จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทุนงบประมาณแผ่นดินปี 2542

รายงานผลการวิจัย

การกำจัดสีน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมฟอกย้อมสีงทอโดยกระบวนการ ตกตะกอนทางเคมีด้วยโพลีเมอร์

โดย

นภา ศิวรังสรรค์

จฬ
วท 15
010055

มิถุนายน 2542

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทุนงบประมาณแผ่นดินปี 2542

รายงานผลการวิจัย

การกำจัดสีน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมฟอกย้อมสิ่งทอโดยกระบวนการตกตะกอนทางเคมีด้วยโพลีเมอร์

โดย

นภา ศิวรังสรรค์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สิงหาคม 2542

- 8 มิ.ย. 2543

I19046346

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ต่างๆในการทำวิจัย ตลอดจนสารเคมีบางส่วน ทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี นอกจากนี้ขอขอบคุณผู้ร่วมวิจัยคือ น.ส. พัชราภรณ์ โพธิ์แจ้ง ที่มีส่วนช่วยให้งานวิจัยนี้ประสบผลสำเร็จ ท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะกรรมการพิจารณาเงินทุนงบประมาณแผ่นดิน ปี 2542 ทุกท่านที่ให้โอกาสได้ทำงานวิจัยชิ้นนี้เพื่อประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชื่อโครงการวิจัย การกำจัดสีน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมฟอกย้อมสิ่งทอโดยกระบวนการตกตะกอนทางเคมีด้วยโพลีเมอร์

ชื่อผู้วิจัย น.ส. นภา ศิวรังสรรค์

เดือนและปีที่ทำวิจัยเสร็จ กรกฎาคม 2542

บทคัดย่อ

การทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการกำจัดสีย้อมด้วยกระบวนการตกตะกอนทางเคมีโดยใช้โพลีเมอร์ชนิดประจุบวก 2 ชนิดคือ Lamfloc 1525 และ Zentrifloc 95 ในการกำจัดสีจากสารละลายสีย้อมซึ่งเตรียมขึ้นในห้องปฏิบัติการและใช้โพลีเมอร์ชนิดประจุบวกที่เหมาะสมร่วมกับโพลีเมอร์ชนิดประจุลบคือ Lamfloc 7985 และใช้สารส้มเป็นตัวเปรียบเทียบในการกำจัดสีย้อมจากน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมฟอกย้อมสิ่งทอ สีย้อมที่ใช้ 2 ประเภท คือ สีย้อมแวตและสีย้อมรีแอกทีฟ โทนสีเหลืองและโทนสีน้ำเงิน จากการศึกษาพบว่า พีเอชและปริมาณที่เหมาะสมของ Lamfloc 1525 ให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีดีกว่า Zentrifloc 95 และการกำจัดสีจากน้ำทิ้งพบว่า Lamfloc 7985 ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดสีเพียงเล็กน้อย และ Lamfloc 1525 ให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีที่ดีกว่าสารส้ม โดยให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสูงประมาณ 90% ขึ้นไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Project Title Color removal from textile dyeing wastewater by chemical coagulation with polymers.

Name of the Investigator Miss Napa Siwarungson

Year July 1999

Abstract

The objective of this experiment was to evaluate the color removal efficiency from dye solution prepared in the laboratory by chemical coagulation with 2 cationic polymers (Lamfloc 1525 and Zentrifloc 95). Alum was used as coagulant to compare the color removal efficiency from textile effluent collected from sites with cationic polymer together with anionic polymer (Lamfloc 7985). In this study 2 kinds of dyestuff, reactive and vat, and 2 tones, yellow and blue, were used. It was found that Lamfloc 1525 is more efficient than Zentrifloc 95. For removing color from textile effluent, Lamfloc 7985 has little enhancement when used with Lamfloc 1525 and Lamfloc 1525 is more efficient than alum. The efficiency of Lamfloc 1525 is about 90%

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทที่

1. บทนำ_____1
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง_____4
3. วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินการทดลอง_____17
4. ผลการทดลอง_____24
5. วิจารณ์ผลการทดลอง_____53
6. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ_____58

รายการอ้างอิง_____60

ภาคผนวก_____63

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ผลการกำจัดสีน้ำเสียชนิดต่าง ๆ 15

4.1 ค่าความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด ค่าการดูดกลืนแสง และค่าพีเอชของสารละลายสีย้อมทั้ง 3 ชนิด 24

4.2 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีสารละลายสีย้อมแวต โทนสีเหลือง YELLOW 5GF เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชโดยใช้ Zentrifloc 95 ปริมาณ 20 % 27

4.3 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีสารละลายสีย้อมแวต โทนสีเหลือง YELLOW 5GF เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณ Zentrifloc 95 โดยปรับพีเอชเริ่มต้นที่ 9.0 27

4.4 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีสารละลายสีย้อมแวต โทนสีน้ำเงิน BLUE RS เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช โดยใช้ Zentrifloc 95 ปริมาณ 25 % 28

4.5 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีสารละลายสีย้อมแวต โทนสีน้ำเงิน BLUE RS เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณ Zentrifloc 95 โดยปรับพีเอชเริ่มต้นที่10.0 28

4.6 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีสารละลายสีย้อมรีแอกทีฟ โทนสีน้ำเงิน BLUE GNE เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช โดยใช้ Zentrifloc 95 ปริมาณ 40% 29

4.7 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีสารละลายสีย้อมรีแอกทีฟ โทนสีน้ำเงิน BLUE GNE เมื่อเปลี่ยน แปลงปริมาณ Zentrifloc 95โดยปรับพีเอชเริ่มต้นที่ 9.0 29

4.8 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีสารละลายสีย้อมแวต โทนสีเหลือง YELLOW 5GF เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชโดยใช้ Lamfloc 1525 ปริมาณ 0.75% 32

4.9 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีสารละลายสีย้อมแวต โทนสีเหลือง YELLOW 5GF เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณ Lamfloc 1525 โดยปรับพีเอชเริ่มต้นที่ 5.0 32

4.10 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีสารละลายสีย้อมแวต โทนสีน้ำเงิน BLUE RS เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช โดยใช้ Lamfloc 1525 ปริมาณ 0.50 % 33

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.11 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีสารละลายสีย้อมแวต โทนสีน้ำเงิน BLUE RS เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณ Lamfloc 1525 โดยปรับพีเอชเริ่มต้นที่ 6.0 33

4.12 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีสารละลายสีย้อมรีแอกทีฟ โทนสีน้ำเงิน BLUE GNE เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชโดยใช้ Lamfloc 1525 ปริมาณ 1.0% 34

4.13 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีสารละลายสีย้อมรีแอกทีฟ โทนสีน้ำเงิน BLUE GNE เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณ 1525 โดยปรับพีเอชเริ่มต้นที่ 5.0 34

4.14 สรุปผลการทดลองการกำจัดสีสารละลายสีย้อมชนิดต่าง ๆ 35

4.15 สมบัติของน้ำทิ้งตัวอย่าง 3 ชนิด 36

4.16 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีน้ำทิ้งจากน้ำย้อมประเภทสีแวต โทนสีเหลือง เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชโดยใช้ Lamfloc 1525 ปริมาณ 1.0% 39

4.17 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีน้ำทิ้งจากน้ำย้อมประเภทสีแวต โทนสีเหลือง เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณ Lamfloc 1525 โดยปรับพีเอชเริ่มต้นที่ 5.0 39

4.18 แสดงผลการทดลองกำจัดสีน้ำทิ้งจากน้ำย้อมประเภทสีแวต โทนสีน้ำเงิน เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชโดยใช้ Lamfloc 1525 ปริมาณ 1.6% 40

4.19 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีน้ำทิ้งจากน้ำย้อมประเภทสีแวต โทนสีน้ำเงิน เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณ Lamfloc 1525 โดยปรับพีเอชเริ่มต้นที่ 5.0 40

4.20 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีน้ำทิ้งจากน้ำย้อมประเภทสีรีแอกทีฟ โทนสีน้ำเงิน เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชโดยใช้ Lamfloc 1525 ปริมาณ 3.2% 41

4.21 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีน้ำทิ้งจากน้ำย้อมประเภทสีรีแอกทีฟ โทนสีน้ำเงิน เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณ Lamfloc 1525 โดยปรับพีเอชเริ่มต้นที่ 6.0 41

4.22 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีน้ำทิ้งจากน้ำย้อมประเภทสีแวต โทนสีเหลือง เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณ Lamfloc 7985 โดยใช้ Lamfloc 1525ปริมาณ 1.0% 44

4.23 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีน้ำทิ้งจากน้ำย้อมประเภทสีแวต โทนสีน้ำเงิน เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณ Lamfloc 7985 โดยใช้ Lamfloc 1525 ปริมาณ 1.0% 44

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.24 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีน้ำทิ้งจากน้ำย้อมประเภทสีรีแอกทีฟ โทนสีน้ำเงิน เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณ Lamfloc 7985 โดยใช้ Lamfloc 1525 ปริมาณ 2.0%___ 45

4.25 สรุปผลการทดลองการกำจัดน้ำทิ้งด้วย Lamfloc 1525 และ Lamfloc 1525 ร่วมกับ Lamfloc 7985_____ 45

4.26 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีน้ำทิ้งจากน้ำย้อมประเภทสีแวต โทนสีเหลือง เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช โดยใช้ปริมาณสารส้ม 2.0 g / l_____ 48

4.27 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีน้ำทิ้งจากน้ำย้อมประเภทสีแวต โทนสีเหลือง เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณสารส้ม โดยปรับพีเอชเริ่มต้นที่ 6.0_____ 48

4.28 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีน้ำทิ้งจากน้ำย้อมประเภทสีแวต โทนสีน้ำเงิน เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณสารส้มโดยเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชโดยใช้สารส้ม 2.0 g /l____ 49

4.29 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีน้ำทิ้งจากน้ำย้อมประเภทสีแวต โทนสีน้ำเงิน เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณสารส้ม โดยปรับพีเอชเริ่มต้นที่ 6.0_____ 49

4.30 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีน้ำทิ้งจากน้ำย้อมประเภทสีแวต โทนสีน้ำเงิน เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณสารส้ม โดยเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช โดยใช้ปริมาณ สารส้ม 8 g / l_____ 50

