สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เอกสารงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการทุนพัฒนานักวิจัยใหม่ ประจำปีงบประมาณ 2545

เรื่อง การบำบัดสีในน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมฟอกย้อม โดยใช้พอลิเมอร์ β-Cyclodextrin

โดย

ผศ.ดร. สุวรรณ ไชยสิทธิ์

RCH
TD
758.5
.C65
ส869ค
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 50451
วัน, เดือน, ปี 14 พ.ค. 2547

b 11346759
i.....

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานวิจัย	การบำบัดสีในน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมฟอกย้อมโดยใช้พอลิเมอร์ β-Cyclodextrin
หัวหน้าโครงการ	ผศ.ดร. สุวรรณ ไชยสิทธิ์
	ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประจำปี	2545

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาถึงประสิทธิภาพในการนำพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทริน ที่เตรียมขึ้นจากการพอลิเมอไรเซชันโดยใช้ อีพิคลอโรไฮดรินเป็นสารเชื่อมโยง สำหรับใช้ในการบำบัดสีย้อมดิสเพิร์สในน้ำเสียโดยใช้เทคนิคการศึกษาแบบแบทช์ ซึ่งในการทดลองได้ศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการบำบัดสีย้อมด้วยกระบวนการการเกิดเป็นสารประกอบแบบอินคลูชันซึ่งได้แก่ ปริมาณพอลิเมอร์ที่ใช้ พีเอชของสารละลายเริ่มต้น ระยะเวลาที่บีต้าไซโคลเด็กซ์ทรินพอลิเมอร์สัมผัสกับน้ำเสีย ความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อมในน้ำเสีย และศึกษาถึงประสิทธิภาพในการนำพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทรินกลับมาใช้ใหม่

จากการศึกษาพบว่าที่สภาวะที่เหมาะสม คือ พอลิเมอร์สูตร 30 ปริมาณ 100 มิลลิกรัม ค่าพีเอชของน้ำเสียเท่ากับ 2 ระยะเวลาสัมผัสเป็น 120 นาที ความเข้มข้นของสีย้อมดิสเพิร์สเริ่มต้นในช่วง 20 ส่วนในล้านส่วน มีค่าการดูดซับสีย้อมดิสเพิร์สในตัวอย่างน้ำเสียดังนี้ สีม่วงแดง 60.80% สีน้ำเงิน 56.96% และ สีเหลือง 43.56% และ พอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทรินสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้โดยการล้างด้วยเอทานอล เมทานอล และน้ำกลั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Project Title Removal of Dyes from Textile Dye Wastewater by β-Cyclodextrin Polymer

Head of Research ProjectAssistant Prof. Dr. Suwan Chaiyasith

Department of Chemistry, Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Year 2002

Abstract

This study involved the efficiency of removal of dyes from wastewater by β-cyclodextrin polymer (β-CDP), prepared by polymerization using epichlohydrin as a crosslinking agent. Batch techniques were used for removal of dyes. The experimental parameters are amount of polymer, pH, contact time, initial concentration of dyes. The results show high sorption capacity for epichlorohydrin to cyclodextrin at the ratio of 30 at 100 mg. Polymer, pH 2, contact time 120 min. and 20 ppm of dye. Efficiency of removal of dyes are 60.80 %, 56.96%and 43.56% for ruleen, blue and yellow respectively. Recycled β-cyclodextrin polymer can be used by cleaning with ethanol, methanol and water.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ฌ
บทที่1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 ขั้นตอนการวิจัยและดำเนินงาน	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.6 แผนการดำเนินงานตลอดโครงงาน	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	
2.1 สีย้อมผ้า(dyestuff)	4
2.2 การจำแนกประเภทสีย้อม	5
2.3 สีย้อมดิสเพิร์ส	5
2.4 ลักษณะปัญหาเฉพาะตัวที่สำคัญของน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมฟอกย้อม	9
2.5 แนวทางการแก้ไขปัญหาจากอุตสาหกรรมฟอกย้อม	10
2.6 วิธีการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมฟอกย้อม	10
2.7 ไซโคลเดกซ์ทริน(Cyclodextrin)	13
2.5.1 ศัพท์เฉพาะ	14
2.5.2 การเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน(Complexation)	14
2.5.3 ปฏิกิริยาที่เกิดกับไซโคลเดกซ์ทริน(Reactivity)	15
2.5.4 คุณสมบัติ(Properties)	16
2.5.5 คุณสมบัติที่นำไปใช้ประโยชน์(Utilized properties)	17
2.8 อีพิคลอโรไฮดริน(Epichlorohydrin)	18
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย	
3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	23
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	23
3.3 วิธีการดำเนินการทอลอง	
-สืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้อง	24
-เตรียม บีต้าไซโคลเดกทรินพอลิเมอร์ (β-CD Polymer)	24
-ทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมด้วยβ -CDPolymer	25
-ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับสีย้อมดิสเพิร์ส	25
-การศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดสีย้อมดิสเพิร์สในตัวอย่างน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อม	27
-การศึกษาประสิทธิภาพการการนำ β-CDPolymer กลับมาใช้ใหม่	28
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิจารณ์ผลการทดลอง	
4.1 การทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมของพอลิเมอร์สูตรต่างๆ	29
4.2 ผลการศึกษาปัจจัยของปริมาณพอลิเมอร์ที่ใช้ในการดูดซับสีย้อมดิสเพิร์สในน้ำเสีย	30
4.3 ผลการศึกษาผลของค่าพีเอชในการดูดซับสีย้อมในน้ำเสีย	32
4.4 ผลกการศึกษาผลของระยะเวลาสัมผัสในการดูดซับสีย้อมดิสเพิร์สในน้ำเสียด้วยพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทริน	33
4.5 ผลของค่าความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียในการบำบัดสีย้อมดิสเพิร์สในน้ำเสียโดยใช้พอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทริน	35
4.6 ผลการศึกษาประสิทธิภาพการนำพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทรินกลับมาใช้ใหม่	36
4.7 การศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดสีย้อมดิสเพิร์สในตัวอย่างน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อม	37
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลอง	39
5.2 ข้อเสนอแนะ	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	42
ภาคผนวก ข	49
ภาคผนวก ค	56
ภาคผนวก ง	64
ภาคผนวก จ	68
เอกสารอ้างอิง	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ประเภทของสีย้อมแบ่งตามการใช้งาน	6
2.2 แสดงส่วนผสมในน้ำเสียจากกระบวนการย้อมสีในสีที่ใช้ชนิดต่างๆ	9
2.3 แสดงประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานสิ่งทอใน หน่วยการดำเนินงานและหน่วยของกระบวนการต่างๆ	12
2.4 แสดงคุณสมบัติบางประการของไซโคลเดกซ์ทริน	16
4.1 แสดงประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมดิสเพิร์สทั้ง 3 สีของพอลิเมอร์สูตรต่างๆ	29
4.2 แสดงประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมดิสเพิร์สทั้ง 3 สีที่ปริมาณพอลิเมอร์ค่าต่างๆ	30
4.3 แสดงผลค่าพีเอชที่มีต่อค่าดูดซับสีย้อมดิสเพิร์สของพอลิเมอร์ทั้ง 3 สี	32
4.4 แสดงผลของค่าระยะเวลาสัมผัส(นาที)ที่มีต่อปริมาณการดูดซับสีย้อมดิสเพิร์ส ของพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทริน	33
4.5 แสดงผลของความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อมดิสเพิร์สในน้ำเสียต่อประสิทธิภาพ การบำบัดด้วยพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทริน	35
4.6 แสดงประสิทธิภาพการกำจัดสีย้อมดิสเพิร์สในน้ำเสียตัวอย่างจากโรงงานฟอกย้อม	37
6.1 ค่าความเข้มข้นสารละลายสีย้อมดิสเพิร์สชนิดสีเหลืองมาตรฐานกับค่าการดูดกลืนแสง	42
6.2 แสดงปริมาณการดูดซับสีเหลืองของพอลิเมอร์สูตรต่างๆ	43
6.3 ข้อมูลผลศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมสีเหลืองตามปริมาณพอลิเมอร์ที่ใช้	44
6.4 ข้อมูลผลการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมสีเหลืองที่ค่าพีเอชต่าง	45
6.5 แสดงข้อมูลผลการศึกษาระยะเวลาสัมผัสที่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัด สีย้อมดิสเพิร์สสีเหลืองในน้ำเสีย	46
6.6 แสดงข้อมูลผลการศึกษาความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อมดิสเพิร์สสีเหลือง ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อมดิสเพิร์สในน้ำเสีย	47
6.7 แสดงข้อมูลผลการนำพอลิเมอร์นำกลับมาใช้ดูดซับสีเหลืองใหม่	48
6.8 ค่าความเข้มข้นสารละลายสีย้อมดิสเพิร์สชนิดสีแดงม่วงมาตรฐานกับค่าการดูดกลืนแสง	49
6.9 แสดงปริมาณการดูดซับสีแดงม่วงของพอลิเมอร์สูตรต่างๆ	50
6.10 ข้อมูลผลการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมสีแดงม่วงตามปริมาณพอลิเมอร์ที่ใช้	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
6.11 แสดงข้อมูลผลการศึกษาผลของค่าพีเอชต่อประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมดิสเพิร์สสีแดงม่วงในน้ำเสีย	52
6.12 แสดงข้อมูลผลการศึกษาระยะเวลาสัมผัสที่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อมดิสเพิร์สสีแดงม่วงในน้ำเสีย	53
6.13 แสดงข้อมูลผลการศึกษาความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อมดิสเพิร์สสีแดงม่วงที่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อมดิสเพิร์สในน้ำเสีย	54
6.14 แสดงข้อมูลจากการทดลองการนำพอลิเมอร์นำกลับมาใช้ดูดซับสีแดงม่วงใหม่	55
6.15 ค่าความเข้มข้นสารละลายสีย้อมดิสเพิร์สชนิดสีน้ำเงินมาตรฐาน กับค่าการดูดกลืนแสง	56
6.16 แสดงปริมาณการดูดซับสีน้ำเงินของพอลิเมอร์สูตรต่างๆ	58
6.17 แสดงข้อมูลผลการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมสีน้ำเงินตามปริมาณพอลิเมอร์ที่ใช้	59
6.18 แสดงข้อมูลผลการศึกษาผลของค่าพีเอชต่อประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมดิสเพิร์สน้ำเงินในน้ำเสีย	60
6.19 แสดงข้อมูลผลการศึกษาระยะเวลาสัมผัสที่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อมดิสเพิร์สสีน้ำเงินในน้ำเสีย	61
6.20 แสดงข้อมูลผลการศึกษาความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อมดิสเพิร์สสีน้ำเงินที่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อมดิสเพิร์สในน้ำเสีย	62
6.21 แสดงข้อมูลผลการนำพอลิเมอร์นำกลับมาใช้ดูดซับสีน้ำเงิน	63
6.22 แสดงข้อมูลค่าการดูดกลืนแสงในช่วง 200 – 600 นาโนเมตรของตัวอย่างน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อม	64
6.23 แสดงข้อมูลค่าการดูดกลืนแสงในช่วง 200 – 600 นาโนเมตรของตัวอย่างน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมที่เจือจางมา 50%	64
6.24 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างน้ำเสียจากโรงฟอกย้อมที่ผ่านการดูดซับด้วยพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทริน	65
6.25 แสดงข้อมูลค่าการดูดกลืนแสงในช่วง 200 – 600 นาโนเมตรของตัวอย่างน้ำเสียที่ 2 จากโรงงานฟอกย้อม	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

ตารางที่

6.26 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างน้ำเสียจากโรงฟอกย้อมที่2 ผ่านการดูดซับด้วยพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทริน 66

6.27 แสดงข้อมูลค่าการดูดกลืนแสงในช่วง 200 – 600 นาโนเมตร ของตัวอย่างน้ำเสียที่ 3 จากโรงงานฟอกย้อม 66

6.28 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างน้ำเสียจากโรงฟอกย้อมที่ 3 ผ่านการดูดซับด้วยพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทริน 67

6.29 แสดงอัตราส่วนระหว่าง บีต้าไซโคลเดกซ์ทริน กับ อีพิคลอโรไฮดริน 68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

แผนภาพที่	หน้า
2.1 สีกลุ่มเอโซ	8
2.2 สีกลุ่มแอนทราควิโนน	8
2.3 แสดงลักษณะโครงสร้างโมเลกุลของไซโคลเดกซ์ทริน	13
4.1 แสดงประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมดิสเพิร์สทั้ง 3 สีของพอลิเมอร์สูตรต่างๆ	29
4.2 แสดงปริมาณพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทรินที่มีผลต่อการดูดซับสีดิสเพิร์สทั้ง 3 สี	31
4.3 แสดงผลของค่าพีเอชที่มีต่อประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมดิสเพิร์สในน้ำเสีย	32
4.4 แสดงผลของค่าระยะเวลาสัมผัส (นาที) ที่มีต่อปริมาณการดูดซับสีดิสเพิร์สของพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทริน	34
4.5 แสดงผลของความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อมดิสเพิร์สทั้งสามสีต่อปริมาณการดูดซับสีดิสเพิร์สของพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทริน	35
4.6 แสดงประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมดิสเพิร์สของพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทรินที่นำกลับมาใช้ใหม่	36
4.7 แสดงประสิทธิภาพการกำจัดสีย้อมดิสเพิร์สในน้ำเสียตัวอย่างจากโรงงานฟอกย้อม	38
6.1 แสดงกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนแสง กับความเข้มข้นของสีย้อมดิสเพิร์สสีเหลือง	43
6.2 แสดงกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนแสง กับความเข้มข้นของสีย้อมดิสเพิร์สสีแดงม่วง	50
6.3 แสดงกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนแสง กับความเข้มข้นของสีย้อมดิสเพิร์สน้ำเงิน	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

เนื่องจากปัจจุบันเป็นที่ยอมรับกันว่าภาคอุตสาหกรรมมีบทบาทที่สำคัญยิ่งต่อการพัฒนาประเทศโดยเฉพาะอุตสาหกรรมเสื้อผ้าสำเร็จรูปเป็นอุตสาหกรรมที่สามารถทำรายได้เป็นลำดับต้นให้กับประเทศ[2] และอุตสาหกรรมฟอกย้อมก็เป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อการผลิตวัตถุดิบป้อนอุตสาหกรรมเสื้อผ้าสำเร็จรูป โดยเฉพาะ กระบวนการฟอกย้อมซึ่งเป็นขั้นตอนที่สามารถช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์สิ่งทอไทยได้เป็นอย่างมาก ขณะเดียวกันก็เป็นกระบวนการที่ใช้น้ำมาก และน้ำที่ใช้ส่วนใหญ่จะถูกปล่อยกลับออกมาในรูปน้ำทิ้ง ซึ่งมีพวกสารเคมีของสีย้อมที่ใช้ในกระบวนการผลิตปะปนออกมาด้วยซึ่งหากไม่มีการบำบัดก็จะเป็นต้นกำเนิดของมลภาวะทางน้ำกับสิ่งแวดล้อม

อุตสาหกรรมฟอกย้อมเป็นอุตสาหกรรมที่มีการใช้น้ำมากโดยในการฟอกย้อมผ้า1 กิโลกรัมจะต้องใช้น้ำโดยเฉลี่ยถึง 50 - 100 ลิตรและน้ำที่ใช้ ส่วนใหญ่จะถูกปล่อยกลับออกมาเป็นน้ำทิ้ง ในโรงงานฟอกย้อมขนาดกลาง จะมีน้ำทิ้งโดยเฉลี่ยประมาณ 1,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน น้ำทิ้งที่ออกจากโรงงานฟอกย้อมดังกล่าวนี้จะมีพวกสารเคมีสีย้อมที่ใช้ในกระบวนการผลิตปะปนออกมาด้วย ซึ่งหากโรงงานมีการปล่อยน้ำทิ้งไปโดยไม่มีการบำบัด ก็จะเป็นการไปเพิ่มมลภาวะทางน้ำกับสิ่งแวดล้อม รัฐบาลโดยกรมโรงงานอุตสาหกรรม ได้มีการออกกฎหมายควบคุมคุณภาพของน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม
ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2539[1] ส่วนหนึ่งกำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงานไว้ดังนี้ บีโอดี ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสเวลา 5 วันไม่มากกว่า 20 มก./ล.

สารแขวนลอย ไม่มากกว่า 50 มก./ล.

ความเป็นกรด - ด่าง (pH) 5.5 - 9

สี ต้องไม่เป็นที่พึงรังเกียจ

พัชรียา ฉัตรเท[2] กล่าวว่ากระบวนการที่ใช้ในการย้อมผ้ามีหลายขั้นตอน ซึ่งแต่ละขั้นตอนก็จะให้ความสกปรกที่ออกมากับน้ำในปริมาณแตกต่างกัน เช่น การลงแป้ง การขจัดสิ่งสกปรก การฟอกขาว และการย้อมสี เป็นต้น โดยน้ำเสียส่วนใหญ่จะมาจากกระบวนการย้อมสี สีย้อมที่ใช้กันในโรงงานฟอกย้อมมักจะเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสูตรโครงสร้างขนาดใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และซับซ้อนและมักเป็นสารประกอบที่มีพิษ, เมื่อถูกระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะแล้วนอกจากจะเป็นที่รังเกียจของผู้พบเห็นแล้วยังมีอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆที่อาศัยในน้ำทิ้งทั้ง ทางตรง และทางอ้อม และอนุภาคของสีย้อมบางชนิดจะไปขัดขวางการกระจายของแสง ทำให้สมดุลของระบบนิเวศวิทยาเปลี่ยนไป

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อทดสอบหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการดำเนินการทดลองการกำจัดสีย้อมดิสเพิร์สในน้ำเสียด้วยพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทริน(β-CDP)
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดสีย้อมดิสเพิร์สในน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมด้วย β-CDP
3. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการนำพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทรินกลับมาใช้ใหม่

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. สังเคราะห์ β-CDP ในอัตราส่วนของ Epi/β-CD ที่ค่าต่างๆ เพื่อหาสูตรที่เหมาะสมในการดำเนินการทดลองพร้อมกับการทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดสีของ β-CDP ที่ได้
2. ทำการศึกษาเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการดำเนินการทดลองโดยแปรค่า

   -ปริมาณพอลิเมอร์ที่ใช้ในช่วง 10 50 100 150 200 mg.
   -ระยะเวลาสัมผัสเป็น 5 10 30 60 120 180 และ 240 นาที
   -พีเอช เป็น 2 4 7 และ 10
   -ความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อมในช่วง 10-100 ppm.
3. ทำการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพในการบำบัดสีย้อมดิสเพิร์สจากปัจจัยที่ได้เหมาะสมจากข้อ 2
4. นำพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทรินที่ผ่านการทดลองในข้อที่ 3 มาทำการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพในการนำพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทรินกลับมาใช้ใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและดำเนินงาน

1. สังเคราะห์ β-CDP
2. ทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อมดิสเพิร์สในน้ำเสียของ β-CDP ที่ได้จากข้อ 1
3. ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัด

   โดยปัจจัยที่ทำการศึกษาได้แก่
   -ปริมาณพอลิเมอร์ที่ใช้เป็น 10 50 100 150 200 mg.
   -ระยะเวลาสัมผัสเป็น 5 10 30 60 120 180 240 นาที
   -พีเอช 2 4 7 และ 10
   -ความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อมในช่วง 10- 100 ppm.

