

ความสัมพันธ์ของโลหะไอออนในน้ำจืดที่มีต่อกระบวนการย่อยสลาย

สาวสยาม ขวัญอ่อน

Sawsayam Khanon

วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมี

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

Bachelor of Science Project in Chemistry

Nakhon Si Thammarat Rajabhat University

2552

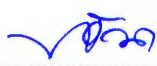
ชื่อโครงการวิจัย ความสัมพันธ์ของโลหะไอออนในน้ำจืดที่มีต่อกระบวนการซ่อมสักราม
 ผู้ทำวิจัย นางสาวสวสขาม ขวัญอ่อน
 สาขาวิชา เคมี

คณะกรรมการที่ปรึกษา

.....ประธานกรรมการ
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุดคมล ลาโสภา)

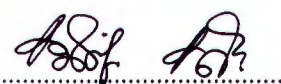
คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สูดคมล ลาโสภา)

.....กรรมการ
 (อาจารย์ปวีณา ปรพัฒน์กุล)

.....กรรมการ
 (อาจารย์อานันท์ทนต์ย์ ค่อยยศสุข)

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช อนุมัติให้โครงการวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
 ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมี

.....

(อาจารย์แนนน้อย แสงเสนห์)

ประธานหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมี

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่อง ความสัมพันธ์ของโลหะไอออนในน้ำขี้เถ้าที่มีต่อกระบวนการย่อยสลาย ได้พิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สำเร็จได้คณะผู้วิจัยได้รับความกรุณาจากหลายฝ่ายเป็นอย่างดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งคณาจารย์และเจ้าหน้าที่โปรแกรมวิชาเคมี เจ้าหน้าที่ศูนย์วิทยาศาสตร์ ได้ช่วยเหลือและ สนับสนุนอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานวิจัย ขอบขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ สดกมล ลาโสภา ที่ให้คำปรึกษา ได้ตลอดเวลาตรวจ แก้ไข และคำแนะนำในการทำวิจัยครั้งนี้

ตลอดจนขอขอบพระคุณอย่างสูงสำหรับบิดามารดาและเพื่อนๆทุกคนที่คอยให้กำลังใจ และช่วยเหลือตลอดเวลาในการทำวิจัยจนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์

สาวสยาม ขวัญอ่อน

ชื่อโครงการวิจัย ความสัมพันธ์ของโลหะไอออนในน้ำจืดที่มีต่อกระบวนการย้อมสีคราม
 ผู้ทำวิจัย นางสาวสาวสยาม ขวัญอ่อน
 สาขาวิชา เคมี
 ปีการศึกษา 2552

บทคัดย่อ

งานวิจัยศึกษาความสัมพันธ์ของโลหะไอออนในน้ำจืดที่มีต่อกระบวนการย้อมสีคราม โดย น้ำจืดเตรียมจากไม้สด 11 ชนิด ได้แก่ มะขาม ข่อย ฝรั่ง ประดู่ จีเหือก แก้ว นุ่น ยางพารา ปาล์ม กระถินยักษ์ และมะพร้าว น้ำจืดที่ได้นำมาใช้เตรียมสีครามและวัดปริมาณลิทโม-อินดิโกที่เกิดขึ้นในน้ำย้อม โดยวัดค่าการดูดกลืนแสง ด้วย ยูวี สเปกโตรโฟโตมิเตอร์และศึกษาปริมาณโลหะไอออน ได้แก่ โซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม ซิงค์ เหล็ก คอปเปอร์ แมงกานีส และโครเมียม ในน้ำจืดทั้ง 11 ชนิด ด้วย แฟลม อะตอมิก แอ็บซอร์พชัน สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ จากผลการศึกษาความสัมพันธ์ของโลหะไอออนกับการเกิดสีครามพบว่า น้ำจืดทั้ง 11 ชนิด ย้อมติดสีครามบนผ้าฝ้ายในวันที่ 12 ของการย้อม โดยเฉพาะ น้ำจืดจากไม้ข่อยและก้ามมะพร้าว ให้การย้อมติดสีครามบนผ้าฝ้ายได้มากที่สุดสอดคล้องกับค่าการดูดกลืนแสงของน้ำย้อมให้ค่าเท่ากับ 1.653 และ 1.659 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ปริมาณโลหะไอออนในน้ำจืดทั้ง 11 ชนิด พบว่า ในน้ำจืดไม้ข่อยและก้ามมะพร้าวมีปริมาณโซเดียมไอออนมากที่สุด และสัมพันธ์กับผลการย้อมติดสีครามบนผ้าฝ้าย และจากการเติมโซเดียมไอออนที่ครามเข้มข้นต่างๆ พบว่า การเตรียมโลหะไอออน Na มีผลต่อการย้อมได้ดีกว่าการเตรียมน้ำย้อมที่ไม่เติมโลหะไอออน

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	(2)
บทคัดย่อภาษาไทย	(3)
สารบัญตาราง	(6)
สารบัญรูป	(7)
บทที่ 1 บทนำ	1
1. ความสำคัญและที่มาของการวิจัย	1
2. จุดมุ่งหมายของงานวิจัย	2
3. ขอบเขตของงานวิจัย	2
4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
5. นิยามศัพท์เฉพาะ	3
6. ระยะเวลาทำการวิจัย	3
7. แผนการดำเนินงานวิจัย	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
1. สีย้อม	5
1.1 สมบัติของสีย้อม	5
1.2 ประเภทของสีย้อม	5
1) สีย้อมธรรมชาติ	5
2) สีย้อมสังเคราะห์หรือสีเคมี	6
2. สีคราม	6
2.1 คราม	6
1) ลักษณะทั่วไปของต้นคราม	6
2) การปลูก ดูแลและเก็บเกี่ยว	6
2.2 เหมของสีคราม	7
2.3. กระบวนการย้อมสีคราม	8
2.4 การย้อมสีครามจากภูมิปัญญาชาวบ้าน	8
3. เส้นใยฝ้าย (Cotton)	12
สมบัติทางกายภาพของเส้นใยฝ้าย	12
4. แรงยึดเหนี่ยวสีกับเส้นใย	12

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5. เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์	13
6. เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	15
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	18
อุปกรณ์-เครื่องมือ และสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย	18
วิธีการทดลอง	20
บทที่ 4 ผลการทดลอง	23
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	29
บรรณานุกรม	30
ภาคผนวก	31

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 1 ผลผลิตไบโคราม	23
ตารางที่ 2 ลักษณะทางกายภาพและน้ำหนักต่อไบโครามสดของคราม	23
ตารางที่ 3 ลักษณะทางกายภาพ และค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำจืดน้ำเค็มไม้สดแต่ละชนิด	24
ตารางที่ 4 ปริมาณโลหะไอออนในน้ำจืดน้ำเค็ม	25
ตารางที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงของลิวโค-อินดิโก วันที่ 12 ของการเตรียมสีกคราม (กับชนิดของโลหะไอออนในน้ำจืดน้ำเค็ม)	27
ตารางที่ 6 ค่าการดูดกลืนแสงของโลหะไอออนที่มีต่อการย้อม	28
ตารางที่ 7 ความยาวคลื่นของการดูดแสงสูงสุดของสีกครามมาตรฐานถูกรีดิวซ์ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$	32
ตารางที่ 8 ค่าการดูดกลืนแสงของสีแต่ละชนิดต่าง ๆ	34
ตารางที่ 9 แสดงการค่าการดูดกลืนแสงของ โซเดียม ที่ความเข้มข้นต่างๆ	35
ตารางที่ 10 แสดงการค่าการดูดกลืนแสงของ แมงกานีส ที่ความเข้มข้นต่างๆ	35
ตารางที่ 11 แสดงการค่าการดูดกลืนแสงของ คอปเปอร์ ที่ความเข้มข้นต่างๆ	36
ตารางที่ 12 แสดงการค่าการดูดกลืนแสงของ ซิงค์ ที่ความเข้มข้นต่างๆ	36
ตารางที่ 13 แสดงการค่าการดูดกลืนแสง ของ เหล็ก ที่ความเข้มข้นต่างๆ	37
ตารางที่ 14 แสดงการค่าการดูดกลืนแสงของ โครเมียม ที่ความเข้มข้นต่างๆ	37
ตารางที่ 15 แสดงการค่าการดูดกลืนแสงของ แมกนีเซียม ที่ความเข้มข้นต่างๆ	38
ตารางที่ 16 แสดงการค่าการดูดกลืนแสง ของ แคลเซียม ที่ความเข้มข้นต่างๆ	38
ตารางที่ 17 แสดงการค่าการดูดกลืนแสง ของ โพแทสเซียม ที่ความเข้มข้นต่างๆ	39

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 1 ปฏิกริยาในกระบวนการเกิดสีคราม	7
รูปที่ 2 การเตรียมน้ำคราม	9
รูปที่ 3 แสดงขั้นตอนการผลิตสีคราม	9
รูปที่ 4 การเตรียมน้ำค้าง	10
รูปที่ 5 วิธีการผสมครามกับน้ำค้าง	11
รูปที่ 6 การย้อมสีคราม	11
รูปที่ 7 โครงสร้างของเซลลูโลส	12
รูปที่ 8 กระบวนการที่ทำให้ธาตุกลายเป็นอะตอมเสถียรด้วยไฟ	14
รูปที่ 9 การเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่องของลำแสงผ่านเข้าไปในวัตถุใส	15
รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนแสงกับเวลาในการเกิดสีคราม เมื่อใช้ผ้าเนื้อต่างกัน	26
รูปที่ 11 ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของสีครามมาตรฐานทิวีส $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$	33
รูปที่ 12 กราฟมาตรฐานแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ โซเดียม ที่ความเข้มข้นต่างๆ	35
รูปที่ 13 กราฟมาตรฐานแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ แมงกานีส ที่ความเข้มข้นต่างๆ	35
รูปที่ 14 กราฟมาตรฐานแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ คอปเปอร์ ที่ความเข้มข้นต่างๆ	36
รูปที่ 15 กราฟมาตรฐานแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ ซิงค์ ที่ความเข้มข้นต่างๆ	36
รูปที่ 16 กราฟมาตรฐานแสดงค่า การดูดกลืนแสงของ เหล็ก ที่ความเข้มข้นต่างๆ	37
รูปที่ 17 กราฟมาตรฐานแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ โครเมียม ที่ความเข้มข้นต่างๆ	37
รูปที่ 18 กราฟมาตรฐานแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ แมกนีเซียม ที่ความเข้มข้นต่างๆ	38
รูปที่ 19 กราฟมาตรฐานแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ แคลเซียม ที่ความเข้มข้นต่างๆ	38
รูปที่ 20 กราฟมาตรฐานแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ โพแทสเซียม ที่ความเข้มข้นต่างๆ	39
รูปที่ 21 ดัมมะขาม	40
รูปที่ 22 ดันปาล์ม	40
รูปที่ 23 ดันมะพร้าว	41
รูปที่ 24 ดันข่อย	41
รูปที่ 25 ดันฝรั่ง	42
รูปที่ 26 ดันประคู้	42
รูปที่ 27 ดันขี้เหล็ก	43
รูปที่ 28 ดันแก้ว	43
รูปที่ 29 ดันนุ่น	44

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 30 ดันกระถิน	44
รูปที่ 31 ดันยางพารา	45

บทที่ 1

บทนำ

1. ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

การใช้สีธรรมชาติย้อมผ้ามีวิวัฒนาการที่ยาวนานกว่า 5000 ปี โดยสีที่ใช้ย้อมผ้า ได้มาจากพืช สัตว์ และแร่ธาตุ สีธรรมชาติส่วนใหญ่ได้มาจากพืช โดยใช้ส่วนต่างๆ เช่น เปลือก ใบ ผล และราก ต่อมาเริ่มมีการผลิตสีสังเคราะห์ และด้วยสีสังเคราะห์มีความแน่นอนของสีมากกว่าสีธรรมชาติ ประหยัดเวลาในการย้อมและหาซื้อได้ตลอดทุกฤดูกาล แต่สีสังเคราะห์ส่วนใหญ่เป็นออกไซด์ของโลหะหนัก เป็นสารก่อมะเร็ง ดังนั้นผู้ที่ตระหนักในสุขภาพจึงหันกลับมาใช้สีธรรมชาติ เช่น การใช้สีแดงจากครั่ง การใช้สีน้ำตาลจากเปลือกไม้ การใช้สีดำจากผลมะเกลือและการใช้น้ำเงินจากครามและห้อมเป็นต้น

สีย้อมธรรมชาติสีน้ำเงินจากครามได้รับการยอมรับว่าเป็นราชาแห่งสีย้อม เพราะสีสดติดทนนาน ไม่ต้องใช้สารช่วยย้อมติด ทำให้การย้อมครามไม่เป็นที่แพร่หลายมากนัก การทำสีครามและย้อมครามธรรมชาติ ในประเทศเขตร้อนได้แก่ อเมริกากลาง แอฟริกา และเอเชีย กระบวนการผลิตจะใช้พืชต่างชนิดกัน ประเทศไทยผลิตสีครามจาก ต้นครามเป็นพืชสกุล *Indigofera* มีชื่อเรียกทั่วไปว่า “คราม” และเรียกแตกต่างกัน เช่น กระเหรี่ยงแม่ฮ่องสอนเรียก นอยย นะยอ เชียงใหม่เรียกครามคอย (*elliptica* Roxb) ครามเขา ครามขน (*hirsute* Linn, local Craib) ครามป่า (*sootepensis* Craib) แต่ด้วยการย้อมสีครามมีขั้นตอนยุ่งยาก ซับซ้อน มีเทคนิคเฉพาะ คุณภาพสีไม่สม่ำเสมอต้องอาศัยผู้ชำนาญการย้อมสีคราม จึงเกิดขึ้นในบางชุมชนเท่านั้น ได้แก่ กลุ่มสตรีทอผ้าย้อมคราม จังหวัดสกลนคร ชาวบ้านโนนสะอาด จังหวัดนครพนม เป็นต้น จากที่กล่าวมาการผลิตสีครามชุมชนได้ใช้สารจากธรรมชาติในกระบวนการย้อมทุกกระบวนการ กล่าวคือ ขั้นตอนการเตรียมเนื้อคราม ใช้กระบวนการหมักใบครามในน้ำ ตกตะกอนเนื้อคราม ด้วยปูนที่ผลิตจากเปลือกหอย ขั้นตอนการเกิดสีคราม ใช้น้ำขี้เถ้าไม้สด มะขามเปียก ผลกล้วยดิบ และอื่นๆ ขึ้นอยู่กับเทคนิคของแต่ละชุมชน และขั้นตอนการย้อม ใช้ผ้าฝ้ายทอมือ

จากข้อมูลข้างต้นผู้วิจัยสนใจศึกษาขั้นตอนการเกิดสีคราม โดยใช้น้ำขี้เถ้าไม้สดบางชนิดละลายน้ำในการย้อมจะต้องเปลี่ยนให้อยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ คือ เปลี่ยนจาก อินดิโก ไปเป็น ลิโวโก-อินโก ซึ่งจากภูมิปัญญาชาวบ้าน จะใช้วิธีการหมักสีคราม ด้วยน้ำขี้เถ้าจากไม้สดบางชนิด ได้แก่ มะขาม ข่อย ฝรั่ง ประดู่ จี้เหล็ก แก้ว นุ่น ขางพารา ปาล์ม กระดินยักษ์ และมะพร้าว เป็นต้น ใช้เวลาในการเกิดสีคราม 1-2 สัปดาห์ จากข้อมูลข้างต้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาองค์ประกอบของน้ำขี้เถ้าแต่ละชนิดที่มีผลต่อการเกิดสีคราม จึงได้ตั้งสมมติฐานว่า “โลหะไอออนในน้ำขี้เถ้าไม้สดมีผลต่อการเกิดสีคราม” เพื่อที่จะสามารถเลือกใช้ไม้สดในการผลิตน้ำขี้เถ้าหรือใช้สารอื่นๆ แทนการใช้น้ำขี้เถ้าต่อไป

2. จุดมุ่งหมายของงานวิจัย

1. หาโลหะไอออน ได้แก่ โซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม ซิงค์ เหล็ก คอปเปอร์ แมงกานีส และโครเมียม ในน้ำจืดน้ำเสีย
2. ศึกษาความสัมพันธ์ของโลหะไอออนในน้ำจืดน้ำเสียต่อการเกิดสีคราม
3. ศึกษาปริมาณของโลหะไอออนที่มีผลต่อการเกิดสีคราม

3. ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ของชนิดและปริมาณโลหะไอออนในน้ำจืดน้ำเสียที่มีต่อกระบวนการย้อมสีครามแบ่งการวิจัยเป็น 4 ส่วน

1. เตรียมวัตถุดิบในการทดลอง

- ปลูกรวม
- เตรียมครามผง เตรียมโดยหมักใบคราม จากนั้นเป่าอากาศลงไปจะได้ตะกอน

ครามนำตะกอนครามมาทำให้แห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบแช่แข็ง