4.31 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีน้ำทิ้งจากน้ำย้อมประเภทสีรีแอกทีฟ โทนสีน้ำเงิน เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณสารส้ม โดยปรับพีเอชเริ่มต้นที่ 6.0_____ 50

4.32 สรุปผลการทดลองการกำจัดน้ำทิ้งด้วย Lamfloc 1525 และ สารส้ม_____51

4.33 ค่าซีโอดีและเอสเอสก่อนและหลังการทดลองโดยการใช้ Lamfloc 1525 ของน้ำทิ้ง 3 ชนิด_____ 52

4.34 ค่าซีโอดีและเอสเอสก่อนและหลังการทดลองโดยการใช้สารส้มของน้ำทิ้ง 3 ชนิด___ 52

เลขหมู่ ๗๕ ๓๓ ๑๕
เลขทะเบียน 010055
วัน,เดือน,ปี 31 พ.ค 43

บทที่ 1

บทนำ

ประเทศไทยมีการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรมอย่างมากและต่อเนื่อง ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม น้ำเสียจัดว่าเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม และแหล่งชุมชน ได้ถูกระบายลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติโดยไม่ได้ทำการบำบัดก่อนซึ่งส่งผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ทำให้รัฐบาลต้องออกมาตรการในการควบคุมมาตรฐานของน้ำเสียก่อนปล่อยลงแหล่งน้ำต่าง ๆ ทำให้ภาคอุตสาหกรรมต้องเลือกวิธีบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุดในการลดมลพิษในน้ำเสีย

อุตสาหกรรมฟอกย้อมถือว่าเป็นอุตสาหกรรมต่อเนื่องในอุตสาหกรรมสิ่งทอ ซึ่งมีอุตสาหกรรมต่อเนื่องและเกี่ยวข้องหลายอุตสาหกรรมได้แก่ อุตสาหกรรมการผลิตเส้นใย ปั่นด้าย ทอผ้า ฟอกย้อม และพิมพ์ตกแต่งสำเร็จจนถึงอุตสาหกรรมตัดเย็บเสื้อผ้าสำเร็จรูป อุตสาหกรรมฟอกย้อมเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญยิ่งต่ออุตสาหกรรมสิ่งทอทั้งระบบ เนื่องจากกระบวนการฟอกย้อมเป็นขั้นตอนที่สามารถช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์สิ่งทอเป็นอย่างมาก

แต่ในขณะเดียวกัน วัตถุดิบที่สำคัญที่ใช้ในอุตสาหกรรมฟอกย้อม คือ สีย้อม นอกจากนี้อุตสาหกรรมฟอกย้อมก็เป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่ต้องใช้น้ำมากเนื่องจากต้องอาศัยน้ำเป็นตัวกลางในการผลิตแทบทุกขั้นตอน และน้ำที่ใช้ส่วนใหญ่จะถูกปล่อยกลับออกมาเป็นน้ำทิ้งซึ่งจะก่อปัญหาต่อสภาพแวดล้อมอย่างมาก เนื่องจากมีปริมาณค่อนข้างมาก มีความเข้มของสีสูง และมีความหลากหลายของสิ่งสกปรกเจือปนในน้ำทิ้ง ดังนั้นการแก้ปัญหามลภาวะจากน้ำทิ้งในอุตสาหกรรมฟอกย้อมจึงเป็นเรื่องที่ยุ่งยากและมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานสูง ซึ่งทำให้ต้นทุนการผลิตของโรงงานสูงตามไปได้ การกำจัดสีถือว่าเป็นปัญหาที่สำคัญของโรงงานฟอกย้อม การกำจัดสีในน้ำทิ้งสามารถทำได้หลายวิธีได้แก่ การบำบัดทางชีวภาพ การแลกเปลี่ยนไอออน การดูดติดผิว การตกตะกอนทางเคมี การกรอง การใช้โอโซน เป็นต้น ในปัจจุบันยังไม่มีวิธีการใดที่ประหยัดและดีที่สุดในการกำจัดสีของน้ำทิ้ง

จากที่กล่าวข้างต้น จึงมีการศึกษาเพื่อหาวิธีที่เหมาะสมที่จะช่วยให้โรงงานฟอกย้อมสามารถลดปัญหามลภาวะจากน้ำทิ้งได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยให้มีค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุด งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การศึกษาถึงความสามารถในการกำจัดสีย้อมในน้ำย้อมผ้าโดยใช้กระบวนการตกตะกอนทางเคมีด้วยโพลีเมอร์และหาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดสีย้อม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความสามารถในการกำจัดสีน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมฟอกย้อมสิ่งทอประเภทสีแวต และประเภทสีรีแอกทีฟโดยใช้โพลีเมอร์ 2 ชนิดคือ Zentrifloc 95 และ Lamfloc 1525

2. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดสีของโพลีเมอร์และสารส้มภายหลังจากการปรับสภาพพีเอช และปริมาณการใช้สารที่เหมาะสมสำหรับสีแต่ละประเภท

ขอบเขตของการวิจัย

1. ตัวอย่างน้ำที่ใช้ในการศึกษาใช้สารละลายสีย้อม ซึ่งเป็นสีย้อมที่ใช้จริงจากโรงงานที่จะทำการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง และใช้น้ำทิ้งจากหม้อต้มย้อมที่ถูกปล่อยทิ้งหลังจากผ่านกระบวนการย้อมแล้ว

2. ชนิดของสีย้อมที่ศึกษาได้แก่สีแวตและสีรีแอกทีฟ

3. สารเคมีที่ใช้ในการตกตะกอน ได้แก่ โพลีเมอร์ 2 ชนิด คือ Zentrifloc 95 และ Lamfloc 1525 ซึ่งเป็นโพลีเมอร์ประเภทแคทไอออน และในขั้นตอนการศึกษาการกำจัดสีย้อมในน้ำทิ้งจากหม้อต้มย้อมจะเลือกใช้โพลีเมอร์เพียงชนิดเดียวที่ให้ผลดีที่สุดมาทำการศึกษาเปรียบเทียบกับการใช้สารส้มเป็นตัวตกตะกอน

4. พารามิเตอร์ที่ทำการวัดสำหรับสารละลายสีย้อม ได้แก่ ค่าพีเอช , ค่าความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดและค่าการดูดกลืนแสง

5. พารามิเตอร์ที่ทำการวัดสำหรับน้ำทิ้ง ได้แก่ ค่าพีเอช , ค่าความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด , ค่าการดูดกลืนแสง , ซีโอดี และเอสเอส

6. การปรับสภาวะที่เหมาะสม หมายถึงการปรับค่าพีเอชและปริมาณสารเคมีที่ใช้ตกตะกอนในแต่ละชุดของการทดลอง

7. การหาค่าเปอร์เซ็นต์การกำจัดสีใช้สูตร

เปอร์เซ็นต์การกำจัดสี = $(A_0-A)/A_0 * 100$

โดยที่ A_0 = ค่าการดูดกลืนแสงเริ่มต้น

A = ค่าการดูดกลืนแสงเมื่อผ่านกระบวนการตกตะกอนแล้ว

สมมติฐาน

1. ภายใต้สภาพพีเอชและปริมาณการใช้สารที่เหมาะสม โพลีเมอร์ 2 ชนิด คือ Zentrifloc 95 และ Lamfloc 1525 จะสามารถกำจัดสีได้ต่างกัน

2. ประสิทธิภาพในการกำจัดสีของโพลีเมอร์ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมจะสูงกว่าสารส้มอย่างมีนัยสำคัญ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เพื่อเป็นแนวทางในการพิจารณาความเป็นไปได้ในการเลือกใช้สารเคมีที่เหมาะสมทั้งในด้านประสิทธิภาพและต้นทุนในการกำจัดสีน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมฟอกย้อมสิ่งทอ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการฟอกย้อม

อุตสาหกรรมประเภทสิ่งทออาจจะแบ่งอย่างกว้าง ๆ ได้เป็น 2 ประเภท คือ โรงทอ หรือโรงปั่น และโรงย้อม โรงทอหรือโรงปั่นจะทำการผลิตเส้นด้าย และผืนผ้าตามกรรมวิธีต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับชนิดของเส้นใย และความต้องการของท้องตลาด ด้ายหรือผ้าที่ผ่านการปั่นหรือการทอเสร็จแล้วจะถูกนำเข้าสู่โรงย้อมเพื่อจัดเตรียมทำการย้อมและตกแต่งต่อไป

กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมฟอกย้อมส่วนใหญ่เป็นกระบวนการทางเคมี ที่อาศัยการปรับเปลี่ยนคุณสมบัติของเส้นใย โดยการใช้สารเคมี สีย้อมที่เหมาะสม และโดยอาศัยน้ำเป็นตัวกลางอุตสาหกรรมฟอกย้อมจึงเป็นอุตสาหกรรมที่มีความต้องการใช้น้ำมาก ขั้นตอนการผลิตในอุตสาหกรรมฟอกย้อม ประกอบด้วยกระบวนการหลักที่สำคัญ 3 กระบวนการคือ

1. การเตรียม กระบวนการที่สำคัญในการเตรียม ได้แก่

1.1 การเผาขน เป็นการทำให้ผ้ามีผิวเรียบ

1.2 การลอกแป้ง แป้งที่ติดอยู่บนเนื้อผ้ามาจากการลงแป้งบนด้ายในขบวนการทอผ้าทำให้เส้นด้ายแข็งตัวพอที่จะทนทานต่อการเสียดสีของเครื่องทอ เมื่อทอเป็นผ้าแล้วก่อนนำไปย้อมต้องนำไปลอกแป้งออกให้หมดเสียก่อน เพื่อให้ผ้าสามารถมีการย้อมติดสีดี

1.3 การขจัดสิ่งสกปรก ได้แก่การขจัดคราบน้ำมัน ขี้ดิน ขี้ผึ้ง กาว ฯลฯ ให้หมดไปจากเส้นใย

1.4 การฟอกขาว เป็นการกำจัดสีที่มีอยู่ตามธรรมชาติ

1.5 การชุบมัน เพื่อเพิ่มความมันของวัสดุสิ่งทอ และทำให้วัสดุสิ่งทอดูดซึมสีย้อมได้มากขึ้น

2. การให้สี กรรมวิธีการให้สีที่สำคัญมีอยู่ 2 วิธีคือ

2.1 วิธีย้อม

2.2 วิธีการพิมพ์

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. การตกแต่งสำเร็จ เป็นขั้นตอนการปรับปรุงหรือปรับเปลี่ยนคุณสมบัติสิ่งทอให้มีความเหมาะสมในการใช้งานมากยิ่งขึ้น

