



รายงานวิจัย

การสกัดและการเกิดสารเชิงซ้อนของสีธรรมชาติจากแก่นฝาง
(Extraction and Complex Formation of Natural Dye
from *Ceasalpinia sappan* Linn.)

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปีงบประมาณ พ.ศ. 2550

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว



รายงานวิจัย

การสกัดและการเกิดสารเชิงซ้อนของสีธรรมชาติจากแก่นฝาง
(Extraction and Complex Formation of Natural Dye
from *Ceasalpinia sappan* Linn.)

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปีงบประมาณ พ.ศ. 2550

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว



รายงานวิจัย

การสกัดและการเกิดสารเชิงซ้อนของสีย้อมธรรมชาติจากแก่นฝาง
(Extraction and Complex Formation of Natural Dye
from *Ceasalpinia sappan* Linn.)

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

รองศาสตราจารย์ ดร.มาลี ตั้งสถิตย์กุลชัย

สาขาวิชาเคมี สำนักวิชาวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ร่วมวิจัย

รองศาสตราจารย์ ดร.เสาวณีย์ รัตนพานี

รองศาสตราจารย์ ดร.วิจิตร รัตนพานี

สาขาวิชาเคมี สำนักวิชาวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รองศาสตราจารย์ ดร.สายสุนีย์ เหล็กยวเรืองรัตน์

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีปีงบประมาณ พ.ศ. 2550

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยสำหรับโครงการวิจัยนี้ รวมทั้งศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และสาขาวิชาเคมี สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการวิจัย งานวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2550

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการสกัดและการเกิดสารเชิงซ้อนของสีย้อมธรรมชาติจากแก่นฝาง ผลการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพื่อให้ได้สีผงที่มีร้อยละผลผลิตเฉลี่ยมากที่สุดได้แก่ อัตราส่วนของน้ำหนักแก่นฝาง 1 กรัมต่อน้ำร้อน (85 - 95°C) 10 มิลลิลิตร โดยทำให้ได้ร้อยละผลผลิตของสีผงเท่ากับ 13 เมื่อเทียบกับน้ำหนักของแก่นฝาง

จากการที่มีรายงานมาก่อนว่าสีสกัดจากแก่นฝางมีองค์ประกอบหลักเป็นบราซิลิน (Brazilin) ซึ่งถูกออกซิไดซ์ได้ง่ายเป็นบราซิลีน (Brazilein) (1) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการทดลองโดยการเตรียมสารบริสุทธิ์บราซิลินและบราซิลีนก่อน โดยสามารถแยกบราซิลินออกจากสีสกัดได้ด้วยเทคนิคคอลัมน์-โครมาโทกราฟี ส่วนบราซิลีนเตรียมได้จากการออกซิไดซ์บราซิลินด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จากนั้นจึงทำการพิสูจน์โครงสร้างและหาสมบัติของบราซิลินและบราซิลีนด้วยเทคนิค FT-IR, ¹H-NMR, ¹³C-NMR, MS, การหมุนด้วยแสงและจุดหลอมเหลว

ในกระบวนการย้อมผ้าด้วยสีสกัดจากฝาง สีสกัดจากฝางอยู่ในรูปสารละลายน้ำ ซึ่งผลการทดลองจากเทคนิค UV-Visible spectroscopy พบว่าในสารละลายน้ำนั้นสีสกัดอยู่ในรูปของบราซิลีน เนื่องจากลักษณะแถบการดูดกลืนแสงของสีสกัดในสารละลายน้ำมีลักษณะเช่นเดียวกับบราซิลีน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำเฉพาะบราซิลีนมาศึกษาการเกิดสารเชิงซ้อนกับสารช่วยติดสีหลายชนิดที่มีไอออนโลหะต่างชนิดกัน ได้แก่ Al³⁺, Fe³⁺, Cu²⁺, Ni²⁺, Zn²⁺ และ Na⁺ ผลการทดลองพบว่า Al³⁺ จากสารส้มเป็นสารช่วยติดสีที่ทำให้เกิดสารเชิงซ้อนที่มีความเสถียรสูงในปริมาณที่มากและสารส้มราคาถูกจึงได้ใช้ Al³⁺ จากสารส้มมาทำการศึกษาอัตราส่วนการเกิดสารเชิงซ้อนกับบราซิลีนและกับสีสกัดจากแก่นฝางโดยวิธีการ Molar ratio และ Job's method ผลการทดลองพบว่ามีอัตราส่วน 1:2 และสารเชิงซ้อนมีโครงสร้างที่เป็นไปได้คือ [Al(Brazilein)₂]⁺ ซึ่งมีประจุบวกและมีความเสถียรสูงทำให้เมื่อนำไปย้อมเส้นไหมจะมีแรงดึงดูดมากขึ้นทำให้สีติดแน่นและคงทนสวยงามกว่าเดิม

Abstract

This research focused on the extraction and complex formation of natural dye from the heartwood of *Ceasalpinia sappan* Linn. It was found that the best extracting condition was the ratio of heartwood : hot water (85 - 95°C) being 1 : 10 (g : ml), which yielded 13 percent by weight of dye powder and heartwood.

Previous works had reported that the main component in this natural dye was brazilin but it is easily oxidized to brazilein (1). The first task in this work was, therefore, to prepare brazilin and brazilein. The brazilin was separated from crude extracted dye using column chromatography whereas brazilein was successfully prepared by iodine oxidation of brazilin. The characterization techniques for identifying brazilin and brazilein included FT-IR, ¹H-NMR, ¹³C-NMR, MS, optical rotation and melting point techniques.

The extracted dye used in dyeing process was in the aqueous solution, thus, the UV-Visible spectroscopy was used to identify the main component in aqueous extracted dye. The observed similar absorption band indicated that brazilein was the main component in aqueous extracted dye. Hence, only brazilein was used for the study of complex formation with different metal ion from mordants, such as Al³⁺, Fe³⁺, Cu²⁺, Ni²⁺, Zn²⁺ and Na⁺. It was found that Al³⁺ from alum formed stable complex in the highest amount and since alum is cheap, it was then used in the investigation of stoichiometric ratio with brazilein as well as extracted dye. As identified by the molar ratio and Job's method, the structure of all complexes formed had the stoichiometric ratio of 1:2. A structure of aluminium-dye complex was then proposed as [Al(Brazilein)₂]⁺.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	3
บทที่ 2 งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ความรู้ทั่วไปและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.2 ทฤษฎี สมมติฐาน หรือกรอบแนวความคิด (Conceptual framework)	7
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	
3.1 อุปกรณ์และสารเคมี	9
3.2 วิธีการทดลอง	10
3.2.1 การเตรียมและศึกษาโครงสร้างและสมบัติต่าง ๆ ของบราซิลีน	10
3.2.1.1 การแยกบราซิลีนออกจากสีสกัดจากแก่นฝาง	10
3.2.1.2 การเตรียมบราซิลีนโดยการออกซิไดซ์บราซิลีน	10
3.2.1.3 การศึกษาการดูดกลืนคลื่นแสงของบราซิลีนโดยใช้เทคนิค UV-Visible spectroscopy	11
3.2.1.4 การศึกษาผลของ pH ที่มีต่อการดูดกลืนคลื่นแสงของบราซิลีน โดยใช้เทคนิค UV-Visible spectroscopy	11

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2.1.5 การศึกษาการเกิดสารเชิงซ้อนของสารช่วยติดสีชนิดต่าง ๆ กับบราซิลีน	11
3.2.1.6 การศึกษาอัตราส่วนการเกิดสารเชิงซ้อนของ ไอออนอะลูมิเนียม จากสารส้อมกับบราซิลีน โดยใช้ molar ratio method และ Job's method	12
3.2.2 การเตรียมและศึกษาโครงสร้างและสมบัติต่าง ๆ ของสีสกัดจากแก่นฝาง	12
3.2.2.1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสีจากแก่นฝางและ เตรียมสีผงสำเร็จรูป	12
3.2.2.2 การศึกษาการดูดกลืนคลื่นแสงของสีสกัดจากแก่นฝาง โดยใช้ โดยใช้เทคนิค UV-Visible spectroscopy	13
3.2.2.3 การศึกษาผลของ pH ที่มีต่อการดูดกลืนคลื่นแสงของสีสกัด จากแก่นฝางโดยใช้เทคนิค UV-Visible spectroscopy	13
3.2.2.4 การศึกษาการเกิดสารเชิงซ้อนของสารช่วยติดสีชนิดต่าง ๆ กับสีสกัดจากแก่นฝาง	14
3.2.2.5 การศึกษาอัตราส่วนการเกิดสารเชิงซ้อนของ ไอออนอะลูมิเนียม จากสารส้อมกับสีสกัดจากแก่นฝาง โดยใช้ molar ratio method และ Job's method	14

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

4.1 ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสีจากแก่นฝางและการเตรียม สีผงสำเร็จรูป	16
4.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติของบราซิลีนและบราซิลีน	17
4.2.1 ผลจาก FT-IR	17
4.2.2 ผลจาก $^1\text{H-NMR}$ และ $^{13}\text{C-NMR}$	18
4.3 ผลการศึกษาการดูดกลืนคลื่นแสงของบราซิลีนและสีสกัดจากแก่นฝาง	23

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.4 ผลการศึกษาผลของ pH ต่อการดูดกลืนคลื่นแสงของบราซิทีนและสี่สกัดจากแก่นฝาง	24
4.5 ผลการศึกษาการเกิดสารเชิงซ้อนของสารช่วยติดสีชนิดต่าง ๆ กับบราซิทีนและสี่สกัดจากแก่นฝาง	25
4.6 ผลการศึกษาอัตราส่วนการเกิดสารเชิงซ้อนของไอออนอะลูมิเนียมจากสารสกัดบราซิทีนและสี่สกัดจากแก่นฝาง โดยใช้ molar ratio method และ Job's method	26
4.7 ผลการศึกษาความคงตัวของสี	31
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	
สรุปผลงานวิจัย	32
ข้อเสนอแนะ	32
บรรณานุกรม	34
ประวัติผู้วิจัย	35

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 4.1 สภาวะการสกัดสีและร้อยละผลผลิตของสีผงสำเร็จรูป	16
ตารางที่ 4.2 ข้อมูลอินฟราเรด (V_{\max} , cm^{-1} ; band strength และ tentative absorptive band assignments) สำหรับบราซิตินและบราซิทีน	18
ตารางที่ 4.3 ข้อมูล $^1\text{H-NMR}$ สำหรับบราซิตินและบราซิทีน (500 MHz)	21
ตารางที่ 4.4 ข้อมูล $^{13}\text{C-NMR}$ สำหรับบราซิตินและบราซิทีน (125 MHz)	21
ตารางที่ 4.5 สมบัติอื่น ๆ ของบราซิตินและบราซิทีน	22

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 ไม้ฝางและแก่นฝาง	5
รูปที่ 2.2 โครงสร้างของบราซิลลิน (a) และบราซิลลิน (b)	8
รูปที่ 2.3 โครงสร้างของพอลิเปปไทด์ (polypeptide)	8
รูปที่ 4.1 สเปกตรัมของ FT-IR ของบราซิลลิน	17
รูปที่ 4.2 สเปกตรัมของ FT-IR ของบราซิลลิน	17
รูปที่ 4.3 สเปกตรัมของ $^1\text{H-NMR}$ spectrum ของบราซิลลินใน $d^6\text{-(CH}_3)_2\text{CO}$	19
รูปที่ 4.4 สเปกตรัมของ $^1\text{H-NMR}$ spectrum ของบราซิลลินใน $d^6\text{-DMSO}$	19
รูปที่ 4.5 สเปกตรัมของ $^{13}\text{C-NMR}$ spectrum ของบราซิลลินใน $d^6\text{-(CH}_3)_2\text{CO}$	20
รูปที่ 4.6 สเปกตรัมของ $^{13}\text{C-NMR}$ spectrum ของบราซิลลินใน $d^6\text{-DMSO}$	20
รูปที่ 4.7 แถบการดูดกลืนคลื่นแสงของบราซิลลินที่ความเข้มข้น 3-142 mg/L ในน้ำ	23
รูปที่ 4.8 แถบการดูดกลืนคลื่นแสงของสีสกัดจากแก่นฝางที่ความเข้มข้น 5-750 mg/L ในน้ำ	23
รูปที่ 4.9 แถบการดูดกลืนคลื่นแสงของบราซิลลินความเข้มข้น 14 mg/L และสีสกัดจาก แก่นฝางความเข้มข้น 284 mg/L ที่ pH ต่าง ๆ	24
รูปที่ 4.10 แถบการดูดกลืนคลื่นแสงของบราซิลลินความเข้มข้น 14 mg/L ในน้ำและ สารเชิงซ้อนของบราซิลลินกับโลหะต่าง ๆ	25
รูปที่ 4.11 แถบการดูดกลืนคลื่นแสงของสีสกัดจากแก่นฝางความเข้มข้น 284 mg/L ในน้ำ และสารเชิงซ้อนของสีสกัดจากแก่นฝางกับไอออนโลหะต่าง ๆ	26
รูปที่ 4.12 แถบการดูดกลืนคลื่นแสงของบราซิลลินและสารเชิงซ้อนระหว่างบราซิลลิน บราซิลลินและไอออนอะลูมิเนียมจากสารส้มความเข้มข้น $0\text{-}2.0 \times 10^{-4}$ mol/L	27
รูปที่ 4.13 แถบการดูดกลืนคลื่นแสงของสีสกัดจากแก่นฝางและสารเชิงซ้อนระหว่างสีสกัด จากแก่นฝางและไอออนอะลูมิเนียมจากสารส้มความเข้มข้น $0\text{-}4.0 \times 10^{-3}$ mol/L	27
รูปที่ 4.14 ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ 509 นาโนเมตรกับอัตราส่วนความเข้มข้นของ [Alum]/[Brazilein]	28
รูปที่ 4.15 ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ 507 นาโนเมตรกับอัตราส่วนความเข้มข้นของ [Alum]/[Extracted dye]	29
รูปที่ 4.16 ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ 509 นาโนเมตรกับเศษส่วน โมลของบราซิลลิน	29
รูปที่ 4.17 ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ 507 นาโนเมตรกับเศษส่วน โมลของสีสกัดจากแก่นฝาง	30
รูปที่ 4.18 โครงสร้างที่เป็นไปได้ของสารเชิงซ้อน $[\text{Al}(\text{brazilein})_2]^+$	30

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

ปัจจุบันการย้อมผ้าและไหมมักทำการย้อมเส้นใยฝ้ายและใยไหมด้วยสีสังเคราะห์ซึ่งมีมากมายหลากหลายเฉดสีที่วางจำหน่ายตามท้องตลาดเป็นส่วนใหญ่ การใช้สีสังเคราะห์มีผลดีในแง่ของความสะดวกและรวดเร็วในการจัดซื้อหาสีและสามารถเลือกสีให้ได้ตามต้องการและที่สำคัญคือเมื่อย้อมแล้วสีจะติดทนไม่ตกง่าย แต่ผลเสียของการใช้สีสังเคราะห์มีมาก เช่น ต้องมีการสั่งซื้อเข้ามาจากต่างประเทศและมีราคาแพง นอกจากนี้สีสังเคราะห์เหล่านี้มักเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่และมักมีโลหะหนักเป็นองค์ประกอบร่วมด้วย อีกทั้งสารเหล่านี้ยังมีความเสถียร ไม่ย่อยสลายได้ง่ายในธรรมชาติ ยิ่งกว่านั้นน้ำสีที่เหลือจากการย้อมจะก่อให้เกิดปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมต่อแหล่งน้ำต่าง ๆ เช่น แม่น้ำ ลำคลอง ลำธาร เป็นอย่างมาก ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ผู้บริโภคบางกลุ่มต่อต้านการใช้ผ้าที่ย้อมด้วยสีสังเคราะห์และหันมานิยมผลิตภัณฑ์ผ้าที่ได้จากสีย้อมจากธรรมชาติมากขึ้น โดยได้รับการส่งเสริมจากส่วนราชการให้ใช้สีย้อมจากธรรมชาติ เช่น สีแดงที่ได้จากครั่ง เพราะมีการเลี้ยงครั่งกันแพร่หลายมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สีเหลืองจากแก่นขนุนหรือแก่นแกลด และสีน้ำเงินจากต้นคราม นับเป็นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่มากในท้องถิ่นให้เกิดประโยชน์และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น

สำหรับการย้อมผ้าและไหมด้วยสีธรรมชาติจากแก่นฝาง ได้มีการย้อมกันอย่างแพร่หลายมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือของประเทศไทย ตัวอย่างเช่น จังหวัดเชียงใหม่ มีการนำแก่นฝางมาใช้เป็นสีย้อมในการย้อมผ้าฝ้ายซึ่งจะให้เฉดสีชมพูหรือสีแดง ส่วนจังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิและสุรินทร์ ก็นิยมใช้แก่นฝางในการย้อมผ้าฝ้ายและผ้าไหมเช่นกัน โดยย้อมเป็นเฉดสีแดง ชมพูหรือสีส้ม ทั้งนี้เฉดสีที่ได้ขึ้นกับความเข้มข้นของสีจากแก่นฝางที่ใช้ในการย้อม สารช่วยติดสี (mordant) และสถานะที่ใช้ในการย้อม การจะได้เฉดสีใดนั้นต้องอาศัยความชำนาญและความสามารถเฉพาะตัวที่สะสมมานาน แต่ขาดการถ่ายทอดต่อชนรุ่นหลังจากรุ่นหนึ่ง ไปสู่อีกรุ่นหนึ่งอย่างเป็นระบบ เช่น การถ่ายทอดความรู้และภูมิปัญญาจะกระทำกันเพียงในครัวเรือน หากบุตรหลานตนเองไม่สนใจที่จะรับการถ่ายทอดความรู้และภูมิปัญญานั้นก็จะหายไปจากสังคมไทยเช่นเดียวกับภูมิปัญญาอื่น ๆ ที่ทยอยกันหายไประหว่างสังคมไทย ดังนั้นการทําวิจัยทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้เข้าใจถึงกลไกการย้อมและปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการสกัดสีและการติดสีบนผ้าฝ้ายและไหมโดยการศึกษาความคงทนของการติดสีบนเส้นไหม การย้อมและควบคุมให้ได้เฉดสีตามต้องการ การเลือกใช้สารช่วยติดสีที่ไม่เกิดโทษต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ซึ่งยังไม่มีการศึกษาวิจัยอย่างเป็นระบบ นอกจากนี้การศึกษาดังกล่าวถึงผลของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการย้อมก็เป็นสิ่งจำเป็นอย่างมากเพราะจะช่วยลดพลังงาน ลดต้นทุนการผลิต และลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ ซึ่งจะ