- น้ำจืดน้ำเสีย เตรียมโดยการเผาไม้สด 11 ชนิด และในขั้นตอนการเผาจะต้องใช้น้ำดับก่อนไฟจะมอด น้ำจืดน้ำเสียมาเติมน้ำในน้ำจืดน้ำเสีย มันกวน จากนั้นกรองจะได้ น้ำจืดน้ำเสีย

2. ศึกษาปริมาณโลหะไอออน 8 ชนิด ได้แก่ โซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม ซิงค์ เหล็ก คอปเปอร์ แมงกานีส และโครเมียม ในน้ำจืดน้ำเสีย 11 ชนิด ได้แก่ มะขาม ข่อย ฝรั่ง ประดู่ จืดเหล็ก แก้ว นุ่น ยางพารา ปาล์ม กระถินยักษ์ และมะพร้าว ปริมาณโลหะไอออนวิเคราะห์ด้วย เครื่องเฟลม อะตอมมิค แอปซอร์พชันโฟโตมิเตอร์

3. ศึกษาการย้อมติดสีครามเมื่อนำน้ำจืดน้ำเสีย 11 ชนิด ได้แก่ มะขาม ข่อย ฝรั่ง แก้ว ประดู่ นุ่นจืดเหล็ก ยางพารา ปาล์ม กระถินยักษ์ และมะพร้าว ทดสอบการเกิด ลิวโก-อินดิโก โดยวัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิล สเปกโตรโฟโตมิเตอร์

4. ศึกษาปริมาณโลหะไอออนที่มีผลต่อการเกิดสีคราม โดยทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อที่ 3 และเติมโลหะไอออนที่ความเข้มข้นต่างๆ ทดสอบ การเกิด ลิวโก-อินดิโก ด้วยวัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิล สเปกโตรโฟโตมิเตอร์

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถเลือกใช้ไม้สัดที่นำมาใช้น้ำขึ้นน้ำลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. สามารถเลือกสารหรือวัสดุอื่นที่มีสมบัติเหมาะในการทำให้เกิดสีคราม

5. นิยามศัพท์เฉพาะ

ครามผง หมายถึง ใบครามที่ผ่านกระบวนการหมัก จากนั้นเป่าอากาศลงไปจะได้ตะกอนครามนำตะกอนครามมาทำให้แห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบแช่แข็ง

จี๊ไม้สัด หมายถึง ไม้ที่ได้จากการเผาไม้สัด 11 ชนิด และในขั้นตอนการเผาจะต้องใช้น้ำดับก่อนไฟจะมอด

6. ระยะเวลาทำการวิจัย

ระหว่างเดือน มกราคม 2552 ถึงเดือน กุมภาพันธ์ 2553

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. สีย้อม

สีย้อม (dyestuffs) คือ สีย้อมชนิดหนึ่งที่ใช้ในการย้อมเส้นใยของผ้า อาจจะเป็นสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ก็ได้ มีลักษณะเป็นผลึกหรือผงละเอียด สีย้อมบางชนิดละลายน้ำได้ บางชนิดจะไม่สามารถละลายน้ำแต่จะละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ เมื่อนำสีย้อมไปใช้ในกระบวนการย้อมจะทำให้โมเลกุลของสีย้อมซึมผ่านเข้าไปในโมเลกุลของเส้นใยโดยจะทำลายโครงสร้างผลึกของวัตถุนั้นชั่วคราว ซึ่งอาจเกิดพันธะไอออนิก (ionic bond) หรือพันธะโควาเลนต์ (covalent bond) กับวัตถุที่ต้องการย้อม

1.1 สมบัติของสีย้อม

สีย้อมต้องมีคุณสมบัติที่สำคัญ 3 ประการ คือ

- 1) มีสีเข้มละลายน้ำได้ดี การละลายอาจจะเป็นอยู่อย่างถาวรหรืออยู่ในช่วงที่มีการย้อมเกิดขึ้น
- 2) มีความสามารถในการดูดซึมและติดเส้นใยหรือรวมกับเส้นใยในปฏิกิริยาเคมี
- 3) มีความติดทน เมื่อดูดติดกับเส้นใยแล้วจะต้องติดทน ไม่ลอกหรือขีดได้ง่ายเมื่อซักน้ำซักแห้ง ถูแดด เหงื่อ การขัดสี ครวญหรือเก็ส

1.2 ประเภทของสีย้อมสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1) สีย้อมธรรมชาติ เป็นสีที่ได้จากพืช สัตว์ จุลินทรีย์ และแร่ธาตุต่างๆ สีย้อมสัตว์มักเป็นสีที่ได้จากแมลงตาแดงเช่น โคชินิล เป็นสีแดงส้มที่ได้จากตัวแมลง *Coccus cacti* จากแมงกนิโก และเคอร์มัสเป็นสีแดง แดงส้ม ที่ได้จากแมลงปีกแข็งขนาดเล็ก *Coccus illidis* พบมากในยุโรป สีที่ได้จากพืชมักเป็นสารอินทรีย์ที่ได้จากส่วนต่างๆ ของพืชได้แก่ ราก เปลือก ลำต้น แก่นไม้ ใบ ดอก ผล และเมล็ด สีที่ได้จากพืช เป็นที่นิยมใช้มาก เนื่องจากหาง่าย สีที่ย้อมได้แต่ละครั้งจะไม่เหมือนกัน เพราะสีที่ได้ไม่ใช่สีย้อมบริสุทธิ์ สีจะแตกต่างกันไปตามสภาวะของพืช เช่น อายุ แหล่งที่ปลูก ดินฟ้าอากาศ หรือฤดูกาล เป็นต้น ส่วนต่างๆ ของพืชจะให้สีที่แตกต่างกัน เช่นใบจากพืชเกือบทุกชนิดให้สีเขียวที่ใกล้เคียงกัน สีย้อมแก่นของลำต้นส่วนมากจะให้สีเหลือง และน้ำตาล ดอกและผลโดยทั่วไปจะให้สีตามดอกและผลที่มองเห็น ส่วนต่างๆ ของพืชต่างชนิดกันอาจให้สีอย่างเดียวกันหรือใกล้เคียงกัน เช่น สีดำ ได้จากลูกมะเกลือ ลูกกระเจียว สีเหลืองได้จากเหง้าขมิ้น แก่นแกล แก่นเข สีเขียวได้จากใบหูกวาง ใบมะม่วง สีฟ้า-น้ำเงิน ได้จากต้นครามและฮ้อม สีย้อมธรรมชาติมีข้อดีมากมาย ได้แก่ ให้สีที่เย็นตามองแล้วรู้สึกสบายตา ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพร่างกายของผู้ย้อมและผู้บริโภคสามารถหา

ในท้องถิ่น ไม่ต้องเสียเงินซื้อ เพื่อบริรักษ์วัฒนธรรมดั้งเดิมให้คงอยู่ และสามารถสร้างสรรค์ในการคิดค้นหาสิ่งแปลกใหม่ได้

2) สีสั่งเคราะห์หรือสีเคมี เป็นสารสีย้อมที่สังเคราะห์ขึ้นจากปฏิกิริยาเคมีให้มีโครงสร้างที่เกิดสีต่างๆ ได้มากมาย มีกลุ่มของอะตอมที่ทำให้เกิดสีสดมีความคงทนไม่ตกสีง่าย ทนต่อการซักฟอกและแสงแดด สามารถปรับให้เลือกย้อมกับเส้นใยต่างๆ ได้ดี ใช้งานง่ายและเก็บรักษาได้ดี สามารถผลิตได้ในปริมาณมากเพียงพอแก่การใช้งานและราคาไม่แพง สีสั่งเคราะห์เป็นที่นิยมและมีการพัฒนาจนถึงจุดอิ่มตัวทางด้านเคมีและวิธีการย้อม มีข้อเสีย ได้แก่ ทำให้เกิดมลพิษสูงในกระบวนการผลิต น้ำทิ้งที่เกิดจากการย้อมสีเคมีทำให้ดินและน้ำเสีย สีหลายชนิดเมื่อสลายตัวจะพิษต่อผิวหนัง

2. สีคราม .

2.1 คราม

1) ลักษณะทั่วไปของต้นคราม

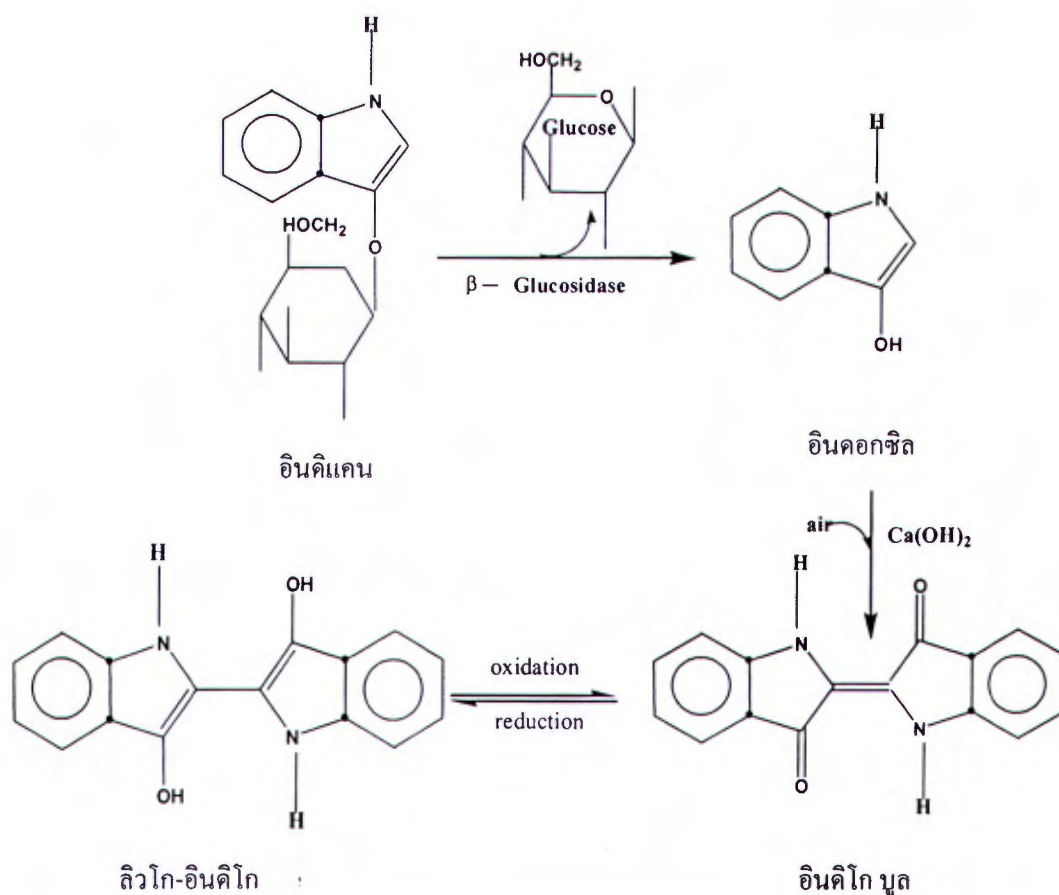
ครามมีหลากหลายสายพันธุ์ เช่น *Indigofera suffruticosa*, *Indigofera arrecta* เป็นต้น แต่ในประเทศไทยนิยมปลูก คราม วงศ์ *Indigofera tinctoria* ชื่อสามัญ Indigo ชื่ออื่น คราม (คนไทย), คาม (เหนือ, อีสาน) ครามย้อม (กรุงเทพฯ) ครามเป็นไม้เนื้ออ่อนกิ่งเลื้อยพักอาศัยการพาดเกาะตามสิ่งที่อยู่ใกล้เพื่อทอดลำต้น มีการแตกกิ่งก้านสาขาไม่มากนัก ใบ เป็นใบประกอบขนาดเล็ก กว้าง 0.5-1 เซนติเมตร ยาว 1-1.5 เซนติเมตร ดอก มีขนาดเล็กคล้ายดอกถั่ว สีเขียวอ่อนอมครีม เริ่มบานมีสีแดงหรือชมพู ฝัก ลักษณะคล้ายฝักถั่วแต่เล็กกว่า ขนาดความยาวของฝัก 5-8 เซนติเมตร เม็ดสีครามอมเหลือง ขยายพันธุ์โดยการเพาะเมล็ด

2) การปลูก ดูแลรักษาและเก็บเกี่ยว

การปลูก เลือกพื้นที่บริเวณที่มีแสงแดดเพียงพอ น้ำไม่ท่วมขัง เช่น ที่ดอน ส่วนมากปลูก ตามหัวไร่ปลายนาในปัจจุบันการผลิตครามเป็นการค้าที่สร้างรายได้ ชาวบ้านจึงเลือกปลูกในที่นา โดยการไถพรวน ขร่อง ปลูกโดยหว่านเมล็ดและเกลี่ยดินกลบเพื่อป้องกันมดหรือแมลง หรือปลูกโดยวิธีหยอดหลุมเป็นแถวหลุมละ 3-4 เมล็ด แต่ละแถวห่างกันประมาณ 40-60 เซนติเมตร เมื่อครามงอกเป็นต้นเล็กๆ ต้องดายหญ้าทุกสัปดาห์ ถอนต้นครามที่อยู่ใกล้กันเพื่อให้ต้นครามได้รับปุ๋ย น้ำ และแสงแดดอย่างเพียงพอ เมื่อต้นครามอายุ 3-4 เดือนหรือสังเกตจากการออกดอก เติบโตเป็นฝักเล็กๆ แสดงว่าครามแก่พอให้สีครามได้แล้ว การเก็บเกี่ยว ตัดกิ่งครามให้เหลือตอสูงประมาณ 20 เซนติเมตร เพื่อจะให้ต้นครามสามารถแตกกิ่งและใบ ได้อีก ต้นครามมีอายุ 2-3 ปี การเก็บควรเก็บตอนเช้ามีด เพื่อไม่ให้ใบครามโดนแสงแดดจะให้สีครามน้อย ในขณะที่เก็บผู้เก็บควรสวมใส่เสื้อมิดเพื่อป้องกันการระคายเคืองจากขนเล็กๆ ของต้นครามที่มองไม่เห็น อาจทำให้เกิดอาการคัน

2.2 เคมีของสีคราม

สารต้นตอในไบคราม คือ สารอินดิแคน (indican) เป็นสารที่ไม่มีสีและไม่ละลายน้ำ เมื่อนำไบครามแช่น้ำ เอนไซม์ชนิดหนึ่งในไบคราม คือ บีตา-กลูโคซิเดส ทำให้กลูโคสหลุดออกจากอินดิแคน เหลืออินดอกซิล (indoxyl) ซึ่งละลายน้ำได้ อินดอกซิลถูกออกซิไดส์ได้ง่ายด้วยออกซิเจนในอากาศเป็นสารอินดิโก บูล (indigo blue) ที่ไม่ละลายน้ำ และจะตกตะกอน อยู่ก้นภาชนะ ดังนั้น ในการเตรียมสีครามจึงต้องรีดิวซ์อินดิโก บูลที่ไม่ละลายน้ำให้เป็นลิวโก-อินดิโก หรืออินดิโก ไวท์ที่ละลายน้ำ สังเกตได้จากสีของน้ำข้อมจะเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีเขียวปนเหลือง จากนั้นนำผ้าที่ชุบน้ำบิดจนหมาดจุ่มลงในน้ำข้อม ลิวโก-อินดิโก ในน้ำข้อม จะแทรกซึมเข้าไปจับเซลล์ลูโลสของใยผ้า เมื่อยกผ้าฝ้ายสัมผัสกับอากาศ ลิวโก-อินดิโก จะถูกออกซิไดส์กลับไปเป็นอินดิโก บูล ที่ไม่ละลายน้ำเช่นเดิม ปฏิกริยาดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ปฏิกริยาในกระบวนการเกิดสีคราม

ที่มา ; (ทุเรียน ปัดสำราญ. 2551)