4. นำค่าที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละปัจจัยมาทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพในการบำบัดสีย้อม
5. นำพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทรินที่ผ่านการทดลองในข้อที่ 4 มาทำการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพในการนำพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทรินกลับมาใช้ใหม่
6. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงตัว β-CDP ที่เหมาะสมต่อการดำเนินการทดลอง
2. ทราบถึงสภาวะที่เหมาะสมในการดำเนินการทดลอง
3. ทราบถึงประสิทธิภาพในการบำบัดสีย้อมและประสิทธิภาพในการนำพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทรินกลับมาใช้ใหม่
4. ข้อมูลที่ได้อาจนำไปประยุกต์เพื่อใช้ในการกำจัดสีย้อมในโรงงานอุตสาหกรรมฟอกย้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 สีย้อมผ้า (dyestuff)[1,3,4]

สีย้อมได้ช่วยเพิ่มคุณค่าให้แก่ผลิตภัณฑ์มากกว่าราคาของผลิตภัณฑ์ และก็บ่อยครั้งที่สีของผลิตภัณฑ์จะเป็นสาเหตุสำคัญในการตัดสินใจซื้อสินค้าของผู้บริโภค สีบางชนิดจะมีการใช้เฉพาะด้าน เช่น สีไวแสงหรือไวต่อความร้อนสำหรับพิมพ์กระดาษหรือโปสเตอร์ โดยทั่วไปสีของผลิตภัณฑ์จะมีส่วนช่วยให้ผู้ซื้อเลือกซื้อสินค้าตามความต้องการ

โครงสร้างโมเลกุลของสีย้อมจะมีความยุ่งยากซับซ้อนมาก และสีย้อมจะต้องมีสมบัติให้สีเกิดขึ้นอย่างถาวร สีย้อมทุกตัวจะต้องมีหมู่ฟังก์ชันที่ไม่อิ่มตัวบางส่วนของโมเลกุลของสีย้อมจะเป็นส่วนวงอะโรมาติกส์

สีย้อมประกอบด้วยโครงสร้างที่ทำให้เกิดสีเรียกว่า โครโมเจน (chromogen) ซึ่งเป็นตัวรับอิเล็กตรอนส่วนของโมเลกุลที่ทำให้สีย้อมมีสมบัติทางด้านการละลาย และมีสมบัติในการย้อมติดสี ซึ่งเรียกว่า ออกโซโครม (auxochrome) ซึ่งเป็นตัวให้อิเล็กตรอน โครงสร้างของสีย้อมจะประกอบด้วยทั้งสองส่วนร่วมกัน

โครโมเจน (chromogen) เป็นส่วนของโครงสร้างอะโรมาติกส์ ซึ่งเป็นในโมเลกุลของสีย้อมและหมู่ที่ให้สีซึ่งเรียกโดยทั่วไปว่าโครโมฟอร์ (chromophore) และโครโมฟอร์เป็นหมู่ฟังก์ชันหลักที่ให้สีโดยการดูดกลืนแสงในช่วงคลื่นแสงที่มองเห็น (visible spectrum) และหมู่โครโมฟอร์ที่มีอยู่ในโมเลกุลของสีย้อมโดยทั่วไปมีดังนี้

1. หมู่ไนโตรโซ -N=O หรือ =N-OH
2. หมู่ไนโตร $-NO_2$ หรือ =NOOH
3. หมู่เอโซ -N=N-
4. หมู่เอทิลีน $>C=C<$
5. หมู่คาร์บอนิล $>C=O$
6. หมู่คาร์บอนิล-ไนโตรเจน $>C=NH$ และ $--CH=N-$
7. หมู่คาร์บอน-ซัลเฟอร์ $C-S-S-C<$ และ $>C=S$

หมู่ฟังก์ชันดังกล่าวจะเพิ่มความสามารถในการเกิดสีให้แก่สารประกอบอะโรมาติกโดยเปลี่ยนแปลง หรือเพิ่มการดูดซับสีในช่วงคลื่นของการมองเห็น หมู่โครโมฟอร์สามารถจะใช้เป็นพื้นฐานในการจำแนกชนิดของสีย้อมด้วยโมเลกุลของสีย้อมบางตัวจะลดความเข้มของสีหมู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครโมฟอร์ในโมเลกุลของสีย้อมอิ่มตัวหมู่ออกโซโครมซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในโมเลกุลของสีย้อม และจะเป็นหมู่ที่ทำให้เกิดการยึดติดกับวัสดุที่ทำการย้อมสี ตัวอย่างวัสดุที่ทำการย้อมสีก็คือ เส้นใยสังเคราะห์หรือเส้นใยธรรมชาติ โดยทั่วไปแล้วจะมีหมู่ฟังก์ชัน ได้แก่ $-NH_2$ -OH $-NR_2$ -COOH $-SO_3H$ และจะเกิดปฏิกิริยาได้เกลือกับโมเลกุลของสีย้อม

2.2 การจำแนกประเภทของสีย้อม [1]

การจำแนกสีย้อมมีหลายระบบด้วยกันเช่น การจำแนกตามแหล่งกำเนิด ตามกลุ่มเคมีภายในโครงสร้าง หรือการใช้งาน ระบบที่ใช้กันมากในปัจจุบันเป็นระบบที่ใช้ดัชนีสีที่แบ่งตามการใช้งานดังนี้

- สีแอซิด (acid)
- สีแอโซอิก (azoic or naphthol)
- สีเบสิค (basic or cationic)
- สีไดเรกท์ (direct)
- สีดิสเพิร์ส (dispersed)
- สีมอร์เดนท์(Mordant)
- สีแวต (Vat)
- สีซัลเฟอร์ (sulfur)
- สีรีแอคทีฟ (reactive)

ซึ่งในสีแต่ละชนิดก็จะมีการนำไปใช้แตกต่างกันดังตารางที่ 2.1
สารสีเหล่านี้มีแรงกระทำในการจับยึดกับไฟเบอร์และโมเลกุลของสีย้อม ทั้งทางกายภาพและแรงทางเคมี นั้นคือ แรงเนื่องจากพันธะไฮโดรเจน, แรงแวนเดอร์วาลล์, แรงไอออนิค และพันธะโควาเลนต์

2.3 สีย้อมดิสเพิร์ส [1]

เส้นใยสังเคราะห์จำนวนมาก เช่น เส้นใยเซลลูโลสแอซิติค เส้นใยพลาสติก และเส้นใยพอลิเอสเทอร์ จะมีความยากลำบากในการย้อมติดสี สีดิสเพิร์สมีความสามารถใช้ย้อมได้ดีกับวัสดุดังกล่าว และสามารถย้อมสีได้เนื้อเนียนเรียบผิวดีโดยสีย้อมดิสเพอร์สจะกระจายตัวดูดซับและแทรกตัวลงบนเส้นใย โดยสีดิสเพิร์สเป็นสีย้อมที่มีการละลายในน้ำได้ต่ำ การกระจายตัวของสีประเภทนี้จะอยู่ในรูปของคอลลอยด์ สีย้อมนี้จึงเหมาะต่อการย้อมหรือพิมพ์บนเส้นใยที่มีลักษณะไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) ตัวอย่างสีกลุ่มเอโซดังแผนภาพที่ 2.1

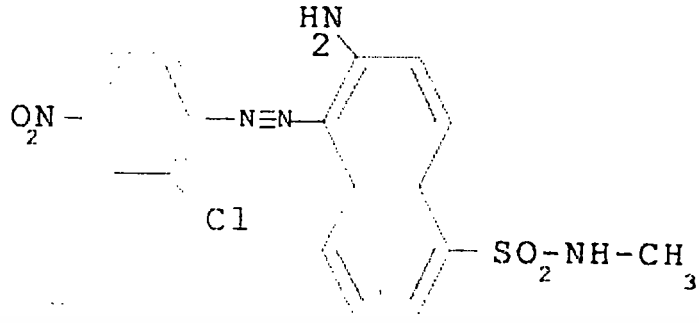
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงประเภทของสีย้อมแบ่งตามการใช้งาน

Dye Class	Chemical Nature	Characteristics	Typical Fiber	Dye-Fiber Attachment	Auxiliary Chemicals	Methods of Application
acid	-sulfuric salts -carboxylic salts -anionic	-high water soluble -poor wet fastness	-nylon -wool	Ionic bond	-sodium sulfate -sulfuric acid	-dyeing solution must be acid -high temp is used (50 -110 °C)
azoic or naphthol	-complexing diazotized aniline with naphthol which produce azo components and bases	-insoluble pigments -fastness and brightness of shade	-natural and mercerized cotton -rayon -some synthetics	dye precipitated in-situ fiber	-metal salts -formaldehydes -sod. nitrate -acids	-fiber placed in dyebath. -dye chromophore added boiled to precipitate
basic or cationic	-hydrochlorides of salts or organic bases -cationic	-high water solution -poor light-fastness -poor to moderate wet fastness	-silk -wool -acrylic	Ionic bond	-acetic acid -formic acid -oxalic acid -sod. nitrate -acids	-fiber placed in acidified dyebath at pH 4-6 -dye added and temp. increase from 100 to 105 °C
direct	-sulfonated azo compound -anionic	-highly water soluble -moderate to good light-fastness	-cotton -viscose -wool -other cellulose	Ionic bond	-sod. chloride -sod. sulfate -sod. nitrate -hydrochloric acid -aromatic amines	-fiber placed in slightly alkaline dyebath -add dye electrolyte (NaCl or Na_2SO_4) to displace dye to fiber temp. to 96 °C
dispersed	-prepared from either azo compound or anthraquinone derivatives	-colloid dispersion -vary low solubility -good wet fastness	-polyester -nylon -acrylic -cellulose acetate	colloidal Impregnation adsorption	-sod. hydroxide -acetic acid -dispersing agent -orthophenyl phenol -chlorobenzene -diethyl phthalate -other carriers	-fiber placed in acidified dyebath pH 4.5 -dye added -temp. to 130°C causes dye migration into fiber

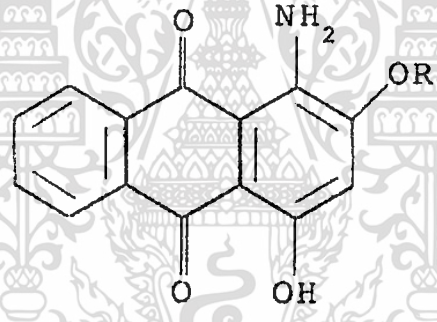
ตารางที่2.1(ต่อ) แสดงประเภทของสีย้อมแบ่งตามการใช้งาน

Dye Class	Chemical Nature	Characteristics	Typical Fiber	Dye-Fiber Attachment	Auxiliary Chemicals	Methods of Application
Mordant or Chrome	-anionic -can combine with metallic oxide to form insoluble colored lake within the dyed fiber	-water soluble -good wet fastness	-wool -polyamide fiber -cotton	fiber-chrome-dye complex	-acetic acid -sodium sulfate -penetrating agent -sulfuric acid -pot. sod dichromate -ammonium sulfate	-fiber placed in acidified dyebath pH 4.5 -dye added temp. To 130 ^{o}C cause dye migration into fiber
Vat	-vary widely in molecular structure but all contain one or more carboxyl groups -cannot use without modification by treatment with reducing agent to form leuco compounds	-Insoluble -wet fast	-cotton -viscose -cellulose fiber -wool -rayon -silk -linen -nylon	Dye precipitated in-situ in fiber	-sod. Hydroxide -sod. hydrosulphite -hydrogen peroxide -acetic acid -surfactants	-as per sulfur dye
Sulfur	-complex organic compounds containing sulfur linkages within molecules	-Insoluble -wet fast -poor resistance to sunlight	-cotton -viscose -rayon -linen -cellulose fiber	Dye precipitated in-situ in fiber	-sod. sulfur -sod. carbonate .-sod dichromate -acetic or alternative acid - hydrogen peroxide	-fiber placed in dyebath -dye dissolved in alkaline sodium sulfur -dye displaced to fiber with electrolyte
reactive	-anionic -several different basic molecular structures, the most important containing triazinyl groups	-high water soluble -good wet fastness	-cotton - viscose -cellulose fiber -wool -silk -linen	Covalent bond	-sod. chloride -urea -sod. carbonate -sod. hydroxide -trisodium phosphate -ethyl diamine	-fiber placed in dyebath -add salts to displace dye to fiber add alkaline to cause reaction between dye and fiber

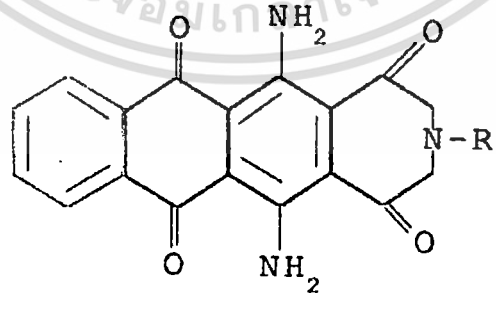


แผนภาพที่ 2.1 แสดงโครงสร้างสีกลุ่มเอโซ ประเภทสีแดง (R= alkyl,aryl)

แต่สีย้อมกลุ่มแอนทราควิโนนจะใช้ประโยชน์เป็นสีย้อมดิสเพิร์สที่ดีกว่า เนื่องจากสมบัติที่ไม่ละลายในตัวทำละลาย ตัวอย่างสีย้อมกลุ่มแอนทราควิโนนดังแผนภาพที่ 2.2



a) 4-amino-1,3-dihydroxy antraquinone (R=alkyl,aryl)



b) 1,4-diaminoantraquinonc-2,3-dicarboximidc(R= alkyl)

แผนภาพที่ 2.2 แสดงโครงสร้างของตัวอย่างสีย้อมกลุ่มแอนทราควิโนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตามสีย้อมกลุ่มเอโซและสีย้อมกลุ่มแอนทราควิโนนสามารถที่จะแทรกตัวเข้าในเส้นใยได้ดี

2.4 สำหรับน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมฟอกย้อม มีลักษณะปัญหาเฉพาะตัวที่สำคัญ [4]

1 ความหลากหลายของสิ่งสกปรกเจือปนในน้ำทิ้ง

การฟอกย้อมพิมพ์สิ่งทอเป็นกระบวนการที่ต้องใช้สารเคมีและสีย้อมชนิดต่างๆมากมาย รวมแล้วหลายร้อยชนิด สารเคมีและสีย้อมเหล่านี้บางส่วนจะถูกดูดซึมไว้ในวัสดุสิ่งทอ แต่จะมีบางส่วนเหลือปะปนมาในน้ำทิ้ง สารเคมีและสีย้อมแต่ละชนิดจะมีสมบัติด้านความเป็นพิษ ด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และด้านความยากง่ายในการกำจัดที่แตกต่างกันไป

2 ความหลากหลายของน้ำทิ้งในด้านคุณภาพและปริมาณ

น้ำทิ้งจากโรงงานฟอกย้อมจะมีความหลากหลายมาก ทั้งในด้านคุณภาพและปริมาณขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่ย้อม กระบวนการ และชนิดของสีย้อมที่ใช้ ตลอดจนประเภทของเครื่องจักรที่ใช้

3 การมีสีของน้ำทิ้ง

น้ำทิ้งของโรงงานฟอกย้อมจะมีสี ทำให้เป็นที่รังเกียจของผู้พบเห็นและการกำจัดสีจากน้ำทิ้งก็เป็นเรื่องที่ทำได้ยากและมีค่าใช้จ่ายสูงมากด้วย

4 ปริมาณของน้ำทิ้งที่ค่อนข้างมาก

โรงงานฟอกย้อม มีปริมาณน้ำทิ้งที่ค่อนข้างมาก เมื่อเทียบกับอุตสาหกรรมอื่น ทำให้ต้องใช้พื้นที่ในการบำบัดน้ำทิ้งมาก ต้นทุนการจัดตั้งระบบบำบัดน้ำทิ้งจึงสูงตามไปด้วย

ลักษณะของน้ำเสียในกระบวนการย้อมสีในโรงงานฟอกย้อม

ตารางที่ 2.2 แสดงส่วนผสมในน้ำเสียจากกระบวนการย้อมสีในสีที่ใช้ชนิดต่างๆ

Type of dye	Main ingredient in waste water
Direct dye	Dye, mirabilite, salt, sodium carbonate, surface active agent
Reactive dye	Dye, sodium hydroxide, sodium phosphate, sodium hydrogencarbonate, mirabilite, urea, surface active agent
Acidic dye	Dye, mirabilite, ammonium sulfate, acetic acid, sulfuric acid, surface active agent
Acidic mordant dye	Dye, acetic acid, mirabilite, sodium bichromate, surface active agent
Metal complex salt dye	Dye, sulfuric acid, sodium acetate, ammonium sulfate, mirabilite, surface active agent
Cationic dye	Dye, sodium acetate, sodium carbonate, ammonium acetate, surface active agent
Sulfide dye	Dye, sodium sulfide, sodium carbonate, mirabilite
Vat dye	Dye, sodium hydroxide, sodium hydrosulfite, mirabilite, Turkey red oil
Naphthol dye	Dye, sodium hydroxide, hydrochloric acid, sodium nitrite, sodium acetate, surface active agent
Disperse dye	Dye, carrier (various), hydrosulfite, surface active agent
Pigment	Pigment, ammonia, sodium alginate, resin, mineral oil

ที่มา:www.Apec-vc.or.jp/co-op/senisensyoku/index3.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 แนวทางการแก้ไขปัญหานี้ [4] อาจกระทำได้หลายทางคือ

1. การเลือกใช้สารเคมีและสีย้อมที่เหมาะสม เนื่องจากสารเคมีและสีย้อมที่ใช้ในกระบวนการฟอกย้อมมีความหลากหลายทั้งในด้านความเป็นพิษ ด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและความยากง่ายในการบำบัด ดังนั้นการเลือกใช้สารเคมีและสีย้อมที่มีผลต่อมลภาวะต่ำ และง่ายต่อการบำบัดจะสามารถช่วยลดปัญหามลภาวะของโรงงานและยังเป็นการลดมลภาวะในการบำบัดด้วย

2. การนำเทคโนโลยีที่สะอาดมาใช้ในโรงงาน เทคโนโลยีที่สะอาด หมายถึง เทคโนโลยีที่เป็นการผลิตที่ปราศจากของเสียหรือมีของเสียน้อยที่สุดแม้ว่าเทคโนโลยีเหล่านี้ ส่วนใหญ่จะยังมีราคาแพง และอาจต้องใช้เวลาในการปรับปรุงโรงงานเพื่อให้ใช้เทคโนโลยีใหม่นี้ค่อนข้างนานแต่ในระยะยาว การเลือกใช้เทคโนโลยีนี้จะเป็นทางออกที่ดีที่สุด

3. การลดปริมาณและความสกปรกของน้ำทิ้ง ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำทิ้งแปรผันตามปริมาณและความสกปรกของน้ำ ดังนั้นการลดปริมาณและความสกปรกของน้ำย่อมสามารถช่วยลดภาระในการบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานลงได้วิธีลดปริมาณและความสกปรกของน้ำทิ้งอาจทำได้มากมายหลายทางเช่นการใช้น้ำด้วยความประหยัดการเลือกใช้สีที่มีเปอร์เซ็นต์การดูดติดในเส้นใยสูง เป็นต้น

4. การนำเทคโนโลยีที่เหมาะสมมาใช้ในการบำบัดน้ำทิ้ง เนื่องจากน้ำทิ้งจากโรงงานฟอกย้อมมีความหลากหลายมากทั้งในด้านคุณภาพและปริมาณ จึงควรที่โรงงานจะได้เลือกใช้กรรมวิธีการบำบัดน้ำทิ้ง ที่เหมาะสมกับลักษณะเฉพาะของโรงงาน เพื่อให้สามารถดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง

2.6 วิธีการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมฟอกย้อม [3]

ของเสียจากกิจการสิ่งทอประกอบด้วยสารเคมีที่มีความรุนแรงของพิษต่างกันและปลดปล่อยพิษออกมาต่างกัน มลพิษจากการฟอกมี 99%ที่แยกออกมาได้โดยการกรอง ซึ่งใช้เทคโนโลยีแผ่นเนื้อเยื่อ (Membrane Technology) แต่กระบวนการย้อมสีได้ปล่อยน้ำสีเป็นน้ำเสียที่เป็นกรดเป็นด่างออกมา ซึ่งเทคนิคการกรองไม่สามารถจัดการได้ หลังการบำบัดแล้วก็ยังมีสีปนออกมาด้วย

วิธีธรรมดาๆ ที่ใช้คือ การใช้สารออกซิไดซิ่ง (Oxidizing agent) เช่นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ หรือ โอโซน เพื่อแก้ปัญหาเรื่องสี แต่สารเคมีเหล่านี้มีอันตรายในตัวเองอยู่ และมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีเคมีกายภาพ (Physicochemical)จะทำให้น้ำเสียเป็นของแข็ง เช่น ใช้สารส้ม หรือ เฟอร์ริกซัลเฟต(ferric sulphate) ฟลอคคูเลท(flocculate) ทำให้ของเสียที่เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของแข็งรวมกันเป็นกลุ่มแยกออกจากของเหลว(น้ำ) ด้วยการตกตะกอน หรือการหมุน (centrifugal separation)

การบำบัดน้ำเสียโดยการใช้ถังตกตะกอน เป็นถังคอนกรีตขนาดใหญ่ 2 ถัง น้ำเสียจะไหลตรงมายังถังที่หนึ่งจนเต็มแล้วจากนั้นก็ไหลต่อไปยังถังที่สอง เติมฟลอคคูเลทในถังที่หนึ่งของเสียจะตกตะกอน น้ำสีอิสระจะไม่มีพิษปล่อยทิ้งไปได้ ส่วนโคลนก้นถังจะเอาออกทุกๆ 2-3 อาทิตย์ (เวลาเอาออกต้องทำอย่างระมัดระวัง) ปัญหาของวิธีการนี้คือถังตกตะกอนมีราคาแพงขนาดใหญ่ ใช้พื้นที่มาก ต้องการความมั่นคงและต้องระวังรักษา

การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีทางชีวภาพ(Biological) วิธีน้ำจะลดวัตถุ(ของเสีย) ในปัจจุบันวิธีการนี้ แบบและการติดตั้งยังมีราคาสูง ไม่เหมาะกับกิจการย้อมสีขนาดเล็ก

การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีการดูดซึม ใช้ได้กับวัตถุธรรมชาติและสังเคราะห์ สิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิต โดยการใช้วัตถุไม่มีชีวิตเป็นตัวดูดซับ คือ คาร์บอน ซึ่งได้มาจากไม้และกาบมะพร้าว คาร์บอนจะเป็นเครื่องกรองธรรมชาติที่ดูดซับสีที่ใช้ย้อม และอื่นๆ การใช้คาร์บอนในการบำบัดน้ำเสียจะเป็นวิธีง่ายและมีราคาถูก และคาร์บอนก็เป็นสารเคมีที่ไม่มีปฏิกิริยา (Chemical inert)เมื่อรวมกับธาตุอื่นจึงเป็นวิธีการที่พัฒนาเพื่อกิจการย้อมสีขนาดเล็กโดยเฉพาะ

การใช้สิ่งมีชีวิต (Living Organism)ในการดูดซับของเสียจากกิจการย้อมสี ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น การใช้พืชในการบำบัดน้ำสี จะใช้ส่วนราก ได้พัฒนาการใช้ในหลายประเทศซึ่งเป็นวิธีการที่ได้ผลและยังสามารถใช้กับน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมได้ด้วย หลายหน่วยงานในประเทศอังกฤษได้ใช้ระบบพืชน้ำ ในการบำบัดน้ำเสียในระดับท้องถิ่นและอุตสาหกรรมโดยสร้างระบบพื้นที่ชื้นขึ้นมาและใช้แปลงต้นกกปลูกในบ่อระบบนี้จะขึ้นอยู่กับการเจริญเติบโตของต้นกก และน้ำเสียที่ไหลผ่านเป็นระบบที่มีค่าใช้จ่ายในการสร้างต่ำ ดูแลง่าย ระบบนี้มีความสำคัญอยู่ที่การปรับปรุงให้เป็นระบบใหญ่ควบคุมได้และใช้ได้ในหลายสภาพภูมิอากาศ