ส่งผลต่อการลดปัญหามลภาวะสิ่งแวดล้อมในชุมชนไปพร้อมกันด้วย จึงอาจสรุปได้ว่าผลที่ได้จากการวิจัยในเรื่องนี้เมื่อนำมาเผยแพร่ นับเป็นการวิจัยที่ช่วยเพิ่มความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแล้ว นอกจากนี้หากนำมาถ่ายทอดให้แก่ชุมชนจะช่วยเสริมภูมิปัญญาชาวบ้าน เพื่อนำมาใช้ประโยชน์อันจะก่อให้เกิดการผสมผสานกันระหว่างการใช้ทรัพยากรธรรมชาติของท้องถิ่นที่เหมาะสมกับความเป็นอยู่ของราษฎรในชุมชนที่ดี ผลผลิตที่ผลิตได้เป็นความต้องการของตลาดจึงจำหน่ายได้ราคาสูงกว่าเดิม ส่งผลให้ราษฎรมีความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น อันจะทำให้ชุมชนมีความเข้มแข็งและเป็นการพัฒนาที่ยั่งยืนและต่อเนื่องต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสกัดสารที่ได้สีธรรมชาติจากแก่นฝางแล้วทำให้เป็นผงสำเร็จรูป
2. เพื่อศึกษาโครงสร้างทางเคมีและสมบัติของสารสีข้อมจากแก่นฝาง
3. เพื่อศึกษาสารเชิงซ้อนระหว่างสีข้อมและไอออนของโลหะชนิดต่าง ๆ และเสนอโครงสร้างเป็นอัตราส่วนของการเกิดสารเชิงซ้อน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. การสกัดสีข้อมจากแก่นฝาง โดยการต้มในน้ำร้อน (85 - 95°C)
2. ทำสารสกัดที่ได้ให้อยู่ในรูปของผงสำเร็จรูปโดยใช้เครื่อง vacuum freeze-dryer
3. เตรียมบราซิลีน โดยการแยกจากสีสกัดด้วยวิธีคอลัมน์โครมาโทกราฟี และเตรียมบราซิลีนจากการทำออกซิเดชันบราซิลีนด้วยไอโอดีน
4. วิเคราะห์โครงสร้างและสมบัติของบราซิลีนและบราซิลีนด้วย FT-IR, ¹H-NMR, ¹³C-NMR, MS, การหมุนด้วยแสงและการหาจุดหลอมเหลว
5. ทำการศึกษาสมบัติการดูดกลืนแสงของสีที่สกัดได้โดยใช้เทคนิค UV-Visible spectroscopy โดยเปรียบเทียบกับบราซิลีนและบราซิลีน เพื่อยืนยันองค์ประกอบทางเคมีของสารสีข้อมจากแก่นฝาง
6. ศึกษาสารเชิงซ้อนระหว่างบราซิลีนและไอออนโลหะชนิดต่าง ๆ ซึ่งเป็นสารช่วยติดสีที่ใช้ในการย้อม โดยใช้เทคนิค UV-Visible spectroscopy
7. ศึกษาอัตราส่วนของการเกิดสารเชิงซ้อนของบราซิลีนและสารสีสกัดจากแก่นฝางกับอะลูมิเนียมจากสารส้มซึ่งเป็นสารช่วยติดสี โดยวิธีการ molar ratio method และ Job's method
8. เสนอโครงสร้างที่เป็นไปได้ของสารเชิงซ้อนอะลูมิเนียม-บราซิลีน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้คาดว่าจะได้รับประโยชน์จากผลการวิจัยดังต่อไปนี้

1. สามารถรู้สถานะที่เหมาะสมในการสกัดสารที่ให้สีธรรมชาติจากแก่นฝาง แล้วทำให้เป็นผงสำเร็จรูปเพื่อสะดวกแก่การใช้ย้อมและนำไปสู่การผลิตเชิงพาณิชย์ต่อไปได้
2. สามารถเลือกใช้สารช่วยติดสีชนิดที่เหมาะสมที่จะช่วยให้สีติดทนนานขึ้น ทำให้ได้ผ้าไหมที่มีคุณภาพดี เพิ่มคุณค่าและราคาผ้าไหมให้กับชุมชนและอุตสาหกรรมการทำผ้าไหมได้
3. เป็นพื้นฐานความรู้ที่จะนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ด้านกลไกการติดสีของสารสกัดจากแก่นฝาง และเงื่อนไขของการติดสีของไหมกับสีธรรมชาติได้
4. เผยแพร่งานวิจัยนี้ในวารสารวิทยาศาสตร์ หรือเสนอผลงานในการประชุมวิชาการทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หรือเผยแพร่สู่ชุมชนชาวบ้านและอุตสาหกรรมที่ใช้สีย้อมธรรมชาติ

บทที่ 2

งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

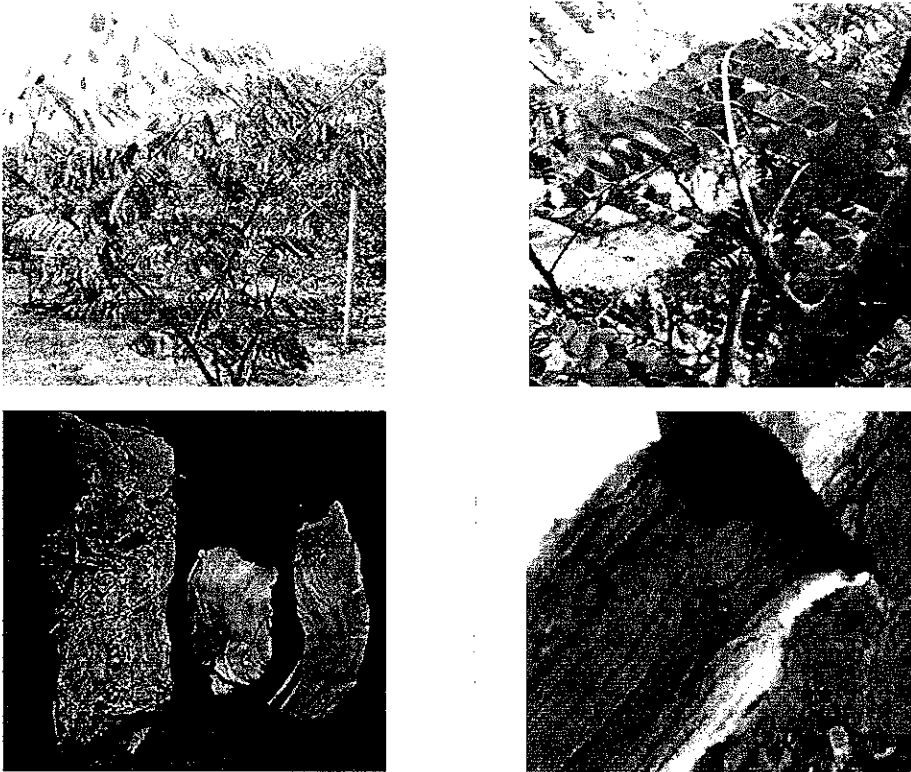
2.1 ความรู้ทั่วไปและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ฝาง (fang) หรือไม้ฝาง มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Caesalpinia sappan* Linn ซึ่งอยู่ในวงศ์ Leguminosae และมีชื่อสามัญว่า *Biancaea sappn* (L.) นอกจากนี้ยังมีชื่อพื้นเมืองหลายชื่อ เช่น Sappanwood, Indian red wood, fang และ fang som (2)

ฝางเป็น ไม้ยืนต้นเนื้อแข็ง สูง 8 – 10 เมตร มีหนามทั่วไปทั้งบนต้นและกิ่งก้าน ซึ่งเป็นหนามแข็งและแหลมคม ฝางเป็นไม้ผลัดใบแต่ผลิใบเร็ว ใบเป็นใบประกอบแบบขนนกสองชั้น ก้านใบยาว 15 – 45 เซนติเมตร ออกเรียงสลับซ้าย – ขวาของกิ่ง ใบย่อยมีจำนวนมาก จำนวน 8 – 16 คู่ รูปขอบขนานขนาดยาว 1 - 2 เซนติเมตร ปลายกลมมน เว้าตรงกลางเล็กน้อย โคนเบี้ยว ขนาดไม่เท่ากัน ผิวใบเกลี้ยงทั้งสองด้าน ขอบใบเรียบ ใบอ่อนมีสีเขียวสด ส่วนใบแก่จะมีสีเขียวเข้ม ฝางออกดอกเป็นช่อ โดยออกใกล้กันที่ง่ามใบใกล้ปลายกิ่งหรือที่ปลายกิ่ง ดอกสีเหลือง ก้านดอกยาว 15 – 20 มิลลิเมตร ดอกแต่ละช่อเป็นกลุ่มหลายสิบดอก ผลเป็นฝักแบนแข็งสีน้ำตาลแก่เป็นจุด ๆ คล้ายฝักถั่วแปบ ยาว 7 – 10 เซนติเมตร กว้าง 1.5 – 2.5 เซนติเมตร เมื่อแก่จะแห้งมีสีน้ำตาล ปลายฝักแหลม ในฝักมีเมล็ดกลมแบน จำนวน 2 – 4 เมล็ด นิยมขยายพันธุ์ด้วยการเพาะเมล็ดและการตอนกิ่ง ฝางเป็น ไม้เนื้อแข็ง โดยสีของเนื้อ ไม้จะมีสีเหลืองส้ม แต่ถ้าถูกอากาศนาน ๆ จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เลี่ยนตรง เนื้อละเอียดปานกลาง ฝางพบในประเทศไทยตามเขาหินปูนแห้งแล้ง ป่าเต็งรัง และตามชายป่าดงดิบแล้งทั่วไป โดยพบทุกภาค ส่วนในต่างประเทศพบที่อเมริกาใต้ อินเดีย ศรีลังกา กัมพูชา ลาว เวียดนาม และจีนตอนใต้

แก่นฝางสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายด้านดังนี้

1. ด้านการทำสีย้อม คนไทยทุกภาคนิยมใช้ประโยชน์จากไม้ฝางโดยนำมาย้อมผ้าไหม ผ้าฝ้าย และผ้าขนสัตว์ เป็นต้น ไม้ฝางเป็น ไม้ที่ให้สีเกือบทุกส่วนของต้น แต่จะนิยมใช้แก่นมากที่สุด
2. ด้านสมุนไพร มีส่วนที่ใช้เป็นสมุนไพรและมีสรรพคุณคือ
 - 2.1 แก่น บำรุงโลหิตสตรี ขับหนอง แก้เลือดกำเดา แก้โรคท้องร่วง แก้ไอ แก้ร้อนใน แก้เสมหะ คุมกำเนิด แก้หอบ แก้ไข้ ฟอกโลหิต
 - 2.2 เนื้อ ไม้ แก้ท้องเสีย แก้บิด ทำให้ประจำเดือนมาปกติ แก้ไข้
 - 2.3 ไม้ระบุงส่วนที่ใช้ ขับหนอง บำรุงโลหิต แก้ปวดฟกการ แก้ลม แก้เสมหะ ขับเลือด ระดูขาว
3. ด้านการทำสีผสมอาหาร เนื้อ ไม้หรือแก่น ไม้ ดมให้สีแดงใช้แต่งสีน้ำยาอูทัย ทำให้กลิ่นหอมขึ้นใจใช้ดื่มแก้กระหายน้ำ และใช้เป็นสีผสมอาหาร



รูปที่ 2.1 ไม้ฟางและถ่านฟาง

4. ด้านเนื้อไม้แปรรูป ใช้ทำเครื่องเรือนชั้นดี เพราะวาสีของเนื้อ ไม้ออกแดงหรือน้ำตาลเข้ม

การย้อมผ้าและไหมด้วยสีจากถ่านฟางทำให้ได้เจดสีแดง ชมพูหรือสีส้ม โดยเจดสีที่ได้ขึ้นกับความเข้มข้นของสีจากถ่านฟางที่ใช้ในการย้อม สารช่วยติดสี และสภาวะที่ใช้ในการย้อม (3) ซึ่งการจะได้เจดสีใดนั้นต้องอาศัยการทดลองจนมีความชำนาญและความสามารถเฉพาะตัวที่สะสมมานาน ในด้านงานวิจัยได้มีการศึกษาในด้านปฏิสัมพันธ์ระหว่าง โมเลกุลของสีกับ ไอออนโลหะที่มาจากสารช่วยติดสี โดย Kanazawa, H. (4) ได้ทำการศึกษาผลของไอออนโลหะที่มีต่อการย้อมเส้นไหมและผ้าด้วยสีสกัดจากถ่านฟาง พบว่าเฉพาะ ไอออนโลหะที่มีประจุบวกสองหรือบวกสามเท่านั้นที่มีผลต่อการเกิดสี และการติดสีบนเส้นใยเกิดขึ้นเนื่องจากเกิดสารประกอบระหว่างสี เส้นใย และไอออนโลหะ ส่วนความเข้มของสีขึ้นกับชนิดของไอออนโลหะ โดยเมื่อใช้ไอออนโลหะเป็นสารช่วยติดสีมีความเข้มมากขึ้นเป็นลำดับดังนี้ Zn^{2+} , Al^{3+} , Cr^{3+} , Cu^{2+} และ Fe^{3+} (หรือ Fe^{2+}) และยังพบว่าสเปกตรัมการดูดกลืนแสง UV – Visible ของสีสกัดจากถ่านฟางในสารละลายน้ำแสดงการดูดกลืนที่ความยาวคลื่นสูงสุด (λ_{max}) ที่ 446

และ 536 nm ส่วนสเปกตรัมของสารเชิงซ้อนระหว่างสีสกัดกับอะลูมิเนียมแสดงการดูดกลืนที่ความยาวคลื่นสูงสุดที่ 505 nm นอกจากนี้ยังได้เสนอโครงสร้างที่เป็นไปได้หลายโครงสร้างของสารประกอบสีและไอออนโลหะด้วยวิธีทาง spectrophotometry

เนื่องจากในการย้อมผ้าไหมพบว่าโปรตีนในผ้าไหมมีหมู่ hydroxyl อาจมีผลต่อการปฏิสัมพันธ์ของโมเลกุลสีและไอออนโลหะ ดังนั้น Hayakawa, M. และคณะ (5) จึงได้ทำการศึกษาผลของกรดอะมิโนชนิดต่าง ๆ (ซึ่งเป็นตัวแทนของโปรตีนของผ้าไหม) ต่อการเกิดสารเชิงซ้อนอะลูมิเนียม – บราซิลิน โดยการเติมสารละลายบัฟเฟอร์ที่ประกอบด้วยกรดอะมิโน 4 ชนิด ได้แก่ ไกลซีน (glycine) ไทโรซีน (tyrosine) อาร์จินีน (arginine) และกรดแอสพาร์ติก (aspartic acid) ลงในสารละลายผสมของบราซิลินและอะลูมิเนียม และให้เกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้อง พบว่าสารเชิงซ้อนจะเกิดช้าเมื่อสารละลายมี pH ต่ำกว่า 4.5 และพบว่ามีอัตราส่วน โมล (mole ratio) ของอะลูมิเนียมต่อบราซิลินที่เกิดเป็นสารเชิงซ้อนมีค่าเท่ากับ 1:2 ที่ pH 4.5 นอกจากนี้ยังพบว่า การเติมกรดอะมิโนจะมีผลต่ออัตราส่วนของอะลูมิเนียมและบราซิลินในการเกิดสารเชิงซ้อน กล่าวคือกรดอะมิโนที่มีสมบัติเป็นกลาง เช่น ไกลซีนและไทโรซีน จะทำให้อัตราส่วน โมลของอะลูมิเนียมต่อบราซิลินเปลี่ยนจาก 1:2 ไปเป็น 1:1 ในขณะที่กรดอะมิโนที่เป็นกรด เช่น กรดแอสพาร์ติกจะยับยั้งการเกิดสารเชิงซ้อนของอะลูมิเนียม และบราซิลิน และในการศึกษานี้ใช้เจลาตินเป็นโมเดลแทนเส้นใยไหม ซึ่งเจลาตินจะไม่มีผลต่อองค์ประกอบของสารเชิงซ้อนที่เกิดขึ้นที่ pH 4.5 เพราะเป็นจุดที่ใกล้จุด isoelectric ของเจลาติน

Yoshida, S. (6) ได้ทำการศึกษาความคงทนของสีบนเส้นใยไหมที่ย้อมด้วยสีสกัดจากแก่นฝางที่ผสมกับสารช่วยติดสีชนิดต่าง ๆ โดยศึกษาในเทอมของความเข้มข้นของสี และเวลาที่ใช้ในการตกสี โดยการวัดความแตกต่างของสีและการทนต่อแรงดึง (tear strength) พบว่าการตกสีเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสีบนเส้นใยลดลง และเส้นใยที่ย้อมด้วยฝางโดยไม่มีสารช่วยติดสีจะพบว่าสีจะตกสีเร็ว ในกรณีที่ใช้สารช่วยติดสีพบว่าช่วยให้สีติดดีขึ้นแต่ยังมีการตกสีโดยลำดับการตกสีเพิ่มขึ้นตามชนิดของสารช่วยติดสีที่ใช้คือ Al^{3+} , Cr^{3+} และ Fe^{2+}

Ghorpade, B. และคณะ (7) ได้ทำการศึกษาการย้อมผ้าฝ้ายด้วยสีสกัดจากแก่นฝาง โดยทำการสกัดสีฝางด้วยอัลตราโซนิก และใช้อัลตราโซนิกช่วยในกระบวนการย้อมผ้าฝ้ายด้วยสีสกัดฝาง พบว่าเจดสีจะเปลี่ยนจากสีชมพูไปเป็นสีเลือดคนกปนน้ำตาล (dark maroon) และสีน้ำตาลไหม้ (chocolate brown) ขึ้นอยู่กับสารช่วยติดสีที่ใช้

Kojima, M. และคณะ (8) ได้ทำการแยกองค์ประกอบบราซิลินของสีสกัดจากแก่นฝางโดยใช้เทคนิค high performance liquid chromatography (HPLC) และพบว่าค่า retention time ของบราซิลิน (องค์ประกอบหลักของสีสกัดฝาง) คือ 6 นาที ขณะที่ Yan X และคณะ (9) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมที่จะใช้แยกบราซิลินออกจากสีสกัดจากแก่นฝางโดยใช้เทคนิค high performance liquid chromatography

(HPLC) โดยมี electrochemical เป็นตัวตรวจวัดพบว่าค่า retention time ของบราซิลิน คือ 10 นาที และเทคนิคดังกล่าวง่าย เร็ว มีความแม่นยำสูง