2.3 กระบวนการย้อมสีคราม

การย้อมสีครามมี 5 ขั้นตอน

- 1) การใส่สีลงในน้ำย้อม สีย้อมจะอยู่ในสถานะที่ไม่ละลายน้ำ (Water Insoluble)
- 2) การทำ Vatting ขั้นตอนนี้ทำโดยการใช้สารเคมีทำให้เกิดการรีดิวซ์ เพื่อให้สีที่ไม่ละลายน้ำอินดิโกอยู่ในรูปสีที่ละลาย (ลิโว-อินดิโก) พร้อมทำการย้อม การรีดิวซ์สีกระทำได้โดยการใช้สารเคมีได้แก่ โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์ ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) ร่วมกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)
- 3) การดูดซับของสีเข้าไปในเส้นใย โมเลกุลของสีคราม จะมี Substantivity กับเส้นใยเซลลูโลสที่อยู่ในน้ำย้อม การทำให้สีติด กับเส้นใยได้มากที่สุด จำเป็นต้องใช้สารอิเล็กโตรไลต์ เพื่อช่วยลดประจุบนบนเส้นใยเซลลูโลส และเปิดโอกาสให้สีวิ่งเข้ามาใกล้เส้นใยได้มากขึ้น การย้อมสีจะกระทำที่อุณหภูมิตั้งแต่ $20-60^\circ\text{C}$ ข้อควรระวังคือ ในขั้นตอนนี้วัสดุสิ่งทอย้อมอยู่จะต้องไม่อยู่น้ำย้อม เพราะอากาศจะทำหน้าที่เป็นตัวออกซิไดส์สี ทำให้เกิดการย้อมที่ไม่สม่ำเสมอ
- 4) การออกซิไดส์ ขั้นตอนนี้สีที่ย้อมติดบนเส้นใย แล้วจะเปลี่ยนเป็นรูปที่ไม่ละลายน้ำ อีกครั้ง โดยการใช้สารออกซิไดส์ซึ่ง เช่น อากาศ (แต่ค่อนข้างช้า) ในทางปฏิบัติจะใช้สารออกซิไดส์ซึ่ง เช่น ไฮโครเจนเปอร์ออกไซด์เจือจาง
- 5) การซักล้างและขจัดสีส่วนเกินออกไป ในระหว่างที่ย้อมในขั้นตอนที่ 3) อาจจะมีสีส่วนเกิน ติดบนผิวหน้าของวัสดุสิ่งทอ ดังนั้นจำเป็นต้องกำจัดสีเพื่อทำให้ความคงทนต่อการซักของสีบนวัสดุนั้นๆ ดีขึ้น และ เพื่อเป็นการป้องกันการเปลี่ยนเฉดสี

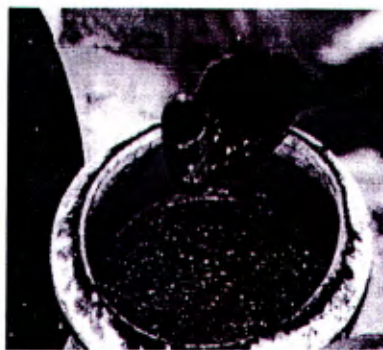
2.4 การย้อมสีครามจากภูมิปัญญาชาวบ้าน

1) การเตรียมฝ้ายสำหรับย้อม

นำฝ้ายที่ต้องการย้อมมาทำความสะอาดโดยการดัดกับผงซักฟอกหรือสบู่เหลืองหรือสบู่ละลาย เพื่อขจัดไขมันที่เกาะมากับเส้นใยใช้เวลาประมาณ 30 นาที ถึง 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปล้างน้ำสะอาด ฝั้ให้แห้ง

2) การเตรียมน้ำครามสำหรับย้อม (ภาษาลาวครั้งเรียก “เทียน”)

มีอัตราส่วนการผสมของ คราม : น้ำด่าง เท่ากับ 2:3 แล้วแต่สภาพของน้ำคราม ในหม้อนำน้ำครามเติมในหม้อละ 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร หรือ 1 แก้วพลาสติก หากเป็นลิตรที่ใช้ดวงตามาตราตามที่เป็มาตรฐานให้ใช้เพียงเศษหนึ่งส่วนสี่ของลิตร



รูปที่ 2 การเตรียมน้ำคราม
ที่มา ; (อนุรัตน์ สายทอง. 2543)

3) การเตรียมเนื้อคราม

เมื่อต้นครามแก่เต็มที่พร้อมที่จะเก็บเกี่ยวอายุประมาณ 4 เดือน สังเกตได้จากใบครามมีสีเขียวเข้ม และยอดของต้นครามจะเริ่มหงิกงอเล็กน้อย ชาวบ้านให้ตัดต้นครามแล้วมัดเป็นท่อนเล็กๆ นำไปแช่โอ่งดินขนาดใหญ่ที่ใส่น้ำไว้ แช่ทิ้งไว้ประมาณ 8 ชั่วโมง จากนั้นกลับใบครามแล้วแช่ต่ออีกประมาณ 4-6 ชั่วโมง นำกากใบครามออก เดิมปูนขาวลงไป แล้วตีน้ำครามให้เป็นฟอง เพื่อให้เนื้อครามสัมผัสอากาศ ปล่อยให้น้ำครามตกตะกอน 2-3 วัน และสังเกตดูน้ำที่อยู่เหนือตะกอนเริ่มใส จึงรินน้ำและนำเนื้อครามที่ขึ้นเหนียวเหมือนโคลนไปเก็บไว้ในถัง



ต้นคราม



การหมักคราม



การเติมน้ำออกซิเจน

รูปที่ 3 แสดงขั้นตอนการผลิตสีคราม
ที่มา ; (อนุรัตน์ สายทอง. 2543)

4) การเตรียมน้ำค้าง

เตรียมน้ำค้างได้จากขี้เถ้าไม้สด ซึ่งเป็นไม้เนื้อแข็ง จำพวกไม้แดงไม้ประดู่ สะเดา มะขาม เป็นต้น เพราะ น้ำค้างที่ได้จากไม้สดดังกล่าวจะมีความเค็มพอดี จากนั้นนำขี้เถ้าใส่ปื๊บหรือกระป๋องเจาะรูด้านล่างวางบนกระป๋องหรือปื๊บอีกใบหนึ่งเพื่อรองน้ำค้างที่ได้จากน้ำขี้เถ้าด้านบนบนหน้าใสขี้เถ้าในปื๊บหรือกระป๋อง ที่อยู่ด้านบนจนกว่าน้ำค้างที่ได้ไม่เค็ม หากวัดค่า pH ของ น้ำค้างที่กรองได้ $\text{pH} = 12.5-13$



รูปที่ 4 การเตรียมน้ำค้าง

ที่มา ; (อนุรัตน์ สายทอง. 2543)

5) การผสมครามกับน้ำค้าง

ผสมครามเปียกกับน้ำค้างให้ละลายเข้ากันดีในอัตราส่วน แล้วเติมขี้เถ้ามะขามเปียกกับน้ำ (พอมะขามละลาย) จนเนื้อมะขามฟูดีแล้ว หรืออาจนำไปแช่น้ำไว้ก่อนนำมาใช้ประมาณ 2-3 ชั่วโมง หรือมากกว่านั้นก็ได้ ผสมน้ำมะขามลงในน้ำครามกวนให้เข้ากันดีแล้วคกแบ่งใส่หม้อดินเผาหรืออ่างดินเผาโดยให้มีปริมาณเป็นเศษหนึ่งส่วนสอง หรือครึ่งหนึ่งของภาชนะ โถกน้ำครามทุกๆ วันๆ ละ 1-2 ครั้ง ปิดฝาทิ้งไว้ 1-3 คืน สังเกตดูว่าตะกอนจะมีสีเหลืองเข้ม ฟองเป็นสีน้ำเงินเข้มไม่ยุบตัว ผิวของฟองเป็นสีม่วงแดง



รูปที่ 5 วิธีการผสมครามกับน้ำค้าง
ที่มา ; (อนุรัตน์ สายทอง. 2543)

6) การย้อมคราม (การจุ่มหม้อคราม)

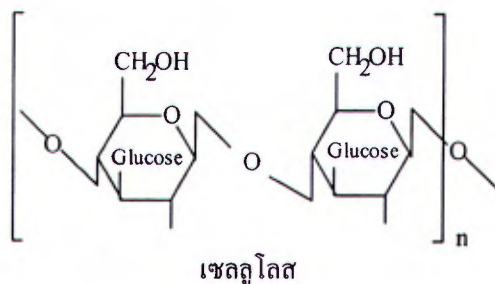
ดักน้ำย้อมครามเก็บไว้ในภาชนะโดยดักหม้อละ 1 ลิตร โดยประมาณ สำหรับทำหัวเชื้อไว้เดิมเมื่อย้อมเสร็จแต่ละวัน นำฝ้ายที่ฟอกไขมันแล้วประมาณ 200 กรัม ชุบน้ำสะอาดบิดพอหมาดลง ย้อมในหม้อครามที่พร้อมย้อม เวลาย้อมควรขยำฝ้ายให้สัมผัสกับน้ำครามให้ทั่วถึงประมาณ 3-5 นาที ค่า pH ของน้ำครามในหม้อจะมีค่า pH เท่ากับ 10-11 โดยสังเกตดูที่สีของน้ำครามหากสีของน้ำครามเป็นสีเขียวมรกต เมื่อน้ำย้อมกลับเป็นสีเขียว ควรหยุดย้อมบิดฝ้ายที่ย้อมพอหมาดแล้วทาบให้สัมผัสอากาศจนทั่วถึงปล่อยทิ้งไว้ประมาณ 10-20 นาที จึงนำมาย้อม ซ้ำทำเช่นนี้จนกว่าจะได้สีครามตามต้องการ หม้อครามที่ย้อมแล้วควรให้หม้อครามพักตัวประมาณ 8-24 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำจะเหลืองเข้มดังเดิมจึงจะทำการย้อมซ้ำได้ เมื่อผ่านการย้อมซ้ำ 2 ครั้งแล้ว (เข้า 1 ครั้ง, เย็น 1 ครั้ง) เดมน้ำคราม 200 มิลลิลิตร ในหม้อย้อมพร้อมกับเดิม หัวเชื้อครามลงไป ในหม้อที่ดักมาไว้ทุกหม้อ การเดิมหัวเชื้อและน้ำครามจะเดิมเมื่อย้อมเสร็จในตอนเย็นทุกๆ เย็น ช่วงระหว่างที่รอให้น้ำครามในหม้อเป็นสีเหลือง ควรล้างฝ้ายเอาปูนจี๋เก่าที่ติดมากับเส้นฝ้ายออกเพื่อป้องกันเส้นฝ้ายเปื่อย นำไปผึ่งพอหมาด เตรียมย้อมต่อไปในเย็นรุ่งขึ้น



รูปที่ 6 การย้อมสีคราม
ที่มา ; (อนุรัตน์ สายทอง. 2543)

3. เส้นใยฝ้าย (Cotton)

ชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Gossypium herbaceum* Linn. เป็นเส้นใยเซลลูโลส ในโมเลกุลของเซลลูโลสจะเกิดจากยัดจับกันของเซลโลไบโอสเป็นสายยาวโดยเกิดจากเบต้า กลูโคส 2 โมเลกุลยัดเกาะกันด้วยพันธะ $-C-O-C-$ ในโมเลกุลจะมีหมู่ไฮดรอกซิล ($-OH$) อยู่มากมายทำหน้าที่ดูดน้ำ หรือเกิดปฏิกิริยาจับกับหมู่ธาตุอื่นๆ การจัดเรียงตัวกันของโมเลกุลเซลลูโลสมีความเป็นระเบียบค่อนข้างมาก และระหว่างสายโซ่โมเลกุลจะมีการยัดจับกันด้วยพันธะไฮโดรเจน เป็นระยะๆ ซึ่งมีทำให้เส้นใยเซลลูโลสมีความเหนียวแข็งแรงค่อนข้างสูง ดังสูตรโครงสร้างของเซลลูโลสดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 โครงสร้างของเซลลูโลส

ที่มา ; (ทุเรียน ปัดสำราญ. 2551)

สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของเส้นใยฝ้าย

ใยฝ้ายมีสี ขาว ครีมน้ำตาลหรือเทา ใยฝ้ายค่อนข้างเหนียว ได้ฝ้ายง่าย ความทนต่อการขัดถูไม่คืนัก ใยฝ้ายทนต่อด่างได้ดี และทนต่อสารอินทรีย์ได้เกือบทุกชนิด เช่น แอซิโตน แต่ไม่ทนกรดเข้มข้น ฝ้ายที่โดนแสงแดดจัดนานๆ จะเหลืองและเสื่อมคุณภาพได้ ฝ้ายทนต่อสารฟอกขาว สีย้อมที่ใช้อยู่กับฝ้ายได้คือ สีไดเรกซ์ สีซัลเฟอร์ สีรีแอคทีฟ สีวอต และสีเนพทอลสีย้อมติดเส้นใยได้มากที่สุดคือสีวอต

4. แรงยึดเหนี่ยวกับเส้นใย

การรวมตัวของสีกับเส้นใยต้องมีมากกว่าการรวมตัวของน้ำและสีจึงย้อมได้ผลดี คุณสมบัติเช่นนี้ทำให้เกิดขึ้นได้เมื่อโมเลกุลของสีมีหมู่อะตอมที่เรียงตัวกันในลักษณะที่ทำให้เกิดภาวะคู่ติดกับเส้นใยแล้วเกิดพันธะทางเคมียึดติดกันแน่น อิทธิพลเชิงเคมีที่ทำให้สียึดติดกับเส้นใยแบ่งได้ เป็น 4 ชนิด ดังนี้

4.1 พันธะไฮโดรเจน ไฮโดรเจนในหมู่ $-OH$ จะยึดอย่างหลวมๆ กับอะตอมอื่นได้ เช่น การยึดตัวของไฮโดรเจนกับออกซิเจนทั้งในโมเลกุลและระหว่างโมเลกุลของน้ำทำให้น้ำมีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง เส้นใยและสีย้อมเกือบทุกชนิดมีกลุ่ม $-OH$ อยู่จำนวนมาก โดยเฉพาะในเส้นใยเซลลูโลส เส้นใยโปรตีนทำให้สามารถดูดสีได้มาก

4.2 แรงวนเคอร์วาล์ แรงนี้เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติเป็นแรงที่ทำให้อะตอมและโมเลกุลเข้ามามีคติดักกันได้เอง โมเลกุลของเส้นใยและสีย้อมมีเอกลักษณ์พิเศษทำให้เกิดแรงวนเคอร์วาล์คติดักกันได้ เช่น เส้นใยเซลลูโลสกับสีย้อม หรือสีย้อมกับเส้นใยเซลลูโลส หรือสีย้อมกับสีย้อมเพอร์ส

4.3 แรงไอออนิก การยึดรวมตัวระหว่างเส้นใยและสีย้อมนี้เกิดขึ้นได้โดยอาศัยความต่างศักย์ไฟฟ้า เส้นใยเมื่ออยู่ในน้ำจะมีประจุไฟฟ้าลบ ส่วนใหญ่สีที่ละลายน้ำเป็นแอนไอออน การดูดซึมเกิดขึ้นไม่ได้ ต้องเปลี่ยนไอออนของเส้นใยก่อนที่จะเข้ามาใกล้พอที่แรงวนเคอร์วาล์จะทำให้เข้ากันได้ การเติมเกลือลงในน้ำย้อมเส้นใยเซลลูโลส และการเติมกรดลงในน้ำย้อมเส้นใยโปรตีนหรือไนลอนจุดประสงค์เพื่อเปลี่ยนศักย์ไฟฟ้าที่มีอยู่ในเส้นใย

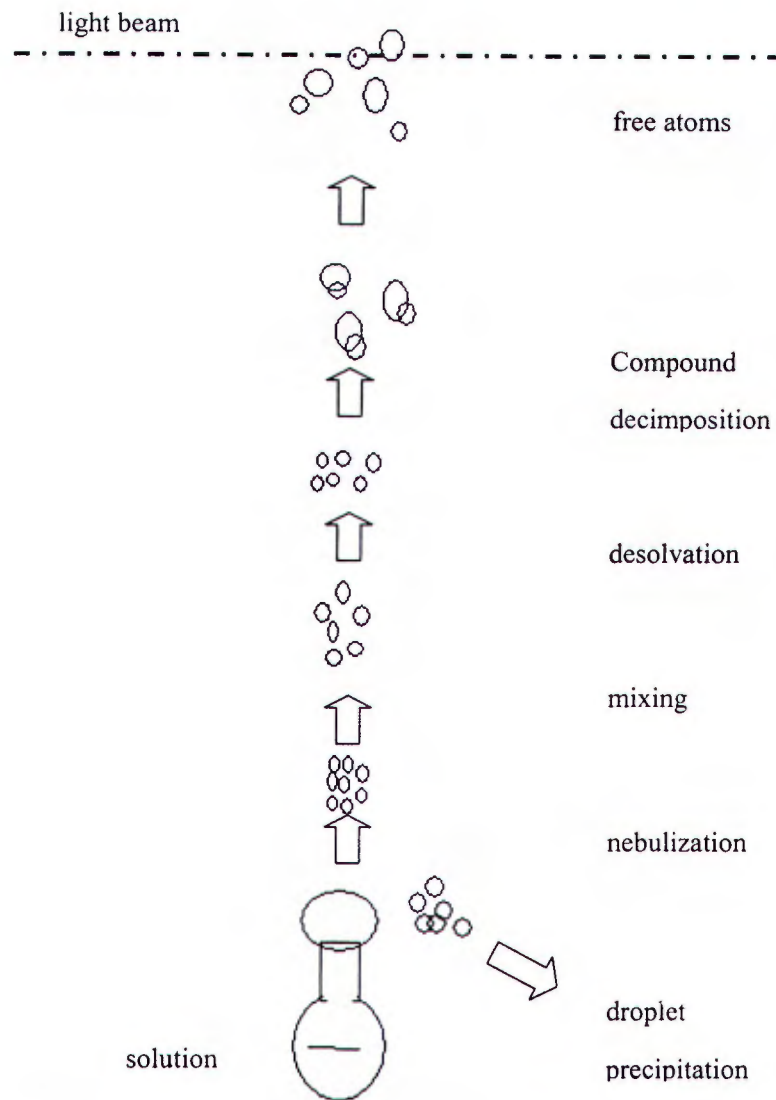
4.4 พันธะโคเวเลนต์ สีย้อมสามารถยึดติดกับเส้นใยโดยใช้พันธะโคเวเลนต์ได้ดีกว่าพันธะชนิดอื่นที่กล่าวมา ทำให้เกิดการแยกตัวออกจากกันยาก ซึ่งปฏิกิริยาเกิดขึ้นระหว่างอะตอมของสีย้อมกับหมู่ไฮดรอกซิลของเซลลูโลส โดยเฉพาะสีรีแอคทีฟ

5. เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์

เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ เครื่องเฟลม อะตอมมิก แอปซอร์พชัน สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Flame Atomic Absorbption Spectrophotometer), เครื่องยูวี- วิสิเบิล สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-visible Spectrophotometer)

1) เครื่อง เฟลม อะตอมมิก แอปซอร์พชัน สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Flame Atomic Absorbption Spectrophotometer)

เครื่องเฟลม อะตอมมิก แอปซอร์พชัน สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ใช้หาปริมาณโลหะที่มีในสารตัวอย่าง หลักการของเครื่อง อะตอมของธาตุในสารประกอบเกิดเป็นอะตอมเสรี โดยจะดูดกลืนพลังงานเข้าไป ความร้อนจะทำให้เกิดการแตกตัวหรือกลายเป็นไอ หรืออาจแตกตัวเป็นอะตอมหรือกลายเป็นไอออน จากการแตกตัวของอะตอมจากสารประกอบเป็นอะตอมเสรีนั้น อะตอมของธาตุจะมีความสามารถดูดกลืนแสงในความยาวคลื่นที่ต่างๆ กัน โดยเป็นความยาวคลื่นเฉพาะของธาตุนั้นๆ เนื่องจากธาตุแต่ละตัวมีระดับพลังงานที่แตกต่างกันจึงมีการดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่นที่แตกต่างกันด้วย การที่ธาตุดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่นเฉพาะของตนดีที่สุดเนื่องจาก ณ ที่ความยาวคลื่นนั้นเป็นแสงที่มีพลังงานพอดีที่จะทำให้อะตอมของธาตุเกิดการเปลี่ยนสถานะจากสถานะพื้นไปสู่สถานะกระตุ้น



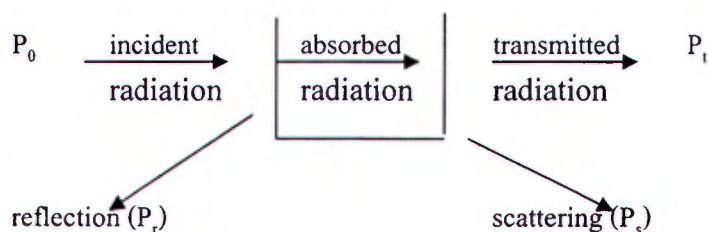
รูปที่ 8 กระบวนการที่ทำให้ธาตุดูดกลืนแสงเป็นอะตอมเสรีด้วยไฟ
ที่มา; (แม้น อมรสิทธิ์ และคณะ. 2552)

2) เครื่องยูวี- วิสิเบิล สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-visible Spectrophotometer)

ยูวี-วิสิเบิล สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดค่าการวัดการดูดกลืนแสงหรือรังสีในช่วงอัลตราไวโอเล็ตและวิสิเบิล ซึ่งอยู่ในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 190-800 นาโนเมตร ส่วนใหญ่เป็นการดูดกลืนของสารอินทรีย์ สารประกอบเชิงซ้อน สารอนินทรีย์ทั้งที่มีและไม่มีสี

หลังการทำงาน เมื่อลำแสงเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่องกัน ผ่านเข้าไปในวัตถุใด พบว่าแสงบางส่วนถูกดูดกลืน บางส่วนเกิดการสะท้อน บางส่วนกระเจิง และบางส่วนทะลุผ่านออกไปได้

ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 การเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่องของลำแสงผ่านเข้าไปในวัตถุใด

ที่มา; (แม้น อมรสิทธิ์ และคณะ. 2552)

เมื่อแสงที่อยู่ในช่วงยูวี-วิสิเบิลผ่านเข้าไปในโมเลกุลของสาร สารนั้นจะดูดกลืนแสงเฉพาะบางช่วงทำให้เกิดมีการเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานของอิเล็กตรอน การดูดกลืนแสงของโมเลกุลของสารมักจะเกิดขึ้นในช่วงความยาวคลื่นที่กว้าง และในการวัดปริมาณของแสง ที่ถูกดูดกลืนด้วยสารตัวอย่าง สามารถทำได้โดยให้แสงผ่านเข้าไปในสารตัวอย่าง แล้ววัดปริมาณของแสงที่ผ่านทะลุออกมาโดยเทียบกับแสงที่ทะลุออกมาเมื่อไม่มีสาร

6. เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปิยวรรณ ศิริสวัสดิ์ และ ภาณุวัฒน์ เชื้อกุล (2548) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของโลหะไอออนในน้ำจืดกับไทอนสีน้ำเงินของฝ้ายย้อมคราม โดยนำน้ำจืดเข้ามาใช้เป็นมอดแทนต์ในการย้อมคราม พบว่า ฝ้ายที่ย้อมด้วยน้ำจืดแล้วเครื่องหมักและฝักขมหนามมีสีน้ำเงินอมเขียวม่วง ส่วนที่ย้อมด้วยกล้วย ส้มขี้มอน และลิ้นฟ้าสีน้ำเงินอมเขียว และเมื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer พบว่า มีโพแทสเซียมไอออนอยู่มากที่สุด รองลงมาคือ โซเดียมไอออน ส่วนโลหะไอออนอื่นๆ พบน้อยกว่ามาก โดยเฉพาะคอปเปอร์ (II) ไอออน ไม่พบเลย จากการย้อมโดยใช้เกลือของโลหะไอออนแทนน้ำจืดถ้าพบว่า โพแทสเซียมไอออน ให้ไทอนสีน้ำเงินอมเขียว โซเดียมไอออน แมกนีเซียมไอออน และซิงค์ไอออนให้ไทอนสีน้ำเงินอมม่วง แสดงว่าชนิดและปริมาณของโลหะไอออนในน้ำจืดมีผลต่อสีน้ำเงินของฝ้ายย้อมคราม

ทุเรียน ปัดสำราญ (2551) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบชนิดของไอออนในดินโคลนและดินลูกรังที่มีผลต่อการย้อมครามโดยนำดินโคลนและดินลูกรังมาใช้เป็นมอดแทนต์ในการย้อมครามใช้โลหะไอออน 4 ชนิด ได้แก่ Al^{3+} , Fe^{3+} , Mg^{2+} และ Na^{+} ที่นำมาใช้เป็นสารมอดแทนต์สามารถเพิ่มปริมาณการดูดซับสีและการฟอกสีบนเส้นใยฝ้ายได้มากขึ้น ส่วนโลหะที่เหมาะสมในการนำมาเป็นสารมอดแทนต์มากที่สุด คือ Al^{3+} รองลงมาคือ Mg^{2+} , Fe^{3+} และ Na^{+} ตามลำดับ และวิธีการทำ

มอแคนท์ที่เหมาะสม คือ การทำมอร์แคนท์ก่อนย้อม

นิตยา ชนะญาติ และคณะ ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับประสิทธิภาพในการสกัด *Indigofera tinctoria* Linn. และ *Baphicacanthus cusia* Brem. และวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีขององค์ประกอบหลักในการสกัดด้วยน้ำจากพืชทั้งสองชนิดนำไปสู่การพัฒนาเทคนิคการเตรียมสีธรรมชาติที่พร้อมใช้งาน เทคนิคนี้ทำได้โดยการตัดวัตถุดิบออกเป็นชิ้นเล็กๆ จากนั้นใส่ในถุงผ้าฝ้ายก่อนที่จะนำไปแช่ลงในน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อเป็นการลดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์และเป็นการง่ายที่จะกำจัดกากของเสีย สีครามจากใบสดของ *Baphicacanthus cusia* Brem. หมัก 24 ชั่วโมงจะให้สีครามสูงสุด (0.005 g/g ของใบสด) แยกสิ่งสกปรกที่ออกจากการสกัดโดยใช้ Thin Layer Chromatography (TLC) ใช้ตัวทำละลายเป็น chloroform/hexane/methanol (7:4:1v/v/v) ให้สีหลัก 2 สีของสีน้ำเงิน และสีแดง ซึ่งให้ค่า Rf เท่ากับ 0.69 และ 0.49 ตามลำดับ ค่า Rf ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดจากยูวี-วิสิเบิล สเปกโทรสโกปีและ IR สเปกตรัมของสีน้ำเงินมีลักษณะเหมือนกับสีครามมาตรฐาน อย่างไรก็ตามสีแดงที่ได้จากการสกัดจาก *Baphicacanthus cusia* Brem. ถูกทำให้บริสุทธิ์และถูกวิเคราะห์โดย ยูวี-วิสิเบิล สเปกโทรสโกปี mass spectrum ^{13}C NMR และ ^1H NMR แสดงสูตรเคมีเป็น $\text{C}_{16}\text{H}_{10}\text{N}_2\text{O}_2$ และโครงสร้างทางเคมีเป็น indirubin และถูกนำมาใช้เป็น indirubin มาตรฐาน สีแดงจาก *indigofera tinctoria* Linn. ถูกทำให้บริสุทธิ์เหมือนกัน ให้ค่า Rf เหมือนกัน การดูดกลืนแสงยูวี-วิสิเบิล และ IR สเปกตรัม มีลักษณะเหมือนกับ indirubin มาตรฐาน ทั้งสีน้ำเงินและสีแดงละลายได้ในคลอโรฟอร์ม ขณะที่สีแดงเท่านั้นที่ละลายได้ในเมทานอล วิธีการแยกสีน้ำเงิน และสีแดงจาก crude extract นำไปสู่การพัฒนาการทำเป็นผงสีแดงและสีน้ำเงิน ซึ่งนำมาใช้ในการเตรียมสีธรรมชาติพร้อมใช้งาน

สุดกมล ลาโสภาและคณะ (2549) ศึกษารูปแบบการใช้งานของสีคราม พบว่าการเตรียมครามผงด้วยวิธีการผึ่งแดด และอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ให้ครามผงละเอียดสีเขียวยาวใช้เวลาในการเตรียม 7 ชั่วโมง และ 12 ชั่วโมง ตามลำดับ ส่วนครามผงที่เตรียมโดยวิธีเป่าแห้งให้ครามผงละเอียดสีน้ำเงินใช้เวลาในการเตรียม 48 ชั่วโมง และจากการศึกษาการเตรียมสีครามด้วยครามผง พบว่าให้ผลใกล้เคียงกันโดยจะใช้ปริมาณครามผง 12 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร เมื่อเปรียบเทียบการเตรียมสีครามด้วยผงสังกะสีและน้ำขี้เถ้า พบว่าผงสังกะสีจะย้อมติดสีฝ้ายทนที่ส่วนน้ำขี้เถ้าจะย้อมติดสีฝ้ายในวันที่ 7 หลังการเตรียมสีคราม ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมในการย้อมครามให้ได้สีน้ำเงิน คือการใช้ครามผงในอัตราส่วน 12 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร ต่อผงสังกะสี 0.05 กรัม

ศรินทร์ ห่อสมบัติ (2543) ได้ทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการย้อมผ้าฝ้ายด้วยครามธรรมชาติและโซเดียมไฮโครซัลไฟท์ คือการย้อมโดยใช้ปริมาณเนื้อคราม 100 เปอร์เซ็นต์ของ

น้ำหนักผ้า ปริมาณสารรีดิวซ์และต่างประเทศดีและระยะเวลาข้อม 60 นาที ซึ่งเป็นสถานะที่ทำให้ความสดใสของสี ความเข้มของสี ความคงทนของสีต่อการซักและความเหนียวดีที่สุด

อนุรัตน์ สายทอง (2544) ได้ทำการศึกษาเรื่องการผลิตสีครามจากต้นครามซึ่งศึกษากระบวนการผลิตสีครามและศึกษาพีเอชที่เหมาะสม ในการเตรียมสีครามจากการวิเคราะห์ผลพบว่ากระบวนการผลิตสีครามจากต้นครามประกอบด้วย 4 ขั้นตอนดังนี้

- 1) การเตรียมน้ำครามโดยนำใบครามสดมาแช่ในน้ำ
- 2) การเตรียมน้ำครามโดยการตกตะกอนด้วยปูนขาวในน้ำคราม
- 3) การเตรียมสีครามทำได้โดยการละลายในน้ำขี้เถ้าและปูนขาว สัดส่วน 180 กรัมต่อน้ำขี้เถ้า 500 มิลลิลิตร และปูนขาว 100 กรัม ที่พีเอช 10.5
- 4) การย้อมครามโดยการนำผ้าที่หมาดน้ำขำกับน้ำครามให้ผ้าถูกย้อมผสมกับอากาศจึงขำซ้ำอีก ทำสลับกันไป

อนุรัตน์ สายทอง (2545) ได้ทำการศึกษาเรื่องการพัฒนาชุดความรู้ของภูมิปัญญาไทยอยู่ด้านสิ่งทอมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีทำครามผงธรรมชาติ และวิธีเตรียมสีครามจากครามผงธรรมชาติ ทำการวิจัยโดยแช่ใบครามสดในน้ำและเติมปูนขาวในน้ำคราม แยกเอาเนื้อครามไปผึ่งแดดให้หมาดแล้วอบต่อไปในตู้อบ จนกระทั่งน้ำหนักครามแห้งคงที่ นำครามแห้งมาดเป็นผงและเก็บไว้ในภาชนะปิด ทำการเตรียมสีครามจากครามผง 2 วิธี โดยวิธีแรก อุ่นครามผงผสมฝุ่นผงสังกะสีในน้ำปูนใส ทดสอบสีครามในสารละลายโดยดูสเปกตรัมการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 400 – 611 นาโนเมตร วิธีที่ 2 ผสมครามผงปริมาณต่างๆ ในน้ำขี้เถ้า ทดสอบสีครามโดยการย้อมเส้นผ้าทุกวัน เป็นเวลา 30 วัน เปรียบเทียบความเข้มของสีผ้าที่ย้อมในแต่ละวัน นอกจากนี้ยังศึกษาประสิทธิภาพของสารต่างชนิดที่ใช้ปรับพีเอช ที่มีผลต่อระยะเวลาการเกิดสีและการติดสีของเส้นผ้าและไหม จากผลการวิจัยพบว่าเนื้อคราม 500 กรัมผึ่งแดด 2 วันและอบต่ออีก 1 วัน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ได้ครามผง 134.84 กรัม สีครามที่ได้จากครามผงผสมฝุ่นผงสังกะสีแล้วอุ่นในน้ำปูนใสที่อุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส มี $\lambda_{\max}$ 405 นาโนเมตร และสีครามที่ได้จากครามผงอย่างน้อย 12 กรัม ผสมน้ำขี้เถ้า 100 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำส้มสายชู 5 เปอร์เซ็นต์ปรับพีเอชเริ่มต้นที่ 10.5 ใช้เวลา 7 วัน จึงเกิดสีย้อมติดเส้นผ้า เมื่อเพิ่มปริมาณครามผงมากขึ้นแล้วปรับพีเอชเริ่มต้นเท่ากัน จะเกิดสีย้อมในวันที่ 7 เช่นกันและสีเข้มกว่า น้ำดัมมะขามเปรี้ยวเป็นสารที่ดีที่สุด ที่ใช้ปรับพีเอช ทำให้เกิดสีครามเร็วและย้อมติดดีทั้งผ้าและไหม รองลงไปคือกรดทาร์ทาริก

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

อุปกรณ์-เครื่องมือ และสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือ และ อุปกรณ์

1. เครื่องมือ

1. เครื่องชั่งละเอียด 2 และ 4 ตำแหน่ง (Balance)
2. เครื่อง แพลม อะตอมมิก แอ็บซอร์พชัน สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Flame atomic absorption spectrophotometer); ยี่ห้อ Perkin Almer รุ่น A Analyst 800
3. เครื่องยูวี-วิสิเบิล สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-visible Spectroscopy); ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น UV-1601
4. เครื่องให้ความร้อน (Hot plate); ยี่ห้อ KANDO รุ่น SPI31325-33
5. เครื่องหมุนเหวี่ยงตะกอน (Centrifuge)
6. เครื่องทำแห้งแบบแช่แข็ง (freeze dry); ยี่ห้อ EYELA รุ่น Fou-2100
8. เครื่อง เขย่า (shaker)

2. อุปกรณ์

1. ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flasks)
2. กระบอกตวง (Graduated cylinder)
3. ปิเปต (Measuring pipette)
4. แท่งแก้ว (Stirring rod)
5. บีกเกอร์ (Beaker)
6. กรวยกรอง (Hirsch funnel)
7. กระดาษกรองเบอร์ 1 (whatman No 1)
8. ฝ้าย (Cotton fiber)
9. ถังมือยาง

สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

1. สารละลายมาตรฐานซิงค์ โซเดียม โพแทสเซียม คอปเปอร์ แมงกานีส โครเมียม แคลเซียม และเหล็ก
2. น้ำกลั่นปราศจากไอออน
3. อินดิโกมาตรฐาน (Indigo) ; $C_{16}H_{10}N_2O_2$; บริษัทผู้ผลิต Fluka
4. โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์ (Sodium hydrosulphite) ; $Na_2S_2O_4$; บริษัทผู้ผลิต Fluka
5. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide) ; $NaOH$; บริษัทผู้ผลิต Merck KGaA
6. ไม้สด 11 ชนิด ได้แก่ มะขาม ข่อย ฝรั่ง ประดู่ จี้เหล็ก แก้ว นุ่น ยางพารา ปาล์ม กระถินยักษ์ และมะพร้าว ใน จังหวัดนครศรีธรรมราช
7. แก๊สไนโตรเจน (nitrogen gas)

วิธีการทดลอง

1. การปลูกครามในแปลงทดลอง

ขั้นตอนการปลูก

- 1) ไถกลบเพื่อทำลายวัชพืชให้กลายเป็นปุ๋ยพืชสดในดิน ตากดินไว้
- 2) ขุดแล้วคราดให้ดินเรียบเสมอกัน
- 3) คราม: เพาะเมล็ดในถุง เมื่อออกเป็นต้นกล้ามีใบจริง 5 ใบขึ้นไป จึงนำมาปลูกในแปลงที่เตรียมไว้
- 4) คายหญ้า/ทำลายวัชพืชที่เกิดขึ้นมาใหม่ เพื่อไม่ให้แย่งน้ำแย่งอาหารจากต้นคราม
- 5) ใส่ปุ๋ยคอก เมื่อต้นครามมีอายุได้ประมาณ 3 สัปดาห์
- 6) การเก็บเกี่ยว คราม: เมื่ออายุต้นคราม 3-4 เดือน ใบครามแก่ และเริ่มมีดอก (สามารถเก็บใบไปผลิตเป็นเนื้อครามได้ โดยเก็บในตอนเช้าตรู่แล้วรีบนำไปหมักทันที การเก็บใบครามครั้งที่ 2 และครั้งต่อไปควรทิ้งช่วงจากการเก็บครั้งแรก 2-3 สัปดาห์ ต้นครามจะเจริญงอกงามได้อีก

2. การเตรียมวัตถุดิบในการทดลอง

2.1 การเตรียมครามผง

- 1) เก็บใบครามสดหนัก 1 กิโลกรัมบรรจุในถังพลาสติก เติมน้ำให้ท่วม
- 2) แช่ทิ้งไว้ 18 ชั่วโมง แยกกากใบครามออกจะได้สารละลายสีเขียวอมฟ้า
- 3) เติมหาศาลลงไปในสารละลายนาน 1 ชั่วโมง สารละลายจะเกิดเป็นฟองสีน้ำเงิน และเกิดการยุบตัว จากนั้นพักสารละลายไว้ จนสารละลายตกตะกอน แยกสารละลายใสชั้นบนทิ้ง
- 4) นำสารละลายจากข้อ 3) มาหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงตะกอน ที่ความเร็วรอบ 3500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที รินสารละลายใสด้านบนทิ้ง
- 5) ทำซ้ำข้อ 4) อีก 2 ครั้ง จะได้ครามเปียก
- 6) นำครามเปียกไปทำให้แห้งด้วยเครื่องทำแห้งแช่แข็ง ใช้เวลาในการทำให้แห้ง 20-30 ชั่วโมง บันทึกน้ำหนักครามต่อน้ำหนักใบครามสด

2.2 การเตรียมน้ำจี้เถ้า

- 1) เลือกไม้สดที่หาได้ง่าย ปลูกและขยายพันธุ์ได้ในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช ในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกไม้ 11 ได้แก่ มะขาม ข่อย ฝรั่ง ประดู่ จี้เหล็ก แก้ว นุ่น ยางพารา ปาล์ม กระถินยักษ์ และก้ามมะพร้าว
- 2) ตัดส่วนกิ่งและลำต้นสับเป็นชิ้นเล็กๆ กองไม้สดแต่ละชนิด จากนั้นเผาให้เป็นจี้เถ้า โดยใช้น้ำดับก่อนที่ไฟจะมอด
- 3) นำจี้เถ้าที่ได้มาร่อนด้วยตะแกรงถี่ จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เก็บจี้เถ้าไว้ในขวดที่มีฝาปิดสนิท

4) ชั่งจี๊ดแต่ละชนิดหนัก 40 กรัมใส่ในบีกเกอร์ เติมน้ำ 200 มิลลิลิตร (อัตราส่วนของน้ำจี๊ดต่อน้ำกลั่น 1:20) เขย่าด้วยเครื่องเขย่าความเร็ว 250 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง

5) นำมากรองด้วยกระดาษกรอง whatman No 1 เก็บสารละลายที่กรองได้ไว้ในตู้เย็น

6) ทำการทดลองซ้ำในข้อที่ 4-5 โดยเตรียมน้ำจี๊ดไม่เน้นในอัตราส่วนต่างๆ ดังในตาราง

ที่	อัตราส่วนจี๊ด:น้ำกลั่น	จี๊ด (g)	น้ำกลั่น (ml)
1	1:3	30	90
2	1:5	20	100
3	1:7	20	140
4	1:10	20	200
5	1:20	20	400
6	1:50	10	500

7) นำมาวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง

3. การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะไอออนในน้ำจี๊ด

1) ตวงตัวอย่างน้ำจี๊ด 50 มิลลิลิตร นำไปประเหยจนแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จากนั้นเติมกรดผสม) ระหว่างกรดไนตริกความเข้มข้น 69 % กับกรดเปอร์คลอริกความเข้มข้น 70 % ในอัตราส่วน 5 : 10

2) วางบนเตาไฟฟ้าให้ความร้อนอย่างช้า ๆ สังเกตสารเมื่อเริ่มมีควันสีขาวตาลให้เพิ่มความร้อนจนกระทั่งมีควันสีขาว และเมื่อหมดควันสีขาวจะเห็นสารละลายใส ยกออกจากเตาไฟฟ้า ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

3) นำมากรองด้วยกระดาษ Whatman No. 1 ปรับปริมาตรเป็น 25 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น ใส่สารละลายในขวดพลาสติก เก็บไว้ในตู้เย็น

4) เตรียมสารละลายมาตรฐานของโลหะไอออน ได้แก่ โซเดียม โพแทสเซียม ซิงค์ คอปเปอร์ แมงกานีส แคลเซียม เหล็ก และโครเมียม ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

5) สร้างกราฟมาตรฐานของไอออนแต่ละชนิด โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงของไอออนในแต่ละความเข้มข้นด้วยเครื่องเฟลม อะตอมมิก แอพซอร์พชัน สเปกโตรโฟโตมิเตอร์

6) วัดค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างเทียบกับกราฟมาตรฐาน

4. การเตรียมสีกรามด้วยน้ำจืดน้ำอัด

- 1) ชั่งกราม 1.0 กรัมด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง เติมน้ำจืดแต่ละชนิดในอัตราส่วนจากผลการทดลองข้อที่ 2 ชนิดละ 600 มิลลิลิตร
- 2) กวนให้เข้ากันด้วยเครื่องกวนไฟฟ้า หรือแม่เหล็กความเร็ว 350 รอบต่อนาทีใช้เวลาประมาณ 5-10 นาที สังเกตเห็นฟองสีน้ำเงินเกิดการยุบตัวตั้งทิ้งไว้จน สังเกตเห็นสารละลายเป็นสีน้ำตาลปนเหลือง ทิ้งไว้ 70 นาที
- 3) นำสารละลายสีน้ำตาลปนเหลืองไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ $\lambda_{\max}$
 - หาความยาวคลื่นที่ให้ค่าดูดกลืนแสงสูงสุด ($\lambda_{\max}$) ของสารที่ถูกรีดิวซ์ด้วย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$

- 1) ชั่ง สีกรามมาตรฐานหนัก 0.01 กรัม ด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง ละลายน้ำเล็กน้อย
- 2) ชั่ง โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.5 กรัม ละลายน้ำ 250 มิลลิลิตร
- 3) นำสารข้อที่ 1) และ ข้อที่ 2) ผสมให้เข้ากันและเป่า แก๊สไนโตรเจน เป็นเวลา 30 นาที เติม $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ 2.5 กรัม เป่า แก๊สไนโตรเจน 70 นาที สแกนความยาวคลื่นในช่วง 360-550 นาโนเมตร ด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิล สเปกโตรโฟโตมิเตอร์
- 4) วัดค่าการดูดกลืนแสงทุกวันเป็นเวลา 15 วัน
- 5) เขียนความสัมพันธ์ของโลหะในน้ำจืดน้ำอัด (จากผลการทดลองข้อที่ 3) กับค่าการดูดกลืนแสงในน้ำอัด

5. ชนิดโลหะไอออนต่อการย้อม

- 1) จากความสัมพันธ์ของโลหะในน้ำจืดน้ำอัดกับการดูดกลืนแสงของในน้ำอัด เลือกชนิดของน้ำจืดน้ำอัดที่ให้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดและโลหะไอออนที่สัมพันธ์กับชนิดน้ำจืดน้ำอัดดังกล่าว
- 2) เตรียมโลหะไอออนในข้อที่ 1) โดย ชั่งสารเคมีที่เป็นแหล่งของโลหะไอออนให้มีความเข้มข้นของไอออน 0.2 เดิมโลหะไอออนลงไปข้อที่ 4 ทำการทดลองซ้ำข้อที่ 4)
- 3) ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 4

บทที่ 4

ผลการทดลอง

1. การปลูกคราม

การปลูกคราม ในพื้นที่ 100 ตารางวา โดยวิธีการหว่านเมล็ด ต้นครามเจริญเติบโตดี ให้ใบครามมาก สามารถเก็บผลผลิตได้เมื่อต้นครามอายุ 3 เดือนครึ่งจากนั้นทิ้งช่วงจากการเก็บครั้งแรก 2-3 สัปดาห์ สังเกตจากใบครามจะมีสีเขียวเข้ม เก็บผลผลิตต่อเนื่องได้อีก 4 ครั้ง แต่ละครั้งจะให้ผลผลิตใบครามน้อยลง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลผลิตใบคราม

การเก็บเกี่ยวคราม	น้ำหนักใบคราม (กิโลกรัม)
ครั้งที่ 1	16
ครั้งที่ 2	14
ครั้งที่ 3	10
ครั้งที่ 4	4

2. การเตรียมวัตถุดิบในการทดลอง

2.1 การเตรียมครามผง

ครามผงที่เตรียมได้จากใบครามมีลักษณะเป็นผงละเอียดสีน้ำเงิน ให้ น้ำหนักต่อใบครามสด 12.40 g/kg ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ลักษณะทางกายภาพและน้ำหนักต่อใบครามสดของคราม

ตัวอย่าง	ลักษณะทางกายภาพ	น้ำหนักต่อใบครามสด (g/kg)
<u>ครามผง</u>	} เป็นผงละเอียดเบา สีน้ำเงิน	
ตัวอย่างที่ 1		12.51
ตัวอย่างที่ 2		12.64
ตัวอย่างที่ 3		12.06
น้ำหนักเฉลี่ย 12.40 g/kg		

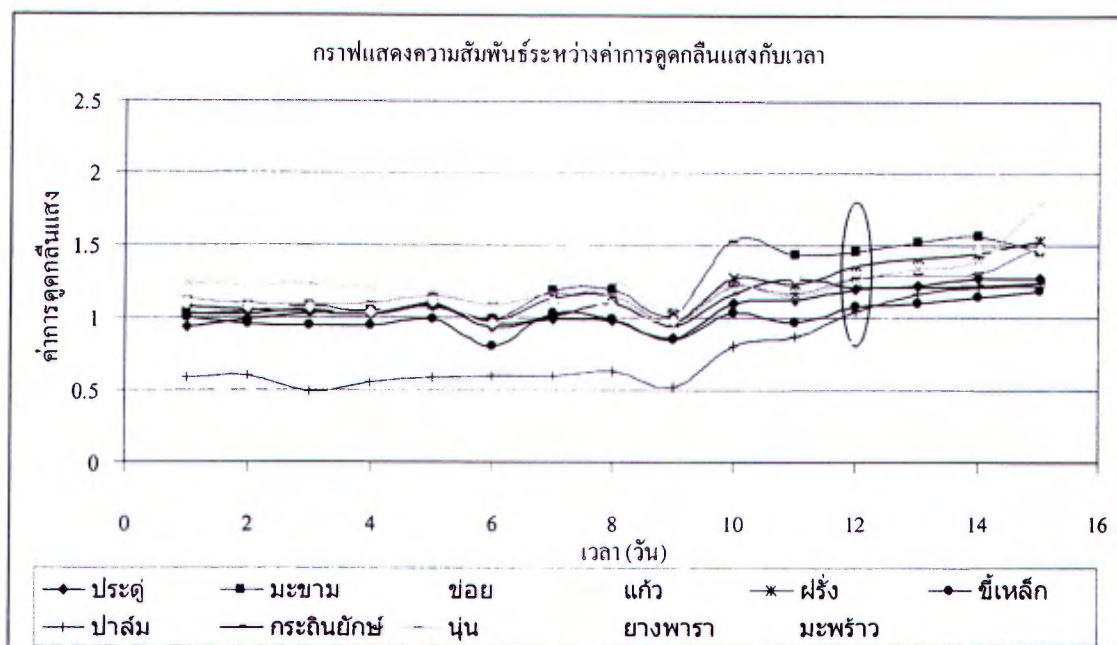
3. การวิเคราะห์ปริมาณโลหะไอออนในน้ำจืด

ตารางที่ 4 ปริมาณโลหะไอออนในน้ำจืด

ชนิดของไม้สด	ปริมาณโลหะไอออน								
	Na	Mn	Cu	Zn	Cr	Mg	Ca	K	Fe
	น้ำจืด	น้ำจืด	น้ำจืด	น้ำจืด	น้ำจืด	น้ำจืด	น้ำจืด	น้ำจืด	น้ำจืด
ประดู่	21.25	0	0.01	0.86	0.30	0.79	-	1443.88	0.61
มะขาม	11.88	0	0.03	0.64	0.39	0.58	4.69	748.20	1.01
ข่อย	114.85	0	0.40	0.58	0.30	0.93	31.74	1192.20	0.44
แก้ว	53.05	0	0.32	0.39	0.27	0.47	37.79	906.60	0.77
ฝรั่ง	21.35	0	0.24	0.06	0.18	2.73	34.51	-	0.49
ขี้เหล็ก	21.80	0	0.05	0.12	0.17	1.53	32.32	1078.13	0.53
ปาล์ม	-	20.22	0.17	-	0.29	-		160.86	66.75
กระถินยักษ์	-	0	0.05	0.10	0.32	1.46	21.04	1298.53	0.27
นุ่น	13.96	0.02	0.09	0.29	0.24	1.13	45.30	805.26	0.55
ยางพารา	15.27	0	0.44	0.87	0.49	1.18	25.93	1132.70	0.95
มะพร้าว	90.88	0	0.83	0.14	0.22	0.96	28.92	1602.27	0.48

3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับชนิดของน้ำจืดที่เวลาต่าง ๆ

ค่าการดูดกลืนแสงที่เพิ่มมากขึ้นบอกถึงปริมาณลิควโค-อินดิโกที่มากขึ้น นั่นหมายความว่าสารละลายอยู่ในภาวะที่ย้อมติดสีผ้าฝ้าย จากรูปที่ 10 พบว่าวันที่ 12 ของการเตรียมสีกครามให้ค่าการดูดกลืนแสงที่เพิ่มขึ้นทุกชนิดน้ำจืด ซึ่งสอดคล้องกับผลการย้อมสีผ้าฝ้าย กล่าวคือ วันที่ 1-11 ผ้าฝ้ายที่ย้อมไม่ติดสี จนกระทั่งวันที่ 12 ผ้าฝ้ายย้อมติดสีน้ำเงินและเข้มขึ้นเมื่อเวลาในการย้อมนานขึ้น และเมื่อพิจารณาชนิดของน้ำจืด พบว่าน้ำจืดไม้ข่อยกับน้ำจืดจากมะพร้าวช่วยให้สารละลายเปลี่ยนเป็นลิควโค-อินดิโกได้ดีที่สุด ตามลำดับ



รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับเวลาในการเกิดสีครามเมื่อใช้พืชต่าง ๆ

3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับชนิดและปริมาณโลหะในน้ำจืด

น้ำจืดไม่ข่อยกับน้ำจืดจากมะพร้าวช่วยให้น้ำขอมเปลี่ยนเป็นลิวโค-อินดิโกได้ดีที่สุด และจากการพิจารณาชนิดและปริมาณของโลหะไอออน พบว่าในน้ำ จืดทั้งสองชนิดมีปริมาณโซเดียมไอออนมากกว่าน้ำจืดชนิดอื่น นั่นหมายความว่าโซเดียมไอออนอาจจะช่วยในการเปลี่ยนจากสารอินดิโกเป็นลิวโค-อินดิโก