2.2 สีย้อมและการจำแนกสีย้อม

2.2.1 การผลิตสีย้อม

ที่มาของสีย้อมเริ่มแรกมาจากน้ำมันปิโตรเลียมหรือถ่านหิน ซึ่งเมื่อผ่านการสกัดแล้วจะได้สารไฮโดรคาร์บอนออกมา ที่สำคัญได้แก่ เบนซีน ไซลีน แอนทราซีน โทลูอีน แนพทาลีน และฟาราฟิน ซึ่งเป็นสารไฮโดรคาร์บอนที่ไม่อิ่มตัว สารไฮโดรคาร์บอนเหล่านี้จะถูกนำไปทำปฏิกิริยาด้วยขบวนการไนเตรชั่น แอมมิเนชั่น เป็นต้น เพื่อที่จะเปลี่ยนสภาพจากสารไฮโดรคาร์บอนไปเป็นสารตัวกลาง และจากสารตัวกลางที่เตรียมได้นี้จะถูกนำไปเปลี่ยนเป็นตัวสีย้อมด้วยเทคนิคต่าง ๆ

2.2.2 การจำแนกสีย้อม

อัจฉราพร ไศละสูตร (2527) จำแนกสีย้อมออกเป็นประเภทต่าง ๆ หลายวิธีดังต่อไปนี้

1. จำแนกตามแหล่งที่มาของสี เช่น สีที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ และสีที่ได้จากการสังเคราะห์
2. จำแนกตามองค์ประกอบทางเคมี เช่น สีซัลเฟอร์
3. จำแนกตามกรรมวิธีในการย้อม เช่น สีมอร์แดนต์
4. จำแนกตามชนิดของเส้นใยที่นำไปย้อม เช่น สีย้อมผ้าฝ้าย, สีย้อมขนสัตว์

ในที่นี้จะกล่าวถึงสีย้อมจำแนกตามกรรมวิธีในการย้อม ดังนี้

1. สีดีสเพิร์ส (disperse dyes)

สีชนิดนี้ใช้ย้อมเส้นใยเซลลูโลส, โพลีเอสเตอร์ หรือเส้นใยสังเคราะห์บางชนิดที่ดูดซึมน้ำได้น้อย สีย้อมนี้ไม่ละลายน้ำแต่เป็นละอองละเอียดลอยตัวอยู่ในน้ำ เมื่อมีสารช่วยกระจาย (dispersing agent) ที่เหมาะสมจะสามารถใช้ย้อมในน้ำธรรมดาได้โดยไม่ต้องใช้สารเคมีอย่างอื่นช่วย

2. สีเอซิด (acid dyes)

สีชนิดนี้เมื่อละลายน้ำจะแตกตัวเป็นไอออนที่มีประจุลบ บางทีเรียกสีประเภทนี้ว่าสีแอนไอโอนิก (anionic dyes) ส่วนใหญ่เป็นเกลือโซเดียมของกรดซัลโฟนิก สีพวกนี้ส่วนใหญ่จะไม่เกาะติดเส้นใยเซลลูโลส หรือเกาะติดได้น้อย แต่สามารถเกาะติดเส้นใยไนล่อนได้ดี

3. สีเบสิก (basic dyes)

สีชนิดนี้ละลายน้ำจะแตกตัวเป็นไอออนบวก บางทีจึงเรียกสีชนิดนี้ว่าสีแคทไอออนิก (cationic dyes) นิยมใช้ย้อมขนสัตว์ และเส้นใยสังเคราะห์ แต่ไม่เกาะติดเส้นใยเซลลูโลส มีสมบัติเด่นพิเศษคือ มีความสดใส และความเข้มของสีดีมาก

4. สีไดเร็กท์ (direct dyes)

เป็นสีที่มีการดูดซึม และย้อมติดเส้นใยฝ้ายหรือใยเซลลูโลสโดยตรง ละลายน้ำง่าย โมเลกุลของสีจะแตกตัวเป็นไอออนที่มีประจุลบ การย้อมติดสีจะเกิดขึ้นได้ดีเมื่อมีสารอิเลคโตรไลท์ เช่น เกลือต่าง ๆ อยู่ด้วย สีชนิดนี้ย้อมง่าย ไม่คงทนต่อการซักน้ำ

5. สีแวต (Vat dyes)

เป็นสีที่ไม่ละลายน้ำ แต่สามารถเปลี่ยนเป็นสีที่ละลายน้ำได้เมื่อทำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮดรอกไซด์ และโซเดียมไดไธโอไนต์ สารประกอบที่เกิดขึ้นสามารถเกาะติดเส้นใยเซลลูโลสได้ดี และเมื่อถูกดูดซึมเข้าไปในเส้นใยแล้วสามารถทำให้กลับคืนเป็นสีที่ไม่ละลายน้ำเช่นเดิมได้ โดยการออกซิไดซ์ ด้วยออกซิเจนในอากาศ หรือไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ หรือใช้โปตัสเซียมไดโครเมต สีชนิดนี้มีความคงทนต่อการซักดีมาก และมีความคงทนต่อแสงดี

6. สีรีแอกทีฟ (reactive dyes)

สีชนิดนี้ใช้ย้อมเส้นใยเซลลูโลสดีที่สุด ละลายได้ในน้ำมีคุณสมบัติเป็นแอนไอออน เมื่ออยู่ในน้ำย้อมที่เป็นด่างโมเลกุลของสีจะทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิลของเส้นใย และเชื่อมโยงติดกันโดยโควาเลนต์บอนด์ กลายเป็นสารเคมีชนิดใหม่กับเซลลูโลส สมบัติการละลาย และการดูดติดเส้นใยของตัวสีจะทำให้สีเข้าไปอยู่ในเส้นใยได้ และเมื่อเกิดปฏิกิริยาตัวสีก็จะติดกับเส้นใย ทำให้สีมีความคงทนต่อการซักล้าง

2.3 น้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมฟอกย้อมสิ่งทอ

2.3.1 แหล่งที่มาของน้ำทิ้ง

น้ำทิ้งในอุตสาหกรรมฟอกย้อม มีที่มาจากแหล่งต่าง ๆ 4 แหล่งคือ

1. น้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิต

น้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

- น้ำที่ใช้ในขั้นตอนการฟอกย้อมโดยตรง น้ำในส่วนนี้จะมีปริมาณไม่มากนัก แต่มีความเข้มข้นของสิ่งสกปรกเจือปนค่อนข้างสูง

- น้ำที่ใช้ในการซักล้าง ภายหลัง จากการฟอกย้อม น้ำในส่วนนี้จะมีปริมาณมาก แต่มีความเข้มข้นของสิ่งสกปรกเจือปนโดยส่วนรวมแล้วจะต่ำกว่าในน้ำทิ้งประเภทแรก

2. น้ำที่ใช้ในหม้อไอน้ำ

ในกระบวนการฟอกย้อม มักจะมีการอาศัยไอน้ำเป็นตัวให้ความร้อนแก่น้ำที่ใช้ในกระบวนการ ถ้าไอน้ำที่ใช้ถูกส่งไปให้ความร้อนแก่น้ำย้อมโดยตรง ก็จะไปเพิ่มปริมาตรของน้ำย้อม และจะถูกรวมเป็นน้ำทิ้งที่สกปรกในที่สุด

3. น้ำหล่อเย็น

ในกระบวนการฟอกย้อม บางครั้งที่โรงงานจำเป็นต้องลดอุณหภูมิของน้ำย้อมลงในเวลาอันสั้น ซึ่งทำได้โดยอาศัยน้ำหล่อเย็น

4. น้ำที่ใช้ในการล้างเครื่อง และทำความสะอาดโรงงาน

ในบางกรณีน้ำชนิดนี้ก็เป็นน้ำทิ้งที่มีความสกปรกสูงมากด้วย เช่น น้ำล้างถังเตรียมสี

น้ำทิ้งที่มีปริมาณและความสกปรกมากที่สุดคือ น้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตโดยตรง

2.3.2 ประเภทของสิ่งสกปรกเจือปนในน้ำทิ้ง

จำแนกเป็นประเภทที่สำคัญ ๆ ได้ดังนี้

1. สีย้อม

ในการย้อมเส้นใยจะมีการดูดซึมสีย้อมบางส่วนเท่านั้น ที่เหลือจะคงอยู่ในน้ำย้อม และจะถูกปล่อยออกมากับน้ำทิ้งในที่สุด

2. สารเคมีที่ใช้ช่วยในการฟอกย้อม

สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการฟอกย้อม มีอยู่มากมายหลายชนิด สารเคมีเหล่านี้ส่วนใหญ่ จะยังคงเหลืออยู่ในน้ำย้อมหรือน้ำซักล้าง และจะถูกปล่อยปนมากับน้ำทิ้ง

3. สิ่งสกปรกเจือปนในเส้นใย

สิ่งสกปรกเหล่านี้มีทั้งที่เป็นสารขี้ผึ้ง ไขมัน โปรตีน ตลอดจนสารประกอบโลหะต่าง ๆ นอกจากนี้ในขั้นตอนการผลิตก็ยังมีการเติมสารต่าง ๆ ลงไปในเส้นใยด้วย เช่นพวกสารหล่อลื่น และแป้ง เป็นต้น

4. เศษเส้นใย

5. สิ่งสกปรกเจือปนอื่น ๆ เช่น น้ำยาที่ใช้ล้างเครื่อง

2.4 ปัญหาเนื่องจากมีสีย้อมในน้ำทิ้ง

น้ำทิ้งจากโรงงานฟอกย้อมจะมีสีย้อมเจือปนอยู่เมื่อปล่อยน้ำทิ้งนี้ลงสู่แหล่งน้ำโดยไม่มีการลดความเข้มข้นของสีก่อนก็จะทำให้เกิดปัญหาต่อแหล่งน้ำ ดังนี้

1. ทำให้สภาวะทางกายภาพของแหล่งน้ำเสื่อมลง น้ำเสียจากโรงงานย้อมผ้าเมื่อปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ จะก่อให้เกิดความรู้สึกพึงรังเกียจต่อผู้พบเห็น ทำให้สภาพลำน้ำไม่น่าดู

2. ขัดขวางการส่องผ่านของแสงลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้สมดุลย์ทางระบบนิเวศน์วิทยาเปลี่ยนไปได้ เกิดเป็นผลเสียต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ ทั้งทางตรง และทางอ้อม