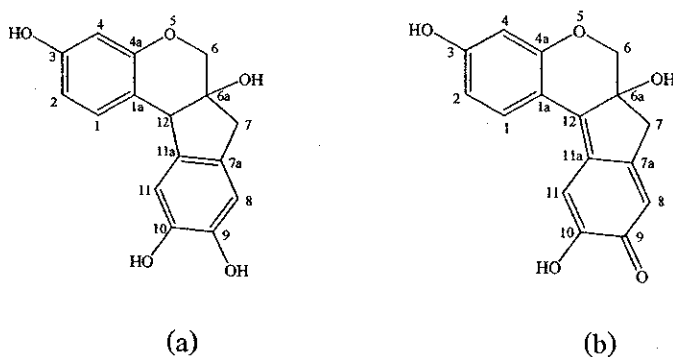
นอกจากนี้ Indrayan, A.K. และคณะ (10) ได้ทำการสกัดสีจากแก่นฝางด้วยเอธานอล พบว่าสารละลายที่สกัดได้ใช้เป็นกรด – เบสอินดิเคเตอร์ที่ดีมาก สามารถใช้ได้ในช่วงที่กว้างกว่าฟีนอล์ฟทาไลน์ และเมธิลออเรนจ์ และพบว่าสเปกตรัมการดูดกลืนแสง UV – Visible ของอินดิเคเตอร์แสดงการดูดกลืนที่ความยาวคลื่นสูงสุดที่ 319 - 325, 440 และ 540 nm

2.2 ทฤษฎี สมมติฐาน หรือกรอบแนวความคิด (Conceptual framework)

โครงการวิจัยนี้สนใจศึกษาการย้อมสีที่สกัดได้จากแก่นฝางบนเส้นไหม ซึ่งเป็นสีธรรมชาติที่เจดสีของผลิตภัณฑ์ที่ได้ขึ้นกับ pH และความเข้มข้นของสารละลายสี จึงทำให้สามารถย้อมให้มีเจดสีที่แตกต่างกันได้มากมายและยากที่จะควบคุมให้ได้เจดสีตามต้องการ การย้อมสีดังกล่าวที่ทำกันโดยชาวบ้านในชนบททั่วไป จึงต้องอาศัยความสามารถและประสบการณ์เฉพาะตัวที่มีการสั่งสมมาเป็นเวลานานมาก แต่ยังมีปัญหาในเรื่องของการที่สีติดไม่ทนนาน ไม่ทนต่อการซักล้าง ไม่ทนต่อแสง และที่สำคัญคือไม่สามารถควบคุมเจดสีให้ได้ตามต้องการ การวิจัยเพื่อทำให้ทราบปัจจัยและเงื่อนไขต่าง ๆ ที่เหมาะสมสำหรับการย้อมที่ดีและมีคุณภาพ จะทำให้ได้คำตอบของปัญหาต่าง ๆ นี้ได้

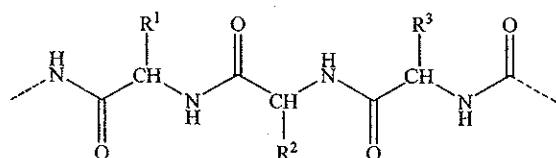
สารเคมีที่พบในแก่น (heartwood) ของฝางมีหลายชนิด เช่น กรดแทนนิก (tannic acid) กรดแกลลิก (gallic acid) แซปพานิน (sappanin) แต่สารที่มีมากที่สุดและมีความสำคัญต่อการย้อมคือ บราซิลิน (6a*S-cis*)(7,11*b*-dihydrobenz[*b*]indeno[1,2-*d*]pyran-3,6*a*,9,10,(6*H*)-tetro) (รูปที่ 2.2(a)) ซึ่งเป็นกลุ่ม homoisoflavonoids ที่ให้สีแดงและเป็นองค์ประกอบหลักในสีสกัด (crude dye) และเมื่อบราซิลินถูกออกซิไดซ์จะได้บราซิโนน (6a*S*-(6*a*,7-dihydro-3,6*a*,10-trihydroxy-benz[*b*]indeno[1,2-*d*]pyran-9(6*H*)-one) (รูปที่ 2.2(b)) โดยที่หมู่ไฮดรอกซิลของบราซิลินเปลี่ยนไปเป็นหมู่คาร์บอนิล (9, 11-12) ทั้ง บราซิลินและบราซิโนนเป็นสารที่มีวงสี่วง (tetracyclic) ประกอบด้วยวงแหวนแอโรแมติก (aromatic ring) 2 วง วงไพโรน (pyrone ring) 1 วงและวงห้าเหลี่ยมไม่อิ่มตัว (five member unsaturated ring) 1 วง

(1)



รูปที่ 2.2 โครงสร้างของบราซิลิน (a) และบราซิลิน (b)

จากโครงสร้างของบราซิลินและบราซิลิน ซึ่งเป็นสารที่เป็นองค์ประกอบหลักในสีสกัดจากแก่นฝาง สามารถยึดติดกับเส้นไหมได้ในเงื่อนไขที่เหมาะสม โดยไหมจัดเป็นเส้นใยธรรมชาติจากสัตว์ มีลักษณะโครงสร้างเป็นพอลิเปปไทด์ (polypeptide) ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 โครงสร้างของพอลิเปปไทด์ (polypeptide)

จากงานวิจัยต่าง ๆ ที่ผ่านมาแล้ว (1 - 10) แม้ว่าจะรู้ถึงโครงสร้างของเส้นไหม และการทราบโครงสร้างทางเคมีของสีข้อมได้แก่ บราซิลินและบราซิลิน ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในสีสกัดจากแก่นฝาง ซึ่งเมื่อทำการย้อมแล้วพบว่าสามารถย้อมติดเส้นไหมได้ไม่ดี สีไม่คงทน (ตกสี) และควบคุมเจดสีไม่ได้ งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาอย่างเป็นระบบถึงบทบาทของบราซิลิน และบราซิลินในการย้อมเส้นไหมพร้อมกับเติมสารช่วยติดสีด้วยเพื่อช่วยให้สีได้ดี ไม่ซีดและติดทนนานขึ้น โดยใช้วิธีการทำให้เกิดเป็นสารเชิงซ้อนระหว่างบราซิลินกับไอออนโลหะให้เป็นสารเชิงซ้อนที่เสถียรขึ้น ซึ่งช่วยให้สีติดได้ทนนานขึ้นและไม่ซีดเร็วได้ สำหรับการศึกษาไอออนโลหะชนิดต่าง ๆ เพื่อหาสารที่เหมาะสมที่สุดที่จะใช้เป็นสารช่วยติดสี ทำโดยการสกัดสีจากแก่นฝาง แล้วแยกบราซิลินออกจากสีสกัดด้วยวิธีทาง column chromatography แล้วทำการออกซิไดซ์บราซิลินให้เป็นบราซิลิน จากนั้นจึงนำบราซิลินไปศึกษาการเกิดสารเชิงซ้อนกับไอออนโลหะชนิดต่าง ๆ เพื่อเลือกสารช่วยติดสีที่เหมาะสมที่สุด แล้วจึงนำมาหาอัตราส่วนของสารเชิงซ้อนกับไอออนโลหะดังกล่าวเพื่อเสนอ โครงสร้างที่เป็นไปได้ต่อไป

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 อุปกรณ์และสารเคมี

1. เครื่อง vacuum freeze-dryer (Heto FD 3)
2. เครื่อง UV-Visible spectrophotometer (Agilent 8453)
3. เครื่อง NMR (Varian Unity 500 MHz spectrometer)
4. เครื่อง FT-IR (Nicolat Avatar 360 FTIR)
5. เครื่อง Mass spectrometer (Shimadzu QP-5000 MAT-44)
6. เครื่องวัด Optical rotations (Jasco digital polarimeter DIP-370)
7. เครื่องวัด Melting points (Reichert melting point apparatus)
8. เครื่อง vacuum rotary evaporator (Buchi)
9. เครื่องวัด pH (SCHOTT CG842)
10. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (METTLER TOLEDO)
11. Hot plate (Schott type M6)
12. กรดอะซิติก (CH_3COOH) Analytical grade จากบริษัท BDH
13. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) Analytical grade จากบริษัท Merck
14. สารส้ม (Alum หรือ $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) Analytical grade จากบริษัท Merck
15. เหล็กไนเตรท ($\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$) Analytical grade จากบริษัท Merck
16. คอปเปอร์ไนเตรท ($\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) Analytical grade จากบริษัท Merck
17. โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) Analytical grade จากบริษัท Merck
18. นิกเกิลไนเตรท ($\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) Analytical grade จากบริษัท Merck
19. สังกะสีไนเตรท ($\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) Analytical grade จากบริษัท Carlo erba
20. เมทานอล (CH_3OH) Analytical grade จากบริษัท Carlo erba
21. ซิลิกาเจล (siliica gel) Analytical grade จากบริษัท Merck
22. คลอโรฟอร์ม (CHCl_3) Analytical grade จากบริษัท Carlo erba
23. เอทานอล ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) Analytical grade จากบริษัท Carlo erba
24. ไอโอดีน (I_2) Analytical grade จากบริษัท Carlo erba

3.2 วิธีการทดลอง

การทดลองนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือส่วนแรกได้ทำการศึกษาโดยใช้บราซิทิน ซึ่งเตรียมจากการแยกบราซิทินจากแก่นฝางแล้วออกซิไดซ์เป็นบราซิทิน และส่วนที่สองใช้สีสกัดสดจากแก่นฝาง

3.2.1 การเตรียมและศึกษาโครงสร้างและสมบัติต่าง ๆ ของบราซิทิน

3.2.1.1 การแยกบราซิทินออกจากสีสกัดจากแก่นฝาง

- 1) นำแก่นฝางแห้งที่จำหน่ายในจังหวัดนครราชสีมามาสับเป็นชิ้นเล็กขนาด 0.3×3 เซนติเมตร²
- 2) ทำการสกัดสีจากแก่นฝาง ที่อุณหภูมิ 85-95 องศาเซลเซียส โดยใช้ น้ำหนักของแก่นฝางแห้งต่อปริมาตรของน้ำ 1:10 และใช้เวลาในการสกัด 1 ชั่วโมง
- 3) กรองเอาส่วนที่เป็นน้ำสีไปทำให้เข้มข้นขึ้นด้วยเครื่องระเหยแห้ง
- 4) ทำให้แห้งโดยใช้เครื่อง vacuum freeze dryer
- 5) ทำการแยกบราซิทินจากสีสกัด โดยใช้ column chromatography โดยละลายสีสกัดในเมทานอลและ pre-adsorbed บนผงของซิลิกา จากนั้น โหลดลงสู่คอลัมน์ที่บรรจุด้วยผงซิลิกา และทำการชะด้วยสารผสมของคลอโรฟอร์ม-เมทานอลอัตราส่วน 15:1 จนถึง 7:1
- 6) นำส่วนที่ได้จากการชะ ไปทำให้เข้มข้นขึ้นด้วยเครื่องระเหยแห้ง
- 7) ทำให้แห้งโดยใช้เครื่อง vacuum freeze dryer แล้วนำไปบดเป็นผงละเอียดของบราซิทิน
- 8) ศึกษาสมบัติและโครงสร้างของบราซิทิน โดยใช้เทคนิค FT-IR, ¹H-NMR, ¹³C-NMR, MS, melting points, optical rotations ผลการทดลองแสดงในรูปที่ 4.1, 4.3, 4.5 และ ตารางที่ 4.1, 4.2, 4.3, 4.4

3.2.1.2 การเตรียมบราซิทินโดยการออกซิไดซ์บราซิทิน

- 1) ละลายบราซิทินในเอทานอลที่อุ่น และผสมกับน้ำร้อน จากนั้นปล่อยให้สารละลายให้เย็นถึงอุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส
- 2) เติมสารละลายไอโอดีนและทิ้งไว้ 1 คืนเพื่อให้บราซิทินตกตะกอนลงมา
- 3) กรองและล้างตะกอนด้วยน้ำเย็นและเอทานอลที่อุ่น
- 4) ปล่อยให้บราซิทินไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง

- 5) ศึกษาสมบัติและโครงสร้างของบราซิทีนโดยใช้เทคนิค FT-IR, $^1\text{H-NMR}$, $^{13}\text{C-NMR}$, MS, melting points, optical rotations ผลการทดลองแสดงในรูปที่ 4.2, 4.4, 4.6 และ ตารางที่ 4.1, 4.2, 4.3, 4.4

3.2.1.3 การศึกษาการดูดกลืนคลื่นแสงของบราซิทีนโดยใช้เทคนิค UV-Visible spectroscopy

- 1) เตรียมสารละลายบราซิทีนความเข้มข้น 1000 mg/L ในเมทานอล
- 2) เตรียมสารละลายบราซิทีนความเข้มข้น 3-142 mg/L ในน้ำกลั่น (โดยการเจือจางจากสารละลายในข้อ 1)
- 3) นำสารละลายไปสแกนหาความยาวคลื่นที่ดูดกลืนคลื่นแสงสูงสุดด้วยเครื่อง UV-Visible spectrophotometer ผลการทดลองแสดงในรูปที่ 4.7

3.2.1.4 การศึกษาผลของ pH ที่มีต่อการดูดกลืนคลื่นแสงของบราซิทีนโดยใช้เทคนิค UV-Visible spectroscopy

- 1) เตรียมสารละลายบราซิทีนความเข้มข้น 14 mg/L ในน้ำกลั่น โดยการเจือจางจากสารละลายบราซิทีนความเข้มข้น 1000 mg/L
- 2) ปรับ pH ของสารละลายบราซิทีนเป็น 1-12 ด้วยสารละลายกรดแอสติกและสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 mol/L
- 3) นำสารละลายไปสแกนหาความยาวคลื่นที่ดูดกลืนคลื่นแสงสูงสุดด้วยเครื่อง UV-Visible spectrophotometer ผลการทดลองแสดงในรูปที่ 4.9

3.2.1.5 การศึกษาการเกิดสารเชิงซ้อนของสารช่วยติดสีชนิดต่าง ๆ กับบราซิทีน

- 1) เตรียมสารละลายไอออนโลหะต่าง ๆ (Al^{3+} , Fe^{3+} , Cu^{2+} , Na^+ , Ni^{2+} และ Zn^{2+}) ความเข้มข้น 5.0×10^{-4} mol/L ในน้ำกลั่น
- 2) เตรียมสารเชิงซ้อนของบราซิทีนกับไอออนโลหะต่าง ๆ โดยให้มีสารละลายบราซิทีนเข้มข้น 14 mg/L (หรือ 5.0×10^{-5} mol/L) และไอออนโลหะเข้มข้น 1.0×10^{-4} mol/L
- 3) เมื่อผสมบราซิทีนและไอออนโลหะแล้วให้ปล่อยสารเชิงซ้อนไว้เพื่อให้เข้าสู่สมดุลประมาณ 30 นาที

- 4) นำสารละลายไปสแกนหาความยาวคลื่นที่ดูดกลืนคลื่นแสงสูงสุดด้วยเครื่อง UV-Visible spectrophotometer ผลการทดลองแสดงในรูปที่ 4.10

3.2.1.6 การศึกษาอัตราส่วนการเกิดสารเชิงซ้อนของไอออนอะลูมิเนียมจากสารส้มกับบราซิลีนโดยใช้ molar ratio method และ Job's method

- 1) สำหรับ molar ratio method เตรียมสารเชิงซ้อนของบราซิลีนกับสารส้มโดยให้มีสารละลายบราซิลีนเข้มข้นคงที่ที่ 14 mg/L ($5.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$) ในขณะที่เปลี่ยนความเข้มข้นของสารละลายสารส้มจาก $0-2.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$
- 2) สำหรับ Job's method เตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นรวมของสารละลายบราซิลีนและสารส้มคงที่ แต่เปลี่ยนแปลงอัตราส่วนโดยใช้ปริมาตรที่แตกต่างกันของสารละลายบราซิลีน 14 mg/L ($5.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$) และสารส้ม ($5.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$)
- 3) เมื่อผสมบราซิลีนและสารละลายสารส้มแล้วให้ปล่อยสารเชิงซ้อนไว้เพื่อให้เข้าสู่สมดุลประมาณ 30 นาที
- 4) นำสารละลายไปสแกนหาความยาวคลื่นที่ดูดกลืนคลื่นแสงสูงสุดด้วยเครื่อง UV-Visible spectrophotometer
- 5) เขียนกราฟระหว่างอัตราส่วนความเข้มข้นของ $[\text{Alum}]/[\text{Brazilein}]$ กับค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 509 นาโนเมตร (สำหรับ molar ratio method) และเศษส่วน โมลของบราซิลีนกับค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 509 นาโนเมตร (สำหรับ Job's method)
- 6) หาอัตราส่วนการเกิดสารเชิงซ้อนของสารส้มกับบราซิลีนจากกราฟผลการทดลองแสดงในรูปที่ 4.12, 4.14 และ 4.16

3.2.2 การเตรียมและศึกษาโครงสร้างและสมบัติต่าง ๆ ของสีสกัดจากแก่นฝาง

3.2.2.1 การศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการสกัดสีจากแก่นฝางและเตรียมสีผงสำเร็จรูป

- 1) นำแก่นฝางแห้งที่จำหน่ายในจังหวัดนครราชสีมา มาสับเป็นชิ้นเล็กขนาดประมาณ 0.3×3 เซนติเมตร²

2) ทำการสกัดสีจากแก่นฝางด้วยน้ำต้ม ที่อุณหภูมิ 85-95 องศาเซลเซียส โดยศึกษา

ก. อัตราส่วนของน้ำหนักแก่นฝางแห้งต่อปริมาตรน้ำต้มที่ใช้: 1:5, 1:10, 1:20, 1:30, และ 1:50 (กรัม:มิลลิลิตร)

ข. เวลาที่ใช้ในการสกัด 30 นาที, 45 นาที, 1 ชั่วโมง, 3 ชั่วโมง, 5 ชั่วโมง, 10 ชั่วโมง และ 15 ชั่วโมง

3) กรองเอาส่วนที่เป็นน้ำสีไปทำให้เข้มข้นขึ้นด้วยเครื่องระเหยแห้ง

4) ทำให้เป็นแห้งโดยใช้เครื่อง vacuum freeze dryer แล้วบดเป็นผงละเอียดได้ เป็นผงของสีสกัดจากแก่นฝาง ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.5

3.2.2.2 การศึกษาการดูดกลืนคลื่นแสงของสีสกัดจากแก่นฝางโดยใช้โดยใช้เทคนิค UV-

Visible spectroscopy

1) เตรียมสารละลายสีสกัดจากแก่นฝางความเข้มข้น 1000 mg/L ในน้ำกลั่น

2) เตรียมสารละลายสีสกัดจากแก่นฝางความเข้มข้น 5-750 mg/L ในน้ำกลั่น (โดยการเจือจางจากสารละลายในข้อ 1)

3) นำสารละลายไปสแกนหาความยาวคลื่นที่ดูดกลืนคลื่นแสงสูงสุดด้วย เครื่อง UV-Visible spectrophotometer ผลการทดลองแสดงในรูปที่ 4.8

3.2.2.3 การศึกษาผลของ pH ที่มีต่อการดูดกลืนคลื่นแสงของสีสกัดจากแก่นฝางโดยใช้

เทคนิค UV-Visible spectroscopy

1) เตรียมสารละลายสีสกัดจากแก่นฝางความเข้มข้น 284 mg/L ในน้ำกลั่นโดยการเจือจางจากสารละลายสีสกัดจากแก่นฝางเข้มข้น 1000 mg/L