ตารางที่ 5. ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงของลิทโม-อินดิโก วันที่ 12 ของการเตรียม
สีคราม (กับชนิดของโลหะไอออนในน้ำจืด)

ชนิดของน้ำ จืดน้ำใส	ค่าการดูดกลืน แสงของ ลิทโม- อินดิโก	ชนิดของโลหะไอออน								
		Na	Mn	Cu	Zn	Cr	Mg	Ca	K	Fe
ประดู่	1.198	21.25	ND	0.01	0.86	0.30	0.80	9.52	1443.88	0.61
มะขาม	1.458	11.88	ND	0.03	0.64	0.39	0.58	4.69	748.20	1.01
ข่อย	1.653	114.85	ND	0.40	0.58	0.30	0.93	31.74	1192.20	0.44
แก้ว	1.271	53.05	ND	0.32	0.39	0.27	0.47	37.79	906.60	0.77
ฝรั่ง	1.359	21.35	ND	0.24	0.06	0.18	2.73	34.51	-	0.49
ขี้เหล็ก	1.077	21.80	ND	0.05	0.12	0.17	1.53	32.32	1078.13	0.53
ปาล์ม	1.041	-	20	0.17	-	0.29	-	-	160.86	66.75
กระดิ่งยักษ์	1.210	-	ND	0.05	0.10	0.32	1.46	21.04	128.53	0.27
นุ่น	1.270	13.96	ND	0.10	0.29	0.24	1.13	45.30	805.26	0.55
ยางพารา	1.390	15.27	ND	0.44	0.87	0.49	1.18	25.93	1132.70	0.95
มะพร้าว	1.659	90.88	ND	0.83	0.14	0.22	0.96	28.92	1602.27	0.48

5. ชนิดโลหะไอออนต่อการย้อม

ตารางที่ 6 ค่าการดูดกลืนแสงของโลหะไอออนที่มีต่อการย้อม

โซเดียมไอออน 0.2 โมลต่อลิตร	ค่าการดูดกลืนแสง ที่ 415 (nm)
Na_2CO_3	1.494
NaCl	1.904
Na_2SO_4	1.665
Na_2HPO_4	1.454
น้ำจืดเกาะพร้าวที่ไม่ เติมโลหะไอออน	1.307

การหาโลหะไอออนต่อการย้อม พบว่า โลหะไอออน โซเดียม มีผลช่วยให้น้ำย้อม
เปลี่ยนเป็นลิวโก-อินดิโกได้ดีกว่า น้ำจืดเกาะพร้าวที่ไม่เติมโลหะไอออน

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองความสัมพันธ์ของโลหะไอออนในน้ำจืดที่มีต่อกระบวนการ
ย้อมสีคราม สามารถสรุปได้ดังนี้

การเตรียมวัตถุดิบ

การปลูกคราม ในพื้นที่ 100 ตารางวา สามารถเก็บผลผลิตได้เมื่ออายุ 3.5 เดือน
เก็บผลผลิตต่อเนื่องได้ 4 ครั้ง แต่ครั้งจะให้ผลผลิตใบครามน้อยลง เนื่องจากต้นมีอายุมากขึ้น แต่
เมื่อมีการใส่ปุ๋ยคอกใบครามก็สามารถที่จะให้ปริมาณเพิ่มมากขึ้น ได้

ครามผงที่เตรียมได้จากใบครามมีลักษณะเป็นผงละเอียดสีน้ำเงิน ให้น้ำหนักต่อใบ
ครามสด 12.40 g/kg

การเตรียมน้ำจืดน้ำใสไม่สกแต่ละชนิดมีค่า pH อยู่ในช่วง 10.91-12.65

การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะไอออนในน้ำจืด

การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะไอออนในน้ำจืด พบว่า ปริมาณโพแทสเซียม
ไอออนมีมาก รองลงมาคือโซเดียมไอออน ส่วนแร่ธาตุที่ไม่พบหรือพบน้อยมาก คือ แมงกานีส
ทั้งนี้เนื่องจากในดินมีธาตุอาหาร ชนิด ธาตุโพแทสเซียม ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แคลเซียม
แมกนีเซียม และกำมะถัน

ความสัมพันธ์ของโลหะไอออนในการเกิดสีคราม

การเตรียมสีครามด้วยน้ำจืดน้ำใสไม่สก พบว่า ค่าการดูดกลืนแสงที่เพิ่มมากขึ้นบอก
ถึงปริมาณลิโ-อินโกที่มากขึ้น ผลการย้อมสีผ้าฝ้าย วันที่ 1-11 ผ้าฝ้ายที่ย้อมไม่ติดสี จนกระทั่ง
วันที่ 12 ผ้าฝ้ายย้อมติดสีน้ำเงินและเข้มขึ้นเมื่อเวลาในการย้อมนานขึ้น และเมื่อพิจารณาชนิดของน้ำ
จืด พบว่าน้ำจืดน้ำใสไม่สกกับน้ำจืดน้ำขุ่นช่วยให้สารละลายเปลี่ยนเป็นลิโ-อินดิโกได้ดี
ที่สุด ตามลำดับ และจากการพิจารณาชนิดและปริมาณของโลหะไอออน พบว่าในน้ำจืดทั้งสอง
ชนิดมีปริมาณโซเดียมไอออนมากกว่าน้ำจืดน้ำใสไม่สกชนิดอื่น

จากผลการยืนยันในการศึกษาปริมาณโซเดียมไอออนจากแหล่งอื่นที่เติมลงใน
กระบวนการเกิดสีคราม พบว่า มีปริมาณลิโ-อินดิโกเพิ่มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเมื่อไม่เติม
โซเดียม ไอออน

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า โซเดียม ไอออนมีผลต่อการเกิดสีคราม

บรรณานุกรม

- ทุเรียน ปัดสราญ. การเปรียบเทียบชนิดของไออนในดินโคลนและดินลูกรังที่มีผลต่อการย้อม.
พิมพ์ครั้งที่ 1: มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, 2551.
- ปิยวรรณ ศิริสวัสดิ์ และภาณุวัฒน์ เชื้อกุล.การศึกษาความสัมพันธ์ของโลหะไออนในน้ำขี้เถ้ากับ
โตนสีน้ำเงินของผ้าย้อมคราม.ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร,
2548.
- ไพศาล คงกาญจนาย. เทคนิคการย้อมไหมด้วยสีคราม . วารสารวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปีที่ 23 ฉบับที่ 1 2539. หน้า 44-45
- มาลินี เนียมพลับ. การใช้สารช่วยยิดติดในการย้อมสีคราม. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. กรุงเทพฯ:
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2526.
- แม่น อมรสิทธิ์. หลักการและเทคนิคการวิเคราะห์เชิงเครื่องมือ. พิมพ์ครั้งที่ 1 จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย, 2552
- สุดกมล ลาโสภและคณะ. ศึกษารูปแบบการใช้งานของสีคราม.ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, 2549.
- สกวรัตน์ หิรัญกิจมงคล ศึกษาจลนพลศาสตร์และอิทธิพลของตัวแปรที่เกี่ยวข้องในกระบวนการ
ย้อมสีเส้นไหมด้วยสีครามธรรมชาติ. 2543
- ศรินันท์ ห่อสมบัติ. สภาพที่เหมาะสมในการย้อมผ้าฝ้ายด้วยครามธรรมชาติและโซเดียมไฮโดรซัล-
ไฟท์.พิมพ์ครั้งที่ 1: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2543.
- อนูรัตน์ สายทอง. การผลิตสีครามจากต้นคราม.ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏ
สกลนคร, 2543.
- อนูรัตน์ สายทอง.การเตรียมสีครามจากผงครามธรรมชาติ.ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, 2544.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. ข้อมูลจากการทดลอง

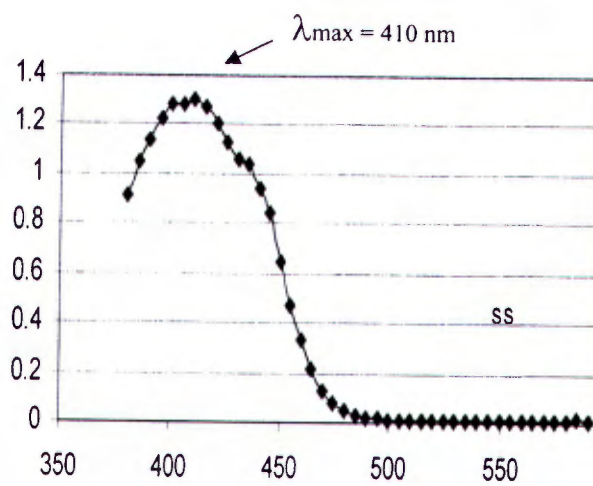
ก.1 ความยาวคลื่นของการดูดแสงสูงสุดของสีครามมาตรฐานถูกรีดิวซ์ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$

ตารางที่ 7 ความยาวคลื่นของการดูดแสงสูงสุดของสีครามมาตรฐานถูกรีดิวซ์

 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$

ความยาวคลื่น (nm)	การดูดกลืนแสง
360	0.483
365	0.519
370	0.574
375	0.642
380	0.722
385	0.833
390	0.929
395	1.038
400	1.124
405	1.210
410	1.272
415	1.308
420	1.304
425	1.278
430	1.235
435	1.169
440	1.062
445	0.914
450	0.731
455	0.548
460	0.380
465	0.247
470	0.149
475	0.089
480	0.055
485	0.032
490	0.019
495	0.014
500	0.010
505	0.010
510	0.010
515	0.010
520	0.007
525	0.009
530	0.008
535	0.009
540	0.008
545	0.008
550	0.008

กราฟแสดง $\lambda_{\max}$



รูปที่ 11 ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของสารมาตรฐานททรีควิตซ์ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$

ก.2 ค่าการดูดกลืนแสงของ ลิวโค-อินดิโก ในน้ำย้อม

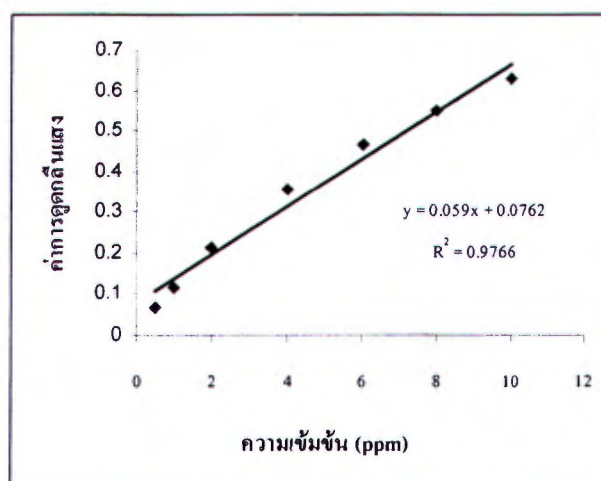
ตารางที่ 8 ค่าการดูดกลืนแสงของสีถ้ำชนิดต่างๆ

วันที่	ค่าการดูดกลืนแสง										มะพร้าว
	ประดู่	มะขาม	ข่อย	แก้ว	ฝรั่ง	สีเหล็ก	ปาล์ม	กระถินยักษ์	นุ่น	ยางพารา	
1	0.931	1.019	1.436	1.244	1.038	0.996	0.591	1.078	1.126	1.100	1.307
2	0.989	1.044	1.425	1.212	1.018	0.960	0.594	1.052	1.103	1.068	1.240
3	1.038	1.074	1.440	1.224	1.050	0.945	0.488	1.046	1.092	1.068	1.268
4	1.020	1.040	1.440	1.208	1.038	0.947	0.559	1.045	1.097	1.032	1.245
5	1.071	1.088	1.432	1.179	1.082	0.993	0.589	1.093	1.154	1.110	1.280
6	0.938	0.993	1.275	1.128	0.974	0.807	0.594	0.961	1.085	0.959	1.151
7	0.989	1.183	1.481	1.268	1.128	1.037	0.594	1.010	1.167	1.106	1.294
8	0.975	1.198	1.462	1.263	1.153	0.991	0.631	1.103	1.150	1.078	1.272
9	0.856	1.018	1.270	1.050	0.966	0.850	0.521	0.947	0.964	0.977	1.156
10	1.096	1.547	1.614	1.229	1.277	1.033	0.806	1.161	1.215	1.331	1.562
11	1.115	1.439	1.610	1.146	1.226	0.964	0.872	1.267	1.164	1.268	1.530
12	1.198	1.458	1.653	1.271	1.359	1.077	1.041	1.210	1.270	1.391	1.659
13	1.220	1.517	1.685	1.333	1.413	1.101	1.165	1.208	1.297	1.445	1.699
14	1.274	1.565	1.908	1.398	1.448	1.144	1.205	1.216	1.304	1.472	1.701
15	1.276	1.454	2.257	1.787	1.530	1.184	1.212	1.236	1.503	1.480	1.712

ก. 3 กราฟมาตรฐานของโลหะไอออน

ตารางที่ 9 แสดงการค่าการดูดกลืนแสงของ โซเดียม ที่ความเข้มข้นต่างๆ

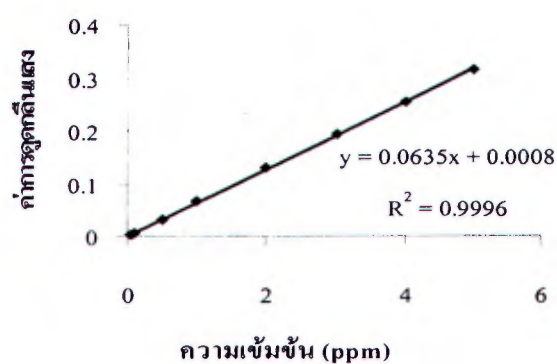
ความเข้มข้น (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง
0.5	0.067
1.0	0.116
2.0	0.213
4.0	0.354
6.0	0.465
8.0	0.55
10.0	0.628



รูปที่ 12 กราฟมาตรฐานแสดงค่าการ ดูดกลืน
แสงของ โซเดียม ที่ความเข้มข้นต่างๆ

ตารางที่ 10 แสดงการค่าการดูดกลืนแสงของ แมงกานีส ที่ความเข้มข้นต่างๆ

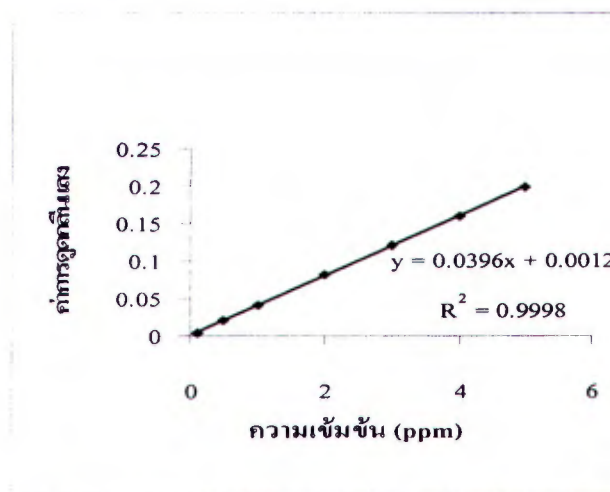
ความเข้มข้น (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง
0.05	0.002
0.10	0.005
0.50	0.033
1.00	0.066
2.00	0.13
3.00	0.194
4.00	0.256
5.00	0.315



รูปที่ 13 กราฟมาตรฐานแสดงค่าการดูดกลืน
แสงของ แมงกานีส ที่ความเข้มข้นต่างๆ

ตารางที่ 11 แสดงการค่าการดูดกลืนแสงของ คอปเปอร์ ที่ความเข้มข้นต่างๆ

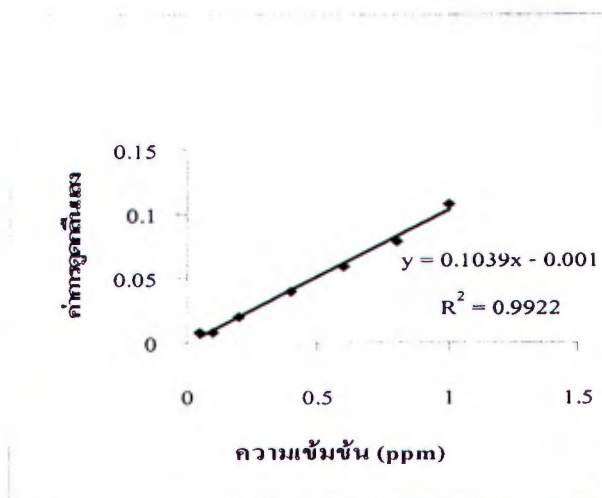
ความเข้มข้น (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง
0.1	0.004
0.5	0.021
1.0	0.041
2.0	0.082
3.0	0.121
4.0	0.159
5.0	0.199



รูปที่ 14 กราฟมาตรฐานแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ คอปเปอร์ ที่ความเข้มข้นต่างๆ

