

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ฌ
อักษรย่อ	ด
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย	1
1.2 เหมี่ของสารให้สีและสีย้อม	1
1.3 แหล่งของสีย้อม	4
1.3.1 สีสังเคราะห์	4
1.3.2 สีธรรมชาติ	4
1.3.2.1 สารเคมีในสีธรรมชาติ	8
1.3.2.2 คุณค่าของสีธรรมชาติ	13
1.3.2.3 ข้อจำกัดของสีธรรมชาติ	14
1.4 อินดิโก	14
1.4.1 แหล่งของอินดิโกในธรรมชาติ	17
1.4.2 การพัฒนางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอินดิโก	19
1.5 การย้อมสีอินดิโก	21
1.5.1 การผลิตเนื้ออินดิโก	21
1.5.2 การก่อหม้ออินดิโก	22
1.5.3 การชุบอินดิโก	23
1.6 การวิเคราะห์สารให้สีธรรมชาติจากพืช	24
1.6.1 การแยกบริสุทธิ์	24
1.6.1.1 โครมาโทกราฟีผิวบาง	24
1.6.1.2 โครมาโทกราฟีคอลัมน์	24

	หน้า
1.6.2 การวิเคราะห์	25
1.6.2.1 การวิเคราะห์กลุ่มสารให้สี โดยปฏิกิริยาเคมี	25
1.6.2.2 การวิเคราะห์โครงสร้างโดยวิธีทางสเปกโตรสโกปี	25
1.7 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	27
บทที่ 2 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง	
2.1 วัสดุและสารเคมี	28
2.2 เครื่องมือ	29
2.3 วัตถุดิบ	29
2.4 วิธีการทดลอง	
2.4.1 การสกัดสารให้สีหลักจากใบครามและใบฮ่อม	29
2.4.1.1 การศึกษาวิธีหาปริมาณอินดิโกในน้ำสกัดครามและฮ่อม	29
2.4.1.2 การสกัดอินดิโกจากคราม	30
2.4.1.3 การสกัดอินดิโกจากฮ่อม	30
2.4.1.3.1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัด	30
2.4.1.3.2 การศึกษาผลของกรดและเบสที่เกี่ยวกับการไฮโดรไลส์น้ำตาลออกจากอินดิโก	31
2.4.1.3.3 การทดลองย้อมด้วยฝ้ายล้วนสีอินดิโกที่สกัดได้	31
2.4.2 การทดสอบเคมีเบื้องต้นของสารสกัดอินดิโก	31
2.4.2.1 การทดสอบสารให้สีกลุ่มแคโรทีนอยด์	31
2.4.2.2 การทดสอบสารให้สีกลุ่มฟลาโวนอยด์	32
2.4.2.3 การทดสอบสารให้สีกลุ่มอัลคาลอยด์	32
2.4.2.4 การทดสอบสารให้สีกลุ่มแอนทราควิโนน	32
2.4.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของสารสีจากครามและฮ่อม	32
2.4.3.1 การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีผิวบาง	32

2.4.3.2	การแยกหาองค์ประกอบหลักโดยวิธีโครมาโทกราฟีคอลัมน์	33
2.4.3.3	การทดสอบความบริสุทธิ์โดยโครมาโทกราฟีผิวบางที่มีตัวชะชนิดต่างๆแล้วได้จุดเดียว	33
2.4.3.4	การวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของสารสีที่แยกออกมาได้	34
2.4.4	การแปรรูปสีข้อมจากใบครามและ ใบส้มสด	34
2.4.4.1	การผลิตผงสีแห้ง	35
2.4.4.2	การผลิตเม็ดแกรนูล	35
2.4.5	การเปรียบเทียบองค์ประกอบของสารให้สีในสารสีสกัดลักษณะเปียก ผงสีแห้งและเม็ดแกรนูลของสารสกัดจากครามและส้ม โดยเทคนิคโครมาโทกราฟีผิวบาง	35
2.4.6	การตรวจสอบสมบัติของสารสีข้อม	35
2.4.6.1	การทดสอบการละลายของสารสีข้อม	35
2.4.6.2	การทดสอบผลของค่าพีเอชต่อการเปลี่ยนสีของสีข้อม	36
2.4.7	การศึกษาวิธีการหาปริมาณสารให้สีที่แยกได้ในสารสีที่แปรรูป	36
2.4.7.1	การหาปริมาณสารให้สีที่แยกได้ในผงสีแห้ง	36
2.4.7.2	การหาปริมาณสารให้สีที่แยกได้ในเม็ดแกรนูล	36
2.4.8	การทดลองหาสูตรสำเร็จที่เหมาะสมในการผลิตอินดิโกในรูปของเม็ดแกรนูลและ ทดสอบสมบัติการละลายน้ำ	36
2.4.9	การทดลองย้อมผ้าด้วยสีอินดิโกสำเร็จรูปสูตรต่างๆ	37
2.4.10	การศึกษาวิธีการแยกสารสีเพื่อการแปรรูป	37