2) ปรับ pH ของสารละลายสีสกัดจากแก่นฝางเป็น 1.5-12 ด้วยสารละลายกรดแอสซิติคและสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 mol/L

3) นำสารละลายไปสแกนหาความยาวคลื่นที่ดูดกลืนคลื่นแสงสูงสุดด้วย เครื่อง UV-Visible spectrophotometer ผลการทดลองแสดงในรูปที่ 4.9

3.2.2.4 การศึกษาการเกิดสารเชิงซ้อนของสารช่วยติดสีชนิดต่าง ๆ กับสีสกัดจากแก่น

ฝาง

- 1) เตรียมสารละลายไอออนโลหะต่าง ๆ (Al^{3+} , Fe^{3+} , Cu^{2+} , Na^+ , Ni^{2+} และ Zn^{2+}) ความเข้มข้น 5.0×10^{-3} mol/L ในน้ำกลั่น
- 2) เตรียมสารเชิงซ้อนของสีสกัดจากแก่นฝางกับไอออนของโลหะต่าง ๆ โดยให้มีความเข้มข้นของสารละลายสีสกัดจากแก่นฝาง 284 mg/L (หรือ 1.0×10^{-3} mol/L) และไอออนของโลหะมีความเข้มข้น 2.0×10^{-3} mol/L
- 3) เมื่อผสมสารละลายสีสกัดจากแก่นฝางกับสารละลายสารส้มแล้วให้ปล่อยสารเชิงซ้อนไว้เพื่อให้เข้าสู่สมดุลประมาณ 30 นาที
- 4) นำสารละลายไปสแกนหาความยาวคลื่นที่ดูดกลืนคลื่นแสงสูงสุดด้วยเครื่อง UV-Visible spectrophotometer ผลการทดลองแสดงในรูปที่ 4.11

3.2.2.5 การศึกษาอัตราส่วนการเกิดสารเชิงซ้อนของไอออนอะลูมิเนียมจากสารส้มกับสีสกัดจากแก่นฝางโดยใช้ molar ratio method และ Job's method

- 1) สำหรับ molar ratio method เตรียมสารเชิงซ้อนของสีสกัดจากแก่นฝางกับสารส้มโดยให้มีสารละลายสีสกัดจากแก่นฝางความเข้มข้นคงที่ ๆ 1.0×10^{-3} mol/L ในขณะที่เปลี่ยนความเข้มข้นของสารละลายสารส้มจาก $0-4 \times 10^{-3}$ mol/L
- 2) สำหรับ Job's method เตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นรวมของสารละลายสีสกัดจากแก่นฝางและสารส้มคงที่ แต่เปลี่ยนแปลงอัตราส่วนโดยใช้ปริมาตรที่แตกต่างกันของสารละลายสีสกัดจากแก่นฝาง (1.0×10^{-3} mol/L) และสารส้ม (1.0×10^{-3} mol/L)
- 3) เมื่อผสมสารละลายสีสกัดจากแก่นฝางกับสารละลายสารส้มแล้วให้ปล่อยสารเชิงซ้อนไว้เพื่อให้เข้าสู่สมดุลประมาณ 30 นาที
- 4) นำสารละลายไปสแกนหาความยาวคลื่นที่ดูดกลืนคลื่นแสงสูงสุดด้วยเครื่อง UV-Visible spectrophotometer
- 5) เขียนกราฟระหว่างอัตราส่วนความเข้มข้นของ $[\text{Alum}]/[\text{Extracted dye}]$ กับค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 507 นาโนเมตร (สำหรับ molar ratio method) และเศษส่วน โมลของสีสกัดจากแก่นฝางกับค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 507 นาโนเมตร (สำหรับ Job's method)

- 6) หาอัตราส่วนการเกิดสารเชิงซ้อนของสารส้มกับสีสกัดจากแก่นฝางจากกราฟ ผลการทดลองแสดงในรูปที่ 4.13, 4.15 และ 4.17

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

4.1 ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสีจากแก่นฝางและการเตรียมสีผงสำเร็จรูป

ผลที่ได้จากการสกัดสีจากแก่นฝางและการเตรียมสีผงสำเร็จรูป

ตารางที่ 4.1 สภาวะการสกัดสีและร้อยละผลผลิตของสีผงสำเร็จรูป

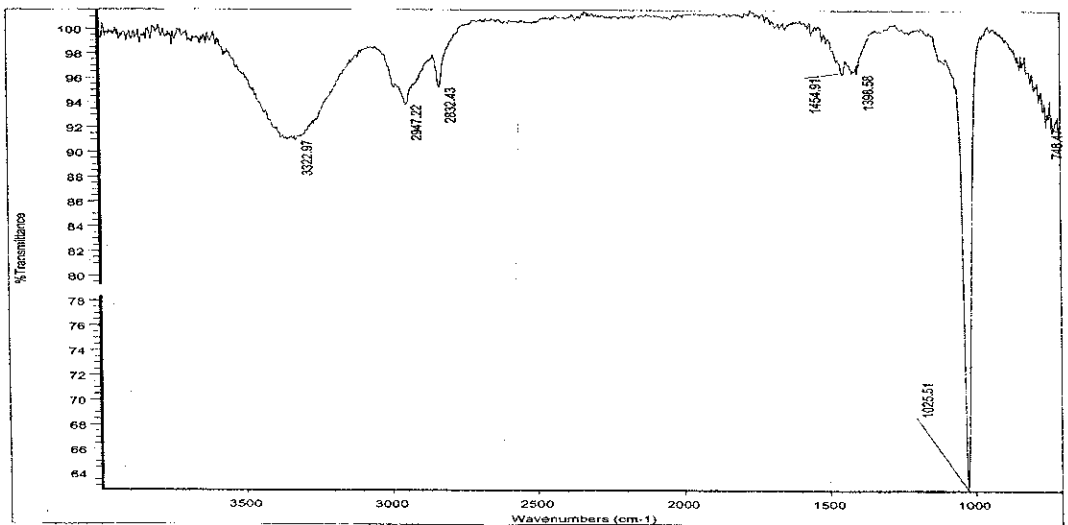
สภาวะการสกัดสี		ร้อยละผลผลิตของสีผง สำเร็จรูป
แก่นฝาง : น้ำต้ม (น้ำหนักต่อปริมาตร)	เวลา	
1:10	30 นาที	11.91
1:10	45 นาที	12.64
1:10	1 ชั่วโมง	13.07
1:10	3 ชั่วโมง	13.09
1:10	5 ชั่วโมง	13.11
1:10	10 ชั่วโมง	13.19
1:10	15 ชั่วโมง	13.20
1:5	1 ชั่วโมง	12.77
1:10	1 ชั่วโมง	13.07
1:20	1 ชั่วโมง	13.24
1:30	1 ชั่วโมง	13.32
1:50	1 ชั่วโมง	13.34

จากผลการทดลองพบว่าสภาวะในการสกัดสีหลังจาก 1 ชั่วโมงไปแล้ว ได้ร้อยละผลผลิตมากกว่า 1 ชั่วโมงเพียงเล็กน้อย จึงสรุปว่าเวลาที่เหมาะสมสำหรับการสกัดสีจากแก่นฝางคือ 1 ชั่วโมงและอัตราส่วนของแก่นฝาง (แห้ง) ต่อน้ำต้มที่ใช้ โดยน้ำหนักต่อปริมาตรคือ 1:10 (กรัม:มิลลิลิตร) ดังนั้นจึงใช้อัตราส่วนและเวลาดังกล่าวในการเตรียมสีผงสำเร็จรูป และสีผงที่สกัดได้คิดเป็นน้ำหนักเฉลี่ยร้อยละ 13 โดยน้ำหนักของแก่นฝาง

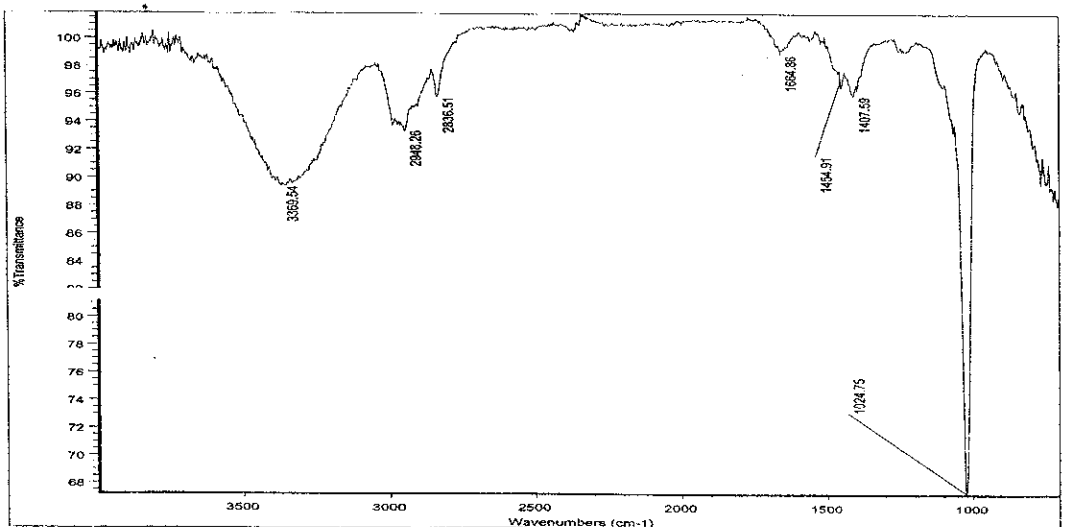
4.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติของบราซิลินและบราซิลีน

4.2.1 ผลจาก FT-IR

จากรูปที่ 4.1, 4.2 และตารางที่ 4.2 พบว่าสเปกตรัมของอินฟราเรดของบราซิลิน และบราซิลีนมีลักษณะคล้ายกันมาก จะแตกต่างกันเฉพาะที่ตำแหน่ง 1665 cm^{-1} ที่ปรากฏในบราซิลินซึ่งเป็น C=O stretching ของหมู่คีโตนของบราซิลิน แต่ไม่ปรากฏในบราซิลีน



รูปที่ 4.1 สเปกตรัมของ FT-IR ของบราซิลิน



รูปที่ 4.2 สเปกตรัมของ FT-IR ของบราซิลีน

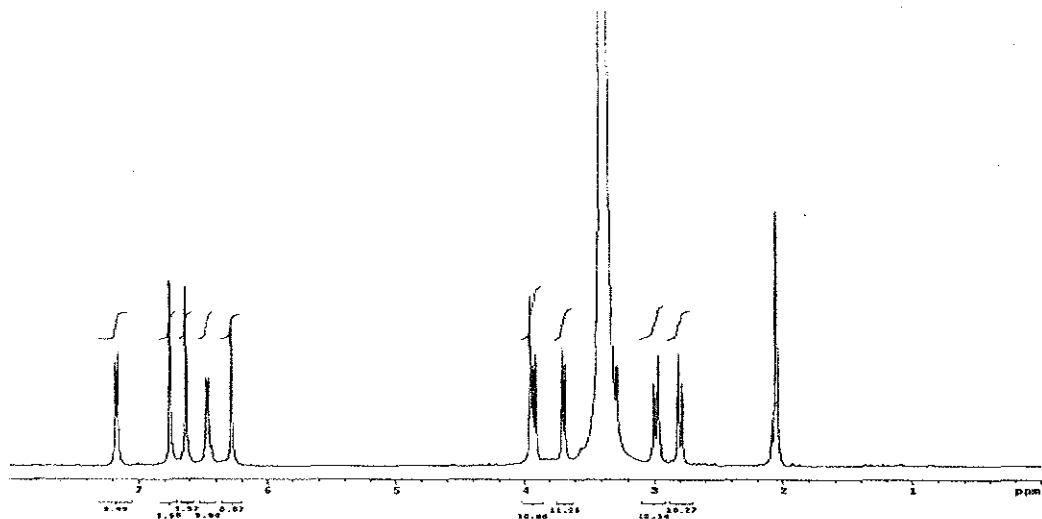
ตารางที่ 4.2 ข้อมูลอินฟราเรด (V_{\max} , cm^{-1} ; band strength และ tentative absorptive band assignments) สำหรับบราซิลลินและบราซิลลิน

Brazilin	Brazilein	Tentative assignment
3323 br	3369 br	OH stretching
2947 w	2948 w	C-H stretching
2832 w	2836 w	C-H stretching
	1665 w	C=O stretching
1455 w	1454 w	C-H bending
1398 w	1408 w	C-H bending
1025 s	1025 s	C-O stretching

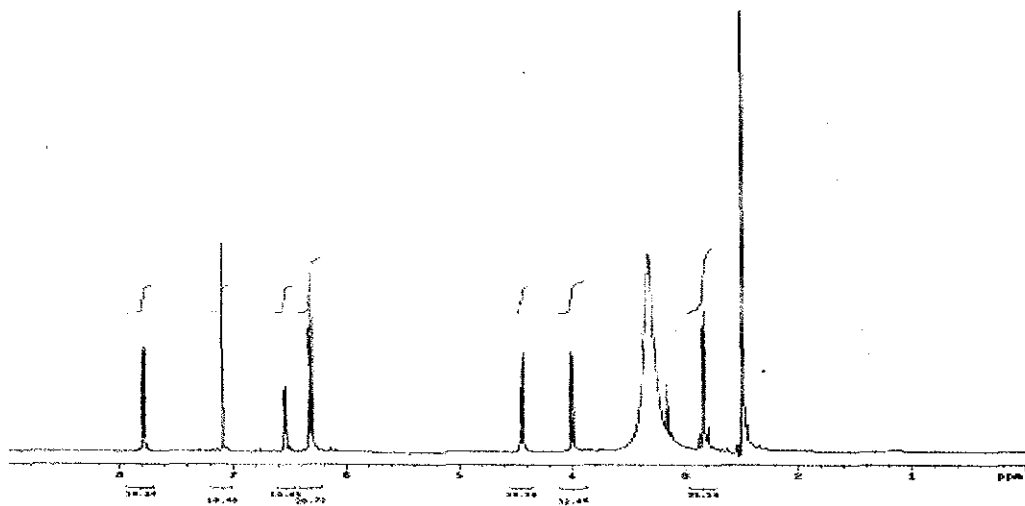
หมายเหตุ : w = weak, s = strong and br = broad

4.2.2 ผลจาก $^1\text{H-NMR}$ และ $^{13}\text{C-NMR}$

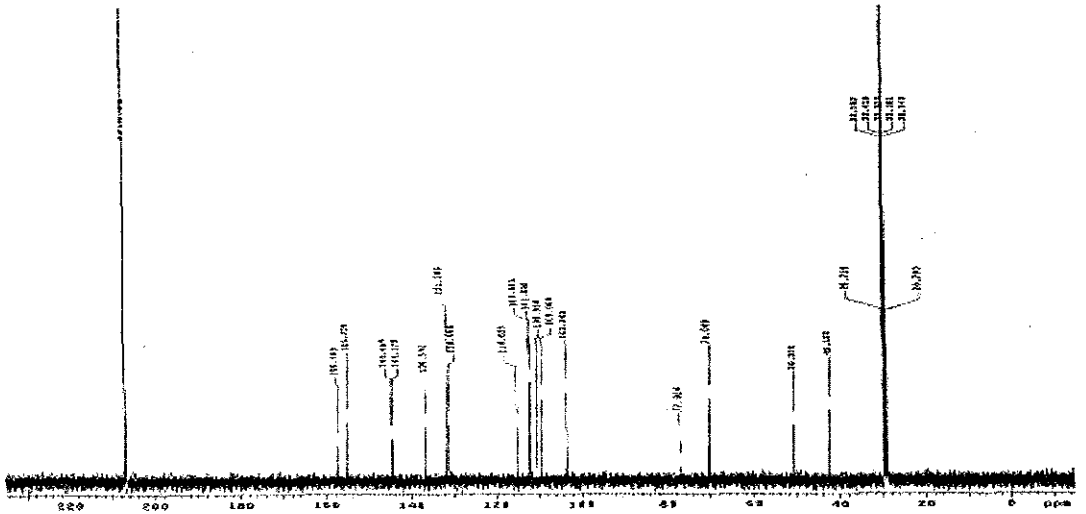
จากรูปที่ 4.3-4.6 และตารางที่ 4.3-4.4 พบว่า ค่า δ ในช่วง 6.28-7.79 เป็น โปรตอนที่ติดอยู่กับหมู่เบนซีน ซึ่งค่า δ ในช่วง 2.80-2.98 เป็นโปรตอนที่อยู่ตำแหน่งที่ไม่มีการ conjugate และอยู่ใกล้กับหมู่เอสเทอร์ ส่วนค่า δ ในช่วง 3.70-4.45 เป็นโปรตอนของหมู่ไฮดรอกซี ทั้ง 4 หมู่ หลังการออกซิไดซ์ของบราซิลลินไปเป็นบราซิลลินพบว่าค่า δ ของโปรตอนที่ตำแหน่ง 6a เลื่อนจาก 3.92 ไปเป็น 4.45 แสดงให้เห็นว่าเกิดการ de shielding ซึ่งน่าจะมาจากการ conjugate ของพันธะในโครงสร้างของบราซิลลินและค่า δ ของโปรตอนที่ตำแหน่งที่ 9 หายไป (ดูรูปที่ 2.2) และเมื่อพิจารณาผลจาก $^{13}\text{C-NMR}$ พบว่ามีค่า δ ของหมู่คีโตนเกิดขึ้นที่ตำแหน่ง 179.5 แสดงว่าการออกซิไดซ์บราซิลลินทำให้ได้บราซิลลินจริง และผลจาก $^1\text{H-NMR}$ และ $^{13}\text{C-NMR}$ สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์โครงสร้างของบราซิลลินที่ได้มีผู้รายงานไว้ก่อนหน้านี้ (11)



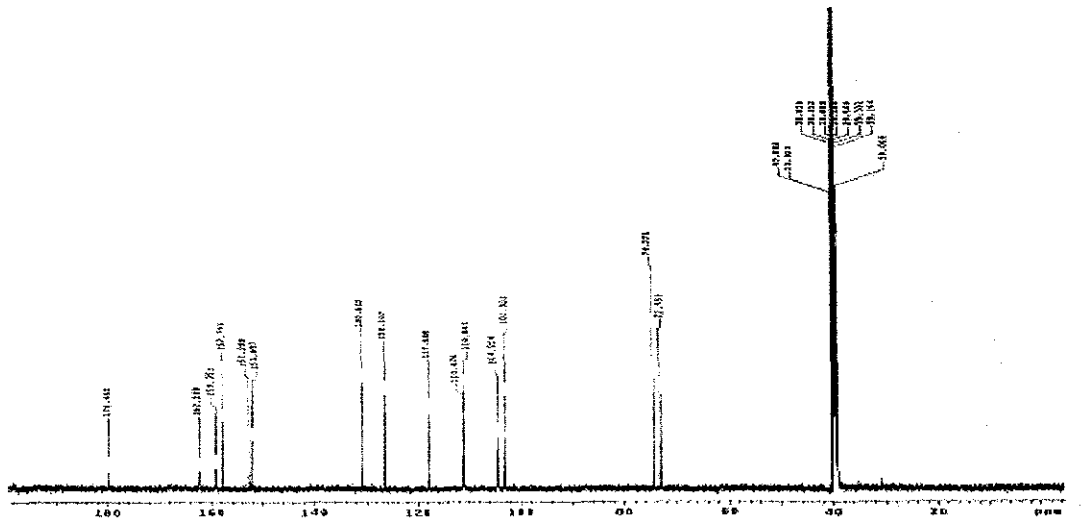
รูปที่ 4.3 สเปกตรัมของ $^1\text{H-NMR}$ ของบราซิลินใน d^6 - $(\text{CH}_3)_2\text{CO}$