ตารางที่ 12 แสดงการค่าการดูดกลืนแสงของ ซิงค์ ที่ความเข้มข้นต่างๆ

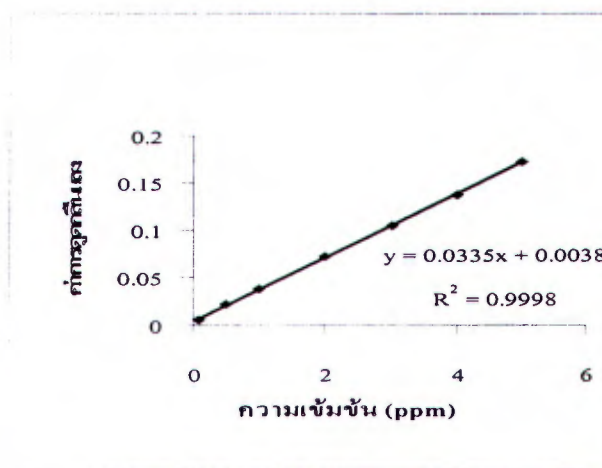
ความเข้มข้น (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง
0.05	0.008
0.10	0.008
0.20	0.02
0.40	0.039
0.60	0.059
0.80	0.078
1.00	0.108



รูปที่ 15 กราฟมาตรฐานแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ ซิงค์ ที่ความเข้มข้นต่างๆ

ตารางที่ 13 แสดงการค่าการดูดกลืนแสง ของ เหล็ก ที่ความเข้มข้นต่างๆ

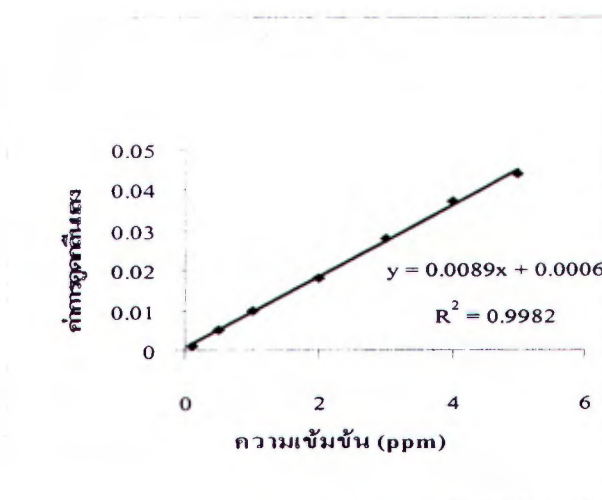
ความเข้มข้น (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง
0.1	0.006
0.5	0.021
1.0	0.038
2.0	0.072
3.0	0.104
4.0	0.137
5.0	0.172



รูปที่ 16 กราฟมาตรฐานแสดงค่า การดูดกลืนแสงของ เหล็ก ที่ความเข้มข้นต่างๆ

ตารางที่ 14 แสดงการค่าการดูดกลืนแสงของ โครเมียม ที่ความเข้มข้นต่างๆ

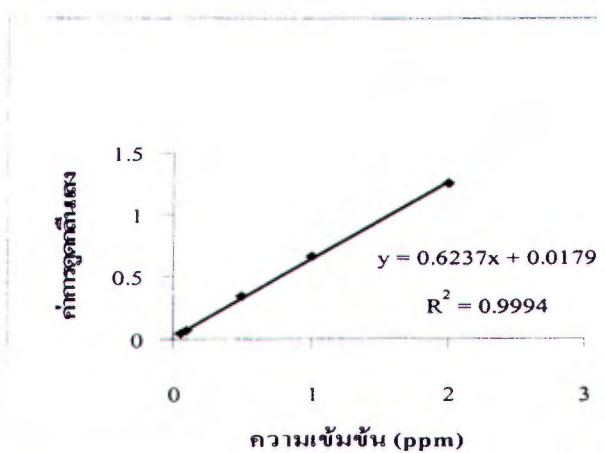
ความเข้มข้น (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง
0.1	0.001
0.5	0.005
1.0	0.010
2.0	0.018
3.0	0.028
4.0	0.037
5.0	0.044



รูปที่ 17 กราฟมาตรฐานแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ โครเมียม ที่ความเข้มข้นต่างๆ

ตารางที่ 15 แสดงการค่าการดูดกลืนแสงของ แมกนีเซียม ที่ความเข้มข้นต่างๆ

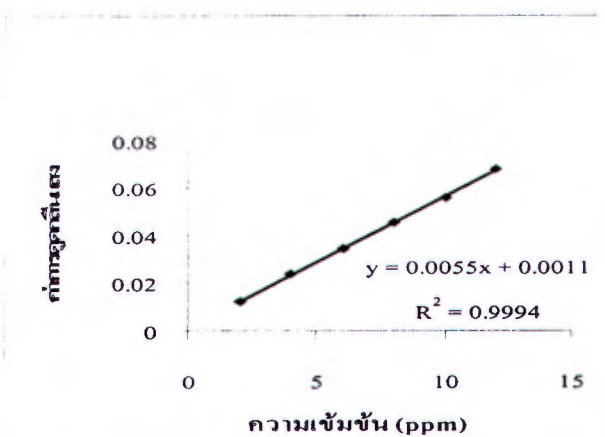
ความเข้มข้น (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง
0.05	0.041
0.10	0.071
0.50	0.341
1.00	0.658
2.00	1.255



รูปที่ 18 กราฟมาตรฐานแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ แมกนีเซียม ที่ความเข้มข้นต่างๆ

ตารางที่ 16 แสดงการค่าการดูดกลืนแสง ของ แคลเซียม ที่ความเข้มข้นต่างๆ

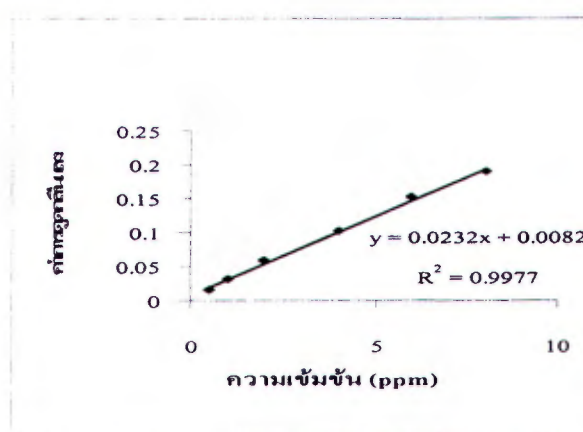
ความเข้มข้น (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง
2.0	0.012
4.0	0.024
6.0	0.034
8.0	0.045
10.0	0.056
12.0	0.068



รูปที่ 19 กราฟมาตรฐานแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ แคลเซียม ที่ความเข้มข้นต่างๆ

ตารางที่ 17 แสดงการค่าการดูดกลืนแสง ของ โพแทสเซียม ที่ความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้น (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง
0.5	0.016
1.0	0.031
2.0	0.058
4.0	0.102
6.0	0.151
8.0	0.190



รูปที่ 20 กราฟมาตรฐานแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ โพแทสเซียม ที่ความเข้มข้นต่างๆ

ภาคผนวก ข. ข้อมูลต้นไม้ที่นำมาทำน้ำจิ้มได้



ชื่อ : มะขาม

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Tamarindus indica* Linn.

ชื่อวงศ์ : Leguminosae

ลักษณะทั่วไป : มะขามเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางจนถึงขนาดใหญ่แตกกิ่งก้านสาขามาก เปลือกต้นขรุขระและหนา สีน้ำตาลอ่อน ใบ เป็นใบประกอบ ใบเล็กออกตามกิ่งก้านใบเป็นคู่ ใบย่อยเป็นรูปขอบขนาน ปลายใบและโคนใบมน ดอก ออกเป็นช่อเล็กๆ ตามปลายกิ่ง

รูปที่ 21 ต้นมะขาม

ต้นมะขามมีเปลือกสีเขียวอมเทา สีน้ำตาลเกรียม เนื้อในติดกับเปลือก เมื่อแก่ฝักเปลี่ยนเป็นเปลือกแข็งกรอบหักง่าย สีน้ำตาล เนื้อในกลายเป็นสีน้ำตาลหุ้มเมล็ด เนื้อมีรสเปรี้ยว และหวาน

การปลูก : มะขามขึ้นได้ดีกับดินทุกชนิด เจริญเติบโตได้ดีในดินร่วนในดินเหนียวทนแล้งได้ดี เหมาะที่จะปลูกในฤดูฝน ปลูกโดยใช้เมล็ด โดยการชุดหุ้มและใส่ปุ๋ยที่ก้นหลุมก่อน ดูแลรักษาเหมือนกับพืชโดยทั่วไป

สรรพคุณ: เป็นยาระบาย แก้อาการท้องผูก ขับพยาธิไส้เดือน



ชื่อ : ปาล์ม

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Caryota mitis* Lour.

ชื่อวงศ์ : Palmae

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ต้นปาล์มชนิดแตกกอ สูง 3-12 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น 5-15 ซม. มีลักษณะกลมเป็นปล้อง กาบใบมีใบคล้ายดาบยาวหุ้มลำต้น ใบประกอบแบบขนนกสองชั้น ออกเวียนสลับกัน สีของใบเขียวสดและมัน แต่ตรงใต้ใบเป็นสีเขียวอ่อน ดอกสี

รูปที่ 22 ต้นปาล์ม

ขาวครีม ออกเป็นช่อ ตามลำต้น ผลค่อนข้างกลมขนาดเมื่อยังอ่อนจะเป็นสีเขียว แต่พอผลแก่จะเป็นสีแดงอมดำ ตามผิวของผลนั้นจะมีขนละเอียด

การปลูก : ระยะเวลาการอยู่ในช่วงฤดูฝน การปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมัน ควรใส่ปุ๋ยรองก้นหลุม ใช้ปุ๋ยร็อกฟอสเฟตอัตรา 250 กรัม ต่อหลุม ก่อนนำต้นกล้าลงปลูก ควรคลุกเคล้าดินกับปุ๋ย เพื่อป้องกันการสัมผัสของรากโดยตรง ใส่ดินลงไปหลุมโดยใช้ดินชั้นบนลงไปก่อน และอัดให้แน่น

สรรพคุณ: ราก, หัว ดับพิษดับปอด แก้กาฬขึ้นปวด แก้หัวใจพิการ แก้ม้ามพิการ แก้ตับทรุด แก้ไข้ใน



ชื่อ : ต้นมะพร้าว

ชื่อวิทยาศาสตร์ : (Scientific name): *Cocos nucifera* L.

วงศ์ : Arecaceae

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ต้นมะพร้าวจะยึดสูงตั้งตรงขึ้น ลำต้นมะพร้าวมีสีน้ำตาลเทา ลักษณะใบมีไขคล้ายตาข่ายหุ้มลำต้น ใบประกอบแบบขนนกสองชั้น ออกเวียนสลับกัน สีของใบเขียวสดและมัน ผลของมะพร้าวมีสีเขียวอ่อน เมื่อผลแก่จะมีสีน้ำตาลเข้ม

รูปที่ 23 ต้นมะพร้าว

การปลูก : ควรปลูกในฤดูฝน ขุดดินที่เตรียมไว้ให้เป็นหลุมเล็กๆ ขนาดเท่าผลมะพร้าว เอาหน่อที่คัดเลือกแล้วมาตัดรากที่หักชำออก ใช้ปูนขาวหรือยากันเชื้อราทาตรงรอยตัด วางหน่อลงในหลุม ให้น่องตั้งตรง หันหน่อไปในทิศทางเดียวกัน กลบดินอย่างน้อย ๒/๓ ของผล หรือให้มีผลมะพร้าวพอดีแต่ระวังอย่าให้ดินทับโคนหน่อ แล้วเอาไม้ปักเป็นหลักผูกยึดกับต้นให้แน่น เพื่อป้องกันลมโยกเหี่ยวโคนรอบโคนหน่อให้แน่น

สรรพคุณ : น้ำมะพร้าว มีฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน ซึ่งจำเป็นสำหรับผู้หญิง เพื่อปรับสมดุลของร่างกาย



ชื่อ : ข่อย

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Streblus asper* Lour.

ชื่อสามัญ : Siamese rough bush, Tooth brush tree

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ไม้ต้น แตกกิ่งก้านเป็นพุ่มทึบ กิ่งก้านคดง เปลือกต้นบาง ขรุขระเล็กน้อย สีเทาอมเขียว มียางสีขาวข้น ใบ เป็นใบเดี่ยว ออกเรียงเวียน รูปรี กว้าง 2-4 ซม. ยาว 4-8 ซม. โคนใบสอบ

รูปที่ 24 ต้นข่อย

ปลาย ใบแหลม ขอบใบหยัก แผ่นใบสีเขียว สากมือ เนื้อใบหนา ก่อนข้างกรอบ ดอก ออกเป็นช่อสั้นตามซอกใบ ดอกย่อยเล็กมาก ดอกแยกเพศ ดอกเพศผู้รวมกันเป็นช่อกลม ก้านดอกสั้น ดอกเพศเมียช่อหนึ่งมีดอกย่อย 2 ดอก ก้านดอกยาว ผล รูปทรงกลม ผลมีเนื้อ ผนังผลชั้นในแข็ง เมื่ออ่อนสีเขียว สุกเป็นสีเหลืองใส

การปลูก : ควรปลูกในฤดูฝน ขุดหลุมขนาด 50 x 50 x 50 เซนติเมตร ใช้ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมัก: ดินร่วน อัตรา 1 : 2 ผสมดินปลูก

สรรพคุณ : แก้บิด แก้ท้องเสีย แก้ไข้ แก่ริดสีดวงจมูกฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ ฆ่าเชื้อในช่องปาก และทางเดินอาหาร เป็นยาอายุวัฒนะ บำรุงธาตุ ขับลมในลำไส้ เป็นยาบำรุงหัวใจ



รูปที่ 25 ต้นฝรั่ง

ชื่อ : ฝรั่ง

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Psidium guajava* Linn.

ชื่อวงศ์ : Myrtaceae

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ฝรั่งเป็นผลไม้เขตร้อน มีถิ่นกำเนิดมาจากอเมริกากลาง และอเมริกาใต้ เป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็กที่สูงได้ถึง 10 เมตร เปลือกต้นเรียบ สีน้ำตาลเทาห่อหุ้มได้ง่าย กิ่งอ่อนจะเป็นสีเขียว ขอบอ่อนมีขนสั้นๆ ใบเดี่ยวออกตรงกันข้าม สีเขียว รูปใบรี

ปลายใบมน หรือมีกึ่งแหลม โคนใบมน ออกดอกเป็นช่อ ช่อละ 2-

3 ดอก ดอกย่อยมีสีขาว มีเกสรตัวผู้มากเป็นฝอย ผลดิบมีสีเขียวใบไม้ เมื่อสุกจะเป็นสีเขียวอ่อนปนเหลือง เนื้อในเป็นสีขาวมีกลิ่นเฉพาะมีเมล็ดมาก

การปลูก : ฝรั่งนิยมปลูกกันมากทั่วทุกภาค ขุดหลุมขนาด 50x50 ซม. รองก้นหลุมด้วยหญ้าแห้งคลุมหลุมด้วยฟางข้าว เศษหญ้า ที่หมักไว้ 7 วัน นำต้นฝรั่งที่เตรียมไว้ลงปลูก กลบดินให้แน่น ปักหลักแนวต้นให้แน่น คลุมด้วยฟางหญ้ารอบโคนต้น

สรรพคุณ : มีฤทธิ์ลดการบีบตัวของลำไส้ สารสกัดจากใบด้วยแอลกอฮอล์ มีฤทธิ์ลดการบีบตัวของลำไส้เล็กของหนู มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย สาเหตุท้องเสีย ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย สาเหตุของโรคไทฟอยด์



ชื่อ : ประดู่

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Pterocarpus macrocarpus*

ชื่อวงศ์ : Leguminosae - Papilionoideae

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ไม้ต้นขนาดกลาง สูง 10 -20 เมตร ผลัดใบ เรือนยอดรูปทรงไม่แน่นอน แตกกิ่งก้าน ปลายกิ่งลงดิน ใบประกอบแบบขนนก ปลายคู่ เรียงสลับ แผ่นใบทั้ง 2 ข้างมีขนาดไม่เท่ากัน ออกดอกเป็นช่อประจุขนาดใหญ่ตามกิ่ง 3 - 5 ดอก สีแดงอม

รูปที่ 26 ต้นประดู่

ระ่วงหมด ดอก ออก ม.ค - ก.พ ผลเป็นฝักแบน รูปขอบขนานและโค้งเล็กน้อย

การปลูก : นิยมปลูกประดับบริเวณบ้านและสวน ขุดหลุมขนาด 50x50x50 เซนติเมตร ใช้ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมัก นำดินประดู่ลงในหลุม กลบด้วยดินให้มิด โคนต้นพอดี แล้วเอาไม้ปักเป็นหลักผูกยึดกับต้นให้แน่น เพื่อป้องกันลมโยกเหยีบบดินรอบโคน ควรปลูกในฤดูฝน

สรรพคุณ : -



รูปที่ 27 ต้นจี้เหล็ก

ชื่อ : จี้เหล็ก

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Cassia siamea* (Lamk.) Irwin et Barneby

ชื่อวงศ์ : Fabaceae (Leguminosae)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : จี้เหล็กเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางสูง 8-15 เมตร เรือนยอดเป็นพุ่มแคบทึบสีเขียว เปลือกต้นสีเทาปนน้ำตาลมีรอยแตกตามยาวของลำต้นเป็นร่องตื้นใบเป็นใบประกอบ ยาว 20 ซม. มีใบย่อย 7-16 คู่ รูปร่างใบเป็นขอบขนาน ปลายมนเรียวไม่มีขน

ใบอ่อนมีสีน้ำตาลเขียว ดอกสีเหลือง ออกเป็นช่อใหญ่ ตามปลายกิ่งช่อหนึ่งมีมากกว่า 10 ดอก กลีบดอกและกลีบรองขนาดเท่ากัน ร่วงง่าย เส้นผ่าศูนย์กลางของดอกประมาณ 2.5-4 ซม. ผลเป็นฝักแบน แคบค่อนข้างหนา สีน้ำตาลคล้ำ

การปลูก : ขุดหลุมให้หลุมมีขนาด 30x30 เซนติเมตร ลึกประมาณ 40 เซนติเมตร ใส่ฟางแห้งรองก้นหลุม ให้ความลึกของหลุมเหลือ 10 x 15 เซนติเมตร วางกล้าไม้จี้เหล็กแล้ว กลบดินและเหยียบให้แน่น ใช้เชือกผูกต้นกล้ากับหลัก เพื่อป้องกันไม่ให้ต้นไม้ล้มและทำให้ต้นไม้ตั้งตัวได้เร็ว

สรรพคุณ : จี้เหล็กใช้เป็นยารักษาอาการท้องผูกได้ดี อาการนอนไม่หลับ อาการท้องผูก แก้อาการคัน แก้กึ่งแค



รูปที่ 28 ต้นแก้ว

ชื่อ : แก้ว

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Murraya paniculata* Jack.