บทที่ 3 ผลการทดลอง

3.1	ผลการสกัดสารให้สีหลักจากใบครามและใบส้ม	38
3.1.1	ผลการศึกษาวิธีการหาปริมาณอินดิโกในน้ำสกัดครามและส้ม	38

	หน้า
3.1.2 ผลการสกัดอินดิโกจากคราม	40
3.1.3 ผลการสกัดอินดิโกจากช่อม	40
3.1.2.1 ผลการศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการสกัด	40
3.1.2.2 ผลของกรดและเบสที่เรียในการศึกษาผล ของกรดและเบสที่เรียในการไฮโดรไลส์ น้ำตาลออกจากอินดิโก	43
3.1.2.3 ผลการย้อมด้วยสีย้อมสีที่สกัดได้	44
3.2 ผลการทดสอบเคมีเบื้องต้นของสารสกัดจากใบครามและใบช่อม	45
3.3 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของสารสีจากครามและช่อม	45
3.3.1 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีผิวบาง	45
3.3.2 ผลการแยกหาองค์ประกอบหลักโดยวิธีโครมาโทกราฟีคอลัมน์	47
3.3.3 ผลการทดสอบความบริสุทธิ์โดย TLC ที่มีตัวชะชนิดต่างๆแล้ว ได้ spot เดียว	47
3.3.4 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของสารสีที่แยกออกมาได้	49
3.4 ผลการแปรรูปสีย้อมจากใบครามและใบช่อมสด	55
3.4.1 ผลการผลิตผงสีแห้ง	55
3.4.2 ผลการผลิตเม็ดแกรนูล	55
3.5 ผลการเปรียบเทียบองค์ประกอบของสารให้สีสกัดลักษณะเปียก ผงสีแห้งและเม็ดแกรนูลของสารสกัดจากครามและช่อมโดย เทคนิคโครมาโทกราฟีผิวบาง	56
3.6 ผลการตรวจสอบสมบัติของสารสีย้อม	57
3.6.1 ผลการทดสอบการละลายของสารสีย้อม	57
3.6.2 ผลของค่าพีเอชต่อการเปลี่ยนสีของสีย้อม	58
3.7 ผลการหาปริมาณสารสีที่แยกได้ในสารสีแปรรูป	59
3.7.1 ผลการหาปริมาณสารสีที่แยกได้ในผงสีแห้ง	60
3.7.2 ผลการหาปริมาณสารสีที่แยกได้ในเม็ดแกรนูล	60
3.8 ผลการทดลองหาสูตรสำเร็จที่เหมาะสมในการผลิตอินดิโกในรูป ของเม็ดแกรนูลและทดสอบสมบัติการละลายน้ำ	62

	หน้า
3.9 ผลการทดลองซ่อมด้วยฝ้ายด้วยสีอินดิโกสำเร็จรูปสูตรต่างๆ	63
3.10 ผลการศึกษาวิธีการแยกสารสีเพื่อการแปรรูป	65
บทที่ 4 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	
4.1 การสกัดสารให้สีจากใบครามและใบช่อม	67
4.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของสารสีจากครามและช่อม	69
4.3 การแปรรูปสีช่อมที่สกัดจากใบครามและใบช่อมสด	70
4.4 การศึกษาสมบัติของสารสีช่อม	71
4.5 การศึกษาวิธีการแยกสารสีน้ำเงินและแดงเพื่อการแปรรูป	71
4.6 สรุปผลการทดลอง	72
เอกสารอ้างอิง	73
ประวัติผู้เขียน	77