รูปที่ 4.4 สเปกตรัมของ $^1\text{H-NMR}$ ของบราซิลินใน d^6 -DMSO



รูปที่ 4.5 สเปกตรัมของ $^{13}\text{C-NMR}$ ของบราซิลินใน $\text{d}^6\text{-(CH}_3)_2\text{CO}$



รูปที่ 4.6 สเปกตรัมของ $^{13}\text{C-NMR}$ ของบราซิลินใน $\text{d}^6\text{-DMSO}$

ตารางที่ 4.3 ข้อมูล $^1\text{H-NMR}$ สำหรับบราซิลินและบราซิลีน (500 MHz)

^1H	Brazilin (δ , acetone- d_6)	Brazilein (δ , DMSO- d_6)
1	7.17, 1H, <i>d</i> , $J = 8.3$	7.79, 1H, <i>d</i> , $J = 8.8$
2	6.47, 1H, <i>d</i> , $J = 8.3$	6.54, 1H, <i>d</i> , $J = 8.5, 2.1$
4	6.28, 1H, <i>s</i>	6.34, 1H, <i>d</i> , $J = 2.1$
6	3.92, 1H, <i>d</i> , $J = 11.2$	4.45, 1H, <i>d</i> , $J = 11.7$
	3.70, 1H, <i>d</i> , $J = 11.2$	3.99, 1H, <i>d</i> , $J = 11.7$
7	2.98, 1H, <i>d</i> , $J = 15.6$	2.84, 2H, <i>s</i>
	2.80, 1H, <i>d</i> , $J = 15.6$	
8	6.63, 1H, <i>s</i>	6.31, 1H, <i>s</i>
11	6.76, 1H, <i>s</i>	7.09, 1H, <i>s</i>
12	3.95, 1H, <i>s</i>	

ตารางที่ 4.4 ข้อมูล $^{13}\text{C-NMR}$ สำหรับบราซิลินและบราซิลีน (125 MHz)

^{13}C	Brazilin (δ , acetone- d_6)	Brazilein (δ , DMSO- d_6)
1	131.3	130.6
1a	114.8	111.0
2	109.1	110.9
3	154.7	162.3
4	103.2	102.9
4a	157.0	157.8
6	70.0	73.0
6a	77.0	74.3
7	42.1	39.7
7a	130.7	159.0
8	111.9	117.6
9	144.5	179.5
10	144.2	152.4
11	111.6	104.2
11a	136.5	126.2
12	50.4	151.7

ตารางที่ 4.5 สมบัติอื่น ๆ ของบราซิลินและบราซิลีน

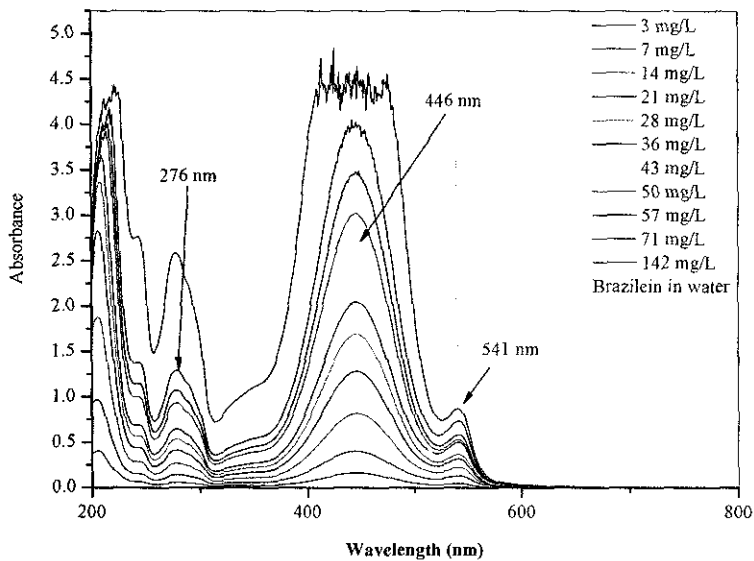
สมบัติ	บราซิลิน	บราซิลีน
Melting point	127-131 °C	249-253 °C
$[\alpha]_D^{23}$	+69.8 (c 2.65x10 ⁻³ , DMSO)	-1,126 (c 2.90x10 ⁻³ , DMSO)
LRMS (EI)	<i>m/z</i> 286 [M ⁺]	<i>m/z</i> 284 [M ⁺]
LRMS (ES)	<i>m/z</i> 285 [MH ⁺ for brazilein]	<i>m/z</i> 285 [MH ⁺]
HRMS (EI)	286.0839 (Calc. for C ₁₆ H ₁₄ O ₅ , 286.0841)	284.0678 (Calc. for C ₁₆ H ₁₂ O ₅ , 284.0685)

จากตารางที่ 4.5 พบว่าสมบัติของบราซิลินและบราซิลีนมีความแตกต่างกันดังนี้

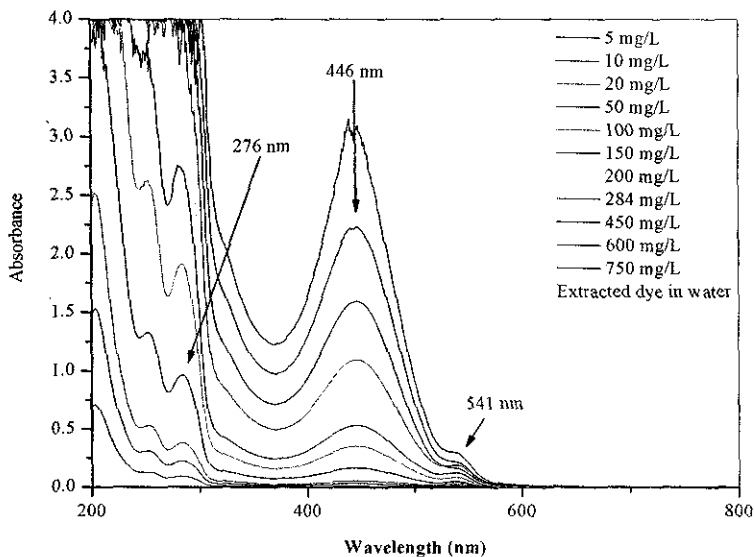
1. บราซิลินมีจุดหลอมเหลวต่ำกว่าบราซิลีนซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kim et al (11)
2. บราซิลินหมุนระนาบของแสงไปทางขวาในขณะที่บราซิลีนหมุนระนาบของแสงไปทางซ้าย
3. ผลจาก electron impact mass spectrum พบว่าบราซิลินแสดง *m/z* ที่ 286 และมีมวลโมเลกุลเท่ากับ 286.0839 ส่วนบราซิลีนแสดง *m/z* ที่ 284 และมีมวลโมเลกุลเท่ากับ 284.0678
4. ผลจาก electrospray mass spectrum พบว่าบราซิลินเมื่อถูกออกซิไดซ์ไปเป็นบราซิลีนปรากฏที่ พีคเดียวกันคือ *m/z* 285

4.3 ผลการศึกษาการดูดกลืนคลื่นแสงของบราซิลีนและสีสกัดจากแก่นฝาง

จากรูปที่ 4.7 พบว่าแถบการดูดกลืนคลื่นแสงของบราซิลีนในสารละลายน้ำแสดงแถบของการดูดกลืนคลื่นแสง 3 แถบจากมากไปน้อยคือแถบที่ 1 ที่ความยาวคลื่น 541 นาโนเมตร แถบที่ 2 ที่ความยาวคลื่น 446 นาโนเมตร และแถบที่ 3 ที่ความยาวคลื่น 276 นาโนเมตร และจากรูปที่ 4.8 พบว่าสีสกัดจากแก่นฝางแสดงแถบของการดูดกลืนคลื่นแสง 3 แถบที่ความยาวคลื่นเดียวกันกับบราซิลีน ซึ่งยืนยันได้ว่าสารที่ให้สีในสีสกัดก็คือบราซิลีน



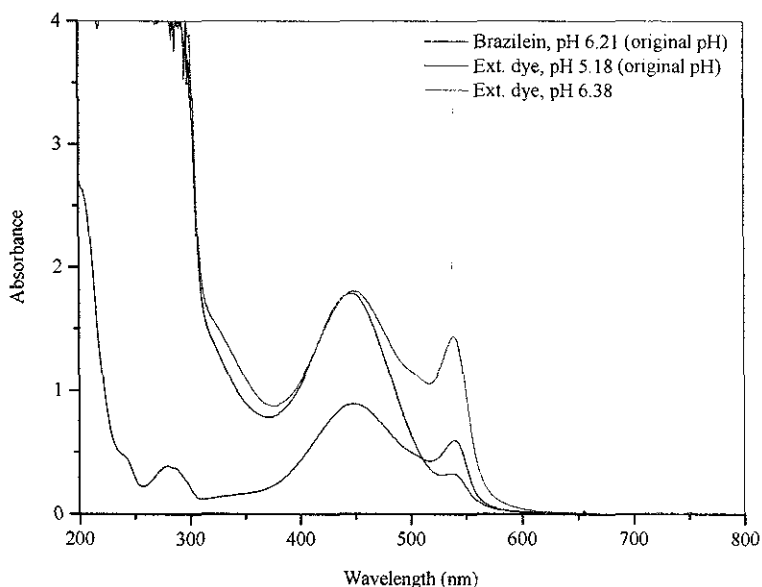
รูปที่ 4.7 แถบการดูดกลืนคลื่นแสงของบราซิลีนที่ความเข้มข้น 3-142 mg/L ในน้ำ



รูปที่ 4.8 แถบการดูดกลืนคลื่นแสงของสีสกัดจากแก่นฝางที่ความเข้มข้น 5-750 mg/L ในน้ำ

4.4 ผลการศึกษาผลของ pH ต่อการดูดกลืนคลื่นแสงของบราซิลีนและสีสกัดจากแก่นฝาง

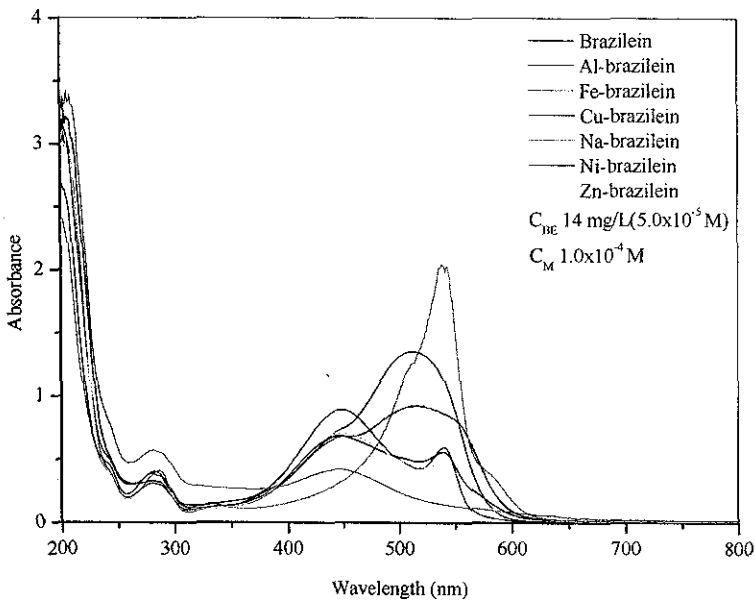
จากรูปที่ 4.9 พบว่าแถบการดูดกลืนคลื่นแสงของสีสกัดจากแก่นฝางที่ทำการปรับ pH เป็น 6.38 มีลักษณะคล้ายกับแถบการดูดกลืนคลื่นแสงของบราซิลีน กล่าวคือแสดงแถบของการดูดกลืนคลื่นแสง 3 แถบจากมากไปน้อยคือแถบที่ 1 ที่ความยาวคลื่น 541 นาโนเมตร แถบที่ 2 ที่ความยาวคลื่น 446 นาโนเมตร และแถบที่ 3 ที่ความยาวคลื่น 276 นาโนเมตร เช่นเดียวกัน ซึ่งยืนยันได้ว่าสารที่ให้สีหรือองค์ประกอบหลักในสีสกัดก็คือบราซิลีน



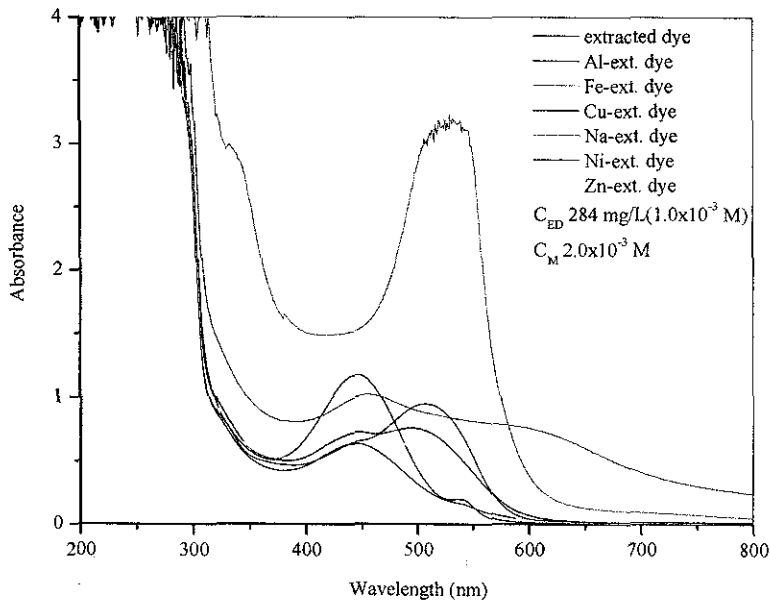
รูปที่ 4.9 แถบการดูดกลืนคลื่นแสงของบราซิลีนความเข้มข้น 14 mg/L ในน้ำและสีสกัดจากแก่นฝาง ความเข้มข้น 284 mg/L ในน้ำที่ pH ต่าง ๆ

4.5 ผลการศึกษาการเกิดสารเชิงซ้อนของสารช่วยติดสีชนิดต่าง ๆ กับบราซิลีนและสีสกัดจากแก่นฝาง

จากรูปที่ 4.10 พบว่าการเกิดสารเชิงซ้อนระหว่างบราซิลีนกับไอออนโลหะต่าง ๆ เช่น Al^{3+} , Fe^{3+} , Cu^{2+} , Na^+ , Ni^{2+} และ Zn^{2+} จะให้สเปกตรัมที่แตกต่างกัน พบว่าการเกิดสารเชิงซ้อนระหว่างบราซิลีนกับไอออนอะลูมิเนียมและไอออนโซเดียมสามารถเกิดได้ปริมาณมากในสภาวะที่ทำการทดลอง และสารเชิงซ้อนดังกล่าวให้แถบการดูดกลืนคลื่นแสงที่เลื่อนไปยังความยาวคลื่นที่ยาวขึ้น (bathochromic shift) เมื่อเทียบกับแถบการดูดกลืนคลื่นแสงของบราซิลีน ซึ่งหมายความว่าเมื่อบราซิลีนเกิดเป็นสารเชิงซ้อนทำให้มีความเสถียรมากขึ้น เนื่องจากบราซิลีนในรูปสารเชิงซ้อนที่มีประจุบวกจะดูดซับบนเส้นไหมที่มีหมู่ฟังก์ชันที่มีประจุลบได้แข็งแรง ซึ่งเมื่อนำไปย้อมเส้นไหมจะทำให้สีติดแน่นคงทนกว่าบราซิลีน และสำหรับสีสกัดจากแก่นฝาง (รูปที่ 4.11) ก็ให้ผลที่คล้ายกันกับบราซิลีน แสดงว่าในสีสกัดจากแก่นฝางและบราซิลีนสามารถเกิดสารเชิงซ้อนกับโลหะชนิดต่าง ๆ ได้คล้ายกัน แม้ว่าการเกิดสารเชิงซ้อนระหว่างบราซิลีนกับไอออนโซเดียมจะมีความเสถียรมากกว่าเล็กน้อย และมีปริมาณมากกว่าสารเชิงซ้อนระหว่างบราซิลีนกับไอออนอะลูมิเนียม แต่เนื่องจากสารส้มมีราคาถูกและหาได้ง่าย ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาสารเชิงซ้อนของอะลูมิเนียม-บราซิลีน และอะลูมิเนียม-สีสกัดจากแก่นฝางต่อไป



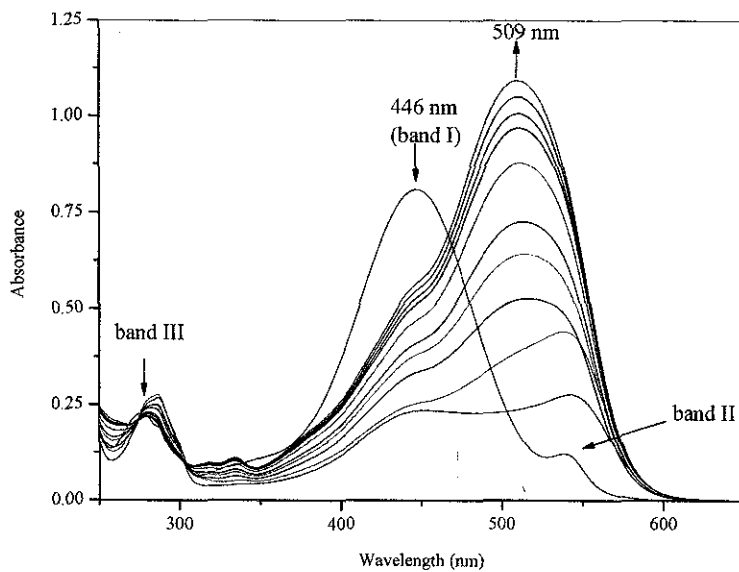
รูปที่ 4.10 แถบการดูดกลืนคลื่นแสงของบราซิลีนความเข้มข้น 14 mg/L ในน้ำและสารเชิงซ้อนของบราซิลีนกับไอออนโลหะต่าง ๆ