ซึ่งในแต่ละหน่วยของการบำบัดน้ำเสียก็จะมีข้อดีข้อเสียและประสิทธิภาพในการบำบัดสิ่งปนเปื้อนได้แตกต่างกันดังตาราง ที่ 2.3 และ วิธีเบื้องต้นที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมดังนี้

① Screening + Coagulation

② Screening + Biological treatment

③ Screening + Biological treatment + Coagulation

④ Screening + Biological treatment + Ozone treatment

⑤ Screening + Biological + Coagulation + Filtration + Activated carbon treatment

ที่มา:http://www.apec-vc.or.jp/co-op/sennisensyoku/docs/c1_03.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

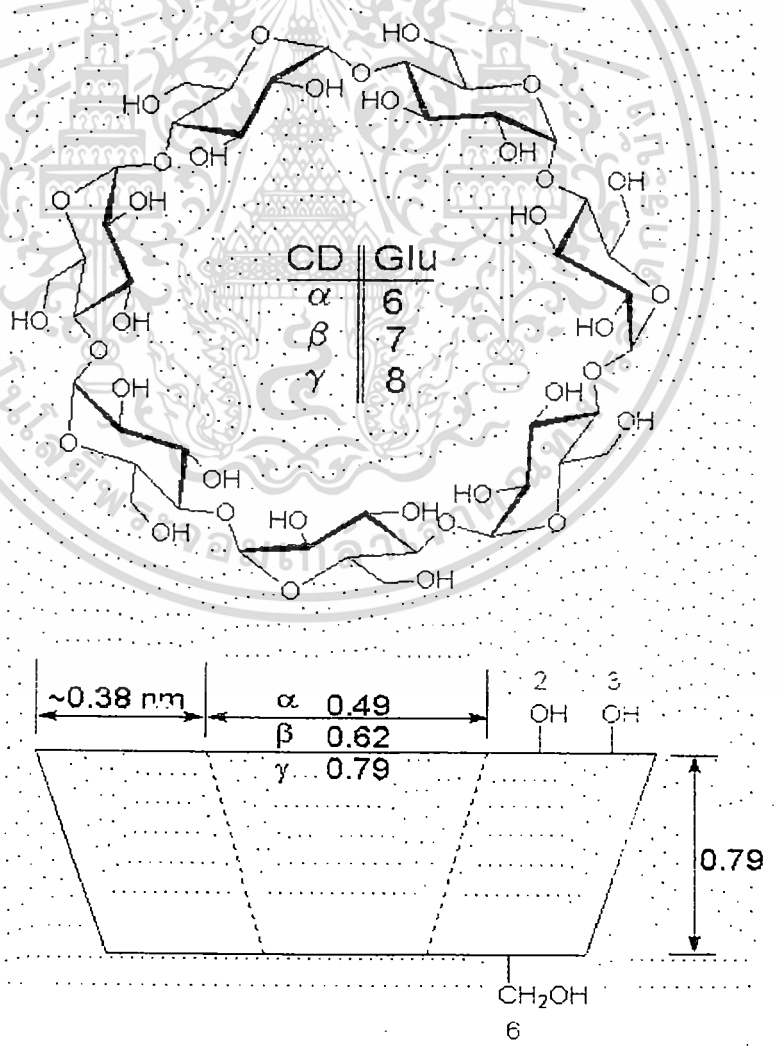
ตารางที่ 2.3 แสดงประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานสิ่งทอในหน่วยการดำเนินงานและหน่วยของกระบวนการต่างๆ

Treatment process Unit	Range of Removal efficiencies(%)				
	BOD5	COD	TSS	Grease	Color
Primary Treatment					
-Screening	0-5	-	5-20	-	-
-Equalization	0-20	-	-	-	-
-Neutralization	-	-	-	-	-
-Chemical Coagulation(removal varies with Chemicals and dosage used)	40-70	40-70	30-90	90-97	0-7
-Floatation					
Secondary Treatment	30-50	20-40	50-60	90-98	-
-Conventional Activated Sludge and Clarification	70-95+	50-70	85-95	0-15	20% color removal for biological treatment units
-Extended Aeration and Clarification					
-Aerated lagoon and Clarification	70-94+	50-70	85-95	0-15	
-Aerobic Lagoon					
-Packed Tower	60-90	45-60	85-95	0-10	
-Roughing Filter	50-80	35-60	50-80	0-10	
Tertiary Treatment	40-70	20-40	-	-	
-Chemical Coagulant	40-60	20-30	-	-	
-Mixed Media Filtration					
-Carbon Adsorption	40-70	40-70	30-90	90-97	0 -70
-Chlorination	25-40	25-40	80	-	-
-Ozonation	25-40	25-60	25-40		80-90
Advanced Treatment	0-5	0-5	-	0-5	0-5
-Spray Irrigation	-	30-40	50-70	-	70-80
-Evaporation					
-Reverse Osmosis	90-95	80-90	95-98	-	-
	98-99	95-98	99	-	-
	95-99	90-95	95-98	-	-

ที่มา : UNEP (1994)

2.5 ไซโคลเดกซ์ทริน(Cyclodextrin) [15,16]

ไซโคลเดกซ์ทริน หรือ ไซโคลอไมเลส เป็นผลิตภัณฑ์จากการย่อยสลายแป้งด้วยไซโคลเดกซ์ทรินไกลโคซินทรานซ์เปอเรส(CGTase) ไซโคลเดกซ์ทรินเป็นสารจำพวกโฮโมจีเนียสโอลิโกแซคคาไรด์ homogenous oligosaccharides) ประกอบด้วย D-glucose จำนวน 6-8 หน่วยต่อกันเป็นวงกลม รูปลักษณะโมเลกุลคล้ายโดนัทรอบนอกมีหมู่ -OH ซึ่งเป็นส่วนที่ ชอบน้ำ(hydrophilic) ส่วนภายในเป็นส่วนที่ไม่ชอบน้ำ(hydrophobic) ดังแผนภาพที่ 2.3 ทำให้มีความสามารถในการรับเอาโมเลกุลจากภายนอก ที่มีขนาดเหมาะสมเข้าไปในช่องว่างหรือโพลงตรงกลางที่เรียกว่าเกิดสารประกอบเชิงซ้อนแบบอินคลูชัน(Inclusion complex) และบริเวณด้านรอบนอกของโมเลกุลเป็นส่วนที่ชอบน้ำ จึงทำให้ละลายน้ำได้ดีเหมาะสำหรับใช้ใน อุตสาหกรรมหลายชนิด[16]



แผนภาพที่ 2.3 แสดงลักษณะโครงสร้างโมเลกุลของไซโคลเดกซ์ทริน **[15]**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 ศัพท์เฉพาะ(Nomenclature)

- Schardinger's dextrins
- alpha, beta, gamma-cyclodextrins (CD, CyD, CDx)
- cyclohexaamylose, cyclomaltohexaose
- cyclo-a(1->4)-glucohexaoside, cyclo[D-Glcpa(1->4)]6

2.5.2 การเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน(Complexation)

- สัดส่วนระหว่าง guest : CD เป็น 1:1 > 1:2, 2:1, 2:2
- ความเร็วในการรวมตัว $T_{1/2}$ ~ 0.001 - 1 ($x10^{-3}$)วินาที
- ค่าคงที่ความเสถียรของสารประกอบ (complexes stability constants): 10^2 - 10^5 M^{-1}

$K_s[M^{-1}]$	50	200	500	1000	2000	10000
% of complexed guest	18	46	69	92	91	98

- ไม่เฉพาะเจาะจงกับซับสเตรทในการเกิดเป็นสารเชิงซ้อน(substrate unspecific complexation)
- จะเกิด ternary complexes อย่างอ่อนๆกับ alcohols, amines, nitriles
- สารประกอบเชิงซ้อนจะเสถียรเฉพาะในสารละลายน้ำ
- สารประกอบที่เหมาะต่อการเกิดเป็น complex ได้แก่
    - มีอะตอมของ คาร์บอน(C) หรือ P หรือ N หรือ S เป็นจำนวนที่มากกว่า 5 อะตอม
    - สามารถละลายในน้ำได้น้อยกว่า 10 mg/mL
    - มีจุดเดือด ต่ำกว่า 250°C
    - มีการควบแน่นเป็นวง น้อยกว่า 5
    - น้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วง 100-400

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 ปฏิกิริยาที่เกิดกับไซโคลเดกซ์ทริน(Reactivity)

- เป็นอิทธิพลของปริมาณของคาร์บอน (Cn)ในโมเลกุลของไซโคลเดกซ์ทริน
- มีไอโซเมอร์จำนวนมาก
- มีความเสถียรเพิ่มขึ้นเมื่ออยู่ภายใต้สภาวะความเป็นกรด
- ปฏิกิริยาจะเกิดบนหมู่ OH ,alkyl halides, epoxides , acyl derivatives, isocyanates ,อนุพันธ์กรดอนินทรีย์ (RSO_3Cl, POxCly, RxSiCly, ...), Br_2, Ph_3P
- แตกพันธะที่ตำแหน่งของ C(1)-O-C(4)
  - เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส โดยใช้ β-CD+ 1.15 M HCl ที่ 80°C: เวลา = 1.6ชั่วโมง
  - แตกแบบลดทอน(reductive cleavage) โดยใช้F_3 หรือ Et_2O/Et_3SiH
- แตกพันธะที่ตำแหน่งของC(1)-O(5) เช่น เกิดปฏิกริยากับ 9-borabicyklo[3.3.1]nonyl TfO/$EtBH_2$
- แตกพันธะที่ตำแหน่งของ C(2)-C(3) เช่นทำปฏิกิริยากับ $NaIO_4$ หรือ crown ether analogs
- เกิดการออกซิเดชันของ CH2(6) ไปเป็น COOH เช่น เกิดปฏิกริยากับ NO_2 or Pt/O_2

การที่ไซโคลเดกซ์ทรินสามารถรวมตัวกับโมเลกุลภายนอกก่อให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนชนิดต่างๆ ทำให้เกิดการใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น

- ด้านเภสัชกรรม
- ด้านอาหาร
- ด้านการเกษตร
- ด้านสิ่งแวดล้อม
- analytical chemistry catalysis
- enzyme models เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4 คุณสมบัติ(Properties)

- เกิดการรวมตัวแบบ inclusion (host/guest) complexes กับสารประกอบที่ชอบไขมัน (lipophilic compounds) โดย
  - alpha-CD — aliphatic chains (เช่น decanol)
  - beta-CD - small aromatic compounds (เช่น toluene)
  - gamma-CD - larger molecules (e.g. pyrene, fullerene)
- ละลายในน้ำ(แต่ค่อนข้างต่ำ), DMF, DMSO และ pyridine
- ความเป็นพิษต่ำ
- สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ (biodegradability)

ตารางที่ 2.4 แสดงคุณสมบัติบางประการของไซโคลเดกซ์ทริน

	alpha	**beta**	**gamma**
number of Glc	6	7	8
Mw	972	1135	1297
solubility H_2O (g/ml.)	14.5	1.85	23.2
pKa	12.33	12.2	12.08
$+xH_2O$	6, 7.57	11, 12	7-13
inner diameter (nm.)	0.45-0.57	0.62-0.78	0.79-0.95
outer diameter (nm.)	1.37	1.53	1.69
height (nm.)	0.79	0.79	0.79
cavity volume (nm^3)	0.174	0.262	0.472
cavity volumes (ml.):			
per 1 mol.	104	157	256
per 1 g.	0.1	0.14	0.2

ที่มา: http://www.natur.cuni.cz/~jindrich/CD/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.5.5 คุณสมบัติที่นำไปใช้ประโยชน์(Utilized properties)

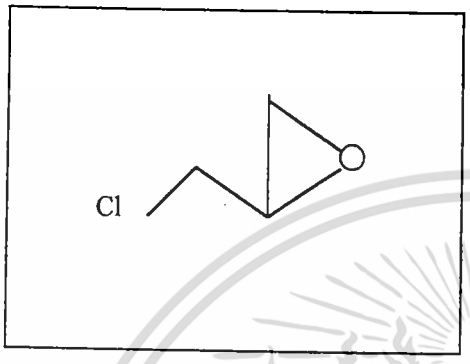
- โมเลกุลที่เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนแบบอินคลูชัน(Inclusion complex) จะทำให้คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของโมเลกุลนั้นเปลี่ยนแปลงไป
- ใช้ละลายพวกสารประกอบที่มีการละลายในน้ำได้ต่ำ เช่น ยา prostaglandins, piroxicam
- ช่วยเพิ่มความเร็วในการละลายซึ่งสิ่งมีชีวิตนำไปใช้ประโยชน์ได้เร็วขึ้น เช่น ส่วนผสมในปุ๋ย
- ทำให้สารประกอบที่ทำปฏิกิริยามีความเสถียรหรือ คงตัวขึ้น
- การตรึงสารประกอบที่ระเหยได้หรือ ป้องกันการดูดความชื้นของสารประเภท hygroscopic
- กำจัดกลิ่นหรือรส เช่น กาลิกออย(garlic oil) ที่เป็นส่วนผสมอยู่ในโลชั่น
- แปรรูปของเหลวให้เป็นของแข็ง
- ทำให้เกิดการผสมผสานกันของสาร ไม่ประกอบที่ไม่ละลายซึ่งกันและกันสามารถเข้ากันได้ดี
- เป็นตัวเจือจางปริมาณ เช่น ปริมาณยาในเม็ดยา (dosage of drugs,...)
- ตกตะกอนสารออกจากสารละลาย โดยผ่านการดูดซับบน พอลิเมอร์ไซโคลเด็กทริน
- ควบคุมการปลดปล่อยของสารประกอบบางชนิด เช่น ยา หรือ กลิ่นหอม (fragrances)
- เกิดการเปลี่ยนแปลงความยาวคลื่น UV, NMR และการดูดกลืนแสงต่างๆเมื่อเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนแบบอินคลูชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

50451

2.6 อีพิคลอโรไฮดริน(Epichlorohydrin) [14]

มีสูตรโครงสร้าง



ชื่อเรียกอีกแบบหนึ่งว่า	Chloromethyloxirane	
น้ำหนักโมเลกุล	92.53	
ลักษณะทางกายภาพ	จุดหลอมเหลวที่	–57 °C
	จุดเดือดที่	115-117 °C
	ความหนาแน่น	1.183 g/cm^3
การละลาย	6.6 wt % ในน้ำ	

C_3H_5ClO

อิพิคลอโรไฮดริน(Epichlorohydrin)นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งเป็นตัวเชื่อม (cross-linking agent) ในการสังเคราะห์พอลิเมอร์แล้วยังนำไปใช้เป็นตัวดักจับ(Trapping agent) เช่น HCl, HBr หรือ อัลกอฮอลล์ที่ถูกผลิตขึ้นระหว่างการขึ้นรูป ซึ่งตัวอิพิคลอโรไฮดรินนี้มีอันตรายต่อร่างกายโดยมีผลทำลาย ปอด, ตับ, ไต แต่อย่างไรก็ตามตัวอิพิคลอโรไฮดรินนั้นจะไม่มีความชื้นและไม่ไวต่อการทำปฏิกิริยากับอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จะเห็นได้ว่ามลพิษของสีย้อมผ้าในสิ่งแวดล้อมและการประยุกต์ใช้ β-CD.ในทางสิ่งแวดล้อมเป็นเรื่องที่สำคัญและมีผู้ให้ความสนใจศึกษาค้นคว้าและวิจัยกันอย่างกว้างขวางดังรายงานการวิจัยที่จะกล่าวดังต่อไปนี้

G.crini,S Bertini,et al (1998) เป็นการศึกษาการ ใช้ β-CDP คล้ายระบบ heterogeneous ในการดูดซับสี ย้อมสิ่งทอประเภท Acid, direct, mordant และ reactive โดยการทำให้เป็น polymer โดยใช้ Epi. เพื่อดูดซับสีบน Polymer ทั้งการดูดซับทางฟิสิกส์ บนร่างแหและการจับตัวในรูปของ Guest-Host inclusion complex ปัจจัยที่ทำการศึกษาได้แก่ เวลา ความเข้มข้น ระยะเวลาสัมผัสที่เป็นปัจจัยในความสามารถต่อการดูดซับบน Polymer กระบวนการทำCD-Polymer การเตรียม Polymer ในหลายๆอัตราส่วนของ Epi/CD โดยมีปัจจัย ของ temp., time, solvent ถ้าเราควบคุมอุณหภูมิที่50 ^{0}C เวลาในการ เขย่า 2 hr. NaOH(aq) 50% w/wนำ 15 g ของ Absorbent + 5 ml ในสารละลาย ของสารปนเปื้อน ที่มีความเข้มข้น 5 x 10^{-4} M แล้วนำไป เขย่า ที่อุณหภูมิห้อง ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ที่เหลือในสารละลาย นำไปคำนวณหาประสิทธิภาพการดูดซับ สารละลายทั้งหมดต้องกรองก่อนทำการวัด โดยในการทดลองนี้เราจะใช้พอลิเมอร์สูตรที่ 4 คือ Epi =20, อุณหภูมิ = 50 ^{0}C, เวลา = 2 ชั่วโมง, NaOH = 50% w/w, β-CD = 200 mg (170 μmol) ต่อกรัมของตัวดูดซับ ความเข้มข้นเริ่มต้น = 5 x 10^{-4} M pH = 2 , 6, 11 เวลาในการ เขย่า = 2 -4 ชั่วโมง ความเข้มข้นสารละลาย ของสารปนเปื้อน = 10^{-5} – 10^{-3} M **[7]**

Shoji Marai,et al (1998) เป็นการศึกษาการย้ายเอา pathalic acid esters ออกจากสารละลายผสมโดยใช้ การรวมตัวแบบ Inclusion complex กับβ -Cyclodextrin โดยใช้การวิเคราะห์ด้วย fluorescence และ สเปกตรัมของ NMR เพื่อเป็นการยืนยันว่า pthalic acid esters นั้นได้เข้าไปรวมในโพรงของ β-Cyclodextrin แล้ว ค่าคงที่ของความเสถียรของสารเชิงซ้อนของ β-CD-PAE จะแปรผันตามความยาวสายโซ่ของ alkyl ของ PAEs ไอโซเทอมในการเกิดการดูดซับจะอธิบายโดยใช้ Freundlich isoterm equation และปริมาณการดูดซับแปรตามค่าคงที่ความเสถียร PAEs มีการดูดซับที่ดีกับ ทั้ง ระบบแบบ batch และ continuous และ PAEs จะหลุดโดยการเขย่าภายในสารผสมระหว่างน้ำกับเอธานอลโดยทำการเตรียม β -Cyclodextrin Polymer β -Cyclodextrin ที่ได้มาทำการ recrystallize 2 ครั้ง ก่อนที่จะนำมาทำการ crosslink โดยใช้ Epichlorohydrin การทดลองจากนำ 100 g. β-CD +152 g. Epichlorohydrin + น้ำกลั่น 250 ml. + 20% NaOH ที่ 50 ^{0}C กวนปั่นของเหลวด้วยแท่งแม่เหล็ก เป็นเวลา 1 คืน ,ประมาณ 12 hr. แยกพอลิเมอร์ออกจากสารละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ล้างด้วย hexane ตามด้วย acetone และ น้ำกลั่น (3ซ้ำ)นำเอา β -CDP ไปอบที่ 60 °C. เป็นเวลา 2 วันจะได้ β -CDP ที่มีลักษณะเป็นทรงกลม มีเส้นผ่าศูนย์กลาง ประมาณ 0.12 mm. ความหนาแน่น 1.48 g/cm^3 สันนิษฐานว่า อัตราส่วนโดยโมล ระหว่าง β -CD/Epi จากปฏิกริยานี้ เป็น 1:1.8 และสมดุลโมลของ β -CD= 0.37 mMole/g. และก่อนที่จะนำเอา β -CDP มาใช้ ต้องทำการล้าง ด้วยสารละลายเจือจางระหว่าง น้ำ+ เมทานอล แยกแล้วอบที่สูญญากาศ ที่ T = 60^{0}C เป็นเวลา 2 วัน โดยการศึกษา การทดสอบการดูดซับ จะดำเนินการทดลองแบบแบทท์ สำหรับการดูดซับ PAEs บน β -CDP ที่ 25^{0}C ใน flask ขนาด 300 ml. ซึ่ง จะมีสารละลายอยู่ 100 ml PAEs (5M) และ 1 g. ของβ -CDP สารละลายนำไป เขย่า ที่ ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที **[11]**

Lajos Szente,et al(1999) เป็นการศึกษาการใช้ CD เพื่อการเกิดเป็นสารเชิงซ้อแบบติดในกับ ไอโอดีน จากก๊าซเสียของนิวเคลียร์ ซึ่งการทดลองจะแสดงถึง CD ที่ละลายน้ำได้กับ CD ที่ทำการ crosslink ให้เป็นพอลิเมอร์ ว่าจะมีความสามารถในการคัดเลือกและผลที่มีต่อการดูดซับกับไอโอดีน โดยเฉพาะ α-CD ที่เป็นอนุพันธ์ที่มีความสามารถในการดูดซับสูงซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างการดูดซับ ไอโอดีน ในสารละลายจะสัมพันธ์กับปริมาณ ไอโอดีน/CD ที่เกิดเป็นสารเชิงซ้อน ที่ถูกพบในการทดลองนั้นทำการ β,α โดยใช้ จาก ซึ่ง พองตัวในน้ำและมีขนาดเฉลี่ยแล้ว 0.05-0.3 mm ซึ่งมีปริมาณของ CD เป็นสัดส่วนในองค์ประกอบอยู่เป็นอัตราส่วน ประมาณ 50-55% การทดลองเราจะทดสอบ ปริมาณการจับกันของ ไอโอดีนและ พอลิเมอร์ ที่เติมลงไปในคอลัมน์ของตัวดูดซับ [adsorbent column filled] = 1-3 g ของพอลิเมอร์ไซโคลเดกซ์ทรินแล้วทดสอบไอโอดีนที่เหลือ โดยใช้แป้ง**[9]**

Eva Fenyvesi,et al(1996) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับอนุพันธ์ของ CD (methy, hydroxypropyl,polymer) ซึ่งสามารถใช้ ลดการดูดติดพวกสะสารมาจากชีวภาพที่มีลักษณะไม่มีขั้ว(desorp the lypophylic xenobiotic_)เช่น pyrene,pentachlorophenol บนอนุภาคของดิน และสามารถละลายพวกที่เป็นสารอินทรีย์ในรูปแบบของ Inclusion complex ตัว CD เองไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมและสามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ **[6]**

Agnes buvari-barcza,et al (1996) การเกิด Inclusion complex ของ β-Cyclodextrin (cyclomaltoheptaose) ได้เป็นที่สนใจ โดยเฉพาะ ส่วนที่เกี่ยวกับความสามารถในการละลาย เป็นการพิจารณาพฤติกรรมในเชิงคณิตศาสตร์ของสมดุลระหว่าง host-guest ที่อยู่ภายในทั้งสองเฟส คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารละลาย และ ของแข็ง (ขั้นแรกเราจะให้มี 1:1 หรือ 1:1+2:1) ซึ่งทำการทดลองโดยใช้ตัวอย่างที่แตกต่างกัน **[5]**

Y. Shao,B,et al (1996) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับ β-Cyclodextrin, hydroxyproply -β-Cyclodextrin, poly(vinylalcohol)(PVOH) เมื่อทำปฏิกริยากับEpichlorohydrin โดยแปรค่า ปริมาณ Epichlorohydrin ที่ค่าต่างๆ เมื่อทดสอบความสามารถในการดูดซับของเจลที่ได้จากการเตรียม กับสีย้อม acid ,direct,mordant and reactive textile โดยใช้วิธีแบบ Batch (batch method) พบว่า CD-Gel จะมีประสิทธิภาพมากกว่า HPCD Gels ซึ่งยังไม่เคยมีการตรวจสอบเกี่ยวพฤติกรรมของ CD-Gel และ ความจำเพาะของระดับในการทำการ crosslink ผลกระทบต่ออัตราเร็วในการดูดซับเมื่อ pH ในช่วงที่มีค่าต่ำซึ่งส่งผลให้ความแรงของไอออนเด่นชัดขึ้น การเติม inonic surfactants จะให้ผลทั้ง ส่งเสริม และ ขัดขวาง ต่อการดูดซับ กลไกการดูดซับของสีบนเจลนั้นอาจมีการดูดซับทั้งแบบเชิงฟิสิกส์ ของร่างแหพอลิเมอร์และ/ หรือ จากการรวมตัวกันแบบ Inclusion complex ระหว่าง host-guest **[13]**

H.-J. Buschmann,et al (1997) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับสารประกอบเชิงซ้อนของโมเลกุลสารอินทรีย์ในธรรมชาติ โดยใช้ Cucurbituril and β-Cyclodextrin ภายในกรด ฟอร์มิก ได้ศึกษาโดยการหาจากค่าเฉลี่ยในการทำการไทเทรต ในกรณีของ β-Cyclodextrin ที่เป็นส่วนประกอบในตัวทำละลายส่วนใหญ่จะไม่ส่งผลกระทบต่อความเสถียรของการเกิดการรวมตัวเป็นสารเชิงซ้อน ซึ่งตรงกันข้ามกับ Cucurbituril ปฏิกริยาดังกล่างนั้นเกี่ยวกับโปรตอนที่ทดสอบค่าคงที่ความเสถียรในการรวมตัวกันเป็นสารเชิงซ้อนกับโมเลกุลของสารอินทรีย์เพิ่ม พร้อมกับ ความเข้มข้นของกรดลดลง ที่ความเข้มข้นของกรดต่ำ Cucurbituril จะรวมตัวเป็นสารเชิงซ้อนกับ สารอินทรีย์ ได้อย่างเสถียรกว่า β-Cyclodextrin **[8]**

Shoji Murai, et al (1997) ได้ทำการทดลองในสภาวะของสารละลายผสม ทั้งการทดสอบแบบ batch, isoterms และ แบบ column ซึ่งจะได้ผล β-Cyclodextrin Polymer จะให้ผลที่มีประสิทธิภาพการดูดซับกับ benzalkonium Chloride สูงกว่า dodecylbenzenesulfonic acid จากพฤติกรรมในการดูดซับของ Surfactants เนื่องจากการเกิดการรวมตัวแบบอินคลูชัน(Inclusion) กับ β-Cyclodextrin และ สามารอธิบายแบบง่ายๆโดยใช้หลักการดูดซับแบบ Langmuir isoterm. ยิ่งกว่านั้น การดูดซับ Surfactants โดยใช้ β-Cyclodextrin Polymer จะเกิดการปลดปล่อยได้ง่ายโดยการเขย่า (shacking) มัน พร้อมทั้งมีการกวนของน้ำและเมทานอล . ประสิทธิภาพใน การทำให้สามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ใหม่ได้ขึ้นอยู่กับ สัดส่วนของการผสมกันระหว่าง ตัวทำละลาย และ กลับสู่สภาพเดิมของ β-Cyclodextrin Polymer เพื่อใช้เป็นตัวดูดซับอีกครั้ง**[10]**

Linqi Shi,et al (1999)ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับตัวดูดซับยูเรียที่มีโครงสร้างแบบอัลดู(aldo) เป็นองค์ประกอบ โดยการเกิดการออกซิเดชันของพอลิเมอร์ที่เกิดจากการการเชื่อมโยงของβ-Cyclodextrinโดยมีปริมาณการดูดซับยูเรียได้ถึง 50.6 mg/g ต่อ 0.05 M ของสารละลาย ฟอสเฟตที่ 37 ^{0}C และที่ค่า pH = 7.4 และ สามารถลดถึง 4.0 mg/g ต่อ สารละลายน้ำเหลืองในเม็ดเลือดขาว ตัวดูดซับตัวนี้ได้เตรียมโดยการทำการออกซิเดชันของพอลิเมอร์จากการ crosslinked ของ β-Cyclodextrin และกระบวนการแยกเยื่อออกจากเซลลูโลส ซึ่งพบว่าองค์ประกอบของตัวดูดซับจะมีปริมาณการดูดซับยูเรียได้โดยมีการเลือกและประสิทธิภาพ เมื่อเปรียบเทียบกับการการทำการออกซิเดชันตัวดูดซับของพอลิเมอร์จากการ เชื่อมโยง ของ β-Cyclodextrin เมื่อยูเรียนั้นอยู่ในสารละลายน้ำเหลืองของคน**[4]**

Laboratoire de Recherche sur les Polymères ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับวิธีผสมแบบใหม่ที่ได้ปรับปรุงขึ้นจากการผสมกันระหว่างพอลิเมอร์ที่ละลายน้ำได้(poly(β-malic acid-co-β-ethyladamantyl malate)และ β -cyclodextrin polymer ในสารละลาย ความเหนี่ยวและการวัดการกระเจิงของแสง ที่ให้กับสารละลาย copolyester อย่างเดียว และ สารผสมระหว่างพอลิเมอร์ทั้งสองจากการพิจารณา copolyesters ที่%ของหมู่ hydrophobic (0-7.5%) ที่เป็นสัดส่วนที่น้อย(< 5% โดยน้ำหนัก) ที่จะเกิดการยึดติดกันเพื่อไหลรวมให้มีโครงสร้างที่ใหญ่ขึ้น(100 nm) ซึ่งเป็นส่วนสำคัญต่อความเข้มของแสงในที่เกิดการกระเจิง ส่วนสารผสมจะมีการกระจายตัวอย่างช้าๆ ซึ่งเกี่ยวกับความหนืดที่เพิ่มเมื่อมีความเข้มข้นน้อย ซึ่งเป็นผลอยู่ที่ ความว่องไวต่อค่าของ pH ซึ่งให้เหตุผลว่าการมี polydisperse ซึ่งเป็นสารประกอบเชิงซ้อน ระหว่าง copolyester and β-cyclodextrin polymer อิทธิพลของ pH ,ความแรงของไอออน,ตัวกลาง,องค์ประกอบ และความเข้มข้นที่เราพิจารณาในการผสมของcopolymer พบว่าคุณสมบัติในการรวมตัวกันถูกควบคุมโดย เคลือข่ายของความเป็นประจุต่อความเข้ากันของ copolyester ทั้งคู่ (amphiphilic copolyester) [12]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การดำเนินการวิจัย

3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. NaOH
2. Methanol
3. Acetone
4. Hexane
5. น้ำกลั่น
6. เอทานอล
7. บัฟเฟอร์พีเอช 2 4 7 และ 10
8. บีต้าไซโคลเดกซ์ทริน
9. อิพิโคลโรไฮดริน

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องเขย่า
2. บีกเกอร์
3. แท่งคน
4. ตู้อบ
5. กระดาษกรอง
6. เครื่องกรองแบบสูญญากาศ
7. หลอดหยด
8. เครื่องชั่งอย่างละเอียด
9. เทอร์โมมิเตอร์
10. แท่งแม่เหล็ก
11. เครื่อง UV-VIS spectroscometer
12. ขวดรูปชมพู่ขนาด 300 ml.และ 50 ml.
13. กระดาษกรองวอซแมนเบอร์ 1
14. ขวดวัดปริมาตร,ขวดรูปชมพู่
15. เซลล์ควอทซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วิธีการดำเนินการทดลอง

ในโครงงานนี้เป็นการศึกษาถึงประสิทธิภาพในการกำจัดสารสีย้อมผ้าประเภทดิสเพิร์สในน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมด้วย พอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกตริน ซึ่งสามารถแบ่งขั้นตอนการวิจัยได้ดังนี้

3.3.1 สืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ศึกษาหลักการและทฤษฎีของกระบวนการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนแบบอินคลูชัน (Inclusion complex) สีย้อมกับพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกตริน ในน้ำเสียและปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อกระบวนการการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนแบบอินคลูชัน(Inclusion complex)

3.3.2 เตรียมพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกตริน (β-CD Polymer)

เตรียม พอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกตริน(β-CDPolymer: β-CDP) โดยใช้ปริมาณ β -CD ในอัตราส่วนโดยโมลกับ อีพิคลอโรไฮดริน ที่เป็นสารเชื่อมโยงในพอลิเมอร์(Crosslinking agent) โดยอัตราส่วนของ Epi/β -CD ที่ค่าต่างๆกัน เพื่อหาสูตรที่เหมาะสมในการดำเนินการทดลอง การกำจัดสีย้อมดิสเพิร์สในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วย β -CDP โดยวิธีการเตรียมพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกตริน ในแต่ละสูตรมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เตรียมพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทรินในอัตราส่วนโดยโมลของ Epi / β-CDP แปรค่าเป็น 10, 20, 30, 60 และ 90 ตามลำดับ และ NaOH 50 % w/w 2.5 ml. ควบคุมที่อุณหภูมิในช่วง 50 - 70 °C.
2. ปั่นกวนของเหลวโดยใช้แท่งแม่เหล็กเป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วตั้งทิ้งค้างคืน 1 คืน
3. แยกพอลิเมอร์ออกจากสารละลาย แล้วนำมาล้างด้วยเฮกเซน(hexane) 50 ml. แล้วตามด้วย อะซิโตน (acetone) 50 ml. และ น้ำกลั่น 50 ml. ด้วยเครื่องกรองสุญญากาศ
4. แล้วล้างด้วยเฮกเซน อะซิโตน และ น้ำกลั่น ซ้ำอีกเป็นจำนวน3 ครั้ง
5. นำเอา β-CDP ที่ได้ ไปอบที่ 65 °C. เป็นเวลา 2 วัน
6. ก่อนนำมาใช้ให้ล้างด้วย เมทานอล 50 ml. และน้ำกลั่น 50 ml. ทั้งหมด 3 ครั้งแล้วอบที่ 65 °C. เป็นเวลา 2 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 ทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อม β-CDPolymer

ขั้นตอนการทดลองดังต่อไปนี้

1. นำ β-CDP 100 mg . เติมน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นประมาณ 10 ppm. ปริมาณ 20 ml. นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที ประมาณ 2 ชั่วโมง
2. เซ็นตริฟิวก์ที่ 2500 รอบต่อนาทีโดยเครื่องปั่นเหวี่ยง แล้วกรองด้วยกระดาษกรองวอชแมนเบอร์ 1 เพื่อแยกพอลิเมอร์ออก
3. เก็บส่วนที่เป็นของเหลวหลังการกรองไปวิเคราะห์หาปริมาณสีย้อมโดยเทคนิค spectrophotometry

โดย	สีเหลืองที่ความยาวคลื่นเท่ากับ	485	นาโนเมตร
	สีแดงม่วงที่ความยาวคลื่นเท่ากับ	535	นาโนเมตร
	สีน้ำเงินที่ความยาวคลื่นเท่ากับ	540	นาโนเมตร

3.3.4 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับสีย้อมดิสเพิร์ส

โดยใช้เทคนิคการดูดซับแบบแบทช์

ในการวิเคราะห์ปริมาณสีย้อมดิสเพิร์สด้วยเทคนิค UV - VISSpectrophotometry

สีเหลืองที่ความยาวคลื่นเท่ากับ	485	นาโนเมตร
สีแดงม่วงที่ความยาวคลื่นเท่ากับ	535	นาโนเมตร
สีน้ำเงินที่ความยาวคลื่นเท่ากับ	540	นาโนเมตร

โดยปัจจัยที่ทำการศึกษาได้แก่

-ปริมาณพอลิเมอร์ที่ใช้ในช่วง 10 50 100 150 200 mg.

-ระยะเวลาสัมผัสเป็น 5 10 30 60 120 180 และ 240 นาที

-pH 2 4 7 และ 10

-ความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อมในช่วง 10 -100 ppm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4.1 การศึกษาผลของปริมาณพอลิเมอร์ที่ใช้ ที่เหมาะสมในการบำบัดสีย้อมดิสเพิร์สในน้ำเสีย ซึ่งมีขั้นตอนการทดลองดังต่อไปนี้

1. แปรค่าปริมาณ β-CDP เป็น 10 20 50 100 150 200 mg. + 20 ml. น้ำเสียที่มีความเข้มข้นประมาณ 10 ppm. ปริมาณ 20 ml. นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที ประมาณ 2 ชั่วโมง
2. เซ็นตริฟิวก์ที่ความเร็วรอบเท่ากับ 2500 รอบต่อนาที แล้วกรอง ด้วยกระดาษกรองวอชแมนเบอร์1 เพื่อแยกพอลิเมอร์ออก
3. นำส่วนที่เป็นของเหลวหลังการกรองไปวิเคราะห์หาปริมาณสีย้อมโดยเทคนิค UV-VIS Spectrophotometry

3.3.4.2 การศึกษาผลของค่า พีเอช ที่เหมาะสมในการบำบัดของสีย้อมผ้าในน้ำเสียสังเคราะห์ ซึ่งมีขั้นตอนการทดลองดังต่อไปนี้

1. นำ β-CDPเป็นจำนวนตามที่ได้จากข้อ 3.3.4.1(mg) เติมน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นประมาณ 10 ppm. ปริมาณ 20 ml. ปรับ pH ให้เป็น 2 4 7 และ 10 ตามลำดับ
2. นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที ประมาณ 2 ชั่วโมง
3. เซ็นตริฟิวก์ที่ความเร็วรอบเท่ากับ 2500 รอบต่อนาที แล้วกรอง ด้วยกระดาษกรองวอชแมนเบอร์1 เพื่อแยกพอลิเมอร์ออก
4. นำส่วนที่เป็นของเหลวหลังการกรองไปวิเคราะห์หาปริมาณสีย้อมโดยเทคนิค UV-VIS Spectrophotometry

3.3.4.3 การศึกษาผลของค่าเวลาที่สัมผัสที่เหมาะสมในการบำบัดของสีย้อมผ้าในน้ำเสียสังเคราะห์ ซึ่งมีขั้นตอนการทดลองดังต่อไปนี้

1. นำ β-CDP เป็นจำนวนตามที่ได้จากข้อ 3.3.4.1(mg) เติมน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นประมาณ 10 ppm. ปริมาณ 20 ml. ปรับ pH ให้ได้ค่าตามข้อ 3.3.4.2
2. นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที โดยแปรค่าการเขย่า เป็นเวลา 5 10 30 60 120 180 240 นาทีตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เซ็นตริฟิวก์ที่ความเร็วรอบเท่ากับ 2500 รอบต่อนาที แล้วกรอง ด้วยกระดาษกรองวอชแมนเบอร์1 เพื่อแยกพอลิเมอร์ออก
4. นำส่วนที่เป็นของเหลวหลังการกรองไปวิเคราะห์หาปริมาณสีย้อมโดยเทคนิค UV-VIS Spectrophotometry

3.3.4.4 การศึกษาผลของค่าความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียที่เหมาะสมในการบำบัดของสีย้อมผ้าในน้ำเสียสังเคราะห์

ซึ่งมีขั้นตอนการทดลองดังต่อไปนี้

1. นำβ -CDP เป็นจำนวนตามที่ได้จากข้อ 3.3.4.1(mg) เติมน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีการแปรค่าของความเข้มข้นในช่วง 10 – 100 ppm. ปริมาณ 20 ml. ปรับ pH ให้ได้ค่าตามข้อ 3.3.4.2
2. นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที โดยมีค่าการเขย่าเป็นเวลาที่ได้จากผลของข้อ 3.3.4.3 (นาที)
3. เซ็นตริฟิวก์ที่ความเร็วรอบเท่ากับ 2500 รอบต่อนาที แล้วกรอง ด้วยกระดาษกรองวอชแมนเบอร์1 เพื่อแยกพอลิเมอร์ออก
4. นำส่วนที่เป็นของเหลวหลังการกรองไปวิเคราะห์หาปริมาณสีย้อมโดยเทคนิค UV-VIS Spectrophotometry

3.3.5 การศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดสีย้อมดิสเพิร์สในตัวอย่างน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อม

ซึ่งมีขั้นตอนการทดลองดังต่อไปนี้

1. นำβ -CDP เป็นจำนวนตามที่ได้จากข้อ 3.3.4.1(mg) เติมน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีการแปรค่าของความเข้มข้นในช่วง 10 – 100 ppm. ปริมาณ 20 ml. ปรับ pH ให้ได้ค่าตามข้อ 3.3.4.2
2. นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที โดยแปรค่าการเขย่า เป็นเวลาให้ได้ค่าตามข้อ 3.3.4.3 (นาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เซ็นตริฟิวก์ที่ความเร็วรอบเท่ากับ 2500 รอบต่อนาที แล้วกรอง ด้วยกระดาษกรองวอชแมนเบอร์1 เพื่อแยกพอลิเมอร์ออก
4. นำส่วนที่เป็นของเหลวหลังการกรองไปวิเคราะห์หาปริมาณสีย้อมโดยเทคนิค UV-VIS Spectrophotometry

3.3.5 การศึกษาประสิทธิภาพการการนำพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทรินกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งมีขั้นตอนการทดลองดังต่อไปนี้

1. นำ β-CDP ที่ใช้แล้วจากข้อที่ 3.3.5 ล้างด้วยเอทานอล 50 ml. แล้วตามด้วยเมทานอล 50 ml. และน้ำกลั่น 50 ml. ทำซ้ำมากกว่า 3 ครั้ง
2. นำβ -CDP ไปอบที่ 65 °C. เป็นเวลา 2 วัน
3. ทำการทดลองทดสอบการบำบัดสีย้อมดิสเพิร์สโดยนำ β-CDP 100 mg . เติมน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นประมาณ 10 ppm. ปริมาณ 20 ml.
4. นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 120 นาที
5. เซ็นตริฟิวก์ที่ 2500 รอบต่อนาทีโดยเครื่องปั่นเหวี่ยง แล้วกรองด้วยกระดาษกรองวอชแมนเบอร์ 1 เพื่อแยกพอลิเมอร์ออก
6. เก็บส่วนที่เป็นของเหลวหลังการกรองไปวิเคราะห์หาปริมาณสีย้อมโดยเทคนิค spectrophotometry

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

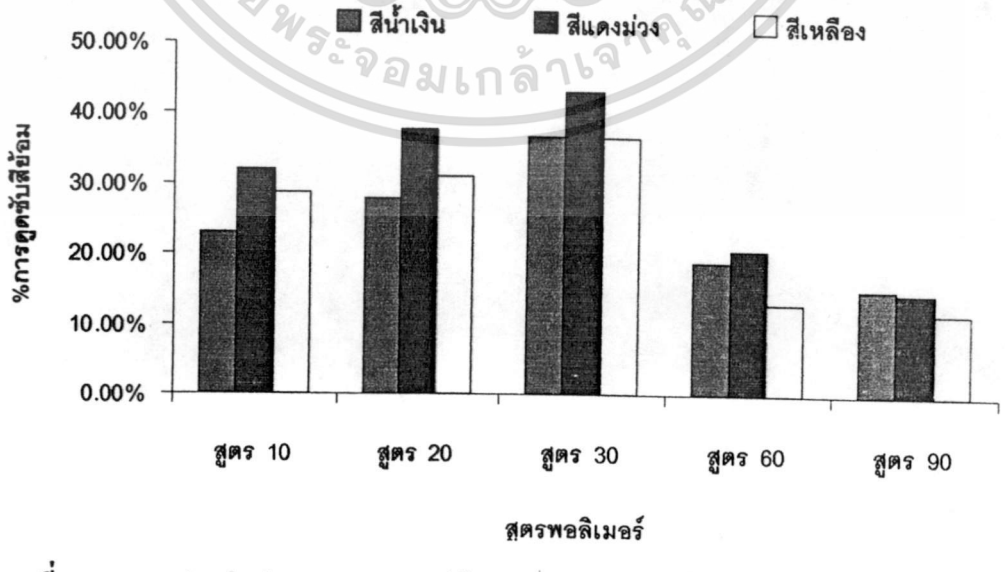
ผลการทดลองและการวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมของพอลิเมอร์สูตรต่างๆ

ตาม 3.3.2 และ 3.3.3 ซึ่งเป็นการเตรียมพอลิเมอร์และการหาสูตรพอลิเมอร์ที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการทดลองการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับสีดิสเพิร์สในน้ำเสีย ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมดิสเพิร์สทั้ง 3 สีของพอลิเมอร์สูตรต่างๆ

สูตรพอลิเมอร์	สีน้ำเงิน	สีแดง	สีเหลือง
สูตร 10	22.97%	31.96%	28.63%
สูตร 20	27.89%	37.64%	30.89%
สูตร 30	36.69%	43.08%	36.51%
สูตร 60	18.97%	20.60%	13.08%
สูตร 90	15.20%	14.58%	11.65%



แผนภาพที่ 4.1 แสดงประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมของพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทรินสูตรต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าพอลิเมอร์สูตร 30 ซึ่ง มีอัตราส่วนโดยมวลระหว่างEpi / β-CD เป็น 30 นั้นมีการดูดซับสีย้อมดิสเพิร์สเป็นเปอร์เซ็นต์สูงสุดในทั้ง 3 สีคือ สีน้ำเงินมีเปอร์เซ็นต์การดูดซับเท่ากับ 36.69% สีม่วงแดงมีเปอร์เซ็นต์การดูดซับเท่ากับ 43.08% สีเหลืองมีเปอร์เซ็นต์การดูดซับเท่ากับ 36.51% โดยเปอร์เซ็นต์ของการดูดซับของพอลิเมอร์สูตรต่างๆ นั้นจะค่อยเพิ่มขึ้นจากสูตรที่ 10 สูตร 20 ไปจนถึงสูตร 30 แล้วจะค่อยๆลดลงจากสูตร 60 และสูตร 90 ตามลำดับ ซึ่งอาจเป็นได้ว่าที่สูตรของพอลิเมอร์ที่มีค่าอัตราส่วนโดยมวลระหว่างEpi / β-CD มากกว่า 30 ไปแล้วนั้นจะมีปริมาณของ β-CD น้อยมากในร่างแหของพอลิเมอร์จึงดูดติดสีได้น้อย และอาจเนื่องจากโครงสร้างของพอลิเมอร์ที่มีขนาดใหญ่และปริมาณรูพรุนที่เกิดจากโพรงของ β-CD ที่ใช้ในการดูดติดสีมีน้อยลงจึงทำให้ปริมาณการดูดซับสีย้อมดิสเพิร์สที่มีสูตรโครงสร้างขนาดใหญ่ได้น้อยลง ในทำนองเดียวกันพอลิเมอร์สูตรที่มีค่าอัตราส่วนโดยมวลระหว่าง Epi / β-CD น้อยกว่า 30 นั้นจะมีปริมาณของ β-CD มากแต่ขนาดของร่างแหของพอลิเมอร์ หรือขนาดอนุภาคของพอลิเมอร์มีขนาดลดลง อันเนื่องจากตัวเชื่อมติด (Epi)นั้นมีน้อยลง เมื่อขนาดของอนุภาคพอลิเมอร์ที่เล็กลงนี้ จะทำให้พื้นที่ผิวในการดูดติดสีย้อมดิสเพิร์สก็จะลดลงได้เช่นกัน

ดังนั้นสูตรพอลิเมอร์ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้คือ พอลิเมอร์สูตร 30 ในการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อมทั้ง 3 สีต่อไป

4.2 ผลการศึกษาปัจจัยของปริมาณพอลิเมอร์ที่ใช้ในการดูดซับสีย้อมดิสเพิร์สในน้ำเสีย

จากการทำการทดลองตามหัวข้อ 3.3.4.1 เป็นการศึกษาถึงปริมาณพอลิเมอร์ที่ใช้ในการดูดซับสีย้อมในน้ำเสียสังเคราะห์เพื่อหาปริมาณพอลิเมอร์ที่เหมาะสมที่จะใช้ในการทดลองโดยการแปรค่าปริมาณพอลิเมอร์เป็น 10 - 200 มิลลิกรัม และ วิเคราะห์ปริมาณสีย้อมดิสเพิร์สด้วยเทคนิค UV-VIS Spectrophotometry ได้ผลการทดลองดังนี้

ตารางที่4.2แสดงประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมดิสเพิร์สทั้ง 3 สีที่ปริมาณพอลิเมอร์ค่าต่างๆ

ปริมาณพอลิเมอร์ (mg)	%การดูดซับสีเหลือง	%การดูดซับสีแดงม่วง	%การดูดซับสีน้ำเงิน
10	4.65%	6.54%	4.04%
50	21.86%	27.99%	21.58%
100	35.83%	42.29%	37.78%
150	46.24%	52.32%	50.87%
200	51.42%	56.84%	55.84%

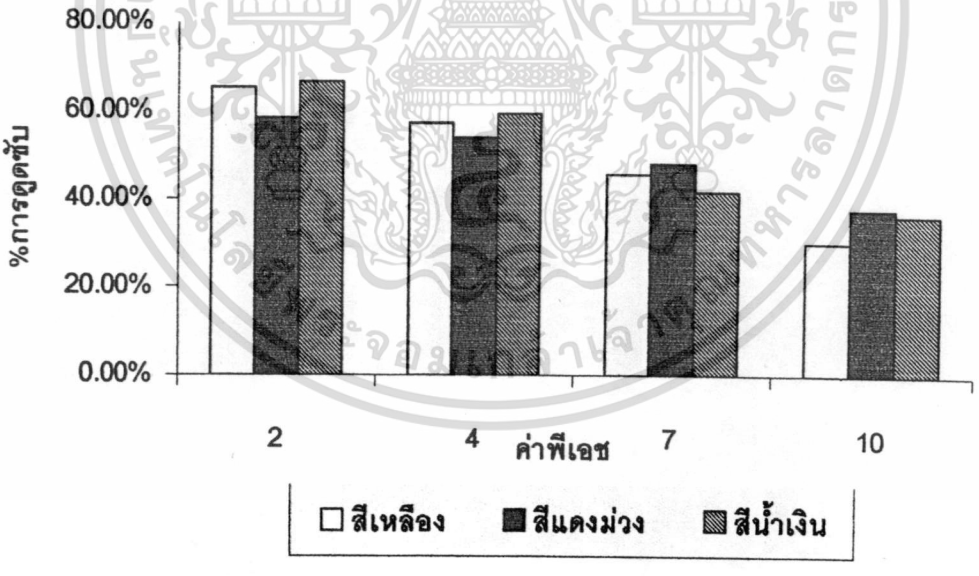
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการศึกษาผลของค่าพีเอชในการดูดซับสีย้อมในน้ำเสีย

จากการทดลองตามหัวข้อ 3.3.4.2 ซึ่งเป็นการศึกษาผลของค่าพีเอชในการดูดซับสีย้อมเพื่อหาค่าพีเอชที่เหมาะสมในการดูดซับสีย้อมดิสเพิร์สด้วย β-CDP ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงผลค่าพีเอชที่มีต่อค่าดูดซับสีย้อมดิสเพิร์สของพอลิเมอร์ทั้ง 3 สี

ค่าพีเอช	สีเหลือง	สีแดงม่วง	สีน้ำเงิน
2	65.32%	58.41%	67.88%
4	57.36%	54.09%	56.93%
7	45.72%	48.12%	41.59%
10	30.09%	37.76%	35.95%



แผนภาพที่ 4.3 แสดงผลของค่าพีเอชที่มีต่อประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมดิสเพิร์สในน้ำเสียสังเคราะห์ทั้งสามสี

จากผลการทดลองการศึกษาผลของค่าพีเอชที่มีต่อประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมดิสเพิร์สโดยใช้พอลิเมอร์สูตร 30 ปริมาณพอลิเมอร์เท่ากับ 100 มิลลิกรัม ปริมาณน้ำเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สังเคราะห์ 20 มิลลิลิตร ระยะเวลาสัมผัส 2 ชั่วโมงที่ค่าพีเอชเป็น 2 4 7 และ 10 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าที่ค่าพีเอชต่ำคือที่ พีเอชเท่ากับ 2 มีปริมาณการดูดซับสีย้อมได้ดีที่สุด คือ เปอร์เซ็นต์การดูดซับสีเหลืองเท่ากับ 65.32% สีแดงม่วงเท่ากับ 58.41% สีน้ำเงิน 67.88% และมีปริมาณการดูดซับหรือการบำบัดสีย้อมดิสเพิร์สได้ลดลงเมื่อมีค่าพีเอชของน้ำเสียเพิ่มขึ้น

ดังนั้นเราจึงเลือกใช้ค่าพีเอชเท่ากับ 2 เพื่อใช้เป็นปัจจัยในการศึกษาการดูดซับสีย้อมดิสเพิร์สโดยใช้พอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทรินในขั้นตอนต่อไป

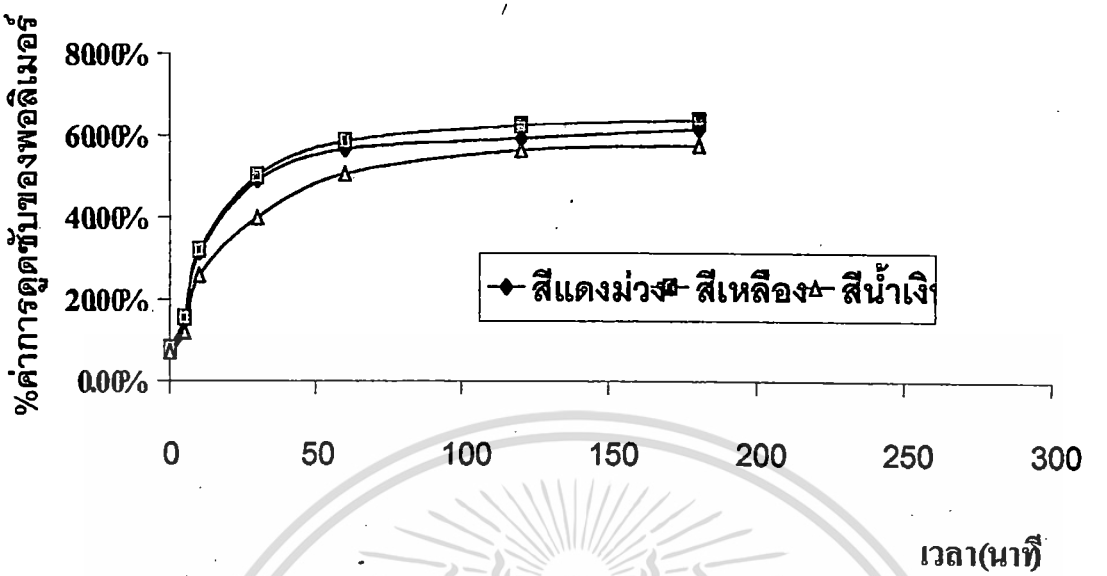
4.4 ผลการศึกษาผลของระยะเวลาสัมผัสในการดูดซับสีย้อมดิสเพิร์สในน้ำเสียด้วยพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทริน

จากการทดลองตามหัวข้อที่ 3.3.4.3 ซึ่งเป็นการศึกษาเพื่อหาระยะเวลาสัมผัสที่เหมาะสมในการใช้พอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทรินเพื่อบำบัดสีย้อมดิสเพิร์สในน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อม ได้ผลดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แสดงผลของค่าระยะเวลาสัมผัส(นาที)ที่มีต่อปริมาณการดูดซับสีย้อมดิสเพิร์สของพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทริน

ระยะเวลาสัมผัส (นาที)	สีแดง	สีเหลือง	สีน้ำเงิน
5	7.76%	7.92%	7.16%
10	17.00%	15.55%	12.12%
30	31.97%	32.01%	26.12%
60	50.00%	49.99%	39.76%
120	58.42%	58.52%	50.92%
180	62.33%	62.34%	56.42%
240	63.59%	63.62%	57.56%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผนภาพที่ 4.4 แสดงผลของค่าระยะเวลาสัมผัส(นาที)ที่มีต่อปริมาณการดูดซับสีดิสเพิร์ส ของพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทริน

จากผลการทดลองการศึกษาผลของระยะเวลาสัมผัส (นาที) ของพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทริน กับ น้ำเสียสังเคราะห์ โดยใช้พอลิเมอร์สูตร 30 ปริมาณ 100 มิลลิกรัม และ น้ำเสียสังเคราะห์มีความเข้มข้นในช่วง 10 ppm. พีเอช 2 ปริมาตร 20 มิลลิลิตร โดยแปรค่าระยะเวลาสัมผัสเป็น 5 10 30 60 120 180 และ 240 นาที ตามลำดับจะเห็นได้ว่าอัตราการดูดซับสีย้อมของ พอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทรินในช่วงแรกจะเพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงนาทีที่ 60 อัตราการดูดซับสีย้อมของ พอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทรินจะมีค่าลดลง และในช่วงระยะเวลาสัมผัสหลังนาทีที่ 120 ไปแล้วจะมีอัตราการดูดซับสีย้อมเกือบจะคงที่

ดังนั้นเราจะเลือกใช้ค่าระยะเวลาสัมผัสระหว่างพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทรินกับ น้ำเสียสังเคราะห์ที่ 120 นาทีในการทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับสีย้อมดิสเพิร์ส และประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมในน้ำเสียตัวอย่างต่อไป

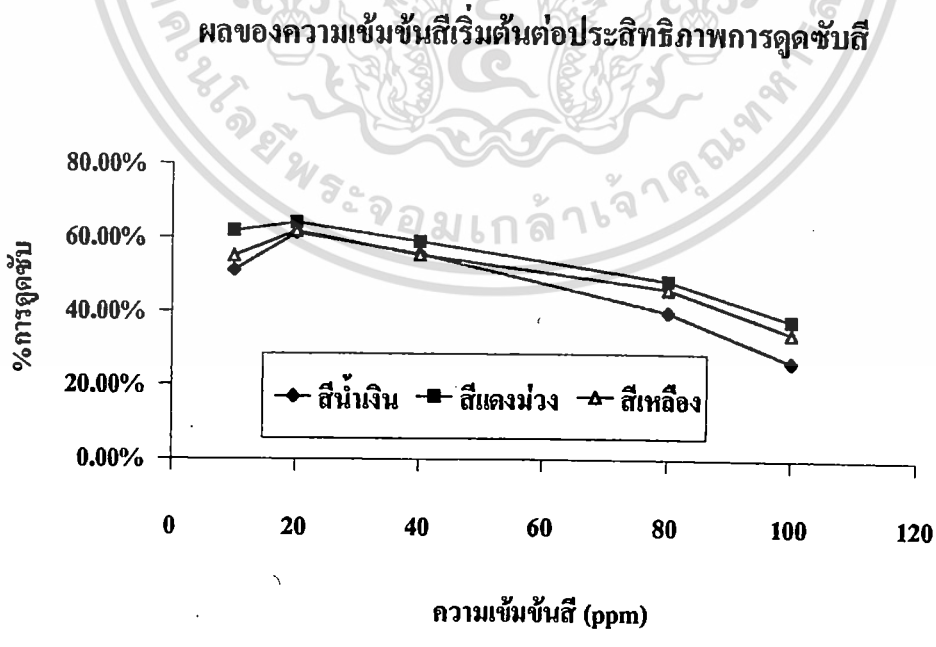
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การศึกษาผลของค่าความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียในการบำบัดสีย้อมดิสเพิร์สในน้ำเสียโดยใช้พอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทริน

จากการศึกษาตามหัวข้อ 3.3.4.4 เพื่อหาค่าความเข้มข้นเริ่มต้นที่เหมาะสมในการดูดซับสีย้อมดิสเพิร์สในน้ำเสียด้วยพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทรินได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 แสดงผลของความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อมดิสเพิร์สในน้ำเสียต่อประสิทธิภาพการบำบัดด้วยพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทริน

ความเข้มข้นสีย้อมในน้ำเสีย (ppm)	สีน้ำเงิน	สีแดงม่วง	สีเหลือง
10	51.13%	61.76%	55.12%
20	61.31%	64.11%	61.66%
40	55.68%	58.88%	59.13%
80	39.29%	48.27%	46.04%
100	26.52%	37.65%	37.42%



แผนภาพที่ 4.5 แสดงผลของความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อมดิสเพิร์สทั้งสามสีต่อปริมาณการดูดซับสีดิสเพิร์สของพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทริน

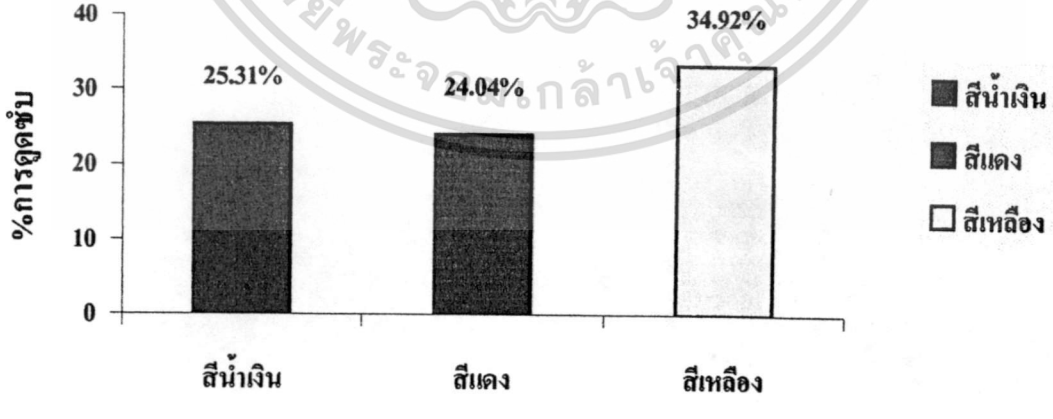
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองการศึกษาผลของความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อมดิสเพิร์สในน้ำเสียสังเคราะห์ ที่มีต่อประสิทธิภาพการดูดซับสีของพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทริน โดยใช้ พอลิเมอร์สูตร 30 ปริมาณ 100 มิลลิกรัม และ น้ำเสียสังเคราะห์มีความเข้มข้นในช่วง 10 ppm. พีเอช 2 ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ระยะเวลาสัมผัสเป็น 180 นาที โดยแปรค่าความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อมดิสเพิร์สในน้ำเสียเป็น 10 20 40 80 และ 100 ppm. จะเห็นได้ว่าในช่วงความเข้มข้น 10 - 20 ppm. จะมีเปอร์เซ็นการบำบัดสีได้เพิ่มขึ้น แต่หลังช่วงความเข้มข้น 20 – 100 ppm. จะมีเปอร์เซ็นการบำบัดสีย้อมได้ลดลง โดยความเข้มข้นของสีย้อมดิสเพิร์สในน้ำเสียที่ค่า 20 ppm. จะมีเปอร์เซ็นการบำบัดสีย้อมได้สูงสุด คือ สีเหลืองเท่ากับ 61.66% สีแดงม่วงเท่ากับ 64.11% สีน้ำเงินเท่ากับ 61.31%

ดังนั้นความเข้มข้นเริ่มต้นที่เหมาะสมในการดูดซับสีย้อมดิสเพิร์สของพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทริน โดยใช้พอลิเมอร์สูตร 30 ปริมาณ 100 มิลลิกรัม และ น้ำเสียสังเคราะห์ มีค่าพีเอช 2 ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ระยะเวลาสัมผัสเป็น 180 นาที คือ 20 ppm.

4.6 ผลการศึกษาประสิทธิภาพการนำพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทรินกลับมาใช้ใหม่

จากการทดลองตามหัวข้อที่ 3.3.6 ได้ผลการทดลองดังแผนภาพที่ 4.6



แผนภาพที่ 4.6 แสดงประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมดิสเพิร์สจากบีต้าไซโคลเดกซ์ทรินที่นำกลับมาใช้ใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากแผนภาพแสดงประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมดิสเพิร์สจากพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทรินที่นำกลับมาใช้ใหม่จะเห็นได้ว่าพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทรินที่ผ่านการใช้แล้วเมื่อนำมาล้างด้วยเอทานอล เมทานอล และน้ำกลั่น จะสามารถดูดซับได้อีกโดยจะเห็นว่า สีเหลืองเป็นสีที่สามารถดูดซับได้ในเปอร์เซ็นต์มากที่สุดคือ 34.92% ส่วนสีที่มีเปอร์เซ็นต์การดูดซับรองลงมาคือ สีน้ำเงิน ที่ 25.31% และสีที่สามารถดูดซับได้ในพอลิเมอร์ที่นำกลับมาใช้ใหม่นั้นคือ สีแดงม่วง ที่ 24.04% ซึ่งพอลิเมอร์ที่เรานำกลับมาใช้ใหม่นี้เป็นพอลิเมอร์ที่มาจากในขั้นตอนการทดลองในหัวข้อ 3.3.4.1 ที่พอลิเมอร์สูตร 30 ปริมาณพอลิเมอร์ 100 มิลลิกรัม ซึ่งหลังจากการล้างด้วยด้วยเอทานอล เมทานอล และน้ำกลั่นแล้ว พอลิเมอร์จะมีสีติดอยู่จางๆ นั้นแสดงว่าเอทานอล เมทานอล และน้ำกลั่น ไม่สามารถล้างสีย้อมชนิดดิสเพิร์สได้หมด 100% เมื่อนำกลับมาใช้ในการดูดซับอีกครั้งหนึ่งประสิทธิภาพการดูดซับไม่เท่าเดิม หรือ ลดลงกว่าเดิม ซึ่งจะเห็นได้จากเมื่อนำพอลิเมอร์ที่ดูดซับสีแดงม่วงจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดซับครั้งแรกสูงสุด เมื่อการดูดซับสีย้อมดิสเพิร์สของพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทรินในครั้งแรกมีเปอร์เซ็นต์สูงแล้ว ในการนำกลับมาใช้ใหม่นั้นจะมีประสิทธิภาพในการดูดซับลดลง

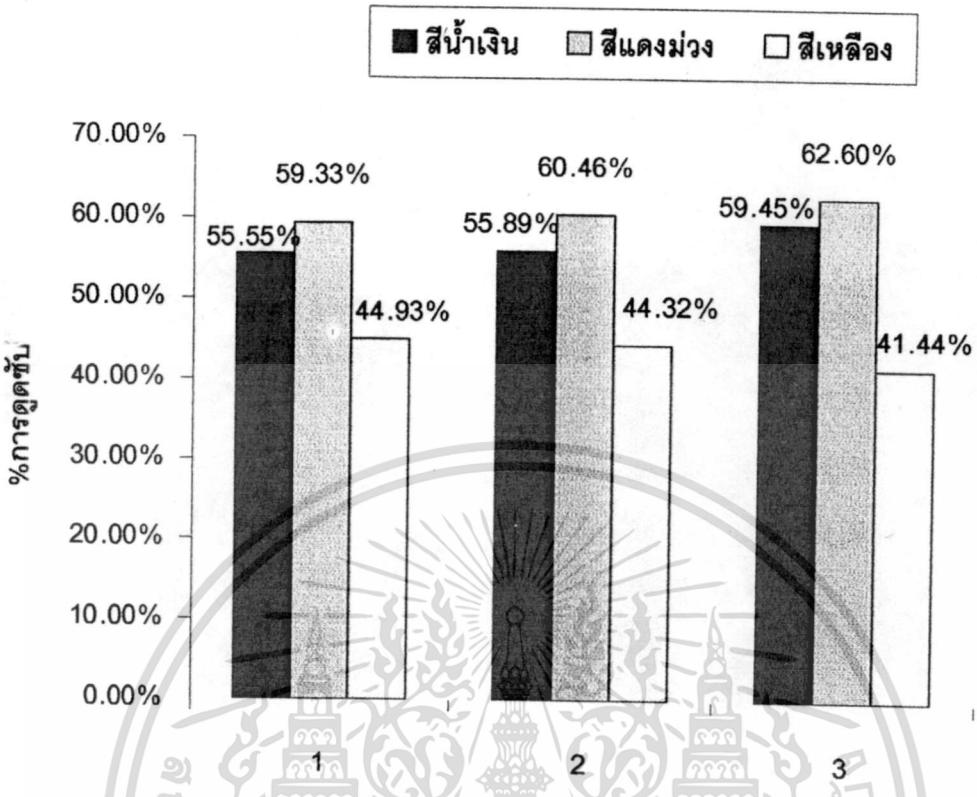
4.7 การศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดสีย้อมในตัวอย่างน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อม

จากการทำการทดลองตามหัวข้อที่ 3.3.5 ในตัวอย่างน้ำเสียจากหม้อย้อมของโรงงานฟอกย้อมที่ยังไม่ผ่านการบำบัดได้ผลดังตาราง 4.6

ตารางที่ 4.6 แสดงประสิทธิภาพการกำจัดสีย้อมดิสเพิร์สในน้ำเสียตัวอย่างจากโรงงานฟอกย้อม

ครั้งที่	สีน้ำเงิน	สีแดงม่วง	สีเหลือง
1	55.55%	59.33%	44.93%
2	55.89%	60.46%	44.32%
3	59.45%	62.60%	41.44%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผนภาพที่ 4.7 แสดงประสิทธิภาพการกำจัดสีย้อมดิสเพิร์สในตัวอย่างน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อม

จากผลการทดลองการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมดิสเพิร์สในน้ำเสียตัวอย่างจากโรงงานฟอกย้อมซึ่งเก็บแบบจ้วง แล้วนำมาทำการเจือจางโดยการนำน้ำตัวอย่างมา 50 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร โดยนำมาทำการดูดซับกับพอลิเมอร์สูตร 30 ปริมาณ 100 มิลลิกรัม ปรับพีเอชของน้ำเสียตัวอย่างมีค่าเท่ากับ 2 น้ำเสียตัวอย่างปริมาตร 20 มิลลิลิตร ระยะเวลาสัมผัสเป็น 120 นาที พบว่าเปอร์เซ็นต์การกำจัดสีย้อมดิสเพิร์สในน้ำเสียตัวอย่างจากโรงงานฟอกย้อมของแต่ละสีในน้ำตัวอย่างนั้นแตกต่างกันโดยสีแดงม่วงในน้ำเสียตัวอย่างมีเปอร์เซ็นต์การดูดซับได้สูงสุด คือ โดยเฉลี่ยแล้วที่ 60.80% รองลงมาคือ สีน้ำเงินคือ โดยเฉลี่ยแล้วที่ 56.96% และ สีเหลือง คือ โดยเฉลี่ยแล้วที่ 43.56%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ผลจากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดสีย้อมดิสเพิร์สโดยใช้พอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทรินสามารถสรุปได้ดังนี้

1. อัตราส่วนในการเตรียมพอลิเมอร์ระหว่าง อีพิคลอโรไฮดรินกับบีต้าไซโคลเดกซ์ทริน ที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการบำบัดสีย้อมดิสเพิร์สด้วย พอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทริน ในงานวิจัยนี้คือ พอลิเมอร์สูตร 30 ที่มีอัตราส่วนระหว่าง อีพิคลอโรไฮดรินกับบีต้าไซโคลเดกซ์ทรินโดยโมลเท่ากับ 30 ซึ่งสามารถการดูดซับสีย้อมดิสเพิร์สเป็นเปอร์เซ็นต์สูงสุดในทั้ง 3 สี คือ สีน้ำเงินมีเปอร์เซ็นต์การดูดซับเท่ากับ 36.69% สีม่วงแดงมีเปอร์เซ็นต์การดูดซับเท่ากับ 43.08% สีเหลืองมีเปอร์เซ็นต์การดูดซับเท่ากับ 36.51%

2. ปริมาณพอลิเมอร์ที่ใช้ในการบำบัดสีย้อมดิสเพิร์สนั้นเมื่อปริมาณเพิ่มขึ้นเปอร์เซ็นต์การบำบัดสีย้อมดิสเพิร์สในน้ำเสียจะเพิ่มขึ้นโดยปริมาณที่เลือกใช้ในงานวิจัยครั้งนี้เท่ากับ 100 mg.

3. ค่าพีเอชของสารละลายสีย้อมเริ่มต้นนั้นมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การดูดซับ ที่ค่าพีเอชต่ำๆคือที่พีเอชเท่ากับ 2 มีปริมาณการดูดซับสีย้อมได้ดีที่สุด คือ เปอร์เซ็นต์การดูดซับสีเหลืองเท่ากับ 65.32% สีแดงม่วงเท่ากับ 58.41% สีน้ำเงิน 67.88% และเปอร์เซ็นต์การดูดซับ จะค่อยๆ ลดลงเมื่อมีค่าพีเอชของสารละลายสีย้อมเริ่มต้นเพิ่มสูงขึ้น

4. ค่าระยะเวลาสัมผัสระหว่างพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทริน กับ น้ำเสียนั้นมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การดูดซับของพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทริน โดยอัตราการดูดซับสีย้อมของพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทรินในช่วงแรก จะเพิ่มขึ้นจนกระทั้ง ถึงนาทีที่ 60 อัตราการดูดซับสีย้อมของพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทรินจะมีค่าลดลง และในช่วงระยะเวลาสัมผัสหลังนาทีที่ 120 ไปแล้วจะมีอัตราการดูดซับสีย้อมเกือบจะคงที่

5. ในช่วงความเข้มข้น 10 - 20 ppm จะมีเปอร์เซ็นต์การบำบัดสีได้เพิ่มข้น แต่หลังช่วงความเข้มข้น 20 – 100 ppm จะมีเปอร์เซ็นต์การบำบัดสีย้อมได้ลดลง โดยความเข้มข้นของ สีย้อมดิสเพิร์สในน้ำเสียที่ค่า 20 ppm จะมีเปอร์เซ็นต์การบำบัดสีย้อมได้สูงสุด คือ สีเหลืองเท่ากับ 61.66% สีแดงม่วงเท่ากับ 64.11% สีน้ำเงินเท่ากับ 61.31%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. การนำพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทรินกลับมาใช้ใหม่ไซโคลเดกซ์ทรินที่ผ่านการใช้แล้ว เมื่อนำมาล้างด้วยเอทานอล เมทานอล และน้ำกลั่น จะสามารถดูดซับได้อีกโดยจะเห็นว่า สีเหลือง เป็นสีที่สามารถดูดซับได้ในเปอร์เซ็นต์มากที่สุดคือ 34.92% ส่วนสีที่มีเปอร์เซ็นต์การดูดซับรองลงมาคือ สีน้ำเงิน ที่ 25.31% และสีที่สามารถดูดซับได้ในพอลิเมอร์ที่นำกลับมาใช้ใหม่นั้นคือ สีแดงม่วง ที่ 24.04%

7. จากการศึกษาการกำจัดสีย้อมผ้าจากน้ำเสียของโรงงานฟอกย้อมด้วยบีต้าไซโคลเดกซ์ทริน พบว่าเปอร์เซ็นต์การกำจัดสีย้อมดิสเพิร์สในน้ำเสียตัวอย่างจากโรงงานฟอกย้อมของแต่ละสีในน้ำตัวอย่างนั้นแตกต่างกันโดยสีแดงม่วงในน้ำเสียตัวอย่างมีเปอร์เซ็นต์การดูดซับได้สูงสุดคือ โดยเฉลี่ยแล้วที่ 60.80% รองลงมาคือ สีน้ำเงินคือ โดยเฉลี่ยแล้วที่ 56.96% และ สีเหลืองคือ โดยเฉลี่ยแล้วที่ 43.56%

5.2 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการศึกษาหัวข้อโครงงานพิเศษในหัวข้อ การบำบัดสีย้อมดิสเพิร์สในน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมโดยใช้ด้วยบีต้าไซโคลเดกซ์ทรินพอลิเมอร์พบว่า

1. ในขั้นตอนการเตรียมพอลิเมอร์ ต้องระมัดระวังเรื่องอุณหภูมิที่ใช้ คือ ต้องควบคุมอุณหภูมิไม่ให้มากเกินไป หรือ น้อยเกินไป จากช่วง 50 – 70 องศาเซลเซียส เพราะ ถ้าอุณหภูมิที่มากเกินไปจะทำให้อีพิคลอโรไฮดรินจับตัวแข็งก่อนที่จะเกิดปฏิกริยาการเชื่อมโยง กับบีต้าไซโคลเดกซ์ทริน หรือ อุณภูมิที่น้อยเกินไปจะทำให้ไม่เกิดปฏิกริยาพอลิเมอไรเซชันระหว่างบีต้าไซโคลเดกซ์ทริน กับอีพิคลอโรไฮดริน ทำให้การเตรียมพอลิเมอร์ไม่ได้ปริมาณตามความเป็นจริงซึ่งทำให้สูญเสียบีต้าไซโคลเดกซ์ทรินไป และ พอลิเมอร์ที่ได้จะมีอัตราส่วนโดยโมลระหว่าง อีพิคลอโรไฮดริน ต่อ บีต้าไซโคลเดกซ์ทริน ไม่ตรงตามสูตรที่เราต้องการ และนอกจากนี้เราควรมีปิดฝาภาชนะที่ใช้เตรียมพอลิเมอร์เพื่อป้องกันไม่ให้อากาศแทรกตัวอยู่ระหว่างช่องว่างของรูพรุนของบีต้าไซโคลเดกซ์ทรินถูกไล่ออกไป ซึ่งมีผลต่อคุณภาพของพอลิเมอร์ที่ได้ทำให้มีปริมาณของรูพรุนลดลง โดยจะส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการดูดซับของพอลิเมอร์

2. ในการศึกษาถึงผลของปริมาณพอลิเมอร์ที่มีผลต่อค่าเปอร์เซ็นการกำจัดสีย้อมดิสเพิร์สในน้ำเสียยังเป็นช่วงแคบๆ คือ ระหว่าง 10 - 100 mg. และ ยังเป็นค่าที่ไม่ละเอียดพอ อันเนื่องมาจากข้อจำกัดทางงบประมาณในการศึกษา ดังนั้นถ้าต้องการนำข้อมูลไปประยุกต์ใช้ควรจะทำการศึกษาให้ละเอียดลงไปเพื่อที่จะทราบถึงค่าที่แน่นอนเพื่อช่วยในการเลือกใช้ในปริมาณที่เหมาะสมกับงานที่ต้องการได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ค่าพีเอชในงานวิจัยนี้เป็นเพียงค่าพีเอชที่บอกถึงสภาวะของน้ำเสียว่าอยู่ในช่วง ความเป็นกรดแก่ กรดอ่อน กลาง หรือ เบส เพื่อที่จะดูแนวโน้มว่าช่วงใดที่จะเหมาะสมต่อการใช้ดูดซับสีย้อมดิสเพิร์สในน้ำเสียด้วยพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทริน โดยจากการทดลองพบว่าที่พีเอชต่ำๆ จะมีประสิทธิภาพการดูดซับดีมากกว่าที่พีเอชสูงขึ้น เมื่อนำไปประยุกต์ใช้จริงควรที่จะมีการศึกษาให้ละเอียดลงไปอีกเพื่อที่จะทราบค่าพีเอชที่ดีที่สุดในการดูดซับสีย้อมดิสเพิร์สในน้ำเสียด้วยพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทริน

4. ในการล้างพอลิเมอร์ที่ผ่านการบำบัดสีย้อมมาแล้วเพื่อนำเอาพอลิเมอร์กลับมาใช้ใหม่นั้นเฉพาะเอทานอล เมทานอล และน้ำกลั่นยังไม่สามารถล้างได้หมดควรได้จะมีการศึกษาต่อไป

5. ในรูปแบบของการดูดซับสีย้อมของพอลิเมอร์ในงานวิจัยครั้งนี้ไม่ได้ทดสอบยืนยันกการดูดซับแบบอินคลูชันระหว่างพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทริน กับ สีย้อมดิสเพิร์ส ดังนั้นจึงไม่อาจสรุปได้ว่ารูปแบบการดูดซับและการกำจัดสีย้อมโดยใช้พอลิเมอร์บบีต้าไซโคลเดกซ์ทรินในสภาวะที่ทดลองนั้น เป็นแบบอินคลูชันหรือเป็นแค่การดูดซับโดยแรงแวนเดอร์วาลล์แรงทางกายภาพระหว่างอนุภาคสีย้อมกับพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทริน ดังนั้นในการศึกษาขั้นต่อไปควรทำการยืนยันการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนแบบอินคลูชันของสีย้อมและพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทรินโดยใช้เทคนิค NMR และ IR

6. ในการศึกษาถึงประสิทธิภาพที่เทียบกับราคาในด้านของความคุ้มทุนในการประยุกต์ใช้ของพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทริน น่าจะมีการเปรียบเทียบกับเซลลูโลสซึ่งมีโครงสร้างโมเลกุลหลักที่คล้ายคลึงกันและมีลักษณะของความเป็นพอลิเมอร์ทางธรรมชาติ เพื่อที่จะทราบได้ว่าพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทรินมีคุณสมบัติในการเกิดอินคลูชันนั้นจะมีประสิทธิภาพในการกำจัดได้ดีกว่าเซลลูโลสมากน้อยเพียงใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

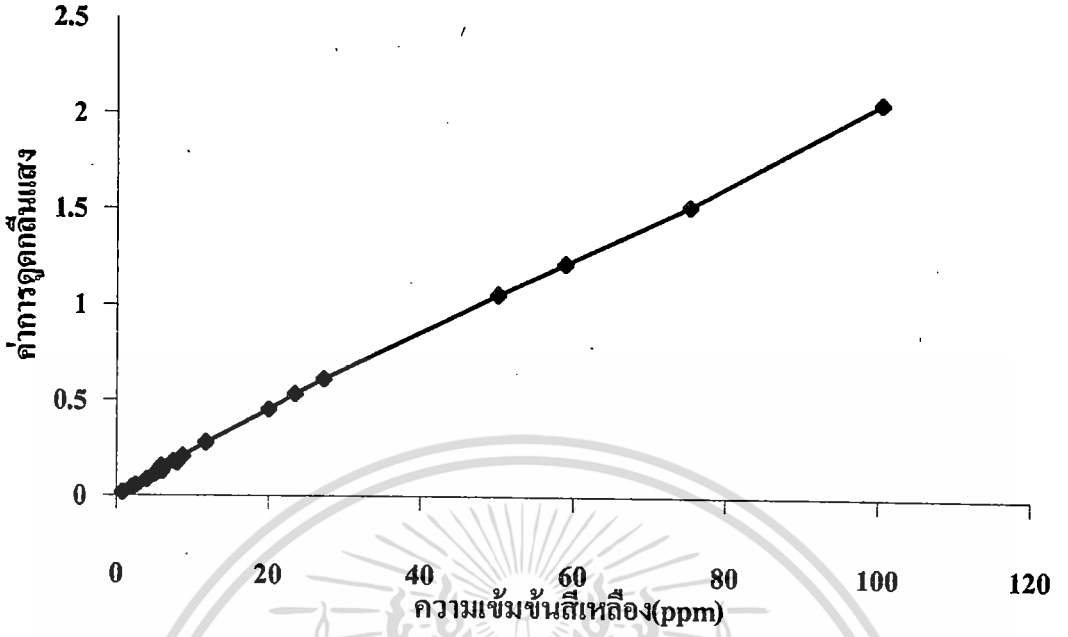
ภาคผนวก ก
สีย้อมสีเหลือง

ตารางที่ 6.1 ค่าความเข้มข้นสารละลายสีย้อมดิสเพิร์สชนิดสีเหลืองมาตรฐาน กับ ค่าการดูดกลืนแสง

ความเข้มข้นของสารละลายสีเหลือง(ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
0.80	0.017	0.019	0.018	0.018
2.00	0.043	0.043	0.044	0.043
2.50	0.0055	0.056	0.054	0.055
4.00	0.084	0.0084	0.084	0.084
5.00	0.114	0.115	0.115	0.115
5.88	0.154	0.154	0.155	0.154
6.00	0.128	0.129	0.127	0.129
8.00	0.172	0.172	0.173	0.172
8.75	0.208	0.209	0.210	0.209
7.50	0.180	0.180	0.179	0.180
11.75	0.280	0.280	0.280	0.280
20.00	0.452	0.454	0.453	0.453
23.50	0.534	0.534	0.534	0.534
27.30	0.615	0.614	0.614	0.614
50.01	1.053	1.053	1.053	1.053
58.75	1.212	1.213	1.213	1.213
75.01	1.514	1.516	1.515	1.514
100.01	2.061	2.061	2.061	2.061

หมายเหตุ ค่า λ_{MAX} ของสารละลายสีเหลืองที่ 485 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผนภาพที่ 6.1 แสดงกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนแสง กับความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมดิสเพิร์สสีเหลือง

ตารางที่ 6.2 แสดงปริมาณการดูดซับสีเหลืองของพอลิเมอร์สูตรต่างๆ

สูตรพอลิเมอร์	ค่าการดูดกลืนแสงก่อนทำการดูดซับ	ความเข้มข้นก่อนทำการดูดซับ	ค่าการดูดกลืนแสงก่อนทำการดูดซับ	ความเข้มข้นหลังทำการดูดซับ	ความเข้มข้นก่อน-หลัง(ppm)	% การดูดซับ
10	0.249	11.97	0.177	8.51	3.46	28.91%
	0.216	10.38	0.156	7.49	2.89	27.84%
	0.213	10.24	0.151	7.25	2.99	29.15%
20	0.219	10.5	0.152	7.31	3.19	30.40%
	0.216	10.38	0.151	7.25	3.13	30.20%
	0.224	10.78	0.152	7.32	3.45	32.08%
30	0.224	10.75	0.143	6.87	3.88	36.14%
	0.216	10.38	0.136	6.52	3.86	37.19%
	0.222	10.67	0.142	6.81	3.86	36.20%

หมายเหตุ ค่า λ_{MAX} ของสารละลายสีเหลืองที่ 485 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.2(ต่อ) แสดงปริมาณการดูดซับสีเหลืองของพอลิเมอร์สูตรต่างๆ

สูตรพอลิเมอร์	ค่าการดูดกลืนแสงก่อนทำการดูดซับ	ความเข้มข้นก่อนทำการดูดซับ	ค่าการดูดกลืนแสงก่อนทำการดูดซับ	ความเข้มข้นหลังทำการดูดซับ	ความเข้มข้นก่อน-หลัง (ppm)	% การดูดซับ
60	0.249	11.97	0.213	10.22	1.75	14.65%
	0.224	10.75	0.189	9.07	1.68	15.61%
	0.216	10.38	0.181	8.68	1.70	16.39%
90	0.249	11.97	0.220	10.59	1.38	11.51%
	0.223	10.75	0.199	9.56	1.19	11.05%
	0.213	10.24	0.187	8.97	1.27	12.39%