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1.1 สีย้อมที่ได้จากวัสดุรรรมชาติ	4
1.2 สีธรรมชาติจากพืชและสัตว์	5
1.3 Influence of Solvent on absorption	15
2.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	28
2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	29
3.1 ลักษณะตะกอนอินดิโกที่สกัดได้จากฮ่อมสดและฮ่อมแห้งโดยใช้ เวลาในการหมักต่างกัน	41
3.2 ผลของระยะเวลาที่ใช้หมักและความสดของวัตถุดิบ	42
3.3 การตรวจวัดปริมาณอินดิโกในสารสีสกัดลักษณะแป้งเปียกที่ได้จาก การหมักวิธีต่างๆ	42
3.4 การเปรียบเทียบปริมาณอินดิโกในสีสกัดลักษณะแป้งเปียกที่ได้จาก การหมักใบฮ่อมสดและใบครามสดอย่างละ 100 กรัมในน้ำ 24 ชม.	43
3.5 ผลของกรดและเบสที่เรี่ยที่เติมลงในน้ำหมักต่อปริมาณสารสีสกัด ลักษณะแป้งเปียก	43
3.6 การทดสอบความบริสุทธิ์ของสารสีน้ำเงินที่แยกได้ด้วยการทำ โครมาโทกราฟีผิวบางโดยใช้ระบบตัวชะหลายๆระบบ	47
3.7 การทดสอบความบริสุทธิ์ของสารสีแดงที่แยกได้ด้วยการทำ โครมาโทกราฟีผิวบางโดยใช้ระบบตัวชะหลายๆระบบ	48
3.8 การแปลความหมาย IR spectrum ของสารอินดิโก	50
3.9 การแปลความหมาย IR spectrum ของสารอินดิรูบิน	54
3.10 น้ำหนักผงสีแห้งที่ได้จากสารสีสกัดลักษณะแป้งเปียกจากคราม และฮ่อมอย่างละ 100 กรัม	55
3.11 การหาองค์ประกอบของสารสีในสารสกัดจากใบฮ่อมและสารสี แปรรูปโดยเทคนิคโครมาโทกราฟีผิวบาง	56
3.12 การละลายของอินดิโกในสารละลายเกลือชนิดต่างๆ	57

ตาราง	หน้า
3.13 การละลายของอินดิโกในเอทานอลที่มีเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นต่างๆกัน	58
3.14 ปริมาณอินดิโกและอินดิรูบินในผงสีจากครามและฮ่อม	60
3.15 การเตรียมเม็ดแกรนูโลสูตรต่างๆ	62
3.16 แสดงลักษณะการละลายของเม็ดแกรนูโลในน้ำที่อุณหภูมิต่างๆโดยนำเม็ดแกรนูโลแต่ละสูตรมา 30 มก.ละลายในน้ำ 5 มล. ที่อุณหภูมิต่างๆกัน	63