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ต้นแก้วเป็นไม้พุ่มถึงไม้ยืนต้นขนาดเล็ก แตกกิ่งก้านสาขาเป็นพุ่ม เปลือกต้นสีน้ำตาลปนเหลืองอ่อนติดกับลำต้นแบบสลับกันแต่ละใบ ประกอบด้วยใบย่อย 3-5 ใบ มีรูปคล้ายรูปไข่ค่อนข้างยาว ใบมีกลิ่นหอมเมื่อส่องดูกับแสงสว่างจะเห็นจุดตอมน้ำมันบนใบ ใบมีสีเขียวเข้มและเป็นมัน ดอกมีสีขาวกลิ่นหอมออกเป็นช่อ ผลค่อนข้างกลม เมื่อสุกเป็นสีแดงหรือส้มแก่

การปลูก : ขุดหลุมขนาดหลุม 30 x 30 เซนติเมตร ใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักที่ก้นหลุม วางต้นกล้าแล้ว กลบดินและเหยียบให้แน่น ใช้เชือกผูกต้นกล้ากับหลัก เพื่อป้องกันไม่ให้ต้นไม้ล้ม

สรรพคุณ : ใบแก้ว เมื่อขยี้ใบแก้วดมจะมีกลิ่นหอม ใบแก้วใช้ปรุงเป็นยาขับระดู และยาแก้จุกเสียด แน่นท้อง ขับลม บำรุงธาตุ



รูปที่ 29 ต้นนุ่น

ชื่อ : นุ่น

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Ceiba pentandra* L.

วงศ์ : Malvaceae (Bombacaceae)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลาง ลำต้นสูงประมาณ 10–15 เมตร ใบเป็นใบประกอบแบบนิ้วมือ ผลอ่อนสีเขียวลักษณะยาวๆ คล้ายผลแตงกวา แต่มีขนาดใหญ่กว่า เมื่อแก่จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เนื้อข้างในเป็นปุยและมีเมล็ดสีดำจำนวนมาก ลำต้นมีหนามสั้นๆ ที่โคนกิ่งทอดขนานกับพื้น ทั้งใบในฤดูแล้ง

การปลูก : ปลูกใน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลางและภาคใต้ โดยนำเมล็ดนุ่นมาเพาะในกระบะเพาะหรือในถุงพลาสติก จนกล้ามีความสูง 80-150 ซม. ก็นำไปปลูกในหลุม โดยขุดหลุมขนาด 50x50x50 ซม. ใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักที่ก้นหลุม วางต้นกล้าแล้วกลบดินและเหยียบให้แน่น ใช้เชือกผูกต้นกล้ากับหลัก เพื่อป้องกันไม่ให้ต้นไม้ล้ม

สรรพคุณ : เปลือกมีแทนนิน แก้ท้องเสีย แก้บิด ราก ขับปัสสาวะ



รูปที่ 30 ต้นกระถิน

ชื่อ : กระถิน

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Leucaena leucocephala* de w

วงศ์ : LEGUMINOSAE

ลักษณะพฤกษศาสตร์ : กระถินเป็นไม้ยืนต้น สูงมากกว่า 10 เมตร ใบแตกออกเป็นก้านย่อย 3-10 คู่ ใบมีขนาดเล็กคล้ายใบมะขาม ใบรูปขนานปลายแหลม ดอกเป็นช่อขนาดเล็ก กลมพู มีสีขาวมีกลิ่นหอม เล็กน้อย ฝักแบน ยาว 12-18 ซม. กว้างประมาณ 2 ซม. มีเมล็ดภายใน 15-30 เมล็ด

การปลูก : การเพาะในแปลงเพาะหรือกระบะเพาะ แล้วกลบด้วยทรายปนดินอีกชั้นหนึ่ง รดน้ำเข้าเย็น ทุกวันเมื่อเมล็ดกระถินงอกเป็นกล้าไม้จนมีความสูงประมาณ 5 – 7 เซนติเมตร ให้ย้ายกล้าลงถุงชำบรรจุดินที่เตรียมไว้ในเรือนเพาะชำ กล้ากระถินณรงค์ที่มีความสูงประมาณ 25 เซนติเมตรก็พร้อมที่จะนำไปปลูกได้ โดยขุดหลุมขนาด 15x15x15 ซม. ใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักที่ก้นหลุม วางต้นกล้าแล้วกลบดินและเหยียบให้แน่น

สรรพคุณ : กระถินรับประทานแก้ท้องร่วง สมานแผล ห้ามเลือด ฝักของกระถินเป็นยาฝาดสมาน และเมล็ดเป็นยาถ่ายพยาธิได้ เปลือกของกระถินมีรสฝาด เป็นยาฝาดสมาน รากใช้ปรุงเป็นยาอายุวัฒนะ ขับลม ขับระดูขาว



ชื่อ : ต้นยางพารา

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Hevea brasiliensis*

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ต้นยางพาราเป็นต้นไม้ใหญ่ ต้นยางที่ยังไม่ถูกกรีดเลยมีต้นขนาดใหญ่ วัดโดยรอบอาจได้กว่า 3.00 เมตร บ้างต้นมีขนาด 5.0 เมตร ก็มีและอาจจะมีความสูงถึง 40 เมตร หากปลูกที่มีการระบายน้ำดี แต่ในเอเชียมีความโตไม่เกิน 1.50 - 2.00 เมตร และสูงเพียง 15 - 40 เมตร

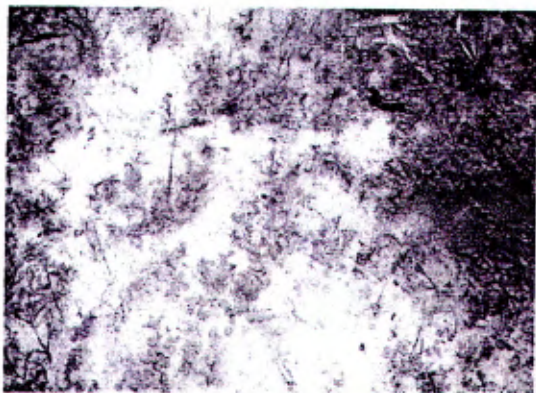
รูปที่ 31 ต้นยางพารา

การปลูก : ขุดหลุมขนาด 50 x 50 x 50 เซนติเมตร และทำการปลูกต้นกล้ายางพารา โดยคัดเลือกต้นกล้ายางพาราที่สมบูรณ์แข็งแรงปราศจากโรคและแมลงศัตรูพืช ขนาด 1-2 เมตร และคลุกปุ๋ยหมักอัตรา 15-25 กิโลกรัมต่อหลุม ใส่รองก้นหลุมและทำการปลูกต้นกล้ายางพารา หลังจากปลูกยางพาราได้ 15 วัน ให้ปลูกพืชตระกูลถั่วคลุมดิน เช่น ถั่วคาโลโปโกเนียม อัตรา 2 กิโลกรัมต่อไร่ เพื่อป้องกันกำจัดวัชพืช ป้องกันการชะล้างพังทลาย และเป็นการเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้กับดิน

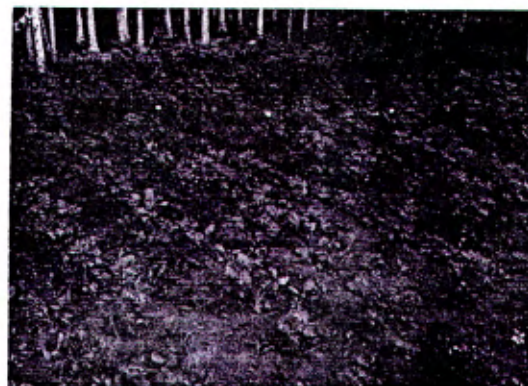
สรรพคุณ : -

ภาคผนวก ค. รูปจากการทดลอง

ค.1 การปลูกคราม



หวานเมล็ด



ปลูกต้นกล้า



เพาะต้นกล้า



ต้นคราม

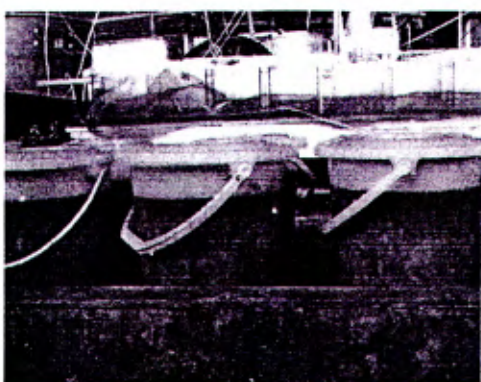
ก.2 การเตรียมครามผง



ตัดกิ่งครามตอนเช้าตรู่



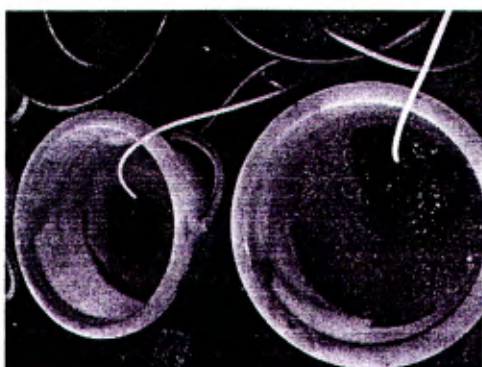
ตัดเอาเฉพาะใบครามที่มีสีเขียวสด



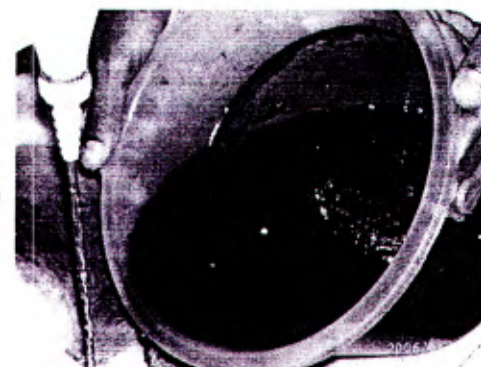
แช่ใบครามและใบห้อมคืนน้ำให้ท่วม



แยกกากออก สารละลายจะมีสีเขียวอมฟ้า



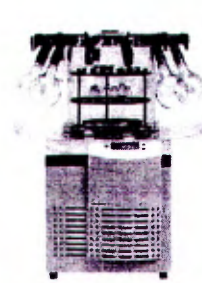
เติมอากาศนาน 1 ชั่วโมง



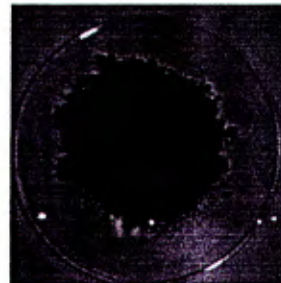
ตะกอนคราม/ห้อม (แยกสารละลายใส่ถัง)



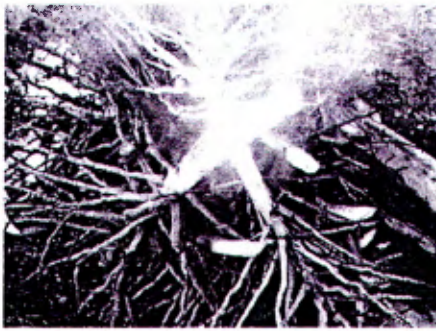
เหยียงตะกอนแยกตะกอนคราม



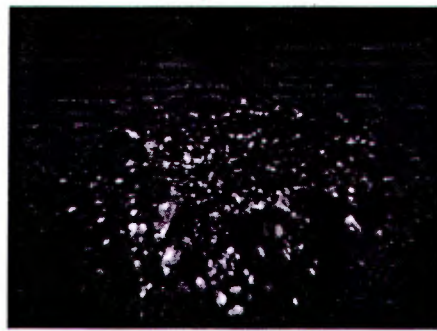
เข้า Freeze Dryer ได้ครามผง



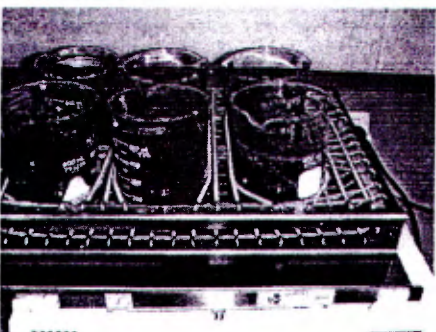
ค.3 การเตรียมน้ำขี้เถ้า



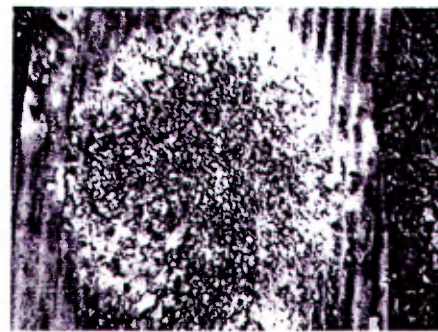
เผาไม้สด



ใช้น้ำดับก่อนไฟจะมอด



ละลายน้ำ กวน 1 ชั่วโมง



ร่อนเอาเศษถ่านออก



ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง กรอง ได้น้ำขี้เถ้า



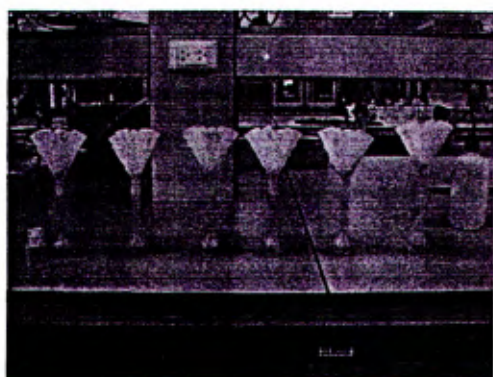
ได้น้ำขี้เถ้าไม้สด

ก.4 การย่อยและหาปริมาณโลหะในน้ำจืดด้วยเฟลม อะตอมมิก แอ็บซอร์พชัน สเปกโตรโฟโตมิเตอร์



เตรียมตัวอย่าง + กรดไนตริกความเข้มข้น 69%
กับกรดเปอร์คลอริกความเข้มข้น 70% ในอัตราส่วน 5 : 10

ย่อยตัวอย่างด้วย เตาไฟฟ้า



กรองตัวอย่างหลังย่อย



เตรียมตัวอย่างเพื่อวัดโลหะด้วย เฟลม อะตอมมิก
แอ็บซอร์พชัน สเปกโตรโฟโตมิเตอร์

ประวัติของผู้วิจัย

ชื่อ	นางสาวสวสียม ขวัญอ่อน
เกิด	วันที่ 29 พฤษภาคม 2530
อายุ	23 ปี
ภูมิลำเนา	312 หมู่ 7 ตำบลสวนหลวง อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดนครศรีธรรมราช 80190
ประวัติการศึกษา	ระดับประถมศึกษา โรงเรียนเกษตรชาติศึกษา ตำบลท่าเรือ อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรี นครินทร์นครศรีธรรมราช ตำบลสวนหลวง อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดนครศรีธรรมราช ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรี นครินทร์นครศรีธรรมราช ตำบลสวนหลวง อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดนครศรีธรรมราช ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรเคมี คณะวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช