

บทคัดย่อ

ขี้เถ้าขาว (Recovery Boiler Ash : RBA) เป็นของเสียที่ได้จากกระบวนการนำสารเคมีกลับคืนของการผลิตเยื่อกระดาษ มีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ โซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4) ประมาณร้อยละ 80 โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ประมาณร้อยละ 5 และโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ประมาณร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก ในการศึกษาวิจัยนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเอาขี้เถ้าขาวมาใช้ประโยชน์ในการย้อมสีผ้าไหมด้วยสีย้อมแอคทีฟ โดยศึกษาการสกัดโซเดียมซัลเฟตจากขี้เถ้าขาวด้วยวิธีการตกผลึกและวิธีการระเหยแห้ง สภาวะที่ใช้ศึกษา ได้แก่ ระยะเวลาในการตกผลึก 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง ค่าความเป็นกรด-ด่างที่ 1, 3, 5, 7 และ 10 อุณหภูมิที่ใช้ในการตกผลึก -5 และ 5 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่ใช้ในการระเหยแห้ง 50, 80 และ 100 องศาเซลเซียส และผลของการกวนสารละลายและไม่กวนสารละลาย จากการศึกษาพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการแยกโซเดียมซัลเฟตจากขี้เถ้าขาวด้วยวิธีการตกผลึก ($\text{C}_2\text{-Na}_2\text{SO}_4$) คือ ระยะเวลาการตกผลึก 48 ชั่วโมง ค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายเท่ากับ 3 อุณหภูมิการตกผลึก 5 องศาเซลเซียส และไม่กวนสารละลายขณะทำการสกัด จะได้ร้อยละของเกลือที่ตกผลึกได้เท่ากับ 71.80 สภาวะที่เหมาะสมในการระเหยแห้งเกลือจากขี้เถ้าขาว ($\text{E}_2\text{-Na}_2\text{SO}_4$) คือ ระเหยแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เมื่อปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายเท่ากับ 3 โดยกวนสารละลายขณะทำการสกัด ร้อยละของเกลือที่ระเหยแห้งได้เท่ากับ 95.95 ผลการวิเคราะห์ $\text{C}_2\text{-Na}_2\text{SO}_4$ และ $\text{E}_2\text{-Na}_2\text{SO}_4$ ด้วยเครื่อง X-ray Diffractometer (XRD), เครื่อง Inductively Coupled Plasma Spectroscopy (ICP) และเครื่อง Ion Chromatography (IC) แสดงว่าเป็นผลึกของโซเดียมซัลเฟตและมีโซเดียมคลอไรด์หรือโซเดียมไดคาร์บอเนตปนอยู่ อัตราส่วนโดยน้ำหนักของปริมาณของโซเดียมซัลเฟตและโซเดียมคลอไรด์เป็น 95.68 ต่อ 4.32 และ 87.99 ต่อ 12.01 ตามลำดับ การศึกษาประสิทธิภาพการย้อมด้วยสีผ้าไหมด้วยสารช่วยย้อม $\text{E}_2\text{-Na}_2\text{SO}_4$ เปรียบเทียบกับโซเดียมซัลเฟตทางการค้าและขี้เถ้าขาวที่ความเข้มข้น 30, 45 และ 60 กรัมต่อลิตร ใน 3 ชนิด คือ แดง เหลือง และน้ำเงิน $\text{E}_2\text{-Na}_2\text{SO}_4$ ให้ประสิทธิภาพการย้อมดีที่สุดที่ความเข้มข้นสารช่วยย้อม 45 กรัมต่อลิตร โดยประสิทธิภาพการย้อมสีน้ำเงินสูงสุด

คำสำคัญ : โซเดียมซัลเฟต/ การตกผลึก/ การระเหยแห้ง/ สีย้อมแอคทีฟ/ ไหม

Abstract

Recovery Boiler Ash (RBA) is a waste generated from the kraft pulping process. The major components in the RBA are sodium sulfate 80 wt%, sodium chloride 5 wt% and sodium carbonate 1 wt%. This research aims to utilize RBA as an auxiliary agent for silk dyeing. The extraction techniques of sodium sulfate from RBA were crystallization and evaporation. The studied parameters were crystallization times (24, 48, 72 and 96 hours), pH (1, 3, 5, 7 and 10), crystallization temperature (-5 and 5 °C), evaporation temperature (50 °C, 80 °C and 100 °C) and the effect of stirring condition. The results showed that the optimal condition for crystallization process was crystallization time of 48 hours, pH 3 at crystallization temperature of 5 °C and no stirring. The crystallization gave 71.80 % of sodium sulfate recovery ($C_2\text{-Na}_2\text{SO}_4$). Moreover, the optimal condition for evaporation process was evaporation temperature of 100 °C and pH 3 under stirring condition. The evaporation provided 95.95 % of salt recovery ($E_2\text{-Na}_2\text{SO}_4$). The results from X-ray Diffractometer (XRD), Inductively Coupled Plasma Spectrometer (ICP) and Ion Chromatograph (IC) analysis exhibited the characteristics of sodium sulfate and sodium chloride contaminated with sodium bicarbonate crystals. The crystallization product and the evaporation product contained sodium sulfate and sodium chloride in a weight ratio of 95.68 : 4.32 and 87.99 : 12.01, respectively. The dyeing test was carried out with commercial reactive dyes (Cibacron®) : Red, blue and yellow tones using commercial sodium sulfate, RBA and $E_2\text{-Na}_2\text{SO}_4$ as auxiliary agent. The color fixation and color strength determination indicated that $E_2\text{-Na}_2\text{SO}_4$ at a concentration of 45 gL⁻¹ was the promising auxiliary agent for silk dyeing, especially in blue color.

Keywords: Sodium Sulfate / Crystallization / Evaporation / Reactive Dye / Silk

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2551 นอกจากนี้ขอขอบคุณบริษัท แอ็ดวานซ์ อะโกร จำกัด (มหาชน) ที่เอื้อเฟื้อจัดหาวัสดุในการศึกษาวิจัย ขอขอบคุณบริษัทอุตสาหกรรมไหมไทย จำกัด ที่เอื้อเฟื้อผ้าไหมในการศึกษาวิจัย ขอขอบคุณบริษัท CIBA SPECIALTY CHEMICALS (THAILAND) LTD. ที่เอื้อเฟื้อสปีร์แอคทีฟสำหรับย้อมสีไหม และขอขอบคุณภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในความอนุเคราะห์เครื่องย้อมขนาดเล็ก Labtec., และเครื่องวัดสี (Spectrophotometer)

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	i
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ii
กิตติกรรมประกาศ	iii
สารบัญ	iv
สารบัญรูป	vii
สารบัญตาราง	ix
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์โครงการ	1
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	2
1.4 ทฤษฎีและแนวคิดในการทำวิจัย	2
1.4.1 การผลิตเยื่อkraft (Kraft Process)	2
1.4.1.1 การผลิตเยื่อ (Fiber Line)	3
1.4.1.2 การนำสารเคมีกลับคืน	7
1.4.2 การตกผลึก (Crystallization)	10
1.4.3 การย้อมสีสิ่งทอ	12
1.4.3.1 การย้อมแบบแช่หรือดูดซึม	12
1.4.3.2 การย้อมแบบต่อเนื่อง	13
1.4.4 สีย้อมแอคทีฟ	14
1.4.5 เส้นใยไหม	17
1.4.5.1 การย้อมสีไหมด้วยสีย้อมแอคทีฟ	18
1.4.5.2 การย้อมสีไหมด้วยสีย้อมแอคทีฟ	18

บทที่ 2 วิธีดำเนินการวิจัย	20
2.1 แผนการวิจัย	20
2.2 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย	21
2.2.1 วัสดุและสารเคมี	21
2.2.2 อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์	22
2.3 ขั้นตอนการทดลอง	23
2.3.1 การสกัดโซเดียมซัลเฟตจากสารผสมโซเดียม และซีไถ่ขาวด้วยวิธีการตกผลึก	23
2.3.2 การแยกเกลือจากสารผสมโซเดียมและซีไถ่ขาวด้วยวิธีระเหยแห้ง	23
2.3.3 วิเคราะห์ชนิดและลักษณะของผลึกด้วยเครื่อง XRD	24
2.3.4 วิเคราะห์องค์ประกอบของผลึกเกลือ	24
2.3.5 วิเคราะห์จุดหลอมเหลวด้วยเครื่อง DSC-TGA	24
2.3.6 วิเคราะห์ความหนาแน่นด้วย Pycnometer	24
2.3.7 ศึกษาประสิทธิภาพในการย้อมสีผ้าไหมโดยใช้โซเดียมซัลเฟตทางการค้า โซเดียมซัลเฟตและโซเดียมคลอไรด์ที่สกัดจากซีไถ่ขาวและ ซีไถ่ขาวเป็นสารช่วยย้อม	25
บทที่ 3 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล	16
3.1 ผลการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการแยกโซเดียมซัลเฟต จากสารผสมโซเดียม และซีไถ่ขาวด้วยวิธีการตกผลึก	26
3.2 ผลการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการแยกโซเดียมซัลเฟต จากสารผสมโซเดียมและซีไถ่ขาวด้วยวิธีการตกผลึก	27
3.3 ผลการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการแยกโซเดียมซัลเฟตและโซเดียม- คลอไรด์จากสารผสมโซเดียมและซีไถ่ขาวด้วยวิธีการระเหยแห้ง	28
3.4 ผลการวิเคราะห์ลักษณะผลึกของเกลือที่สกัดจากซีไถ่ขาว $C_2_Na_2SO_4$ และ $E_2_Na_2SO_4$ ด้วยเครื่อง XRD	29

3.5 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบและปริมาณของเกลือแต่ละชนิดที่แยกได้	31
3.6 ผลการวิเคราะห์จุดหลอมเหลวของโซเดียมซัลเฟตที่สกัดจากซีเถ้าขาว ด้วยวิธีการตกผลึก และการระเหยแห้ง โดยใช้เครื่อง DSC-TGA	32
3.7 ผลการวิเคราะห์ความหนาแน่นของโซเดียมซัลเฟตที่สกัดจากซีเถ้าขาว ด้วยวิธีการตกผลึกและระเหยแห้งโดยใช้ Pycnometer	33
3.8 ประสิทธิภาพในการย้อมสีผ้าไหม โดยใช้โซเดียมซัลเฟตทางการค้า $E_2Na_2SO_4$ และซีเถ้าขาวเป็นสารช่วยย้อม ที่ความเข้มข้น 30, 45 และ 60 กรัมต่อลิตร โดยวัดการย้อมสีบนผ้า	34
3.9 ประสิทธิภาพในการย้อมสีผ้าไหมโดยใช้โซเดียมซัลเฟตทางการค้า $E_2Na_2SO_4$ และซีเถ้าขาวเป็นสารช่วยย้อม ที่ความเข้มข้น 30, 45 และ 60 กรัมต่อลิตร โดยวัดความเข้มสีบนผ้า	37
บทที่ 4 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	41
ผลสำเร็จที่ได้จากโครงการ	42
เอกสารอ้างอิง	43
ภาคผนวก (ผลงานวิจัยที่ได้นำเสนอในที่ประชุมวิชาการระดับนานาชาติ)	45

สารบัญรูป

รูป	หน้า
1.1 ไดอะแกรมการผลิตเยื่อคราฟท์	3
1.2 วัฏจักรการนำสารเคมีกลับคืน	6
1.3 ปฏิริยาที่เกิดขึ้นในหม้อนำสารกลับคืน	7
1.4 ความสามารถในการละลายของโซเดียมซัลเฟตในน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ	11
1.5 ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ในเกลือที่อุณหภูมิต่างๆ	11
1.6 สภาวะการย้อมสีก่อนเติมเกลือ (ซ้าย) และสภาวะการย้อมสีหลังเติมเกลือ (ขวา)	16
1.7 โครงสร้างของเส้นใยไหม	17
1.8 ขั้นตอนการย้อมสีไหมด้วยสีย้อมแอคทีฟ	19
3.1 ผลการศึกษาระยะเวลาในการแยกโซเดียมซัลเฟตจากสารผสมโซเดียมและซีไธขาว ด้วยวิธีการตกผลึกที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 3	26
3.2 ผลการศึกษาอุณหภูมิในการแยกโซเดียมซัลเฟตจากสารผสมโซเดียมและไธขาว ด้วยวิธีการตกผลึก ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 3 เมื่อกวนและไม่กวนสารละลาย	27
3.3 ผลการศึกษาอุณหภูมิในการแยกโซเดียมซัลเฟตและโซเดียมคลอไรด์จากซีไธขาว ด้วยวิธีการระเหยแห้ง ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 3 เมื่อกวนและไม่กวนสารละลาย	28
3.4 X-ray diffractograms ของ $C_2-Na_2SO_4$ และ $E_2-Na_2SO_4$ เทียบกับ โซเดียมซัลเฟตที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ	30
3.5 ร้อยละของโซเดียมซัลเฟตต่อโซเดียมคลอไรด์ของ $C_2-Na_2SO_4$ และ $E_2-Na_2SO_4$ เทียบกับโซเดียมซัลเฟตทางการค้า	31
3.6 จุดหลอมเหลวของโซเดียมซัลเฟตที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ	32
3.7 จุดหลอมเหลวของโซเดียมซัลเฟตที่สกัดจากซีไธขาวด้วยวิธีการตกผลึก $C_2-Na_2SO_4$	33
3.8 จุดหลอมเหลวของโซเดียมซัลเฟตที่สกัดจากซีไธขาวด้วยวิธีการระเหยแห้ง $E_2-Na_2SO_4$	33
3.9 ร้อยละของการฟีนิกสีแดงติดบนผ้าที่ความเข้มข้นต่างๆ กันของสารช่วยย้อมแต่ละชนิด	35
3.10 ร้อยละของการฟีนิกสีเหลืองติดบนผ้าที่ความเข้มข้นต่างๆ กันของสารช่วยย้อมแต่ละชนิด	36

3.11 ร้อยละของการพ่นสีน้ำเงินติดบนผ้าที่ความเข้มข้นต่างๆ กันของสารช่วยย้อมแต่ละชนิด	36
3.12 ร้อยละของการพ่นสีติดบนผ้าที่ความเข้มข้นสารช่วยย้อม 45 กรัมต่อลิตร	37
3.13 ความเข้มผ้าสีแดงบนผ้าที่ความเข้มข้นต่างๆ กันของสารช่วยย้อมแต่ละชนิด	38
3.14 ความเข้มผ้าสีเหลืองบนผ้าที่ความเข้มข้นต่างๆ กันของสารช่วยย้อมแต่ละชนิด	38
3.15 ความเข้มผ้าสีน้ำเงินบนผ้าที่ความเข้มข้นต่างๆ กันของสารช่วยย้อมแต่ละชนิด	39
3.16 ความเข้มสีผ้าที่ความเข้มข้นสารช่วยย้อม 45 กรัมต่อลิตร	39

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1.1 ชนิดและหน้าที่ของสารเคมีในการย้อมสีรีแอคทีฟ	15
1.2 ร้อยละของความเข้มข้นสีย้อมต่อปริมาณโซเดียมซัลเฟตที่เหมาะสม	19
3.1 ผลการวิเคราะห์ความหนาแน่นของโซเดียมซัลเฟตที่สกัดจากซีเถ้าขาวด้วยวิธีการตกผลึกและการระเหยแห้งเทียบกับโซเดียมซัลเฟตที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ	34