สารบัญภาพ

รูป	หน้า
1.1 โครงสร้างของสารให้สีกลุ่มฟลาโวนอยด์บางชนิด	9
1.2 โครงสร้างสารให้สีกลุ่มคาโรทีนอยด์บางชนิด	10
1.3 โครงสร้างของสารให้สีพวกแอนทราควิโนนและแนพทราควิโนน	11
1.4 โครงสร้างของสารให้สีในกลุ่มอัลคาลอยด์บางชนิด	12
1.5 การเชื่อมโยงระหว่างโปรตีนกับแทนนิน	13
1.6 กราฟการดูดกลืนแสงของ indigo ใน chloroform และ amorphus และ crystalline solid	15
1.7 แสดงขั้นตอนการเกิดสีอินดิโก	16
1.8 ดันฮ่อมและดันคราม	18
1.9 แสดงขั้นตอนการเกิดสีอินดิรูบิน	18
3.1 UV-Visible spectrum ของสารมาตรฐานอินดิโกที่ละลายในกรดซัลฟูริกเข้มข้น	38
3.2 กราฟมาตรฐานการหาปริมาณอินดิโก	39
3.3 ฝ้ายที่ทำความสะอาด(1)และฝ้ายที่ไม่ได้ทำความสะอาด(2)ย้อมด้วยสีที่สกัดจากการหมักใบฮ่อมสดในน้ำ 24 ชม.	44
3.4 ฝ้ายที่ย้อมด้วยสีที่สกัดจากการหมักใบฮ่อมสดในน้ำ 24 ชม.(1)และ 72 ชม.(2)	44
3.5 ฝ้ายที่ย้อมด้วยสีที่สกัดจากการหมักใบฮ่อมสด(1) ใบฮ่อมฝังลม(2) และใบฮ่อมแห้ง(3)	44
3.6 สารให้สีในน้ำสกัดจากฮ่อมและครามด้วยวิธีต่างๆแยกโดยเทคนิคโครมาโทกราฟีฝิวบาง (TLC)	46
3.7 UV-Visible spectrum ของสารสีที่แยกจากใบฮ่อม	48
3.8 UV-Visible spectrum ของสารสีน้ำเงินที่แยกบริสุทธิ์จากสารสีฮ่อม	49
3.9 Infrared spectrum ของสารอินดิโกมาตรฐานและสารสีน้ำเงินที่สกัดจากใบครามและใบฮ่อม	50

รูป	หน้า
3.10 Mass spectrum ของสารประกอบสีแดงที่แยกได้จากใบห่อแมลงค่า molecular ion ที่ m/e เท่ากับ 262 (EI-MS)	51
3.11 ^{13}C NMR spectrum ของสารประกอบสีแดงที่แยกได้จากใบห่อแมลงค่า chemical shift ของอะตอม ^{13}C ณ ตำแหน่งต่างๆ	52
3.12 ค่า chemical shift ของอะตอม ^{13}C ต่างๆใน โครงสร้างอินดิโรบินจากการประมวลผลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์และโครงสร้างทางเคมีของอินดิโรบินที่เป็นองค์ประกอบหลักของสารสีจากใบห่อแมลง	53
3.13 UV-Visible spectrum ของสารสีแดงที่แยกบริสุทธิ์จากสารสีอื่น	53
3.14 Infrared spectrum ของสารอินดิโรบินมาตรฐานและสารสีแดง	54
3.15 เม็ดแกรนูลจากสารสีสกัดลักษณะแป้นเปียกของใบห่อแมลง	56
3.16 แสดงลักษณะของสีที่พืชต่างๆ	58
3.17 กราฟมาตรฐานการหาปริมาณอินดิโรบิน	59
3.18 แสดงลักษณะการติดสีของฝ้ายเมื่อย้อมด้วยเม็ดแกรนูลสูตรต่างๆ	64
3.19 โครมาโทกราฟีผิวบางแสดงผลการแยกสารสีเพื่อการแปรรูป	66

รายการอักษรย่อ

ชม	ชั่วโมง
มก	มิลลิกรัม
มล	มิลลิลิตร
$\lambda_{\max}$	ความยาวคลื่นในการดูดกลืนแสงสูงสุด
$^{\circ}\text{C}$	องศาเซลเซียส
Abs	ค่าการดูดกลืนแสง (absorbance)
Abs 611 nm	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 611 นาโนเมตร
CC	Column Chromatography
cm	เซนติเมตร
cm^{-1}	1/centrimetre
EI-MS	Electron Impact-Mass spectrometry
IR	Infrared Spectrometry
KBr	Potassium bromide
m/e	mass/charge
MS	Mass Spectrometry
nm	นาโนเมตร
NMR	Nuclear Magnetic Resonance
ppm	part per million
R_f	อัตราส่วนของระยะทางที่ตัวถูกละลายเคลื่อนที่ต่อระยะทางที่ตัวทำ ละลายเคลื่อนที่
rpm	รอบต่อนาที
TLC	Thin Layer Chromatography
TMS	Tetramethylsilane
UV	Ultraviolet