ตารางที่ 6.3ข้อมูลผลการทดลองศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมสีเหลืองตามปริมาณพอลิเมอร์

ปริมาณพอลิเมอร์(mg)	ค่าการดูดกลืนแสง			ความเข้มข้น(ppm)	%การดูดซับ	% removal
0	0.225	0.224	0.225	10.79		0%
10	0.214	0.214	0.215	10.34	4.20%	
	0.213	0.213	0.213	10.24	5.09%	4.65%
	0.212	0.212	0.214	10.29	4.65%	
50	0.177	0.177	0.178	8.56	20.67%	
	0.176	0.176	0.175	8.41	22.03%	21.86%
	0.175	0.174	0.173	8.32	22.89%	
100	0.146	0.146	0.145	7.02	34.94%	
	0.143	0.144	0.144	6.92	35.84%	35.83%
	0.142	0.142	0.141	6.83	36.70%	
150	0.118	0.117	0.118	5.67	47.45%	
	0.120	0.120	0.120	5.77	46.52%	46.24%
	0.126	0.126	0.124	5.96	44.76%	
200	0.110	0.110	0.110	5.29	50.97%	
	0.109	0.109	0.109	5.24	51.43%	51.42%
	0.108	0.108	0.108	5.19	51.87%	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.4 แสดงข้อมูลผลการศึกษาผลของค่าพีเอชต่อประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมดิสเพิร์สสีเหลืองในน้ำเสีย

ค่าพีเอช							%removal
ความเข้มข้นเริ่มต้น		0.232	0.232	0.232	0.232	11.15	
2	1	0.079	0.078	0.076	0.080	3.87	65.32%
	2	0.081	0.082	0.082			
	3	0.082	0.082	0.082			
ความเข้มข้นเริ่มต้น		0.204	0.204	0.204	0.204	9.81	
4	1	0.087	0.087	0.087	0.087	4.18	57.36%
	2	0.089	0.089	0.089			
	3	0.085	0.085	0.085			
ความเข้มข้นเริ่มต้น		0.211	0.211	0.211	0.211	10.63	
7	1	0.122	0.122	0.122	0.120	5.77	45.72%
	2	0.112	0.115	0.116			
	3	0.123	0.123	0.125			
ความเข้มข้นเริ่มต้น		0.217	0.218	0.214	0.216	10.40	
10	1	0.145	0.148	0.147	0.151	7.27	30.09%
	2	0.156	0.156	0.156			
	3	0.151	0.151	0.151			

หมายเหตุ วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ λ_{max} เท่ากับ 485 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.5 แสดงข้อมูลผลการศึกษาระยะเวลาสัมผัสที่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อมดิสเพิร์สสีเหลืองในน้ำเสีย

ระยะเวลาสัมผัส (นาที)	ค่าการดูดกลืนแสง			ค่าเฉลี่ย	ความเข้มข้น(ppm)	%การดูดซับ	%การดูดซับเฉลี่ย
0	0.271	0.269	0.270	0.270	12.98		0%
5	0.246	0.245	0.246	0.246	11.83	8.86%	
	0.245	0.246	0.246	0.246	11.83	8.86%	7.76%
	0.256	0.254	0.254	0.255	12.26	5.55%	
10	0.231	0.231	0.231	0.231	11.11	14.41%	
	0.221	0.221	0.221	0.221	10.10	22.49%	17.00%
	0.231	0.232	0.232	0.232	11.15	14.10%	
30	0.184	0.184	0.184	0.184	8.85	31.81%	
	0.182	0.181	0.182	0.182	8.75	32.59%	31.97%
	0.185	0.185	0.185	0.185	8.89	31.51%	
60	0.134	0.135	0.133	0.134	6.44	50.38%	
	0.132	0.132	0.133	0.132	6.35	51.08%	50.00%
	0.139	0.138	0.139	0.139	6.68	48.54%	
120	0.113	0.113	0.115	0.114	5.48	57.78%	
	0.111	0.111	0.111	0.111	5.33	58.94%	58.42%
	0.112	0.112	0.112	0.112	5.38	58.55%	
180	0.100	0.100	0.100	0.100	4.81	62.94%	
	0.099	0.102	0.102	0.101	4.86	62.56%	62.33%
	0.105	0.104	0.106	0.104	5.00	61.48%	
240	0.097	0.097	0.097	0.097	4.66	64.10%	
	0.099	0.099	0.099	0.099	4.76	63.33%	63.59%
	0.099	0.098	0.099	0.099	4.76	63.33%	

หมายเหตุ วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ λ_{max} เท่ากับ 485 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.6 แสดงข้อมูลผลการศึกษาความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อมดิสเพิร์สสีเหลืองที่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อมดิสเพิร์สในน้ำเสีย

ความเข้มข้น (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง			เฉลี่ย	คิดเป็นความเข้มข้น(ppm)	%การดูดซับ	%การดูดซับเฉลี่ย
เริ่มต้น	0.215	0.218	0.217	0.217	10.43		
10	0.100	0.100	0.102	0.101	4.86	53.40%	
	0.094	0.092	0.094	0.093	4.47	57.14%	55.12%
	0.098	0.098	0.099	0.098	4.71	54.84%	
เริ่มต้น	0.439	0.439	0.440	0.439	21.11		
20	0.156	0.156	0.156	0.156	7.50	64.47%	
	0.175	0.175	0.174	0.175	8.41	60.16%	61.66%
	0.174	0.174	0.174	0.174	8.37	60.35%	
เริ่มต้น	0.895	0.896	0.900	0.897	43.13		
40	0.401	0.403	0.402	0.402	19.37	55.09%	
	0.398	0.397	0.399	0.398	19.13	55.43%	59.13%
	0.400	0.401	0.400	0.400	14.29	66.87%	
เริ่มต้น	1.654	1.656	1.658	1.656	79.62		
80	0.897	0.897	0.894	0.896	43.08	45.89%	
	0.898	0.898	0.897	0.898	43.17	45.78%	46.04%
	0.887	0.887	0.886	0.887	42.64	46.45%	
เริ่มต้น	2.003	2.003	2.010	2.005	96.39		
100	1.142	1.141	1.142	1.142	54.90	43.04%	
	1.480	1.480	1.483	1.481	52.89	45.13%	37.42%
	1.340	1.342	1.342	1.341	64.47	33.11%	

หมายเหตุ วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ λ_{max} เท่ากับ 485 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.7 แสดงข้อมูลผลการนำพอลิเมอร์นำกลับมาใช้ดูดซับสีเหลืองใหม่

	ค่าการดูดกลืนแสง			ค่าเฉลี่ย	คิดเป็นความเข้มข้น(ppm)	%removal
	1	2	3			
เริ่มต้น	0.202	0.2	0.202	0.201	9.68	
หลังบำบัด	0.136	0.138	0.136	0.137	6.59	31.92%
หลังบำบัด	0.136	0.134	0.132	0.134	6.44	33.44%
หลังบำบัด	0.120	0.123	0.123	0.122	6.87	39.41%
ค่าเฉลี่ย						34.92%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

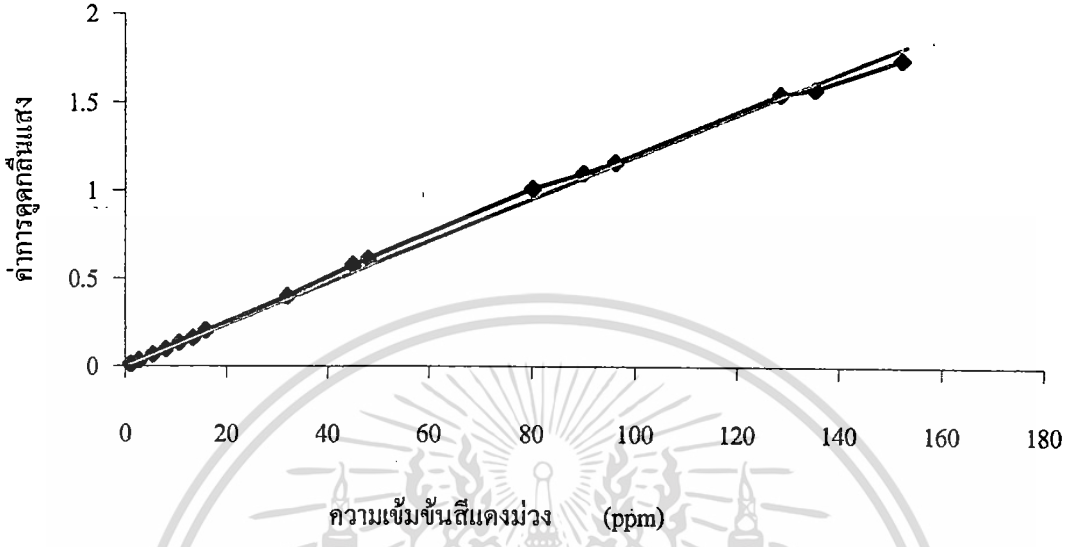
ภาคผนวก ข
สีย้อมสีแดงม่วง

ตารางที่ 6.8 ค่าความเข้มข้นสารละลายสีย้อมดิสเพิร์สชนิดสีแดงม่วงมาตรฐาน กับ ค่าการดูดกลืนแสง

ความเข้มข้น	การดูดกลืนแสง			ค่าเฉลี่ย
1.08	0.010	0.014	0.012	0.013
2.68	0.035	0.034	0.033	0.033
5.38	0.067	0.067	0.067	0.067
8.06	0.098	0.097	0.097	0.097
10.75	0.134	0.134	0.134	0.134
13.44	0.161	0.161	0.163	0.162
16.00	0.205	0.201	0.205	0.204
32.00	0.400	0.400	0.400	0.400
44.96	0.576	0.577	0.577	0.577
48.00	0.611	0.611	0.614	0.612
80.00	1.008	1.008	1.008	1.008
89.92	1.094	1.095	1.095	1.095
96.00	1.155	1.155	1.155	1.155
128.20	1.541	1.539	1.543	1.541
134.88	1.572	1.573	1.573	1.573
151.70	1.741	1.741	1.741	1.741

หมายเหตุ ค่า λ_{max} ของสีแดงม่วง คือ 535 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผนภาพที่ 6.2 แสดงกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนแสง กับความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมดิสเพิร์สสีแดงม่วง

ตารางที่ 6.9 แสดงปริมาณการดูดซับสีแดงม่วงของพอลิเมอร์สูตรต่างๆ

สูตรพอลิเมอร์	ค่าการดูดกลืนแสงก่อนทำการดูดซับ	ความเข้มข้นก่อนทำการดูดซับ	ค่าการดูดกลืนแสงก่อนทำการดูดซับ	ความเข้มข้นหลังทำการดูดซับ	ความเข้มข้นก่อน-หลัง (ppm)	% การดูดซับ
10	0.208	17.48	0.147	12.32	5.16	29.52%
	0.116	9.71	0.079	6.59	3.11	32.06%
	0.162	13.61	0.106	8.94	4.67	34.30%
20	0.208	17.48	0.131	11.01	6.47	37.03%
	0.116	9.71	0.072	6.08	3.64	37.45%
	0.162	13.61	0.099	8.38	5.23	38.44%
30	0.110	9.24	0.063	5.32	3.93	42.45%
	0.162	13.61	0.092	7.73	5.88	43.21%
	0.116	9.71	0.065	5.48	4.23	43.57%

หมายเหตุ ค่า λ_{max} ของสีแดงม่วง คือ 535 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.8(ต่อ) แสดงปริมาณการดูดซับสีแดงม่วงของพอลิเมอร์สูตรต่างๆ

สูตรพอลิเมอร์	ค่าการดูดกลืนแสงก่อนทำการดูดซับ	ความเข้มข้นก่อนทำการดูดซับ	ค่าการดูดกลืนแสงก่อนทำการดูดซับ	ความเข้มข้นหลังทำการดูดซับ	ความเข้มข้นก่อน-หลัง (ppm)	% การดูดซับ
60	0.162	13.61	0.127	10.67	2.94	21.60%
	0.208	17.48	0.165	13.86	3.61	20.68%
	0.116	9.71	0.093	7.82	1.89	19.51%
90	0.208	17.48	0.179	15.01	2.47	14.14%
	0.162	13.61	0.135	11.37	2.23	16.39%
	0.116	9.71	0.100	8.43	1.28	13.20%

หมายเหตุ ค่า λ_{max} ของสีแดงม่วง คือ 535 นาโนเมตร

ตารางที่ 6.10 ข้อมูลผลศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมสีแดงม่วงตามปริมาณพอลิเมอร์ที่ใช้

ปริมาณพอลิเมอร์ (mg)	ค่าการดูดกลืนแสง			ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยใน 3 ซ้ำ	ความเข้มข้นสีในน้ำเสีย(ppm)	%การดูดซับ
0	0.123	0.123	0.123	0.123		10.34	0%
10	0.117	0.115	0.117	0.116			
	0.116	0.118	0.117	0.117	0.115	9.66	6.54%
	0.112	0.112	0.113	0.112			
50	0.090	0.090	0.090	0.090			
	0.089	0.089	0.088	0.0887	0.089	7.45	27.99%
	0.087	0.087	0.087	0.087			
100	0.065	0.065	0.065	0.065			
	0.07	0.07	0.07	0.075	0.071	5.97	42.29%
	0.069	0.068	0.069	0.073			
150	0.059	0.059	0.059	0.059			
	0.058	0.058	0.058	0.058	0.059	4.93	52.32%
	0.059	0.059	0.059	0.059			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณพอลิเมอร์ (mg)	ค่าการดูดกลืนแสง			ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยใน 3 ซ้ำ	ความเข้มข้นสีในน้ำเสีย(ppm)	%การดูดซับ
200	0.054	0.054	0.053	0.054			
	0.054	0.052	0.053	0.053	0.053	4.46	56.84%
	0.052	0.054	0.052	0.053			

หมายเหตุ ค่าการดูดกลืนแสงที่ λ_{max} เท่ากับ 535 นาโนเมตร

ตารางที่ 6.11 แสดงข้อมูลผลการศึกษาผลของค่าพีเอชต่อประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมดิสเพิร์สสีแดงม่วงในน้ำเสีย

ค่า pH	ค่าการดูดกลืนแสงหลังดูดซับ				ค่าเฉลี่ย	คิดเป็นความเข้มข้น (ppm)	%การดูดซับ
เริ่มต้น	0.078	0.080	0.079		0.079	6.64	
2	0.030	0.031	0.030	0.030			
	0.036	0.037	0.034	0.036	0.033	2.76	58.41%
	0.032	0.033	0.033	0.033			
เริ่มต้น	0.098	0.100	0.099		0.099	8.32	
4	0.046	0.046	0.046	0.046			
	0.045	0.045	0.045	0.045	0.045	3.82	54.09%
	0.045	0.045	0.045	0.045			
เริ่มต้น	0.081	0.08	0.08		0.080	6.75	
7	0.042	0.042	0.042	0.042			
	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	3.5	48.12%
	0.039	0.041	0.041	0.040			
เริ่มต้น		0.098	0.095	0.099	0.097	8.18	
10	0.061	0.061	0.061	0.061			
	0.060	0.060	0.060	0.060	0.061	5.09	37.76%
	0.061	0.062	0.06	0.061			

หมายเหตุ ค่าการดูดกลืนแสงที่ λ_{max} เท่ากับ 535 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6. 12 แสดงข้อมูลผลการศึกษาระยะเวลาสัมผัสที่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อมดิสเพิร์สสีแดงม่วงในน้ำเสีย

ระยะเวลาสัมผัส	ค่าการดูดกลืนแสง				ค่าเฉลี่ย	ความเข้มข้นสีในน้ำเสีย(ppm)	%การดูดซับ
0	0.147	0.147	0.147	0.147		12.35	0%
5	0.135	0.135	0.135	0.135			
	0.138	0.139	0.138	0.138	0.137	11.47	7.12%
	0.137	0.136	0.136	0.136			
10	0.124	0.123	0.123	0.123			
	0.126	0.126	0.125	0.126	0.125	10.48	15.17%
	0.124	0.125	0.126	0.125			
30	0.103	0.102	0.102	0.102			
	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	8.46	31.45%
	0.098	0.099	0.099	0.099			
60	0.078	0.077	0.077	0.077			
	0.078	0.079	0.079	0.079	0.078	6.55	46.96%
	0.078	0.078	0.078	0.078			
120	0.064	0.065	0.066	0.065			
	0.061	0.062	0.061	0.061	0.064	5.36	56.60%
	0.065	0.065	0.065	0.065			
180	0.061	0.061	0.061	0.061			
	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	5.04	59.19%
	0.059	0.059	0.059	0.059			
240	0.056	0.056	0.056	0.056			
	0.057	0.053	0.057	0.057	0.057	4.76	61.43%
	0.056	0.056	0.056	0.056			

หมายเหตุ ค่าการดูดกลืนแสงที่ λ_{max} เท่ากับ 535 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.13 แสดงข้อมูลผลการศึกษาความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อมดิสเพิร์สสีแดงม่วงที่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อมดิสเพิร์สในน้ำเสีย

ความเข้มข้นสี(ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง				ค่าเฉลี่ย	คิดเป็นความเข้มข้น(ppm)	%การดูดซับ
เริ่มต้น	0.116	0.116	0.118	0.117		9.80	
10	0.050	0.050	0.050	0.050			
	0.042	0.042	0.042	0.042	0.045	3.75	61.76%
	0.041	0.042	0.042	0.042			
เริ่มต้น	0.290	0.291	0.290	0.290		24.40	
20	0.106	0.106	0.106	0.106			
	0.099	0.099	0.099	0.099	0.104	8.76	64.11%
	0.108	0.108	0.107	0.108			
เริ่มต้น	0.456	0.456	0.456	0.456		38.32	
40	0.178	0.178	0.179	0.178			
	0.197	0.196	0.199	0.197	0.188	15.76	58.88%
	0.186	0.186	0.189	0.187			
เริ่มต้น	0.961	0.962	0.964	0.962		80.87	
80	0.498	0.498	0.499	0.498			
	0.496	0.495	0.494	0.495	0.498	41.83	48.27%
	0.501	0.501	0.499	0.500			
เริ่มต้น	1.187	1.188	1.185	1.187		99.72	
100	0.728	0.729	0.727	0.728			
	0.756	0.756	0.758	0.757	0.739	62.17	37.65%
	0.735	0.735	0.735	0.735			

หมายเหตุ ค่าการดูดกลืนแสงที่ λ_{max} เท่ากับ 535 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.14 แสดงข้อมูลผลการนำพอลิเมอร์นำกลับมาใช้ดูดซับสีแดงม่วงใหม่

สารละลายสี	ค่าการดูดกลืนแสง				ค่าเฉลี่ย	คิดเป็นความเข้มข้นของสี(ppm)	%removal
ก่อน	0.088	0.089	0.092		0.090	7.54	
หลัง	0.070	0.070	0.070	0.070			
หลัง	0.069	0.068	0.068	0.068	0.068	5.72	24.04%
หลัง	0.065	0.067	0.066	0.066			

หมายเหตุ ค่าการดูดกลืนแสงที่ λ_{max} เท่ากับ 535 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

สีย้อมสีน้ำเงิน

ตารางที่ 6.15 ค่าความเข้มข้นสารละลายสีย้อมดิสเพิร์สชนิดสีน้ำเงินมาตรฐาน กับ ค่าการดูดกลืนแสง

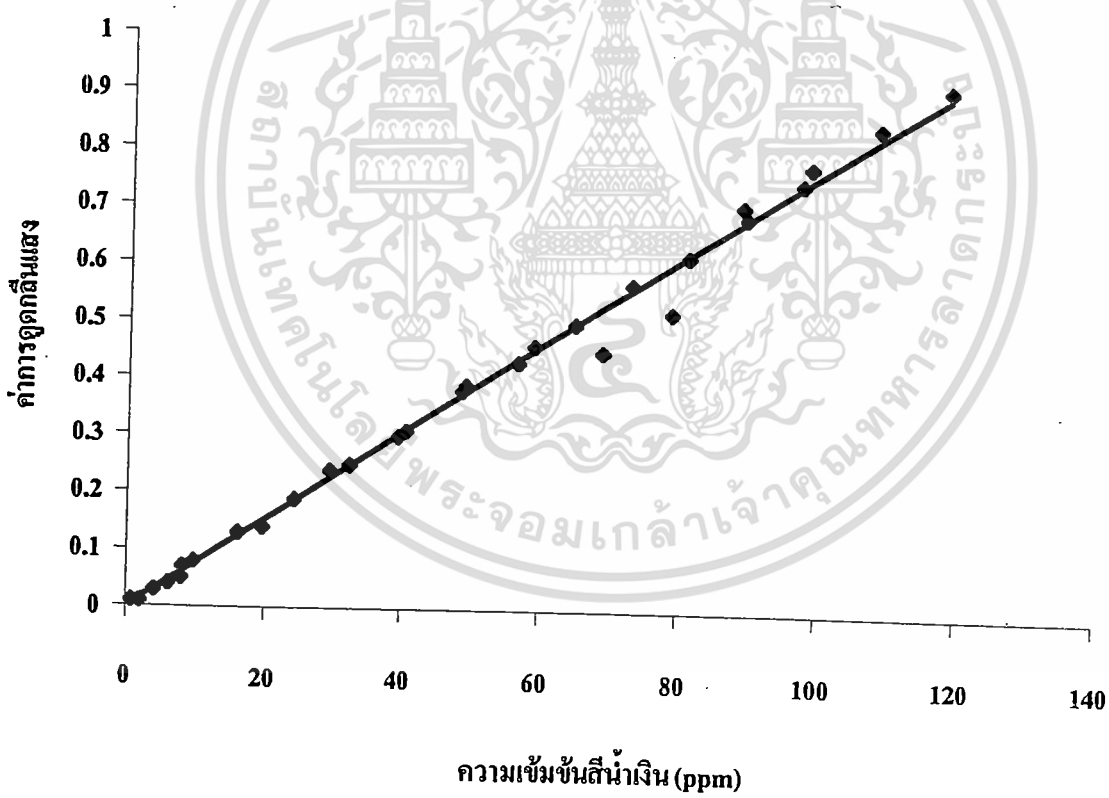
ความเข้มข้น	ค่าการดูดกลืนแสง			ค่าเฉลี่ย
0.80	0.006	0.006	0.005	0.006
2.00	0.014	0.013	0.014	0.014
4.00	0.026	0.027	0.027	0.027
6.00	0.04	0.039	0.039	0.039
8.00	0.053	0.053	0.053	0.053
9.84	0.080	0.080	0.080	0.080
19.68	0.140	0.140	0.140	0.140
29.52	0.240	0.240	0.240	0.240
39.36	0.300	0.300	0.300	0.300
49.20	0.390	0.390	0.390	0.390
59.04	0.460	0.460	0.460	0.460
68.88	0.550	0.550	0.550	0.550
78.72	0.620	0.620	0.620	0.620
88.56	0.710	0.710	0.710	0.710
98.40	0.780	0.780	0.780	0.780
108.24	0.850	0.850	0.850	0.850
118.08	0.920	0.920	0.920	0.920
8.10	0.070	0.070	0.070	0.070
16.21	0.130	0.130	0.130	0.130
24.31	0.190	0.190	0.190	0.190
32.42	0.250	0.250	0.250	0.250
40.52	0.320	0.310	0.310	0.310

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.15 (ต่อ) ค่าความเข้มข้นสารละลายสีย้อมดิสเพิร์สชนิดสีน้ำเงินมาตรฐาน กับ ค่าการดูดกลืนแสง

ความเข้มข้น	ค่าการดูดกลืนแสง			ค่าเฉลี่ย
48.62	0.380	0.380	0.380	0.380
56.73	0.430	0.430	0.430	0.430
64.83	0.500	0.500	0.500	0.500
72.94	0.570	0.570	0.570	0.570
81.04	0.620	0.620	0.620	0.620
89.14	0.690	0.690	0.690	0.690
97.25	0.750	0.750	0.750	0.750

หมายเหตุ ค่า λmax ของสารละลายสีย้อมน้ำเงินเท่ากับ 540 นาโนเมตร



แผนภาพที่ 6.5 แสดงกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนแสง กับความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมดิสเพิร์สสีน้ำเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.16 แสดงปริมาณการดูดซับสีเหลืองของพอลิเมอร์สูตรต่างๆ

ครั้งที่	ค่าการดูดกลืนแสงก่อนทำการดูดซับ	ความเข้มข้นก่อนทำการดูดซับ	ค่าการดูดกลืนแสงก่อนทำการดูดซับ	ความเข้มข้นหลังทำการดูดซับ	ความเข้มข้นก่อน-หลัง (ppm)	% การดูดซับ
10	0.084	12.17	0.064	9.27	2.90	23.78%
	0.080	11.59	0.062	8.99	2.60	22.47%
	0.078	11.30	0.060	8.74	2.56	22.66%
20	0.080	18.59	0.094	13.67	4.92	26.47%
	0.128	18.59	0.092	13.29	5.30	28.51%
	0.078	11.30	0.056	8.06	3.24	28.69%
30	0.084	12.17	0.054	7.80	4.37	35.93%
	0.109	15.81	0.069	10.00	5.81	36.74%
	0.078	11.30	0.049	7.07	4.23	37.41%
60	0.068	9.85	0.055	7.97	1.88	19.07%
	0.084	12.17	0.080	9.85	2.32	19.06%
	0.109	15.81	0.089	12.84	2.97	18.78%
90	0.080	11.59	0.070	10.07	1.52	13.09%
	0.084	12.17	0.070	10.19	1.98	16.28%
	0.109	15.81	0.091	13.24	2.56	16.22%

หมายเหตุ ค่าλ_{max} ของสารละลายสีย้อมน้ำเงินเท่ากับ 540 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6. 17 แสดงข้อมูลผลการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมสีน้ำเงินตามปริมาณพอลิเมอร์ที่ใช้

ปริมาณพอลิเมอร์(mg)	ค่าการดูดกลืนแสง			เฉลี่ย	ความเข้มข้น	%การดูดซับ	%การดูดซับเฉลี่ย
0	0.074	0.073	0.074	0.074	10.72	0%	0%
10	0.070	0.070	0.071	0.070	10.14	5.41%	
	0.071	0.071	0.071	0.071	10.29	4.01%	4.04%
	0.072	0.072	0.072	0.072	10.43	2.71%	
50	0.057	0.057	0.057	0.057	8.26	22.95%	
	0.058	0.059	0.059	0.059	8.55	20.24%	21.58%
	0.058	0.057	0.058	0.058	8.41	21.55%	
100	0.048	0.048	0.047	0.048	6.96	35.07%	
	0.045	0.046	0.046	0.046	6.67	37.78%	37.78%
	0.044	0.045	0.044	0.044	6.38	40.49%	
150	0.036	0.036	0.036	0.036	5.22	51.31%	
	0.036	0.036	0.036	0.036	5.22	51.31%	50.87%
	0.037	0.037	0.037	0.037	5.36	50.00%	
200	0.032	0.032	0.032	0.032	4.64	56.72%	
	0.033	0.033	0.034	0.033	4.78	55.41%	55.84%
	0.033	0.033	0.033	0.033	4.78	55.41%	

หมายเหตุ ค่าλmax ของสารละลายสีย้อมน้ำเงินเท่ากับ 540 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6. 18 แสดงข้อมูลผลการศึกษาผลของค่าพีเอชต่อประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมดิสเพิร์สน้ำเงินในน้ำเสีย

ค่าพีเอช	ค่าการดูดกลืนแสง				ความเข้มข้น	%การดูดซับ	%การดูดซับเฉลี่ย
เริ่มต้น	0.100	0.099	0.100	0.100	14.44		
2	0.032	0.032	0.032	0.032	4.64	67.88%	
	0.031	0.032	0.033	0.032	4.64	67.88%	67.88%
	0.032	0.032	0.032	0.032	4.64	67.88%	
เริ่มต้น	0.082	0.083	0.083	0.083	11.98		
4	0.035	0.035	0.035	0.035	5.07	57.68%	
	0.036	0.036	0.036	0.036	5.22	56.43%	56.93%
	0.036	0.036	0.036	0.036	5.19	56.67%	
เริ่มต้น	0.105	0.104	0.106	0.105	15.22		
7	0.062	0.062	0.062	0.062	8.99	40.93%	
	0.061	0.061	0.061	0.061	8.84	41.92%	41.59%
	0.061	0.061	0.061	0.061	8.84	41.92%	
เริ่มต้น	0.079	0.080	0.080	0.080	11.54		
10	0.051	0.051	0.051	0.051	7.39	35.95%	
	0.050	0.050	0.050	0.050	7.39	35.95%	35.95%
	0.050	0.051	0.051	0.051	7.39	35.95%	

หมายเหตุ ค่า λ_{max} ของสารละลายสีย้อมน้ำเงินเท่ากับ 540 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.19 ระยะเวลาสัมผัสที่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อมดิสเพิร์สสีน้ำเงินในน้ำเสีย

ระยะเวลาสัมผัส	ค่าการดูดกลืนแสง				ความเข้มข้น	%การดูดซับ	%การดูดซับเฉลี่ย
0	0.088	0.088	0.088	0.088	12.75	0%	0%
5	0.081	0.081	0.081	0.081	11.74	7.92%	
	0.082	0.082	0.083	0.082	11.88	6.79%	7.16%
	0.082	0.082	0.082	0.082	11.88	6.79%	
10	0.081	0.082	0.082	0.082	11.88	6.79%	
	0.078	0.076	0.075	0.076	11.01	13.65%	12.12%
	0.074	0.075	0.074	0.074	10.72	15.92%	
30	0.065	0.066	0.065	0.065	9.42	26.12%	
	0.065	0.065	0.065	0.065	9.42	26.12%	26.12%
	0.065	0.065	0.065	0.065	9.42	26.12%	
60	0.056	0.057	0.057	0.057	8.26	35.22%	
	0.054	0.054	0.054	0.054	7.82	38.66%	39.76%
	0.048	0.048	0.048	0.048	6.96	45.41%	
120	0.044	0.044	0.044	0.044	6.38	49.96%	
	0.043	0.043	0.043	0.043	6.23	51.14%	50.92%
	0.044	0.043	0.043	0.043	6.23	51.14%	
180	0.038	0.038	0.039	0.038	5.51	56.78%	
	0.038	0.038	0.037	0.038	5.51	56.78%	56.42%
	0.040	0.039	0.038	0.039	5.65	55.69%	
240	0.037	0.037	0.037	0.037	5.36	57.96%	
	0.038	0.038	0.037	0.038	5.51	56.78%	57.56%
	0.037	0.037	0.037	0.037	5.36	57.96%	

หมายเหตุ ค่า λ_{max} ของสารละลายสีย้อมน้ำเงินเท่ากับ 540 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.20 แสดงข้อมูลผลการศึกษาความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อมดิสเพิร์สสีน้ำเงินที่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อมดิสเพิร์สในน้ำเสีย

ช่วงของความเข้มข้นสี(ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง			ค่าเฉลี่ย	ความเข้มข้นหลังดูดซับ(ppm)	%การดูดซับ (ppm)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (ppm)	%การดูดซับโดยเฉลี่ย
10	0.040	0.040	0.039	0.040	5.79	45.72%		
	0.031	0.032	0.031	0.031	4.49	57.93%	10.68	51.13%
	0.039	0.035	0.036	0.037	5.36	49.79%		
20	0.051	0.051	0.054	0.052	7.54	62.11%		
	0.054	0.05	0.048	0.051	7.39	62.86%	19.90	61.31%
	0.056	0.057	0.057	0.057	8.26	58.48%		
40	0.123	0.123	0.123	0.123	17.83	54.95%		
	0.122	0.121	0.121	0.121	17.54	55.68%	39.57	55.68%
	0.119	0.119	0.119	0.119	17.25	56.42%		
80	0.360	0.362	0.360	0.361	52.32	39.29%		
	0.360	0.361	0.362	0.361	52.32	39.29%	86.18	39.29%
	0.352	0.352	0.355	0.353	51.16	39.29%		
100	0.602	0.602	0.603	0.602	87.25	24.47%		
	0.589	0.589	0.589	0.589	85.36	26.10%	115.51	26.52%
	0.566	0.566	0.566	0.566	82.03	28.99%		

หมายเหตุ ค่า λ_{max} ของสารละลายสีย้อมน้ำเงินเท่ากับ 540 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.21 แสดงข้อมูลผลการนำพอลิเมอร์นำกลับมาใช้ดูดซับสีน้ำเงินใหม่

สารละลายสีย้อม	ค่าการดูดกลืนแสง			ค่าเฉลี่ย	ความเข้มข้นสีย้อม(ppm)	%การดูดซับ	%การดูดซับเฉลี่ยรวม
เริ่มต้น	0.081	0.082	0.084	0.082		11.93	
1	0.065	0.060	0.060	0.062	8.93	25.15%	
2	0.062	0.062	0.061	0.062	8.86	25.73%	25.31%
3	0.062	0.062	0.061	0.062	8.94	25.06%	

หมายเหตุ ค่า λ_{max} ของสารละลายสีย้อมน้ำเงินเท่ากับ 540 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
การดูดซับของน้ำเสียตัวอย่าง

ตารางที่ 6.22 แสดงข้อมูลค่าการดูดกลืนแสงในช่วง 200-600 นาโนเมตร ของน้ำเสียตัวอย่างจากโรงงานฟอกย้อม

สีเหลือง 485 nm	คิดเป็นความเข้มข้น (ppm)	สีแดง 535 nm	คิดเป็นความเข้มข้น (ppm)	สีน้ำเงิน 540 nm	คิดเป็นความเข้มข้น (ppm)
0.359	52.09	0.286	24.00	0.153	7.40
0.359	5.20	0.285	23.95	0.159	7.64
0.364	52.75	0.275	23.11	0.151	7.34

ตารางที่ 6.23 แสดงข้อมูลค่าการดูดกลืนแสงในช่วง 200-600 นาโนเมตร ของน้ำเสียตัวอย่างจากโรงงานฟอกย้อมที่เจือจางมา 50 %

ครั้งที่	สีเหลือง 485 nm	คิดเป็นความเข้มข้น (ppm)	สีแดง 535 nm	คิดเป็นความเข้มข้น (ppm)	สีน้ำเงิน 540 nm	คิดเป็นความเข้มข้น (ppm)
1	0.173	25.11	0.138	11.58	0.076	3.65
2	0.174	25.21	0.135	11.33	0.075	3.61
3	0.175	25.40	0.136	11.46	0.078	3.74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.24 แสดงประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมดิสเพิร์สของสารตัวอย่างน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมด้วยพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกซ์ทริน

ความยาวคลื่น	ค่าการดูดกลืนแสง			ค่าเฉลี่ย	ความเข้มข้นหลังบำบัด (ppm)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (ppm)	% การบำบัด
สีน้ำเงิน 540 nm	0.077	0.077	0.077	0.077	11.15	25.11	55.55
	0.075	0.078	0.076	0.076	11.12	25.21	55.89
	0.071	0.071	0.071	0.071	10.30	25.40	59.45
สีแดงม่วง 535 nm	0.056	0.056	0.056	0.056	4.71	11.58	59.33
	0.054	0.054	0.052	0.053	4.48	11.33	60.46
	0.052	0.052	0.049	0.051	4.29	11.46	62.60
สีเหลือง 485 nm	0.042	0.042	0.042	0.042	2.01	3.65	44.93
	0.041	0.042	0.043	0.042	2.01	3.61	44.32
	0.045	0.042	0.044	0.044	2.19	3.74	41.44

ตารางที่ 6.25 แสดงข้อมูลค่าการดูดกลืนแสงในช่วง 200-600 นาโนเมตร ของน้ำเสียตัวอย่างที่ 2 จากโรงงานฟอกย้อม

ครั้งที่	สีเหลือง (485 nm)	ความเข้มข้น (ppm)	สีแดง (535 nm)	ความเข้มข้น (ppm)
1	0.443	21.30	0.645	54.20
2	0.440	21.15	0.633	53.19
3	0.431	20.72	0.638	53.61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.26 แสดงประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมดิสเพิร์สของตัวอย่างน้ำเสียที่ 2 จากโรงงานฟอกย้อมด้วยพอลิเมอร์บีต้าไซโคลเดกทริน

ความยาวคลื่น	ค่าการดูดกลืนแสง			ค่าเฉลี่ย	ความเข้มข้นหลังบำบัด (ppm)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (ppm)	% การบำบัด
สีเหลือง 485 nm	0.286	0.287	0.288	0.287	13.79	21.30	35.26
	0.285	0.285	0.285	0.285	13.70	21.15	35.22
	0.272	0.272	0.272	0.272	13.08	20.72	36.89
สีแดงม่วง 535 nm	0.346	0.344	0.345	0.345	28.99	54.20	46.51
	0.322	0.322	0.322	0.322	27.06	53.19	49.13
	0.327	0.327	0.327	0.327	27.48	53.61	48.74

ตารางที่ 6.27 แสดงข้อมูลการดูดกลืนแสงในช่วง 200-600 นาโนเมตร ของน้ำเสียตัวอย่างที่ 3 จากโรงงานฟอกย้อม

ครั้งที่	สีเหลือง (485 nm)	ความเข้มข้น (ppm)	สีแดง (535 nm)	ความเข้มข้น (ppm)	สีน้ำเงิน (540 nm)	ความเข้มข้น (ppm)
1	0.218	10.48	0.225	18.91	0.381	55.22
2	0.217	10.43	0.243	20.42	0.365	52.89
3	0.233	11.20	0.246	20.67	0.374	54.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.28 แสดงประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมดิสเพิร์สของตัวอย่างน้ำเสียที่ 3 จากโรงฟอกย้อมด้วยพอลิเมอร์ บีต้าไซโคลเดกซ์ทริน

ช่วงค่าการดูดกลืน	ค่าการดูดกลืนแสง			ค่าเฉลี่ย	ความเข้มข้นหลังบำบัด(ppm)	ความเข้มข้นเริ่มต้น(ppm)	คิดเป็น% การบำบัด
สีเหลือง ที่ 485 nm.	0.199	0.199	0.199	0.199	9.57	10.48	8.71%
	0.201	0.203	0.202	0.201	9.66	10.43	7.38%
	0.206	0.208	0.208	0.207	9.95	11.20	11.14%
สีแดงม่วง ที่ 535 nm.	0.126	0.126	0.127	0.126	10.59	18.91	44.01%
	0.133	0.133	0.134	0.133	11.18	20.42	45.27%
	0.138	0.138	0.138	0.138	11.59	20.67	43.90%
สีน้ำเงิน ที่ 540 nm.	0.198	0.199	0.198	0.198	28.70	55.22	48.03%
	0.189	0.189	0.189	0.189	27.39	52.89	48.21%
	0.197	0.197	0.197	0.197	28.55	54.20	47.32%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ
การเตรียมพอลิเมอร์

ตารางที่ 6.29 แสดงอัตราส่วนระหว่าง บีต้าไซโคลเดกซ์ทริน กับ อีพิคลอโรไฮดริน

พอลิเมอร์สูตรที่	อัตราส่วนโดยโมลของ Epi/β-CD	น้ำหนักของ Epi (g)	คิดเป็นจำนวนโมล	น้ำหนักของ /β-CD (g)	คิดเป็นจำนวนโมล
1	10	0.815	8.811×10^{-4}	1	8.811×10^{-4}
2	20	1.481	0.018	1	8.811×10^{-4}
3	30	2.221	0.035	1	8.811×10^{-4}
4	60	4.441	0.053	1	8.811×10^{-4}
5	90	7.338	0.079	1	8.811×10^{-4}

<u>หมายเหตุ</u>

น้ำหนักโมเลกุลของ β-CD = 1135 g/mol

น้ำหนักโมเลกุลของ Epi = 92.53 g/ mol

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] นิพนธ์ วงศ์วิเศษสิริกุล กระบวนการอุตสาหกรรมสารมัธยันต์และสีย้อม ***กระบวนการเคมีอุตสาหกรรม*** 2543

[2] พัชรียา ฉัตรเท, การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานย้อมผ้า **วารสารกรมวิทยาศาสตร์** 46,114 (พค. 2540)10-11

[3] ลมโชย โบยบิน แนวทางการแก้ปัญหามลภาวะจากน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมฟอกย้อมสิ่งทอ อุตสาหกรรมสาร 36, 1(มค. – มีค. 36) 55-58

[4] ลั่นทม จอนจอบทรง การบำบัดและจัดการน้ำเสียจากการย้อมสี **วารสารเทคโนโลยีที่เหมาะ-สม** 10,4(ตค.- ธค.35)38-43

[5]Linqi Shi, Yuzhang Zhang,Binglin He; Novel composite adsorbent for adsorption of urea **Polymers for Advanced Techologies** 10(1-2)1999,69-73

[6] Agnes buvari-barcza,Lajos Barcza ; Solubility Charecteristics of b-Cyclodextrin Inclusion Complexes ,***J. Inc.Phe.Mol.Recog.Chem***.26(4)303-309,1996

[7] Eva Fenyvesi, Juliana Szeman, Jozsef Szejtli; Extraction of PAH and Pedtisides from Contaminanted Soils with Aquase CD solution ***J. Inc.Phe.Mol.Recog.Chem.***25(1-3)229-232,1996

[8] G.crini,S Bertini,et al; Sorption of Aromatic Compounds in Water using Insoluble CD Polymer***; J. Appli. Polymer.Sci.*** V.68. 1973-1978(1998)

[9] H.-J. Buschmann,E.Schollmeyer; Cucurbituril and ß-Cyclodextrin as Hosts for the Complexation of Organic Dyes; ***J. Inc.Phe.Mol.Recog.Chem***. 29(2)167-174,1997

[10] Lajos sZente,et al, Entrapment of Iodine with Cyclodextrin:potential Application of Cyclodextrin is Nuclear Waste Management ***Environ.Sci.Technol***,1999, 33, 4495-4498

[11] Shoji Murai, et al Adsorption and Recovery of Ionic Surfactants by ß-Cyclodextrin Polymer ***J.Coll. Int. Sci.***190(2)488-490,1997

[12]SHOJI MURAI,SATOSHI IMAJO,et al; Removal of Pthalic Acid Esters from Aqueous Solution by Inclusion and Adsorption on ß-Cyclodextrin ***Environ. Sci.Technol***.1998,32,782-787

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[13]UMR C7581 CNRS} **Correspondence to Catherine Amiel,** Laboratoire de Recherche sur les Polymères Université Paris XII, 2 à 8 rue Henri Dunant, 94320 Thiais, France

[14] Y. Shao,B. Martel,M. Morcellet,M. Weltrowski,G.Crini; Sorption of Textile Dye on ß-Cyclodextrin –Epihydrin Gels ***J. Inc.Phe.Mol.Recog.Chem***. 25(1-3)209-212,1996

[15] Robert H. Coates, et al, Reagents Auxiliaries & Catalysts for C-C bonds ***Handbook of Reagent for Organic Synthesis***.page 350

[16] http://www.natur.cuni.cz/~jindrich/CD/

[17] http://www.cyclodex.com/nateral_cyclodexrins.htm

[18] http://www.apec-vc.or.jp/co-op/sennisensyoku/docs/c1_03.html

[19] http://www.apec-vc.or.jp/co-op/index3.htm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้