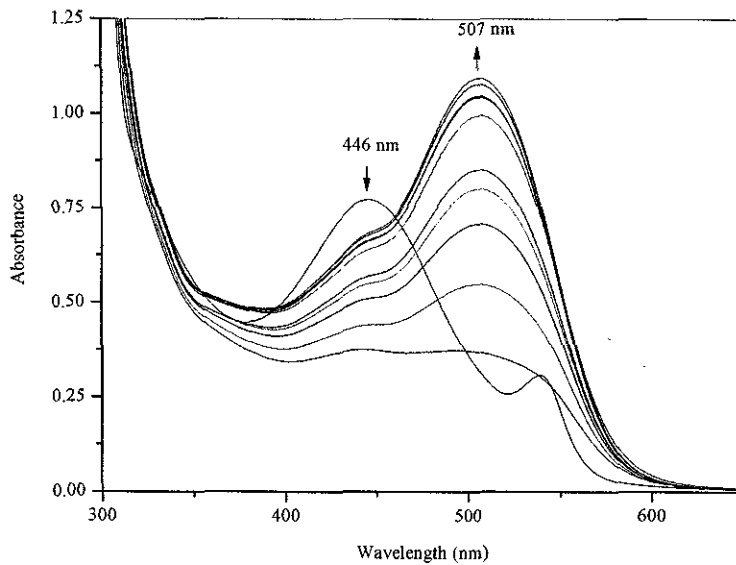
รูปที่ 4.11 แถบการดูดกลืนคลื่นแสงของสีสกัดจากแก่นฝางความเข้มข้น 284 mg/L ในน้ำและสารเชิงซ้อนของสีสกัดจากแก่นฝางกับไอออนโลหะต่าง ๆ

4.6 ผลการศึกษาอัตราส่วนการเกิดสารเชิงซ้อนของไอออนอะลูมิเนียมเนียมจากสารสกัดกับบราซิลีนและสีสกัดจากแก่นฝางโดยใช้ molar ratio method และ Job's method

จากรูปที่ 4.12 พบว่าแถบการดูดกลืนคลื่นแสงของบราซิลีนในสารละลายน้ำแสดงแถบของการดูดกลืนคลื่นแสง 3 แถบจากมากไปน้อยคือแถบที่ 1 ที่ความยาวคลื่น 541 นาโนเมตร แถบที่ 2 ที่ความยาวคลื่น 446 นาโนเมตรและแถบที่ 3 ที่ความยาวคลื่น 276 นาโนเมตร และพบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายสารสกัดมีผลทำให้แถบการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 446 นาโนเมตรลดลงและมีผลให้เกิดแถบการดูดกลืนคลื่นแสงแถบใหม่ที่ความยาวคลื่น 509 นาโนเมตร ซึ่งมีความยาวคลื่นยาวขึ้นจากเดิม 63 นาโนเมตร และความเข้มของของแถบการดูดกลืนคลื่นแสงที่ 509 นาโนเมตรเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายสารสกัด และสำหรับสเปกตรัมของสีสกัดจากแก่นฝาง (รูปที่ 4.13) ได้ให้ผลการทดลองที่คล้ายกัน โดยแถบการดูดกลืนคลื่นแสงแถบใหม่อยู่ที่ความยาวคลื่น 507 นาโนเมตรซึ่งมีความยาวคลื่นยาวขึ้นจากเดิม 61 นาโนเมตร ความแตกต่างกันของตำแหน่งของสเปกตรัม (2 นาโนเมตร) อาจเนื่องมาจากในสีสกัดจากแก่นฝางแม้ว่ามีองค์ประกอบหลักเป็นบราซิลีนแต่ยังมีสารอื่นปนอยู่ด้วย

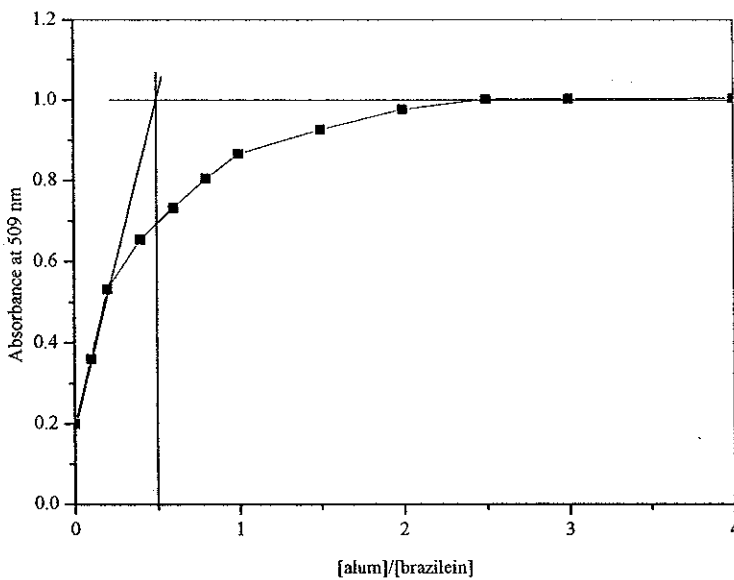


รูปที่ 4.12 แถบการดูดกลืนคลื่นแสงของบราซิทีนและสารเชิงซ้อนระหว่างบราซิทีนและไอออนอะลูมิเนียมจากสารส้มความเข้มข้น $0-2.0 \times 10^{-4}$ mol/L

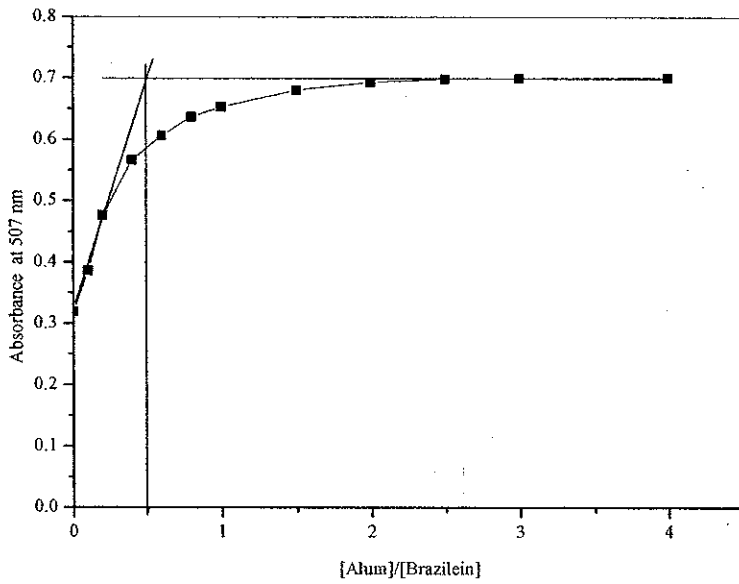


รูปที่ 4.13 แถบการดูดกลืนคลื่นแสงของสีสกัดจากแก่นฝางและสารเชิงซ้อนระหว่างสีสกัดจากแก่นฝางและไอออนอะลูมิเนียมจากสารส้มความเข้มข้น $0-4.0 \times 10^{-3}$ mol/L

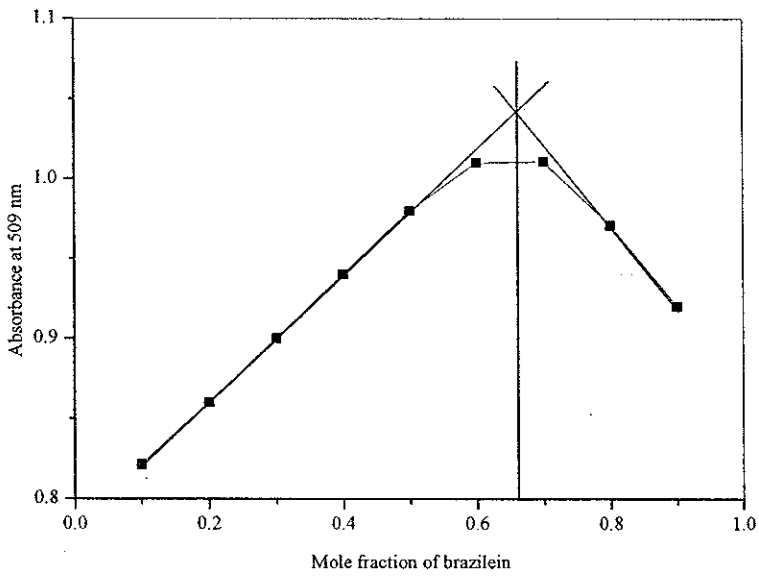
ในการหาอัตราส่วนการเกิดสารเชิงซ้อนของสารส้มกับบราซิลีน โดยใช้ molar ratio method และ Job's method พบว่าการเขียนกราฟแบบ molar ratio ที่ความยาวคลื่น 509 นาโนเมตร (ความยาวคลื่นที่ดูดกลืนคลื่นแสงสูงสุดของสารเชิงซ้อน) ดังแสดงในรูปที่ 4.14 พบว่าจุดตัดของกราฟคือ 0.50 แสดงว่าอัตราส่วนของสารเชิงซ้อนอะลูมิเนียม-บราซิลีนคือ 1:2 และจากการเขียนกราฟแบบ Job's method ดังแสดงในรูปที่ 4.16 แสดงจุดตัดที่ 0.66 หมายความว่าเกิดสารเชิงซ้อนอะลูมิเนียม-บราซิลีนในอัตราส่วน 1:1.94 ซึ่งให้ผลที่ใกล้เคียงกันมากกับการหาจาก molar ratio method (1:2) สำหรับผลจากการหาอัตราส่วนของการเกิดสารเชิงซ้อนของสารส้มกับสีสกัดจากแก่นฝางโดยใช้ molar ratio method และ Job's method (รูปที่ 4.15 และ 4.17) ก็ให้ผลเช่นเดียวกันกับบราซิลีน และจากอัตราส่วนที่ได้ จึงเสนอโครงสร้างที่เป็นไปได้ของสารเชิงซ้อนดังกล่าวขึ้น โดยเกิดจากอะตอมของออกซิเจนของหมู่คาร์บอนิล (ตำแหน่งที่ 9) กับแอนไอออนที่เกิดจากการสูญเสียโปรตอนของหมู่ไฮดรอกซิล (ตำแหน่งที่ 10) เกิดสารเชิงซ้อนกับไอออนอะลูมิเนียมเป็น $[Al(brazilein)_2]^+$ ดังแสดงในรูปที่ 4.18



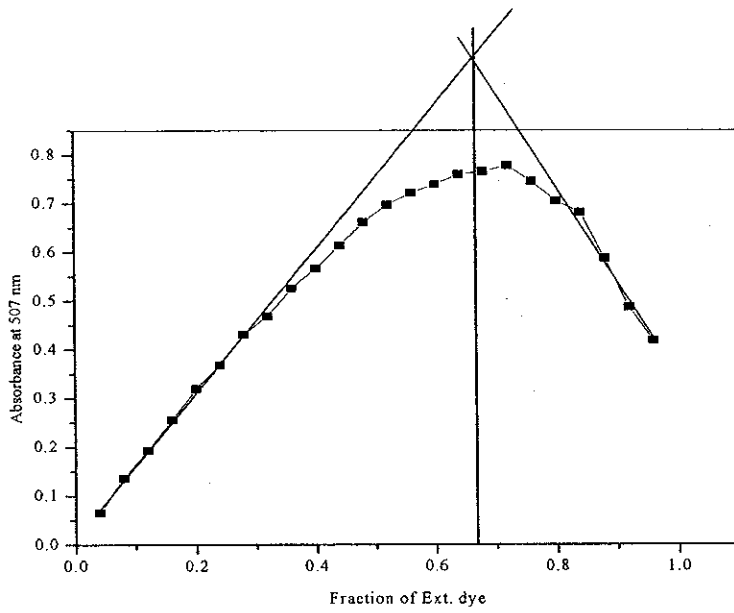
รูปที่ 4.14 ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ 509 นาโนเมตรกับอัตราส่วนความเข้มข้นของ [Alum]/[Brazilein]



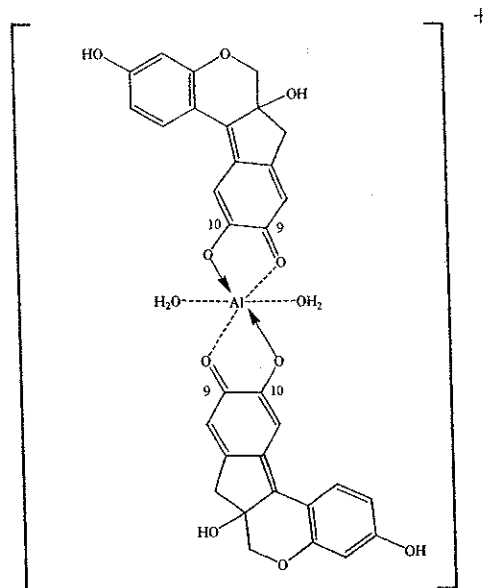
รูปที่ 4.15 ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ 507 นาโนเมตรกับอัตราส่วนความเข้มข้นของ [Alum]/[Extracted dye]



รูปที่ 4.16 ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ 509 นาโนเมตรกับเศษส่วน โมลของบราซิลีน



รูปที่ 4.17 ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ 507 นาโนเมตรกับเศษส่วน โมลของสีสกัดจากแก่นฝาง



รูปที่ 4.18 โครงสร้างที่เป็นไปได้ของสารเชิงซ้อน $[Al(brazilin)_2]^+$

4.7 ผลการศึกษาความคงตัวของสี

(i) สีที่สกัดได้ออกมาเป็นผงนำมาใส่ถุงปิดสนิท และนำมาตั้งทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 เดือน เมื่อนำมาละลายน้ำและตรวจสอบด้วย UV-Visible Spectrophotometer พบว่า ลักษณะแถบการดูดกลืนแสง ไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม สำหรับผงสีสกัดที่นำมาเกิดสารเชิงซ้อนกับสารช่วยติดสีในรูปของสารละลายก่อนการย้อมนั้น โดยทั่วไปเมื่อนำผงสีมาเกิดสารเชิงซ้อน แล้วก็นำมาย้อมผ้าไหมได้ทันที แต่ผู้วิจัยได้ทดลองเก็บไว้ในตู้เย็น 1 อาทิตย์ พบว่าลักษณะแถบการดูดกลืนแสงของสารเชิงซ้อน ไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมเช่นกัน

(ii) การที่นำสีสกัดมาเกิดสารเชิงซ้อนกับสารช่วยติดสี(สารส้ม) พบว่าสารเชิงซ้อนที่เกิดขึ้นให้แถบการดูดกลืนแสง ที่เลื่อนไปยังความยาวคลื่นที่ยาวขึ้น (bathochromic shift) ซึ่งหมายความว่า สารสีเมื่อเกิดเป็นสารเชิงซ้อน ทำให้มีความเสถียรมากขึ้น หรือทำให้สีคงตัวกว่าเดิม และสารเชิงซ้อนที่เกิดขึ้นมีประจุบวก ทำให้คาดคะเนได้ว่าจะดูดซับบนเส้นไหมที่มีหมู่ฟังก์ชันประจุลบได้แข็งแรง ซึ่งทำให้สีติดแน่นขึ้นกว่าเดิม

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสีจากแก่นฝาง(แห้ง)คือ 1 ชั่วโมงและอัตราส่วน น้ำหนักของแก่นฝางต่อปริมาตรน้ำต้มที่ใช้โดยน้ำหนักต่อปริมาตรคือ 1:10 (กรัม:มิลลิลิตร) ได้สีผงที่ สกัดได้คิดเป็นประมาณร้อยละ 13 โดยน้ำหนักของแก่นฝาง การเตรียมบราซิลินทำได้โดยการ ออกซิไดซ์บราซิลินด้วยสารละลายไอโอดีน ผลจากการพิสูจน์โครงสร้าง และวิเคราะห์สมบัติของ บราซิลินและบราซิลินด้วยเทคนิค FT-IR, $^1\text{H-NMR}$, $^{13}\text{C-NMR}$, MS, การหมุนระนาบแสง และการหาจุด หลอมเหลว พบว่าผลจาก FT-IR และ NMR สามารถชี้ได้ถึงการมีอยู่ของหมู่คีโตนในบราซิลิน ซึ่งได้มา จากการที่หมู่ไฮดรอกซิลในบราซิลินถูกออกซิไดซ์ด้วยไอโอดีน ผลจากการพิสูจน์โครงสร้างดังกล่าวนี้ สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์สมบัติของบราซิลินและบราซิลิน เช่น บราซิลินมีมวลโมเลกุลสูงกว่า บราซิลินและจุดหลอมเหลวที่ต่ำกว่าของบราซิลินเมื่อเทียบกับบราซิลิน เป็นต้น

เมื่อนำบราซิลินไปศึกษาการดูดกลืนคลื่นแสง พบว่าแถบการดูดกลืนคลื่นแสง UV-Visible ของ บราซิลินในสารละลายน้ำแสดงแถบของการดูดกลืนคลื่นแสง 3 แถบคือที่ความยาวคลื่น 446, 541 และ 276 นาโนเมตร และพบว่าสีสกัดจากแก่นฝางแสดงแถบของการดูดกลืนคลื่นแสง 3 แถบที่ความยาว คลื่นเดียวกันกับบราซิลินซึ่งยืนยันได้ว่าสารที่ให้สีในสีสกัดก็คือบราซิลิน จากการศึกษาการเกิดสาร เจริญขึ้นของบราซิลินและสีสกัดจากแก่นฝางกับไอออนโลหะต่าง ๆ (สารช่วยติดสี) พบว่าบราซิลินและ สีสกัดจากแก่นฝางเกิดสารเจริญขึ้นที่เสถียรกับ ไอออนอะลูมิเนียม เพราะสารเจริญขึ้นดังกล่าวให้แถบการ ดูดกลืนคลื่นแสงที่เลื่อนไปยังความยาวคลื่นที่ยาวขึ้น เมื่อเทียบกับแถบการดูดกลืนคลื่นแสงของ บราซิลินและสีสกัดจากแก่นฝาง และเมื่อทำการศึกษาอัตราส่วนการเกิดสารเจริญขึ้นของไอออน อะลูมิเนียมของสารส้มกับบราซิลินและไอออนอะลูมิเนียมของสารส้มกับสีสกัดจากแก่นฝางโดยใช้ molar ratio method และ Job's method พบว่าอัตราส่วนที่เกิดขึ้นคือ 1:2 ทั้งสารเจริญขึ้นของไอออน อะลูมิเนียม - บราซิลินและของ-สีสกัดจากแก่นฝางและได้นำเสนอโครงสร้างของสารเจริญขึ้นเป็น $[\text{Al}(\text{brazilein})_2]^+$ ซึ่งมีประจุบวกและมีความเสถียรสูงทำให้เมื่อนำไปย้อมเส้นไหมจะมีแรงดึงดูมากขึ้น ทำให้สีติดแน่นและคงทนสวยงามกว่าเดิม

ข้อเสนอแนะ

ก. ทำการผลิตผงสี โดยให้ขยายสเกลการสกัดสีให้ได้ปริมาณมาก ในการทำเป็นผงสี สำเร็จรูป เพื่อให้สะดวกกับการใช้งานได้อย่างรวดเร็ว

ข. ทำการศึกษาการดูดซับจลนพลศาสตร์ และอุณหพลศาสตร์ทางเคมี เพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการย้อมผ้าไหม เช่น ศึกษาผลของความเข้มข้นของสารเชิงซ้อนสี ต่อปริมาณไหม ผลของ pH และอุณหภูมิ เป็นต้น

ค. ทำการทดสอบสมบัติต่างๆ ของผ้าไหมหลังการย้อม เช่น เจดสี ความคงทนต่อการซักล้าง ความคงทนต่อแสง เป็นต้น

ง. นำผลการทดลองไปถ่ายทอดเทคโนโลยีกับกลุ่มแม่บ้านที่ทำการย้อมผ้าไหม เพื่อให้มีคุณภาพดีกว่าเดิม

บรรณานุกรม

1. Ferreira, E. S. B., Hulme, A. N., McNab, H., and Quye, A. (2004). The natural constituents of historical textile dyes. **Chemical Society Reviews** 33: 329-336.
2. Lemmens, R.H.M.J. and Wulijarni-Soetjipto, N., Plant resources of South-East Asia 3: Dye and tannin-producing plants. Bogor Indonesia: Prosea. 1992.
3. Moeyes, M., Natural dyeing in Thailand, White Lotus, Thailand, 1993.
4. Kanazawa, H. (1991). Interaction between metallic ion and dye. I. Effect of various metallic salts on dyeing of silk and cotton fabrics with dye extracted from *Caesalpinia sappan* L. **Rika Hokoku**. 47 : 19-34.
5. Hayakawa, M., Harada, Y., and Miyauchi, M. (1971). Fundamental studies on the dyeing with soluble redwood ("Suo") III. Influence of various amino acids on the formation of aluminium-brazilin complex salt. **Seikatsu Kagaku**. 8(3) : 217-225.
6. Yoshida, S. (1985). Photo-resistance of silk fabrics dyed with sappanwood and logwood. **Seikatsu Kagaku Kenkyusho Kenkyu Hokoku**. 18 : 68-73.
7. Ghorpade, B., Darvekar, M., and Vankar, P.S. (2000). Ecofriendly cotton dyeing with sappan wood dye using ultrasound energy. **Colourage**. 47(1) : 27-30.
8. Kojima, M. and Sito, M. (2003). Characterization of red natural dyes by HPLC (II)-safflower, Suo (*Caesalpinia sappan*) and red dyes on two textile cultural properties. **Bunkazai Hozon Shufuku Gakkaishi**. 47 : 21-35.
9. Yan, X., Wang, W., Xing, D., Zhao, Y., and Du, L. (2005). Development and optimization of a method for the analysis of brazilein by HPLC with electrochemical detection. **Journal of Chromatography A**. 1077: 44-48.
10. Indrayan, A.K. and Guleria, B.S. (2001). Isolation of the natural dye from the heartwood of *Caesalpinia sappan* and its use as a new neutralization indicator. **Journal of the Indian Chemical Society**. 78(9) : 476-478.
11. Kim, D. S., Baek, N. I., Oh, S. R., Jung, K. Y., Lee, I. S., and Lee, H. K. (1997). NMR assignment of brazilein. **Phytochemistry**. 46(1): 177-178.

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติหัวหน้าโครงการวิจัยและผู้ร่วมวิจัย

ประวัติหัวหน้าโครงการวิจัย

1. รองศาสตราจารย์ ดร.มาลี ตั้งสถิตย์กุลชัย
Associate Professor Dr.Malee Tangsathitkulchai
2. รหัสประจำตัวนักวิจัยแห่งชาติ
3. รองศาสตราจารย์ ประจำสาขาวิชาเคมี สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
4. สาขาเคมี สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ.เมือง จ. นครราชสีมา 30000
โทรศัพท์ 044-224193 โทรสาร 044-224193 e-mail : malee@sut.ac.th
5. ประวัติการศึกษา
ปริญญาตรี 2515 สาขาเคมี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประเทศไทย
ปริญญาโท 2517 สาขาเคมีอนินทรีย์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประเทศไทย
ปริญญาโท 2523 สาขาเคมีอนินทรีย์ Flinders University ประเทศออสเตรเลีย
ปริญญาเอก 2529 สาขา Fuel Science Pennsylvania state University ประเทศสหรัฐอเมริกา
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ(แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
 - เทคโนโลยีถ่านหิน
 - ถ่านกัมมันต์และการดูดซับ
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในประเทศและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย เป็นต้น
 - 7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย ไม่มี
 - 7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย และผู้ร่วมวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย
 - 7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อแผนงานวิจัยและหรือโครงการวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร์และสถานภาพในการทำวิจัย
 1. Reaction at Noble Metal/Ceramic Interfaces
(ผู้ร่วมวิจัย, พ.ศ. 2520-2523)

2. Fundamental Studies of the Mechanisms of Slag Deposit Formation
(ผู้ร่วมวิจัย, พ.ศ. 2525-2529)

3. Sintering and Slag Deposit Formation of Thai Lignite Ashes
(ผู้ร่วมวิจัย, พ.ศ. 2534-2537)

4. กระบวนการซินเทอริงของเถ้าถ่านหินภายใต้สภาวะการเผาไหม้แบบฟลูอิดไดซ์เบด
(ผู้ร่วมวิจัย, พุทธศักราชการวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปี 2540-2542)

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ

1. การนำเถ้าลอยถ่านหินมาใช้ผลิตสาร Zeolite

2. การศึกษาซินเทอริงของเถ้าชีวมวลภายใต้สภาวะการเผาไหม้แบบฟลูอิดไดซ์เบด

3. การผลิตถ่านกัมมันต์จากถ่านหินลิกไนท์

(ผู้ร่วมวิจัย, พุทธศักราชการวิจัยปี 2542 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี)

4. การผลิตถ่านกัมมันต์จากถ่านหินลิกไนท์โดยวิธีกระตุ้นทางเคมี

(ผู้ร่วมวิจัย, พุทธศักราชการวิจัยปี 2543-2544 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี)

5. การเตรียมถ่านกัมมันต์จากวัสดุชีวมวลและการวัดสมบัติโครงสร้างรูพรุน

(ผู้ร่วมวิจัย, พุทธศักราชการวิจัยปี 2545-2546 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี)

8. ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์

มีผลงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ถ่านหิน และซินเทอริงจำนวน 16 เรื่อง (ดังแนบ)
บทความวิจัย (รศ.ดร.มาลี ตั้งสถิตกุลชัย)

1. Brurin, H.J. de., and Tangtreeratana, M., 1981, "Diffusion of Palladium Into MgO", Technical note, J. of Physics and Chemistry of Solid, Vol. 42(4), 333-334.

2. Austin, L.G., Kinnman, W.P., Abbott, M.F., and Tangsathitkulchai, M., 1984, "Ash Deposition in Syngas Coolers of Slagging Gasifiers", Electric Power Research Institute Project 1654-11, Final Report.

3. Tangsathitkulchai, M., and Austin, L.G., 1985, "Studies of Sintering of Coal Ash Relevant to Pulverized Coal Utility Boilers: Part 2: Preliminary Studies of Compressive Strength of Fly Ash Sinters", Fuel, Vol 64., 86-92.

4. Tangsathitkulchai, M., and Austin, L.G., 1985, "Studies of Slag Deposit Formation Using a Laboratory Furnace", American Society of Mechanical Engineering Paper No. 85.- JPGC – Pwr – 45 presented at the Jt. ASME/IEEE power generation conference, Milwaukee, Wisconsin, USA, oct 20-24.
5. Tangsathitkulchai, M., and Austin, L.G., 1985, "Nature of The Surface Involved in Fly Ash Adhesion on Boiler Steel", Short Communications, Fuel, Vol. 64, 1764-1765.
6. Benson, S.A., Tangsathitkulchai, M., and Austin, L.G., 1985, "Studies of Ash Deposit Formation Using a laboratory Furnace", Proceeding of An Annual Pittsburgh Coal Conference. 689-694.
7. Austin, L.G., Benson, S.A., Schobert, H.H., and Tangsathitkulchai, M., 1987, "Fundamental Studies of the Mechanism of Slag Deposit Formation", U.S. Department of Energy Report DOF/FE-70770.
8. Tangsathitkulchai, M., and Tangsathitkulchai, C., 1990, "Studies of Boiler Slag Deposit Formation Using A Vertical Externally-Heated Tube Furnace", International Conference of Energy and Environment, Tara Hotel, Bangkok, November 27-30.
9. Tangsathitkulchai, C., Kuvarananchareon, C., and Tangsathitkulchai, M., 1994, "Sintering Study of Thai Lignite Ashes", 2nd Technical Meeting, Faculty of Engineering, King Mongkut Institute of Technology Thonburi, June 7-8.
10. Tangsathitkulchai, M., and Tangsathitkulchai, C., 1994, "Sintering of Coal Ashes: Effects of Temperature and Atmosphere", 4th National Chemical Engineering Conference, Khon Kaen University, October 20-21.
11. Tangsathitkulchai, M., and Tangsathitkulchai, C., 1994, "Sintering of Coal Ashes: Effects of Extraction and Addition of Alkali – Glass materials", Suranaree Journal of Science and Technology, Vol. 1, No. 2, July – December, 123-132.
12. Tangsathitkulchai, C., and Tangsathitkulchai, M., 1995, "Effect of Environment Atmosphere on the Sintering of Thai Lignite Fly Ashes", Presented at the Engineering Foundation Conference: Application of Advanced Technology to Ash – Related Problems in Boilers, 16-22 July, New Hampshire, USA.

13. Tangsathitkulchai, C., and Tangsathitkulchai, M., 1995, "Study of Slag Deposit Formation Using Synthetic Colas", Presented at the 7th Asian Pacific Confederation of Chemical Engineers Congress of Taipei Chem Exhibition. Taipei, Taiwan, March 4-6, 1996.
14. Tangsathitkulchai, C., and Tangsathitkulchai, M., 1998, "Sintering Behavior of Coal Ashes under Fluidized Bed Combustion Condition", 8th National Chemical Engineering Conference, Mahidol University, December 17-18.
15. Tangsathitkulchai, C., and Tangsathitkulchai, M., 1999, "Effect of Fluidized Bed Materials on the Sintering Behavior of Coal Ashes", Regional Symposium on Chemical Engineering, Prince of Songkla University, Songkla, November 22-24.
16. C. Tangsathitkulchai, and M. Tangsathitkulchai, 2001, Effect of bed Materials and Additives on the Sintering of Coal Ashes Relevant to Agglomeration in Fluidized Bed Combustion, *Fuel Processing Technology*, 72, 163-183, 2001.
17. Temperature effect on the viscosities of palm oil and coconut oil blended with diesel oil. C. Tangsathitkulchai, Y. Sittichaitaweekul and M. Tangsathitkulchai, *J. Am. Oil Chem. Soc.* **2004** 81, 401.
18. A carbon activation model with application to longan seed char gasitication. S. Junpirom, D. D. Do, C. Tangsathitkulchai and M. Tangsathitkulchai, *Carbon* **2005** 43, 1936.
19. Porous properties of activated carbon produced from eucalyptus and wattle wood by carbon dioxide activation. Y. Ngernyen, C. Tangsathitkulchai and M. Tangsathitkulchai, *Korean J. Chem. Eng.* **2006** 23, 1046.
20. Chemically activated carbon from bagasse and the removal of chromium from aqueous solution with activated carbon. N. Punsuwan, C. Tangsathitkulchai and M. Tangsathitkulchai, *Suranaree J. Sci. Technol.* **2006** 13, 143.
21. Activated carbon from lignite coal by chemical activation with potassium hydroxide. N. Jiwalak, C. Tangsathitkulchai and M. Tangsathitkulchai, *Suranaree J. Sci. Technol.* **2006** 13, 207.
22. Effect of surface functional groups on water vapor adsorption of eucalyptus wood-based activated carbon. Y. Ngernyen, C. Tangsathitkulchai, S. Khaoya, W. Intasa-ard and M. Tangsathitkulchai, *Suranaree J. Sci. Technol.* **2007** 14, 9.

23. Preparation of activated carbons from Longan seed by physical and chemical methods. S. Junpirom, C. Tangsathitkulchai and M. Tangsathitkulchai, *Suranaree J. Sci. Technol.* **2007** 14, 63.
24. Non-isothermal thermogravimetric analysis of oil-palm solid wastes. P. Luangkiattikhun, C. Tangsathitkulchai, and M. Tangsathitkulchai, *Bioresource Technology*, **2008** 99, 986.
25. Study of an AL(III) complex with the plant dye Brazilein from *Ceasalpinia sappan* Linn, K. Wongsooksin, S. Rattanaphani, M. Tangsathitkulchai, V. Rattanaphai, and J.B. Bremner, *Suranaree J. Sci. Technol.* **2008**, in press.
26. Water adsorption in activated carbons with different burn-offs and its analysis using a cluster model. S. Junpirom, C. Tangsathitkulchai, M. Tangsathitkulchai and Y. Ngernyen, *Korean J. Chem. Eng.* **2008**, in press.
27. Surface modification and adsorption of Eucalyptus wood-based activated carbons: effects of oxidation treatment, carbon porous structure and activation method. C. Tangsathitkulchai, Y. Ngernyen, and M. Tangsathitkulchai, accepted to be published in *Korean J. Chem. Eng.*

Selected Conferences

1. Activated carbon from longan seed by carbon dioxide activation. Junpirom, S., Tangsathitkulchai, C., and Tangsathitkulchai, M., Regional Symposium on Chemical Engineering **2004** (RSCE2004), Bangkok, 1-3 December.
2. The modification of acidic surface functionality of wood-based activated carbon. Ngernyen, Y., Tangsathitkulchai, C., and Tangsathitkulchai, M., Carbon Conference- Carbon **2005**, Hilton Hotel, Gyuengju, Korea, 3-7 July.
3. Porous characteristics of activated carbon produced from oil-palm solid wastes by carbon dioxide activation. Luangkiattikhun, P., Tangsathitkulchai, C., and Tangsathitkulchai, M., Carbon Conference-Carbon **2005**, Hilton Hotel, Gyuengju, Korea, 3-7 July.
4. Water adsorption equilibrium of longan seed activated carbons. Junpirom, S., Tangsathitkulchai, C., and Tangsathitkulchai, M., International Congress of Chemistry and Environment **2006** Indore, India 24-26 December.

5. Carbonization temperature effect on the porous properties of physically activated carbon from longan seed. Junpirom, S., Tangsathitkulchai, C., and Tangsathitkulchai, M, Carbon Conference-Carbon **2006**, Arberdene, UK., 16-21 July.
6. Characteristics of bio-oil from biomass pyrolysis. Weerachanchai, P., Tangsathitkulchai, C., and Tangsathitkulchai, M., the Conference on Energy Technology Network of Thailand (E-NETT), **2006** Suranree University of Technology, Nakhon Ratchasima, 27th July.
7. A char gasification model for predicting the porous properties of activated carbons. Luangkiattikhun, P., Ngernyen, Y., Junpirom, S., Tangsathitkulchai, C., and Tangsathitkulchai, M., the 13th Regional Symposium on Chemical Engineering 2006-Advances in Chemical and Biomolecular Engineering (RSCE 2006), **2006** Singapore, 3-5 December.
8. Water adsorption on activated carbons with surface functional groups. Ngernyen, Y., Tangsathitkulchai, C., and Tangsathitkulchai, M., the 13th Regional Symposium on Chemical Engineering 2006-Advances in Chemical and Biomolecular Engineering (RSCE2006) **2006** Singapore, 3-5 December.
9. Spectroscopic investigation of complexes of sappanwood dyes with alum, K. Wongsooksin, S. Rattanaphani, M. Tangsathitkulchai, V. Rattanaphani, C. Tangsathitkulchai and J.B. Bremner, 4th PSU Symposium on graduate research, **2006** , Prince of Songkla University, Songkla, Thailand, 31th March.
10. Fuel properties and chemical compositions of bio-oils from biomass pyrolysis. Weerachanchai, P., Tangsathitkulchai, C., and Tangsathitkulchai M., JSAE/SAE International Fuels and Lubricants Meeting, **2007** Kyoto, Japan, 23-27 July.
11. Aluminium ion complexing with the plant dye brazilin: A UV-VIS spectroscopy study. K. Wongsooksin, S. Rattanaphani, M. Tangsathitkulchai, V. Rattanaphani, and J.B. Bremner, 33rd Congress on Science and Technology of Thailand (STT33), **2007**, Walailuk University, Nakhon Sri Thammarat, Thailand, 18-20 October.
12. Incorporation of oxygen functional groups on activated carbon surfaces by air and nitric oxidation, M. Tangsathitkulchai, Y. Ngernyen, and C. Tangsathitkulchai., 2nd EuChems Chemistry Congress, **2008** Torino, Italy, 16-20 September.

13. Treatment of dye effluent using activated carbons with different surface chemistries, K. Wongsooksin, M. Tangsathitkulchai, S. Rattanaphani, V. Rattanaphani, and C. Tangsathitkulchai, 2nd EuChems Chemistry Congress, 2008 Torino, Italy, 16-20 September.
14. Adsorption of heavy metal ions on surface-modified activated carbon, C. Tangsathitkulchai, Y. Ngernyen, and M. Tangsathitkulchai., 2nd EuChems Chemistry Congress, 2008 Torino, Italy, 16-20 September.

ประวัติของผู้ร่วมวิจัย

1. รองศาสตราจารย์ ดร. เสาวณีย์ รัตนพานี

Associate Professor Dr. Saowanee Rattanaphani

2. รหัสประจำตัวนักวิจัยแห่งชาติ 38-30-0050

3. รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาเคมี และหัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิทยาศาสตร์

4. สาขาเคมี สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ.เมือง จ. นครราชสีมา 30000

โทรศัพท์ 044-224254 โทรสาร 044-224185 e-mail : saowanee@sut.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

ปริญญาเอก 2516 สาขาเคมี มหาวิทยาลัยแอสตัน อังกฤษ

ปริญญาตรี 2513 สาขาเคมี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประเทศไทย

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ(แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

Chemical Kinetics, molecular adsorption, สิ่งแวดล้อม, สารตัวนำยิ่งยวด

5. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยและงานวิจัยทั้งภายในและงานวิจัยภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้า โครงการวิจัย หรือ ผู้ร่วมวิจัย ในแต่ละข้อเสนอการวิจัย เป็นต้น

7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย ไม่มี

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย และผู้ร่วมวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

1. Study and Improvement of the Chemical Preparation of the High T_c Superconducting Oxide, Bi-Ca-Sr-Cu แหล่งทุนสถาบันวิจัย และพัฒนา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2539-2541
2. NRCT Research Grant, "Water Research" ; "Mae Ping Watershed" 1989-1990 and "Kuang River" 1990-1991 (co-investigator)
3. The Science and Technology Development Board (STDB) Research Grant, "Research on High Temperature Superconductor" 1989-1991 (co-investigator)
4. NRCT Research Grant, "Monitoring of Water Quality from Ping River"; 1996 (co-investigator)
5. NRCT Research Grant, "Preparation and Studies of the Chemical Constituents of the High T_c Superconductor of the Yttrium System Y-Ba-Cu-O" 1999-2000 (co-investigator)
6. NRCT Research Grant, "High Critical Temperature Superconducting Oxide Bi-Sr-Ca-Cu by Sol Gel Method" 2000-2001 (co-investigator)

7. SUT Research Grant, "Chemical Kinetic Studies for Developmeny of Lac Dyeing on Silk and Cotton 2002-2004 (investigator)

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อแผนงานวิจัยและหรือโครงการวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่และสถานภาพในการทำวิจัย

1. M. Chairat, V. Rattanaphani, J.B. Bremner, **S. Rattanaphani** and P.F. David, An Absorption Spectroscopic Investigation of the Interaction of Lac Dyes with Metal Ions, Dyes and Pigments (2004), 63, 141-150.
2. V.Rattanaphani, **S. Rattanaphani** and A. Chinsuttiaprapa, "Zinc Hydroxystannate and Zinc Stannate Prepared from Mineral Cassiterite and Their Fire Retarding Effect on Some Polymers" Chiang Mai j. Sci. 2003, 30(2)
3. B. Purachat, S. Liawruangrath, P. Sooksamiti, **S. Rattanaphani** and D. Buddhasukh, "Univariate and Simplex Optimization for Flow-Injection Spectrophotometer Determination of Copper Using Nitroso-R Salt as A Complexing agent", Anal. Sci., 2001, 17(3), 443.
4. S. J. Moss and **S. Rattanaphani** "Reaction of Ground State Oxygen Atom with cis- and trans- 1,2- Difluoroethene", J.Chem.Soc., Faraday Trans. 1982, 78, 3052
5. M. Chairat, J.B. Bremner, V. Rattanaphani, and **S.Rattanaphani**, Spectroscopic investigation of The Interaction of Lac Dyes With Metal Ions (poster presentation). *The Inaugural Austral-Asian Biospectroscopy Conference (ABC)*, 3-7 February 2003, Suranaree University of Technology. Nakhon Rachasima, Thailand.
6. S. Liawruangrath, W. Thanasarakhan, V. Hotavitaya and **S.Rattanaphani**, Determination of Lead Cadmium Zinc and Copper in Milk Samples by Atomic Absorption Spectrophotometry (poster presentation). *The Inaugural Austral-Asian Biospectroscopy Conference (ABC)*, 3-7 February 2003, Suranaree University of Technology. Nakhon Rachasima, Thailand

7. B. Liawruangrat, S. Liawruangrath, S. Wangkarn and **S.Rattanaphani**, Isolation and Characterization of Essential Oil from Pomelo (*Citrus grandis* Osb.)Peels and Iested Its Masquito Repellent Property (poster presentation), *The Inaugural Austral-Asian Biospectroscopy Conference (ABC)*, 3-7 February 2003, Suranaree University of Technology. Nakhon Rachasima, Thailand
8. **S. Rattanaphani**, V.Rattanaphani, and S. Liawruangrath, Gas Liquid Chromatographic Determination of Some Organochlorine Pesticide Residues In Soil Samples (poster presentation). *Safe Drinking Water Conterence*, 24-29 February 2003, Novotel Hotel, Chiangmai Thailand.
9. V.Rattanaphani, **S. Rattanaphani**, , J. Siripitayananon, C. Sangphugdee and S. Liawruangrath, Synthesis and Studies of Effects of Lead Dopping to The Superconductors of The Ytrium System, YBa₂ Cu₃O_{7-x} (poster presentation).*The 28th Congress on Science and Technology of Thailand*, 24-26 October 2002, Queen Sirikit National Convention Center, Bangkok, Thailand.
10. **S. Rattanaphani**, V.Rattanaphani, U. Tengiaroenkul and S. Liawruangrath, Monitoring of Some Organochlorine Pesticide Residues in Maekong River. (poster presentation). *The 28th Congress on Science and Technology of Thailand*, 24-26 October 2002, Queen Sirikit National Convention Center, Bangkok, Thailand.
11. B. Purachat, S. Liawruangrath, P. Sooksamiti, **S. Rattanaphani** and D. Buddhasukh, "Study of Copper Adsorption on Lopburi and Synthetic Zeolites from Perlite", 27th Congress Sci. Tech, 2001, Songkla, Thailand.
12. **S. Rattanaphani** ,V. Rattanaphani, C. Sangphagdee, J. Siripitayananon and S. Liawruangrath "Comparative Preparation of High Critical Temperature Superconductor of Bismuth System by Solid State Reaction and Sol-Gel Method" 27th Congress Sci. Tech, 2001, Songkla, Thailand.

13. **S. Rattanaphani** “Studies on Effect of Heat Treatments on the Properties of the Bismuth System Superconductors Prepared by Evaporation to Dryness”, 26th Congress Sci. Tech, 2000, Bangkok, Thailand.
14. V. Rattanaphani; **S. Rattanaphani**; P. Sooksamiti and S. Liawruangrath, “Determination of Some Heavy Metals in Soil Sample in Agricultural Areas Amphur Chom Thong, Chiangmai Province by Absorption Spectrophotometry”, 26th Congress Sci. Tech, 2000, Bangkok, Thailand.
15. C. Sangphagdee; S. Liawruangrath and **S. Rattanaphani**, “Some Organochlorine Pesticide Residues in Water and Fish Samples from Agricultural Field”, 26th Congress Sci. Tech, 2000, Bangkok, Thailand.
16. **S. Rattanaphani** “Studies on Effect of Heat Treatments on the Properties of the Bismuth System Superconductors Prepared by Evaporation to Dryness”, 26th Congress Sci. Tech, 2000, Bangkok, Thailand.
17. V. Rattanaphani; **S. Rattanaphani**; P. Sooksamiti and S. Liawruangrath, “Determination of Some Heavy Metals in Soil Sample in Agricultural Areas Amphur Chom Thong, Chiangmai Province by Absorption Spectrophotometry”, 26th Congress Sci. Tech, 2000, Bangkok, Thailand.
18. C. Sangphagdee; S. Liawruangrath and **S. Rattanaphani**, “Some Organochlorine Pesticide Residues in Water and Fish Samples from Agricultural Field”, 26th Congress Sci. Tech, 2000, Bangkok, Thailand.
19. S. Kruaneter; **S. Rattanaphani** and S. Liawruangrath, “Preparation and Analysis of High T_c Superconductor Bismuth Systems”, 23rd Congress Sci. Tech., Thailand, 1997.
20. **S. Rattanaphani**, “Monitoring of Some Organochlorine Pesticide Residues in Mae Klang River”, 25th Congress, Sci. Tech., Thailand, 1999.

21. **S. Rattanaphani** "Monitoring of Some Organochlorine Pesticides Residues in Ping River in 1993-1994" : International Conference on Water Resources Management in Intermontane Basins, 2-6 Feb 1999, Chiangmai, Thailand.
 22. **S. Rattanaphani** and A. Chaisena, "Monitoring of Some Organochlorine Pesticides Residues in Ping River", The 3rd International Symposium of ETERNNET-APR: Conservation of the Hydropheric Environment, 1996, V 11-95.
- 7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ
1. Lac Dyeing on Silk and Cotton
 2. Superconductors : Synthesis and Charaterization

ประวัติของผู้ร่วมวิจัย

1. รองศาสตราจารย์ ดร. วิจิตร รัตนพานี
Associate Professor Dr. Vichitr Rattanaphani
2. รหัสประจำตัวนักวิจัยแห่งชาติ 37-30-0013
3. รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาเคมี
4. สาขาเคมี สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ.เมือง จ. นครราชสีมา 30000
โทรศัพท์ 044-224365 โทรสาร 044-224185 e-mail : vichitr@sut.ac.th
5. ประวัติการศึกษา
ปริญญาเอก 2516 สาขาเคมี มหาวิทยาลัยแอสตัน อังกฤษ
ปริญญาตรี 2511 สาขาเคมี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประเทศไทย
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ(แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
Coordination compounds, สารประกอบดีบุก, คุณภาพน้ำ, สิ่งแวดล้อม
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในประเทศและภายนอกประเทศ
โดยระบุสถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย เป็นต้น
 - 7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย ไม่มี
 - 7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย และผู้ร่วมวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย
 1. เป็นหัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง Basic Research in Inorganic Chemistry แห่ง
ทุนสถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2538-
2539
 2. NRCT Research Grant, “Water Research” ; “Mae Ping Watershed”
1989-1990 and “Kuang River” 1990-1991 (co-investigator)
 3. NRCT Research Grant, “Monitoring of Water Quality from Ping
River”;1996 (co-investigator)
 4. SUT Research Grant , “Development of LacDyeing on Silk” 2001
(investigator)
 5. SUT Research Grant, Chemical Kinetic Studyies for Developmeny of
Lac Dyeing on Silk and Cotton 2002-2004 (co-investigator)

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อแผนงานวิจัยและหรือโครงการวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่และสถานภาพในการทำวิจัย

1. S. Rattanaphani; **V. Rattanaphani** and S. Liawruangrath, "Preparation and Studies of Chemical Constituents of High Critical Temperature Superconductor of the Yttrium System", 26th Congress Sci. Tech, 2000, Bangkok, Thailand.
2. **V. Rattanaphani**; S. Rattanaphani; P. Sooksamiti and S. Liawruangrath, "Determination of Some Heavy Metals in Soil Sample in Agricultural Areas Amphur Chom Thong, Chiangmai Province by Absorption Spectrophotometry", 26th Congress Sci. Tech, 2000, Bangkok, Thailand.
3. **V. Rattanaphani**, "Studies of Some Water Quality Parameters and Some Heavy Metals in Water Samples from Arng Kaew Reservoir", International Conference on Water Resources Management in Intermontane Basins, Chiangmai, 1999.
4. **V. Rattanaphani**, "Determination of Some Heavy Metals in Ore Samples by Titrimetry and Atomic Absorption Spectrophotometry", 24th Congress Sci. Tech., 1999.
5. **V. Rattanaphani**, "Preconcentration Procedure for Trace Metal Analysis By Atomic Absorption Spectrophotometry", 24th Congress Sci. Tech., 1999.
6. S. Rattanaphani , **V. Rattanaphani**, C. Sangphagdee, J. Siripitayananon and S. Liawruangrath "Comparative Preparation of High Critical Temperature Superconductor of Bismuth System by Solid State Reaction and Sol-Gel Method" 27th Congress Sci. Tech, 2001, Songkla, Thailand.
7. Rattanaphani, S., **Rattanaphani, V.**, U. Tengiaroenkul and S. Liawruangrath, Monitoring of Some Organochlorine Pesticide Residues in Maekong River. (poster presentation). *The 28th Congress on Science and Technology of Thailand*, 24-26 October 2002, Queen Sirikit National Convention Center, Bangkok, Thailand.

8. **Rattanaphani, V.**, Rattanaphani, S., J. Siripitayananon, C. Sangphugdee and S. Liawruangrath, Synthesis and Studies of Effects of Lead Dopping to The Superconductors of The Yttrium System, YBa₂ Cu₃O_{7-x} (poster presentation). *The 28th Congress on Science and Technology of Thailand*, 24-26 October 2002, Queen Sirikit National Convention Center, Bangkok, Thailand.
9. T.Pojanagaroon, S. Liawruangrath, S. Watanesk and **Rattanaphani, V.**, Development of Flow Injection Spectrophotometry For Determination of Cu in Tap Water By Using $-(2\text{-Pyridylazo})\text{-Resorcinol}$ As a complexing Agent (poster presentation). *The 28th Congress on Science and Technology of Thailand*, 24-26 October 2002, Queen Sirikit National Convention Center, Bangkok, Thailand.
10. W. Som-aum, S. Liawruangrath, B. Liawurangrath, **Rattanaphani, V.**, and W. Oungpipat, Flame Atomic Absorption Spectrometric Determination of Chromium(V) By on-Ling Preconcentration System Using Knotted Reactor (poster presentation). *The 28th Congress on Science and Technology of Thailand*, 24-26 October 2002, Queen Sirikit National Convention Center, Bangkok, Thailand.
11. Pojanagaroon, T., Watanesk, S., **Rattanaphani, V.** and Liawruangrath, S. (2002) Reverse Flow Injection Spectrophotometric Determination of iron using Norfloxacin, *Talanta* 58, 1293-1300.
12. M. Chairat, J.B. Bremner, **Rattanaphani, V.**, and Rattanaphani, S. Spectroscopic investigation of The Interaction of Lac Dyes With Metal Ions (poster presentation). *The Inaugural Austral-Asian Biospectroscopy Conference (ABC)*, 3-7 February 2003, Suranaree University of Technology. Nakhon Rachasima, Thailand.
13. Rattanaphani, S., **Rattanaphani, V.**, and S. Liawruangrath, Gas Liquid Chromatographic Determination of Some Organochlorine Pesticide Residues in Soil Samples (poster presentation). *Safe Drinking Water Conterence*, 24-29 February 2003, Novotel Hotel, Chiangmai Thailand.

14. S. Liawruangrath, T. Pojanagaroon, P. Prasertgitwatana and **V.Rattanaphani**, Flow Injection Spectrophotometric Determination of Nickel in Tea Samples (poster presentation). *The Inaugural Austral-Asian Biospectroscopy Conference (ABC)*, 3-7 February 2003, Suranaree University of Technology. Nakhon Rachasima, Thailand.
15. **V.Rattanaphani**, W. Sirisungworawong and S. Liawruangrath, Determination of Mercury in Natural Water, Stream Sediments and Soil Samples in Nam Mae Kuang's Catchment. (poster presentation). *Safe Drinking Water Conference, 24-29 February 2003*, Novotel Hotel, Chiangmai Thailand.

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ

1. การเตรียมและการศึกษาสารประกอบดินบุกที่ช่วยลดการติดไฟในพอลิเมอร์
2. ศึกษาการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนโลหะออร์แกนิกกับรงควัตถุที่สกัดได้จากครั่ง

ประวัติของผู้ร่วมวิจัย

1. รองศาสตราจารย์ ดร. สายสุนีย์ เหลี้ยวเรืองรัตน์ ระดับ 8
Assistant Professor Saisunee Liawruangrath
2. รหัสประจำตัวนักวิจัยแห่งชาติ 38300044
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ระดับ 8 ภาควิชาเคมี
4. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300
โทรศัพท์ 053-944341-5 ต่อ 126
โทรสาร 053-892277
e-mail saislwrn@chiangmai.ac.th
5. ประวัติการศึกษา
ปริญญาเอก 2523 สาขาเคมี มหาวิทยาลัยเบอร์มิงแฮม อังกฤษ
ปริญญาโท 2519 สาขาเคมี มหาวิทยาลัยเบอร์มิงแฮม อังกฤษ
ปริญญาตรี 2513 สาขาเคมี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประเทศไทย
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ(แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
 - New Ceramics
 - Environmental
 - Flow Injection Analysis
 - Natural Product Chemistry
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย ทั้งภายใน และ ภายนอกประเทศ
 - 7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย
 - หน่วยวิจัยการสังเคราะห์ทางเคมีของสารตัวนำเวดจ์อูณหภูมิต่ำ
 - ห้องปฏิบัติการวิจัยสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 - 7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย และผู้ร่วมวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย
 1. Home-made, Low-cost Flow injection Systems for Water Analysis
 2. Water Research : Mae Ping Watershed
 3. Development of Flow injection Technique for the Analysis of Water and Stream Sediment
 4. Determination of Pentachlorophenol (PCP) in Leather Products by Accelerates Solvent Extraction and High Performance Liquid Chromatography (HPLC)
 5. Monitoring of Water Quality from Ping River

6. Flow Injection Analysis System for the Determination of Acetic Acid in Acetobactor Acetic Growth Media
7. Design and Construction of Peristaltic Pump Incorporating with Flow Injection System for Iron Chromium and Sulphate Determination in Water

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อแผนงานวิจัยและหรือโครงการวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และสถานภาพในการทำวิจัย

7.3.1 งานวิจัยที่ได้รับทุนและทำเสร็จแล้ว มีทั้งหมด 14 เรื่อง ขอยกมาเพียง 4 เรื่อง ดังนี้

1. National Research Council of Thailand (NRCT) Research Grant, "Lignite Research", 1983-1985 (co-investigator).
2. NRCT Research Grant, "National Product Research" : Oestrogenic Substances", 1985-1986 (co-investigator) : "Chemical Constituents and Pharmacological Study of Medicinal Plants in Magnoliaceae Family" 1993-1994.
3. NRCT Research Grant, "Development of Flow Injection Analysis System for the Determination of Pharmaceutical Preparations and Agricultural Products", 1986-1987 (co-investigator).
4. The Royal Society of Chemistry, U.K. (RSC) Research Grant, "Home-made, Low-costs Flow Injection Systems for Water Analysis", 1988-1989.

7.3.2 ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารระดับนานาชาติ มีทั้งหมด 15 เรื่อง ขอยกมาเพียง 5 เรื่อง

1. R. Belchet, S. Liawruangrath, A. Townshend, "Titrimetric Determination of Microgram Amounts of Bismuth after Precipitation as $\text{Bi}[\text{Cr}(\text{SCN})_6]$ Followed by Thiocyanate Amplification", *Talanta*, 1997, 24, 590.
2. B. Liawruangrath and S. Liawruangrath, "Spectrofluorimetric Determination of Ampicillin in Pharmaceutical Formulations", *J. Fac. Sci. CMU.*, 1985, 12, 10.

3. B. Liawruangrath and S. Liawruangrath , “High Performance Thin Layer Chromatographic Determination of Albendazole” ACGC Chemical Research Communications, 1999, 8, 45-50.
4. B. Liawruangrath and S. Liawruangrath , “High Performance Thin Layer Chromatographic Determination of Tolperisone Hydrochloride”, J. Pharm. Biomed. Anal., 1999, 20, 401-404.
5. B. Purachat, S. Liawruangrath, P. Sooksamiti, S. Rattanaphani and D. Buddhasukh, “Univariate and Simplex Optimization for Flow-Injection Spectrophotometer Determination of Copper Using Nitroso-R Salt as A Complexing agent”, Anal. Sci., 2001, 7, 443.

7.3.3 งานวิจัยที่นำเสนอในการประชุมวิชาการต่างประเทศ มีทั้งหมด 9 เรื่อง

7.3.4 งานวิจัยที่นำเสนอในการประชุมวิชาการในประเทศ มีทั้งหมด 34 เรื่อง

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ

1. Flow Injection Analysis
2. Superconductor
3. Water Quality Control
4. Natural Products