3. สีย้อมที่เป็นสารอินทรีย์ย่อยสลายได้ ทำให้ค่าออกซิเจนละลายน้ำลดลง

4. ความเป็นพิษของตัวสีย้อม

2.5 การกำจัดสีย้อมในน้ำทิ้ง

วิธีที่ใช้ในการบำบัดสีในน้ำทิ้งมีหลายวิธี ได้แก่

- โคแอกกูเลชันด้วยสารเคมี (chemical coagulation)
- โคแอกกูเลชันด้วยไฟฟ้าเคมี (electrocoagulation)
- ระบบบำบัดทางชีวภาพ (biological treatment)
- การดูดติดผิว (adsorption)
- เติมคลอรีน (chlorination)
- การเติมโอโซน (ozonation)
- รีเวอร์สออสโมซีส (reverse osmosis)
- อุลตราฟิลเตรชั่น (ultrafiltration)
- การแลกเปลี่ยนประจุ (ion exchange)

- การฉายรังสี (radiation)

- โฟโตเคมิคอล ดีเกรดเดชั่น (photochemical degradation)

วิธีการบำบัดสีในน้ำทิ้ง อาจใช้วิธีเดียว หรือใช้ร่วมกันหลายวิธีก็ได้ บางครั้งพบว่าวิธีการเดียวไม่สามารถกำจัดสีย้อมได้อย่างน่าพอใจ จำต้องมีวิธีอื่นร่วมด้วย

2.6 กระบวนการตกตะกอน (coagulation)

กระบวนการตกตะกอนที่เรียกว่าโคแอกกูเลชั่นเป็นกระบวนการที่มีการเติมสารบางชนิดลงไปเพื่อทำให้อนุภาคขนาดเล็กรวมตัวกันเป็นตะกอนที่มีขนาดใหญ่ขึ้น (Sundstrom และ Klei , 1979)

อนุภาคคอลลอยด์ มีขนาด 10^{-6}-10^{-3} มิลลิเมตร อนุภาคคอลลอยด์สามารถแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ พวกที่ชอบน้ำ (hydrophilic) จะมีแรงยึดเหนี่ยวกับสารตัวกลางในที่นี้คือน้ำที่มีกำลังแรง ดังนั้น จึงแยกออกจากน้ำได้ยาก ต้องใช้แรงมากในการทำให้อนุภาคต่าง ๆ นั้นมาจับกันเป็นกลุ่มเป็นก้อน เพราะมีโมเลกุลของน้ำห่อหุ้มอยู่ ส่วนอีกชนิดหนึ่งคือ พวกที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) พวกนี้จะมีแรงยึดเหนี่ยวกับน้ำที่มีกำลังอ่อน เป็นอนุภาคที่สามารถแยกออกจากน้ำโดยง่าย เพราะไม่มีโมเลกุลของน้ำเป็นสิ่งกีดขวาง (Eckenfelder , 1989)

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ (2526) ได้กล่าวถึงเสถียรภาพของคอลลอยด์ และการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ไว้ว่า การที่อนุภาคคอลลอยด์ สามารถแขวนลอยอยู่ในน้ำได้โดยไม่ตกตะกอนเนื่องจากอนุภาคคอลลอยด์มีประจุไฟฟ้า ซึ่งอาจมีประจุบวกหรือลบก็ได้ ทำให้มีแรงผลักระหว่างอนุภาคจึงเป็นสาเหตุให้อนุภาคต่าง ๆ กระจายอยู่ในน้ำโดยไม่รวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อน ซึ่งเรียกว่าฟล้อค ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่าประจุไฟฟ้าเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้คอลลอยด์มีเสถียรภาพ ในน้ำอนุภาคคอลลอยด์จะมีแรงกระทำซึ่งกันและกันอยู่ 2 ชนิด คือ แรงดูดระหว่างอนุภาค (van der waals force) เป็นแรงอ่อนที่มีอำนาจเมื่ออนุภาคอยู่ใกล้กัน ส่วนอีกแรงคือแรงผลักทางไฟฟ้า (electrical repulsive force) ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากการที่ผิวของอนุภาคมีประจุชนิดเดียวกัน จึงเกิดการผลักกัน บทบาทของแรงทั้งสองมีผลต่อเสถียรภาพของคอลลอยด์ แรงผลักจะต้องสูงกว่าแรงดึงดูด จึงจะทำให้คอลลอยด์มีเสถียรภาพ ถ้าแรงดูดมากกว่าแรงผลัก อนุภาคคอลลอยด์ต่าง ๆ สามารถจับกันเป็นกลุ่มก้อน หรือที่เรียกว่าฟล้อคได้ ทำให้คอลลอยด์ไม่มีเสถียรภาพ ผลลัพธ์ของแรงระหว่างอนุภาคทั้ง 2 ชนิดขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างอนุภาค แรงดึงดูดมีอำนาจเหนือกว่าแรงผลักก็ต่อเมื่ออนุภาคคอลลอยด์เคลื่อนที่เข้ามาใกล้กันมาก ๆ แต่ถ้าหาก

อนุภาคคอลลอยด์มีประจุไฟฟ้าสูง หรือมีชั้นกระจาย (diffuse layer) หนาจะทำให้เกิดแรงผลักสูงกว่าแรงดูด

การทำให้อนุภาคคอลลอยด์ต่างๆรวมตัวกันและจับกับเป็นฟล้อค ควรมี 2 ขั้นตอน คือ ต้องทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ และต้องทำให้อนุภาคคอลลอยด์ต่างๆ เคลื่อนที่มากระทบกันหรือสัมผัสกันให้มากที่สุด

การทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์สามารถกระทำได้โดยอาศัยกลไก 4 แบบคือ

1. การลดความหนาของชั้นกระจาย โดยการเพิ่มจำนวนอิออนที่มีประจุตรงกันข้ามกับประจุของอนุภาค ผลที่เกิดขึ้นคือ ชั้นกระจายมีความหนาลดลง อนุภาคจะสามารถเข้าใกล้กันได้มากขึ้นจนแรงดึงดูดสามารถทำให้อนุภาคเกาะกันได้

2. การดูดติดและทำลายประจุไฟฟ้าของอนุภาคคอลลอยด์ (Adsorption and charge neutralization) สารเคมีบางหมู่สามารถดูดติดบนผิวของอนุภาคคอลลอยด์ได้ ถ้าสารเหล่านั้นมีประจุไฟฟ้าตรงกันข้ามกับของอนุภาค การดูดติดผิวจะมีผลในทางลดอำนาจศักย์ไฟฟ้าและทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์

3. การห่อหุ้มอนุภาคคอลลอยด์ไว้ในผลึกสารประกอบที่สร้างขึ้นมา (sweep coagulation) ถ้าเติมสารประกอบเกลือของโลหะบางชนิดลงไปในน้ำในปริมาณมากพอจะมีการตกผลึกเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว อนุภาคคอลลอยด์อาจเป็นแกนในของผลึกดังกล่าว เพื่อทำให้ผลึกมีขนาดใหญ่หรืออาจจับตัวรวมกับผลึก ลักษณะที่เกิดขึ้นดังกล่าวนี้ ถือว่าเป็นการเพิ่มขนาดหรือน้ำหนักให้กับอนุภาคคอลลอยด์เป็นผลให้คอลลอยด์สูญเสียเสถียรภาพ และสามารถตกตะกอนได้ พีเอช มีบทบาทสำคัญมากต่อกลไกแบบนั้น เนื่องจากมีความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชและความสามารถในการตกผลึกสารต่างๆ สารตกตะกอนแต่ละตัวจะมีระดับพีเอชที่เหมาะสมแตกต่างกัน

4. ใช้โพลีเมอร์เป็นสะพานเชื่อมอนุภาคคอลลอยด์ (polymer bridging) โดยใช้โพลีเมอร์ที่ประจุไฟฟ้าประจำตัวอาจเป็นบวก , ลบ หรือไม่มีประจุเลยก็ได้ โมเลกุลของสารโพลีเมอร์สามารถเกาะติดบนอนุภาคได้หลายตำแหน่ง การเกาะติดอาจเป็นผลมาจากประจุที่ต่างกันของโพลีเมอร์และอนุภาคหรือเป็นแรงของปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างประจุที่เหมือนกันของโพลีเมอร์และคอลลอยด์ อนุภาคที่มีโพลีเมอร์เกาะติดอยู่โดยมีปลายอิสระสำหรับเกาะบนอนุภาคอื่น ถือได้ว่าเป็นอนุภาคที่สูญเสียเสถียรภาพแล้ว (destabilized particle) อนุภาคดังกล่าวนี้สามารถจับตัวกับอนุภาคอื่นๆ โดยมีโพลีเมอร์เป็นสะพานเชื่อม การต่อเชื่อม

ด้วยโพลีเมอร์จะเกิดขึ้นได้ตราบเท่าที่มีโพลีเมอร์และตำแหน่งว่างบนผิวอนุภาค ถ้าปลายอิสระของโพลีเมอร์ไม่มีที่เกาะจับบนอนุภาคอื่น ปลายอิสระก็จะเกาะจับบนอนุภาคเดิม ทำให้เสียประโยชน์ 2 ทางคือ ทำให้ไม่มีปลายอิสระไว้จับอนุภาคอื่นและทำให้มีตำแหน่งว่างบนอนุภาคสำหรับยึดเกาะน้อยลง อนุภาคคอลลอยด์ที่ถูกสารโพลีเมอร์ยึดเกาะหลายตำแหน่งจนไม่มีปลายอิสระและที่ว่าง เรียกว่าอนุภาคที่มีเสถียรภาพกลับคืนมาใหม่ (Restabilized particle) การใช้โพลีเมอร์มากเกินไปอาจก่อให้เกิดผลเสียได้ เพราะโพลีเมอร์หลายโมเลกุลจะไปเกาะอยู่บนอนุภาค จนไม่มีที่ว่างบนอนุภาคสำหรับเป็นที่จับของปลายอิสระของโพลีเมอร์ที่อยู่บนอนุภาคอื่นๆ อนุภาคที่เกิดขึ้นจึงเป็นแบบที่มีเสถียรภาพ การกวนน้ำแรงเกินไปหรือนานเกินไปก่อผลเสียได้ เนื่องจากฟล็อคที่เกิดขึ้นแล้วแตกเป็นส่วนๆ และอาจทำให้ปลายอิสระของโพลีเมอร์เกาะจับบนอนุภาคอันเดิม เสถียรภาพของคอลลอยด์จึงกลับคืนมาใหม่อีก

สารเคมีหลักที่ใช้ในกระบวนการโคแอกกูเลชั่น เรียกว่าโคแอกกูแลนท์ ได้แก่ โพลีเมอร์,สารประกอบเกลือของโลหะบางชนิด ตัวที่นิยมใช้กันมากได้แก่ สารส้มและสารประกอบเหล็กบางตัว (Kammer,1988) โพลีเมอร์แบ่งได้เป็น 3 ชนิด เมื่อพิจารณาถึงประจุที่อยู่บนสายโพลีเมอร์ คือ แคทไอออนิกโพลีเมอร์ เป็นโพลีเมอร์ที่มีประจุบวก,แอนไอออนิกโพลีเมอร์ เป็นโพลีเมอร์ที่มีประจุลบ และนอนไอออนิกโพลีเมอร์ เป็นโพลีเมอร์ที่ไม่มีประจุ

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Beszedits, Lugowski และ Miyamoto (1980) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของแอกติเวทเต็ดคาร์บอนในการกำจัดสีย้อมในน้ำเสียย้อมผ้า โดยศึกษาเปรียบเทียบกับสีย้อมชนิดต่าง ๆ คือ สีย้อมดิสเพิร์ส สีย้อมไดเร็กท์ สีย้อมรีแอกทีฟ สีย้อมแวต พบว่าแอกติเวทเต็ดคาร์บอนเหมาะสมกับสีย้อมที่อยู่ในรูปสารละลาย แต่ไม่เหมาะที่จะใช้กับสีย้อมที่ไม่ละลายหรือละลายได้น้อย เช่นสีย้อมแวต สีย้อมดิสเพิร์ส เพราะหลังจากใช้ไปประมาณ 20 – 50 ชั่วโมง จะเกิดการอิ่มตัวเสียพื้นที่ผิวใช้งานไป ซึ่งจำเป็นต้องเปลี่ยนหรือรีเจนเนอเรต เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

McKay, Ramprasad และ Mowli (1987) ศึกษาการใช้สารดูดติดผิวที่มีราคาถูก ได้แก่ เปลือกไม้สัก, แกลบข้าว, เศษฝ้าย, ถ่านหิน, เส้นผม และดินเบนโทไนท์ ในการกำจัดสีย้อมผ้าในน้ำเสีย 4 ชนิดได้แก่ สีเบสิก, สีเอซิด, สีไดเร็กท์ และสีดิสเพิร์ส ชนิดละ 2 โทนสี คือ สีแดงและสีน้ำเงิน จากการศึกษาพบว่า ดินเบนโทไนท์สามารถดูดติดสีย้อมได้ดี

เกือบทุกสี ยกเว้นสีเอซิดโทนสีแดง แต่การรีเจนเนอเรตเป็นไปได้ยากเนื่องจากเกิดพันธะเคมีที่แข็งแรงในการดูดติดสีย้อม ส่วนแกลบข้าว เปลือกไม้สัก เศษฝ้าย และเส้นผม สามารถดูดติดผิวกับสีย้อมเบสิกเท่านั้น ส่วนสีชนิดอื่นดูดติดผิวได้น้อย

Grau (1991) กล่าวว่าสามารถใช้แอกติเวทเต็ดสลัดจ์เป็นสารดูดติดผิวสำหรับกำจัดสีย้อมในน้ำเสียได้

Sun และ Xu (1997) ศึกษาการใช้ก้านดอกทานตะวันกำจัดสีย้อมจากน้ำเสียสิ่งทอ 2 ชนิด คือสีเบสิกและสีไดเร็กท์ พบว่า ก้านดอกทานตะวันสามารถกำจัดสีเบสิกได้ดีกว่าสีไดเร็กท์ และส่วนต่าง ๆ ของก้านดอกก็มีผลต่อการดูดติดสี โดยส่วน pith ซึ่งอ่อนนุ่มและเป็นรูพรุน จะดูดติดสีได้ดีกว่าส่วนผิวถึง 2 เท่า นอกจากนี้ ขนาดของอนุภาคก็มีผลต่อการดูดติดสี โดยที่อนุภาคขนาดเล็กสามารถดูดติดสีได้ดีกว่าอนุภาคขนาดใหญ่เนื่องจากพื้นที่ผิวมีมากกว่า

Kanekar และ Samaik (1991) ได้ทดลองใช้ระบบแอกติเวทเต็ดสลัดจ์บำบัดน้ำเสียจากโรงฟอกย้อม ซึ่งประกอบไปด้วย อะนิลีน, ฟีนอล, สีย้อมเมทิลไวโอเลต, สีย้อมโรดามีน บี เป็นต้น ขั้นตอนการเลี้ยงตะกอนจะใช้มูลสัตว์และเมื่อเลี้ยงไประยะต่าง ๆ ได้แยกสายพันธุ์ที่ตอบสนองกับน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมเป็นอย่างดีเป็นหัวเชื้อต่อ ๆ ไป จากการทดลองพบว่า สามารถลด COD ได้ 60% และพบว่า สายพันธุ์ ซูโดโมแนสนั้นสามารถใช้เลี้ยงในระบบแอกติเวทเต็ดสลัดจ์ได้เป็นที่น่าพอใจ

Koottatep (1993) ได้ทดลองใช้วิธีไฟฟ้าเคมีในการกำจัดสีย้อมในน้ำเสียโรงฟอกย้อมโดยสร้างแบบจำลองของถังปฏิกิริยาโคแอกกูเลชั่นด้วยไฟฟ้า ซึ่งประกอบไปด้วยแผ่นอิเล็คโตรดอยู่ในถังพลาสติกใส อิเล็คโตรดนี้ทำด้วยแผ่นเหล็ก สีย้อมจะถูกฟล้อคที่เกิดจากเฟอร์รัสไฮดรอกไซด์จับให้ตกตะกอน ในขณะที่ไม่จำเป็นต้องใช้สารเคมีมาทำหน้าที่เป็นตัวตกตะกอน และตัวช่วยตกตะกอน ตะกอนที่ได้จมตัวดีมากเนื่องจากเป็นตะกอนที่มีประจุ แต่มีข้อเสียคือ ก๊าซไฮโดรเจนที่ลอยตัว ทำให้สีบางส่วนลอยขึ้นมา พบว่าที่แผ่นอะโนดจะผุกร่อนเนื่องจากการปล่อยไอออนเฟอร์รัส และได้ด่างคือ ไฮดรอกไซด์จากน้ำเสีย ด้วยวิธีนี้สามารถกำจัดสีย้อมได้ประมาณ 60 % มากกว่าการใช้โอโซนในสภาวะของน้ำเสียเริ่มต้นเดียวกัน

Naumczyk, Szpyrkowicz และ Zilio – Grandi (1996) ศึกษาการกำจัดสีน้ำเสียจากน้ำย้อมผ้าโดยใช้กระบวนการไฟฟ้าเคมี โดยใช้แผ่นอิเล็คโตรดชนิดต่าง ๆ 3 ชนิด พบว่ากระบวนการนี้สามารถกำจัดสีได้สูง 94 – 97 % กำจัด COD 10 – 20 % โดยที่แผ่นอิเล็คโตรดต่างกันจะกำจัดสีได้ต่างกันเล็กน้อย และเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการกำจัดสี และ COD

จะเพิ่มขึ้น คือหลังจาก 1 ชั่วโมงจะมีประสิทธิภาพในการกำจัดสี 99 % และกำจัด COD 85 – 92% แต่วิธีนี้ พบว่า จะมีสารประกอบอื่น ๆ เกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก

Kuo (1992) ศึกษาการกำจัดสีย้อม โดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับเฟอร์รัสซัลเฟต ซึ่งเรียกว่า เฟนตอน รีเอเจนท์ (Fenton's reagent) โดยทดลองกับน้ำเสียสังเคราะห์จากสีย้อม 5 ประเภทคือ สีย้อมดิสเพิร์ส, สีย้อมรีแอกทีฟ, สีย้อมไดเร็กท์, สีย้อมเอซิด และสีย้อมเบสิก ซึ่งใช้กันมากในอุตสาหกรรม ในการศึกษาดังกล่าวพบว่า พีเอชมีผลต่อการกำจัดสี โดยพีเอชที่เหมาะสมคือ พีเอช ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 3.5 ส่วนปริมาณของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และเฟอร์รัสซัลเฟต ขึ้นกับประเภทของสีย้อม คือ 584 และ 250 มก./ล. ตามลำดับ สำหรับสีย้อมรีแอกทีฟ, 292 และ 83 มก./ล. ตามลำดับสำหรับสีย้อมไดเร็กท์, 875 และ 500 มก./ล. ตามลำดับสำหรับสีย้อมเอซิด, 292 และ 500 มก./ ล. ตามลำดับสำหรับสีย้อมเบสิก , 292 และ 333 มก./ล. ตามลำดับสำหรับสีย้อมดิสเพิร์ส นอกจากนี้ยังพบว่าการเพิ่มอุณหภูมิช่วยเร่งปฏิกิริยาให้เร็วขึ้นและควรอยู่ประมาณ 50 องศาเซลเซียส วิธีนี้สามารถกำจัดสีได้ประมาณ 97 % และกำจัด COD ได้ประมาณ 88 %

Lin และ Lo (1997) ศึกษาการใช้กระบวนการเฟนตอนร่วมกับกระบวนการตกตะกอนทางเคมีในการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ 2 ชนิด คือ สีย้อมไดเร็กท์ สีน้ำเงิน และสีรีแอกทีฟ สีดำ ซึ่งมีโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ เป็นองค์ประกอบรวมอยู่ด้วยในปริมาณน้อยกว่า 2 % สำหรับกระบวนการตกตะกอนทางเคมีจะใช้ โพลีอลูมิเนียมคลอไรด์ 100 มก./ล. ร่วมกับโพลีเมอร์ 1 มก./ล. จากการศึกษาพบว่า พีเอช ที่เหมาะสมคือพีเอช 3.0 และอุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 30 องศาเซลเซียส สำหรับปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และเฟอร์รัสซัลเฟตคือ 1,000 มก./ล. และ 200 มก./ล. ตามลำดับ ซึ่งสามารถกำจัดสีไดเร็กท์ได้ 60 % และกำจัดสีรีแอกทีฟได้มากกว่า 90 % กำจัด COD ได้ประมาณ 60 % สำหรับสีทั้ง 2 ชนิด และเมื่อใช้กระบวนการตกตะกอนทางเคมี พบว่าช่วยลดเวลาในการตกตะกอนให้เร็วขึ้น และสามารถเพิ่มการกำจัดสีไดเร็กท์จาก 60% เป็น 90% ส่วนสีรีแอกทีฟจะมีผลเล็กน้อย เนื่องจากสามารถกำจัดสีได้ดีอยู่แล้ว

Koottatep (1993) ได้ทดลองใช้โอโซน กำจัดสีย้อมในระดับห้องปฏิบัติการกับน้ำเสียจากโรงฟอกย้อม พบว่าสามารถกำจัดสีได้มีประสิทธิภาพ 50 % โดยการใช้ออกซิไดซิงสีย้อมด้วยโอโซน การกำจัดสีด้วยโอโซนดังกล่าว เหมาะกับการบำบัดน้ำเสียขั้นปฐมภูมิก่อนเข้าระบบบำบัดทางชีวภาพ เพราะโอโซนช่วยให้ค่าออกซิเจนละลายน้ำเพิ่มขึ้นเป็นประโยชน์ต่อการ

ย่อยสลายสารอินทรีย์ในถังเติมอากาศ และไม่ต้องการถังตกตะกอนขั้นปฐมภูมิ เพราะการกำจัดสีย้อมในน้ำเสียด้วยโอโซนไม่ก่อให้เกิดสลัดจ์

Judkin และ Homsby (1978) ได้ทดลองการกำจัดสีจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยวิธีการตกตะกอนทางเคมีโดยการใช้ปูนขาว มักเนเซียมคาร์บอเนต และมักเนเซียคาร์บอเนตร่วมกับปูนขาว โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์จากสีย้อม 3 ชนิด คือ สีย้อมแวต , สีย้อมดิสเพิร์ส และสีย้อมซัลเฟอร์ จากการทดลองดังกล่าวพบว่า การใช้มักเนเซียมคาร์บอเนตร่วมกับปูนขาวจะได้ผลดีกว่าการใช้สารเคมีชนิดเดียวในการกำจัดสีจากน้ำเสียสังเคราะห์ทั้ง 3 ประเภท ยกเว้นสีประเภทซัลเฟอร์ การใช้ปูนขาวเพียงอย่างเดียวก็สามารถกำจัดสีได้

Koprivanac et al. (1993) ได้ทำการศึกษาการกำจัดสีน้ำเสียจากโรงงานผลิตสีด้วยกระบวนการตกตะกอนโดยใช้ตัวตกตะกอนอนินทรีย์คือ $FeCl_3.6H_2O$ และโพลีเมอร์ชนิดประจุบวก ซึ่งมีชื่อทางการค้าว่า Levafloc R (Bayer) และ Colfloc 3915 (Ciba Geigy) สำหรับตัวอย่างน้ำเสียเป็นสีประเภทรีแอกทีฟ ซึ่งมีทั้งหมด 6 ตัวอย่างคือ Yellow 143, Red 183, Red 120, Brown 37, Blue 182, Blue 204 โดยทำการศึกษาอิทธิพลของพีเอช ชนิดของตัวตกตะกอนและอุณหภูมิ ผลการศึกษาพบว่า ช่วงพีเอชที่เหมาะสมสำหรับโพลีเมอร์คือช่วง 6.0 - 7.0 และสำหรับตัวตกตะกอนอนินทรีย์อยู่ในช่วง 2.4-4.0 เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวตกตะกอนทั้ง 3 ชนิดพบว่าโพลีเมอร์ 2 ชนิดมีประสิทธิภาพในการกำจัดสีใกล้เคียงกันคือ สามารถลดสีได้เกือบ 100 % และมีประสิทธิภาพดีกว่าตัวตกตะกอนอนินทรีย์ แต่ตัวตกตะกอนอนินทรีย์สามารถลด COD ได้มากกว่าโพลีเมอร์ และเมื่อศึกษาถึงผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อการตกตะกอนโดยศึกษาในช่วง 20-80 °C พบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพในการกำจัดสีจะลดลง ดังนั้นในการกำจัดสีด้วยตัวตกตะกอนอุณหภูมิสูงสุดไม่ควรเกิน 30 °C

Crowe , O' Melia และ Little (1977) อ้างถึงใน Beszedits et al. (1980) ได้ศึกษาการกำจัดสี disperse 2 ชนิด คือ disperse yellow 3 และdisperse yellow 42 ด้วยโพลีอีเล็กโตรไลท์ชนิดประจุบวก ประจุลบและไม่มีประจุ พบว่าการใช้โพลีอีเล็กโตรไลท์ชนิดประจุลบและไม่มีประจุให้ผลไม่ดี ส่วนประจุบวกสามารถกำจัดสีได้ดี และได้กล่าวถึงปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการตกตะกอน คือ ชนิด,ปริมาณของโพลีเมอร์และพีเอช ซึ่งสอดคล้องกับ Kace และ Linford (1975) ที่ได้ศึกษาการกำจัดสีประเภท disperse โดยเลือกโพลีเมอร์ชนิดประจุบวก 3 ตัวและประจุลบ 2 ตัว จากการทดลองพบว่า โพลีเมอร์ชนิดประจุลบเป็นตัวตกตะกอนที่ไม่มีประสิทธิภาพ ขณะที่โพลีเมอร์ชนิดประจุบวกสามารถกำจัดสีได้มากกว่า 90 % และเมื่อใช้ร่วมกับสารส้มสามารถกำจัดสีได้มากกว่า 95 % นอกจากนี้ยังมีการใช้โพลีเมอร์ร่วมกับสารอื่นในการ

กำจัดสีของน้ำเสียดังผลการทดลองของ กาญนิถา ครองธรรมชาติ (2536) ได้ทำการศึกษาวิธีการกำจัดสีน้ำเสียจากน้ำย้อมผ้า 4 ประเภทคือ สีรีแอกทีฟ เอซิด ไดเร็กท์ และดิสเพิร์ส โดยใช้สารโพลีอลูมิเนียมคลอไรด์ (PACl) ร่วมกับโพลีเมอร์ชนิดประจุบวก มีชื่อทางการค้าว่า Zetag-63 จากการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดสีของน้ำเสียขึ้นอยู่กับ ประเภทสีย้อม โทนสี ระดับพีเอชที่เหมาะสม ปริมาณ PACl และปริมาณโพลีเมอร์ที่เหมาะสม โดยผลการทดลองเมื่อใช้โพลีเมอร์ 0.2 ถึง 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตรเป็นดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ผลการกำจัดสีน้ำเสียชนิดต่างๆ

สี	ปริมาณ PACl (มิลลิกรัม/ลิตร)	การกำจัดสี (%)	การลด COD (%)	การลด SS (%)
รีแอคทีฟ	400-500	0.3-59.7	2.6-27.6	3.8-40.6
เอซิด	500-มากกว่า 3000	8.2-84.5	10.6-58.0	6.9-78.8
ไดเร็กท์	600-3000	7.6-81.9	6.6-46.3	11.9-41.0
ดิสเพิร์ส	100-1500	63.5-96.1	54.2-95.0	57.1-98.0

ซึ่งในการทดลอง น้ำเสียมีความเข้มของสีสูงไม่เท่ากัน แม้ผลการทดลองที่ได้จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดสีสูงก็ไม่อาจกล่าวได้ว่าจะสามารถลดความเข้มของสีให้อยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจได้

Nhuphan (1992) ได้ทำการศึกษาการกำจัดสีจากโรงงานฟอกยีนส์โดยกระบวนการตกตะกอนทางเคมีด้วย เฟอร์รัสซัลเฟต, เฟอริกซัลเฟต ร่วมกับโพลีเมอร์ซึ่งเป็นแคทไอออนิกมีชื่อทางการค้าว่า T3300 โดยทดลองกับน้ำเสียสังเคราะห์ แล้วนำผลที่ได้มาใช้กับน้ำเสียที่เกิดจากการฟอกย้อมยีนส์จริงจากการศึกษาพบว่าผลการกำจัดสีทั้งสองสภาวะใกล้เคียงกันโดยปริมาณเฟอร์รัสซัลเฟตและเฟอริกซัลเฟตที่เหมาะสมคือ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถกำจัดสีได้ 95.55% และ 94% ตามลำดับ และเมื่อใช้โพลีเมอร์ร่วมในการตกตะกอนพบว่าสามารถกำจัดสีได้ดีขึ้นคือ 98% และ 95 % ตามลำดับ เมื่อใช้โพลีเมอร์ 8-10 มิลลิกรัมต่อลิตร

การใช้สารส้มในการกำจัดสีน้ำทิ้ง จากอุตสาหกรรมฟอกย้อมสิ่งทอ มีทั้งที่ใช้สารส้มเพียงอย่างเดียวและใช้ร่วมกับสารอื่น ดังเช่น เมื่อใช้สารส้ม 120 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถที่จะลดสีได้ 86 % (Nemerow,1952 อ้างถึงใน Beszedits et al. ,1980) และเมื่อ

เปรียบเทียบประสิทธิภาพของปูนขาวและสารส้ม (Shelley et al. ,1976 อ้างถึงใน Beszedits et al.,1980) โดยใช้ในการกำจัดสีในน้ำทิ้งจากกระบวนการย้อมก่อนที่จะบำบัดด้วยกระบวนการทางชีววิทยา พบว่าถ้าเติมปูนขาวปริมาณ 4500 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถกำจัดสีได้81.5% แต่ถ้าใช้สารส้มจะใช้ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถกำจัดสีได้ 62.8 %

Altinbas,Dokmeci และ Baristiran (1995) ศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมฟอกย้อมสิ่งทอ ซึ่งน้ำเสียที่ใช้เป็นน้ำเสียรวม โดยสีที่ใช้ส่วนมากจะเป็นประเภท reactive และ direct การบำบัดใช้กระบวนการตกตะกอนทางเคมีและระบบ activated sludge ตามลำดับ โดยตัวตกตะกอนที่ใช้คือ สารส้ม เฟอริกคลอไรด์ ปูนขาว และ แคลเซียมคาร์บอเนต จากผลการทดลองพบว่าที่พีเอช 6.0 การใช้สารส้มร่วมกับปูนขาวจะให้ผลดีที่สุดในการลด COD โดยใช้สารส้ม 184 mg/lและปูนขาว 1000 mg/l สามารถลด COD ได้ 42 % ส่วนการใช้สารส้มร่วมกับแคลเซียมคาร์บอเนต,เฟอริกคลอไรด์ร่วมกับปูนขาวและเฟอริกคลอไรด์ร่วมกับแคลเซียมคาร์บอเนตสามารถลดCOD ลงได้ 40 % ,32-45% และ 35 % ตามลำดับ และเมื่อนำน้ำเสียขั้นแรกมาบำบัดด้วยระบบ Activated sludge สามารถที่จะลด COD ได้ 60-90 % ซึ่งจากการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าการใช้สารส้มในการตกตะกอนแล้วตามด้วยการบำบัดด้วยระบบ Activated sludge สามารถกำจัด COD ได้ถึง 94 %

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการดำเนินการทดลอง

3.1 รูปแบบการวิจัย

เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (experimental research) กระทำภายใต้สภาวการณ์ที่กำหนดขึ้นภายในห้องปฏิบัติการ

3.2 สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการภาควิชาชีวเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3 วัสดุอุปกรณ์

3.3.1 สีย้อมตัวอย่าง

เป็นสีย้อมที่ใช้ทำการย้อมจริงภายใต้ชื่อการค้าต่าง ๆ ดังนี้

1. สีย้อมประเภทแวต โทนสีเหลือง ชื่อ YELLOW 5GF ผลิตภัณฑ์ของบริษัทเทคคัลเลอร์ จำกัด
2. สีย้อมประเภทแวต โทนสีน้ำเงิน ชื่อ BLUE RS ผลิตภัณฑ์ของบริษัทเทคคัลเลอร์ จำกัด
3. สีย้อมประเภทรีแอกทีฟ โทนสีน้ำเงิน ชื่อ BLUE GNE ผลิตภัณฑ์ของบริษัทซิบาไกกี้ จำกัด

3.3.2 ตัวอย่างน้ำทิ้ง

ตัวอย่างที่นำมาใช้ทดลองเป็นน้ำทิ้งที่ผ่านกระบวนการย้อมจากหม้อต้มย้อม

1. สีแวต โทนสีเหลือง ประกอบด้วยสีย้อม 1 ชนิด ได้แก่ YELLOW 5GF
2. สีแวต โทนสีน้ำเงิน ประกอบด้วยสีย้อม 1 ชนิด ได้แก่ BLUE RS
3. สีรีแอกทีฟ โทนสีน้ำเงิน ประกอบด้วยสีย้อม 2 ชนิด ได้แก่ BLUE GNE และ VIOLET TRE

ทั้งสีย้อมตัวอย่างและน้ำทิ้งตัวอย่างได้รับการอนุเคราะห์จากห้างหุ้นส่วนจำกัด สหโรจน์การทอ ตั้งอยู่เลขที่ 43 หมู่ 6 ถนนสุขสวัสดิ์ จ. สมุทรปราการ

3.3.3 สารเคมี

1. อะลูมิเนียมซัลเฟต (เชิงพาณิชย์) ผลิตภัณฑ์บริษัทเคมีวิทยาศาสตร์อุตสาหกรรม จำกัด
2. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (เอ.อาร์ เกรด) ผลิตภัณฑ์บริษัท EKA NOBEL
3. กรดซัลฟุริก (เอ.อาร์ เกรด) ผลิตภัณฑ์บริษัท J.T. BAKER CHEMICALS
4. โพลีเมอร์ประเภทแคทไอออน ชื่อทางการค้า Zentrifloc 95 ผลิตภัณฑ์บริษัท FRATELLI LAMBERTI
5. โพลีเมอร์ประเภทแคทไอออน ชื่อทางการค้า Lomfloc 1525 ผลิตภัณฑ์บริษัท FRATELLI LAMBERTI
6. โพลีเมอร์ประเภทแอนไอออน ชื่อทางการค้า Lamfloc 7985 ผลิตภัณฑ์บริษัท FRATELLI LAMBERTI

3.3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องวัดความเป็นกรด – ด่าง (pH - Meter) ของ RADIO METER รุ่น PHM 83 AUTOCAL
2. เครื่องวัดและบันทึกการดูดกลืนแสง (U.V. SPECTROPHOTOMETER) ของ BECKMAN รุ่น DU 650

3. เครื่องชั่งสารอย่างละเอียด ของ METTLER INSTRUMENT AG. รุ่น AE – 2005

4. เครื่องกวนจาร์เทสต์ของ VELP

5. เครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้าของ JANKE KUNKEL รุ่น IKAMAG MINI – MR

3.4 การเตรียมสารละลายสีย้อมที่ใช้ในการทดลอง

เตรียมจากสีย้อมตัวอย่าง 3 ชนิด ดังนี้

- สีย้อมแวต โทนสีเหลือง YELLOW 5GF
- สีย้อมแวต โทนสีน้ำเงิน BLUE RS
- สีย้อมรีแอกทีฟ โทนสีน้ำเงิน BLUE GNE

1. ชั่งสีย้อม YELLOW 5GF ประมาณ 0.5 กรัม เติมลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 1000 ลบ.ซม. เติมน้ำกลั่นให้มีปริมาตรเป็น 1000 ลบ.ซม. จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้นของเนื้อสารประมาณ 500 พีพีเอ็ม

2. เตรียมสารละลายสีย้อม BLUE RS และ BLUE GNE ที่มีความเข้มข้นของเนื้อสารประมาณ 500 พีพีเอ็ม

3.5 วิธีดำเนินการทดลอง

การวิจัยนี้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ขั้นตอนหลัก โดยขั้นตอนแรกเป็นการศึกษาการกำจัดสีจากสารละลายสีย้อมที่เตรียมขึ้นจากสีย้อมที่ใช้อยู่จริงในอุตสาหกรรมสิ่งทอ ได้แก่ สีย้อมแวต โทนสีน้ำเงิน และโทนสีเหลือง และสีย้อมรีแอกทีฟโทนสีน้ำเงิน ในขั้นตอนนี้จะประกอบด้วยการทดลองดังนี้

1. การทดสอบสมบัติของสารละลายสีย้อม
2. การหาค่าพีเอชและปริมาณสารตกตะกอนที่เหมาะสมต่อการตกตะกอน

ส่วนขั้นตอนที่สองเป็นการศึกษาการกำจัดสีจากน้ำทิ้งตัวอย่าง ซึ่งเป็นน้ำที่ปล่อยออกมาหลังจากผ่านกระบวนการย้อมจากหม้อต้มย้อมแล้ว

3.5.1 ศึกษาความสามารถในการกำจัดสีที่สภาวะที่เหมาะสมจากสารละลายสีย้อม

3.5.1.1 ศึกษาสมบัติของสารละลายสีย้อม

นำสารละลายสีย้อมทั้ง 3 สี ได้แก่ YELLOW 5GF, BLUE RS, BLUE GNE ที่มีความเข้มข้น 500 พีพีเอ็ม ที่เตรียมขึ้นตามข้อ 3.4 ไปวัดค่าพีเอช,ความยาวคลื่นที่เหมาะสมและค่าการดูดกลืนแสง

3.5.1.2 ศึกษาค่าพีเอชและปริมาณสารตกตะกอนที่เหมาะสมต่อการตกตะกอน

ก) **ใช้** Zentrifloc 95

วิธีทดลอง 1. การทดสอบขั้นต้น

การทดลองในขั้นนี้ มีขึ้นเพื่อหาปริมาณสารเคมีที่จะนำไปใช้ในการทดลองขั้นถัดไป

1.1 เติมสารละลายสีย้อม ปริมาตร 200 ลบ.ซม. ลงในบีกเกอร์ขนาด 600 ลบ.ซม. แล้วปรับพีเอช ด้วยกรดซัลฟุริกและโซเดียมไฮดรอกไซด์ให้เป็น 6.0

1.2 เติมสารตกตะกอนคือ Zentrifloc 95 ลงไปจำนวนหนึ่ง

1.3 นำไปกวนโดยใช้เครื่องจาร์เทสต์ โดยใช้อัตราเร็ว 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที แล้วเปลี่ยนเป็นกวนช้าที่อัตราเร็ว 20 รอบต่อนาที เป็นเวลา 3 นาที สังเกตดูตะกอน ถ้ายังไม่มีตะกอนเกิดขึ้นให้เพิ่มปริมาณสารตกตะกอนขึ้นอีกทีละน้อย ทำซ้ำไปเรื่อย ๆ จนสังเกตเห็นตะกอนชัดขึ้น นำค่าปริมาณสารที่ก่อให้เกิดตะกอนนี้ไปใช้ในการทดลองหาพีเอชที่เหมาะสมต่อไป

2.ศึกษาค่าพีเอชที่เหมาะสม

2.1 เติมสารละลายสีย้อม ปริมาณ 200 ลบ.ซม. ลงในบีกเกอร์ 6 ใบ แล้วปรับค่าพีเอชในบีกเกอร์ให้อยู่ในช่วง 5-11

2.2 เติมสารตกตะกอนลงในบีกเกอร์ทุกใบ ในปริมาณเป็น 2 เท่าของปริมาณที่ทดสอบได้จากข้อ 1.3 เดินเครื่องกวนน้ำในบีกเกอร์ที่อัตราเร็ว 100 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 3 นาที แล้วเปลี่ยนเป็นกวนช้าอัตราเร็ว 20 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 20 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3 นำน้ำใสส่วนบนจากข้อ 2.2 มาวัดพีเอช และวัดค่าการดูดกลืนแสงเพื่อดูว่าพีเอชช่วงใดให้ค่าการกำจัดสีสูงสุด เพื่อหาค่าพีเอชที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในขั้นถัดไป

3. ศึกษาปริมาณสารตกตะกอนที่เหมาะสม

3.1 เติมสารละลายสีย้อม ปริมาณ 200 ลบ.ซม.ลงในบีกเกอร์ 6 ใบ

3.2 ปรับค่าพีเอชให้ได้ตามผลการทดลองข้อ 2.3

3.3 เติมสารตกตะกอนในปริมาณต่าง ๆกัน ลงในบีกเกอร์แต่ละใบ

3.4 นำไปกวนที่อัตราเร็ว 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 3 นาที และกวนช้าอัตราเร็ว 20 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 20 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

3.5 นำน้ำใสส่วนบนที่ได้จากข้อ 3.4 มาวัดพีเอชและวัดค่าการดูดกลืนแสงเพื่อหาปริมาณสารตกตะกอนที่เหมาะสม

ข) ใช้ Lamfloc 1525 โดยวิธีทดลองเหมือน Zentrifloc 95

3.5.2ศึกษาความสามารถในการกำจัดสีที่สภาวะที่เหมาะสมจากน้ำทิ้งโรงฟอกย้อมสิ่งทอ

3.5.2.1 ศึกษาสมบัติของน้ำทิ้งตัวอย่าง

นำน้ำทิ้งตัวอย่างไปวัดค่าพีเอช , ค่าความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด, ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด, ค่าซีโอดี และ เอสเอส ของน้ำทิ้งตัวอย่างก่อนทำการทดลอง

3.5.2.2 ศึกษาค่าพีเอชและปริมาณสารตกตะกอนที่เหมาะสมต่อการตกตะกอน

สารตกตะกอนที่ศึกษาจะเลือกสารที่ให้ผลการกำจัดสีที่ดีที่สุด จากการทดสอบการกำจัดสีจากสารละลายสีย้อม และใช้สารตกตะกอนดังกล่าวร่วมกับสารช่วยตกตะกอนคือ โพลีเมอร์ ประเภทแอนไอออนิก ชื่อ Lamfloc 7985 และนำมาเปรียบเทียบกับการใช้สารส้มเป็นตัวตกตะกอน

ก) ใช้สารตกตะกอนชนิดโพลีเมอร์เพียงอย่างเดียว

วิธีทดลอง 1. การทดสอบขั้นต้น

1.1 เติมน้ำทิ้งตัวอย่าง ปริมาณ 250 ลบ.ซม. ลงในบีกเกอร์ขนาด 600 ลบ.ซม. แล้วปรับพีเอช ให้เป็น 6.0

1.2 เติมสารตกตะกอนลงไปจำนวนหนึ่ง โดยใช้ชนิดที่ให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีดีที่สุดที่ได้จากทดสอบการกำจัดสีจากสารละลายสีย้อมตัวอย่าง

1.3 นำไปกวนโดยใช้อัตราเร็ว 100 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 1 นาที แล้วเปลี่ยนเป็นกวนช้าที่อัตรา 20 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 3 นาที สังเกตดูตะกอน ถ้ายังไม่มีตะกอนเกิดขึ้นให้เพิ่มปริมาณสารตกตะกอน ขึ้นอีกทีละน้อย ทำซ้ำไปเรื่อย ๆ จนสังเกตเห็นตะกอนชัดขึ้น นำค่าปริมาณสารที่ก่อให้เกิดตะกอนนี้ไปใช้ในการทดลองเพื่อหาพีเอชที่เหมาะสมต่อไป

2. ศึกษาค่าพีเอชที่เหมาะสม

2.1 เติมน้ำทิ้งตัวอย่าง ปริมาณ 250 ลบ.ซม. ลงในบีกเกอร์ 6 ใบ แล้วปรับค่าพีเอชในบีกเกอร์ให้มีค่าอยู่ในช่วง 5 – 11

2.2 เติมสารตกตะกอนลงในบีกเกอร์ทุกใบ ในปริมาณเป็น 2 เท่าของปริมาณที่ทดสอบได้จากข้อ 1.3 เพื่อจะได้สังเกตตะกอนได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น เดินเครื่องกวนน้ำในบีกเกอร์ด้วยอัตราเร็ว 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 3 นาที แล้วเปลี่ยนเป็นกวนช้าอัตราเร็ว 20 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 20 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

2.3 นำน้ำใสส่วนบนจากข้อ 2.2 มาวัดค่า พีเอช และวัดค่าการดูดกลืนแสงเพื่อดูว่า พีเอชช่วงใดให้ค่าการกำจัดสีสูงสุด เพื่อหาค่าพีเอชที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในขั้นถัดไป

3. ศึกษาปริมาณสารตกตะกอนที่เหมาะสม

3.1 เติมน้ำทิ้งตัวอย่างปริมาณ 250 ลบ.ซม. ลงในบีกเกอร์ 6 ใบ

3.2 ปรับค่าพีเอชให้ได้ตามผลการทดลองข้อ 2.3

3.3 เติมสารตกตะกอนในปริมาณต่าง ๆ กันลงในบีกเกอร์แต่ละใบ

3.4 นำไปกวนที่อัตราเร็ว 100 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 3 นาทีและกวนช้าอัตราเร็ว 20 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 20 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

3.5 นำน้ำใสส่วนบนที่ได้จากข้อ 3.4 มาวัดพีเอชและวัดค่าการดูดกลืนแสงเพื่อหาปริมาณสารตกตะกอนที่เหมาะสม และนำน้ำใสของบีกเกอร์ชุดที่ให้ปริมาณที่เหมาะสมไปวัดค่า ซีโอดี และเอสเอส

ข) ใช้สารตกตะกอนชนิดโพลีเมอร์ที่ให้ผลการกำจัดสีดีที่สุดที่เลือกจากการทดสอบการกำจัดสีจากสารละลายสีย้อมตัวอย่าง ร่วมกับ Lamfloc 7985

วิธีทดลอง 1. เติมน้ำทิ้งตัวอย่างปริมาณ 250 ลบ.ซม.ลงในบีกเกอร์

2. ปรับพีเอชและเติมสารตกตะกอนในปริมาณที่เหมาะสมที่ได้จากการทดสอบก่อนหน้านี้ แล้วกวนเร็วด้วยอัตราเร็ว 100 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 3 นาที

3. เติมสารช่วยตกตะกอนคือ Lamfloc 7985 ในปริมาณต่าง ๆกันลงในบีกเกอร์แต่ละใบ กวนช้าด้วยอัตราเร็ว 20 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที ตั้งทิ้งให้ตกตะกอน 1 ชั่วโมง

4.นำน้ำใสส่วนบนที่ได้จากข้อ 3 ไปวัดพีเอชและ วัดค่าการดูดกลืนแสงเพื่อหาปริมาณสารช่วยตกตะกอนที่เหมาะสม

ค) ใช้สารส้ม

วิธีทดลอง เหมือนขั้นตอนการใช้สารตกตะกอนชนิดโพลีเมอร์เพียงอย่างเดียว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ศึกษาความสามารถในการกำจัดสีที่สภาวะที่เหมาะสมจากสารละลายสีย้อม

4.1.1 ศึกษาสมบัติของสารละลายสีย้อม

โดยการนำสารละลายสีย้อมทั้ง 3 สีได้แก่ สารละลายสีย้อม YELLOW 5GF, BLUE RS และ BLUE GNE มาศึกษาสมบัติต่าง ๆ ได้แก่ ค่าพีเอช, ค่าความยาวคลื่นที่เหมาะสม และค่าการดูดกลืนแสง ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด, ค่าการดูดกลืนแสงและค่าพีเอช ของสารละลายสีย้อมทั้ง 3 ชนิด

สารละลายสีย้อม	ความเข้มข้นสารละลายสีย้อม (พีพีเอ็ม)	ความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด (นาโนเมตร)	ค่าการดูดกลืนแสง (เจือจาง 5 เท่า)	พีเอช
แวต YELLOW 5GF	500	439	1.199 - 1.229	6.90 - 7.20
แวต BLUE RS	500	590	0.766 - 0.777	6.60 - 6.80
รีแอกทีฟBLUE GNE	500	620	1.743 - 1.788	6.94 - 7.00

จะเห็นได้ว่าถึงแม้ความเข้มข้นโดยมวลของแต่ละสีจะเท่ากัน คือ 500 พีพีเอ็ม แต่ค่าการดูดกลืนแสงจะต่างกันเมื่อชนิดของสีและโทนสีต่างกัน

4.1.2 ศึกษาค่าพีเอชและปริมาณสารตกตะกอนที่เหมาะสม

จากการทดลองการกำจัดสีของสารละลายสีย้อมต่าง ๆ โดยผ่านกระบวนการตกตะกอนโดยมีการหาปัจจัยในการทดลองคือ

- พีเอชที่เหมาะสม เพื่อหาค่าพีเอชที่เหมาะสมของสารละลายสีที่ให้ผลการกำจัดสีดีที่สุดและเพื่อจะนำค่าพีเอชนี้ไปทดลองหาค่าปริมาณสารตกตะกอนที่เหมาะสมต่อไป สำหรับการพิจารณาหาค่าพีเอชที่เหมาะสมจะพิจารณาค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีย้อมที่ความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด ทั้งนี้ปริมาณสารตกตะกอนที่ใช้ในกรณีนี้จะเป็นปริมาณ 2 เท่าของปริมาณที่ก่อให้เกิดตะกอน เพื่อจะได้สังเกตตะกอนได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น ซึ่งหาจากการปรับพีเอชเริ่มต้นให้เท่ากับ 6.0 แล้วจึงเติมสารตกตะกอนลงไปทีละน้อย โดยสังเกตว่าที่ปริมาณใดที่สารตกตะกอนที่เติมลงไปจะให้ตะกอนที่สังเกตเห็นด้วยตา ซึ่ง 2 เท่าของปริมาณนี้จะนำมาใช้ในการทดลองต่อไป

- ปริมาณสารตกตะกอนที่เหมาะสม โดยแปรผันปริมาณสารตกตะกอนปริมาณต่าง ๆ เพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมในการกำจัดสี โดยพิจารณาจากค่าการดูดกลืนแสง

ก) การกำจัดสีด้วย Zentrifloc 95

- <u>พีเอชที่เหมาะสม</u>

จากผลการทดลองการกำจัดสีสารละลายสีย้อมแวต YELLOW 5GF ด้วย Zentrifloc 95 ดังแสดงในตารางที่ 4.2 เมื่อแปรผันพีเอชของตัวอย่างสารละลายสีย้อมตั้งแต่ 5.0-10.0 พบว่าที่พีเอช 9.0 ให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีสูงสุดคือ 73.69% ดังนั้นพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมสำหรับสารละลายสีย้อมแวต YELLOW 5GF คือพีเอชเริ่มต้น 9.0

จากผลการทดลองการกำจัดสีสารละลายสีย้อมแวต BLUE RS ด้วย Zentrifloc 95 ดังแสดงในตารางที่ 4.4 เมื่อแปรผันพีเอชของตัวอย่างสารละลายสีย้อมตั้งแต่ 6.0-11.0 พบว่าที่พีเอช 10.0 ให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีสูงสุดคือ 78.78% ดังนั้นพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมสำหรับสารละลายสีย้อมแวต BLUE RS คือพีเอชเริ่มต้น 10.0

จากผลการทดลองการกำจัดสีสารละลายสีย้อมรีแอกทีฟ BLUE GNE ด้วย Zentrifloc 95 ดังแสดงในตารางที่ 4.6 เมื่อแปรผันพีเอชของตัวอย่างสารละลายสีย้อมตั้งแต่ 5.0-10.0 พบว่าที่พีเอช 9.0 ให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีสูงสุดคือ 64.86% ดังนั้นพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมสำหรับสารละลายสีย้อมรีแอกทีฟ BLUE GNE คือพีเอชเริ่มต้น 9.0

- <u>ปริมาณสารตกตะกอนที่เหมาะสม</u>

จากผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.2, 4.4 และ 4.6 ทำให้สามารถเลือกพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมของสารละลายสีย้อมทั้ง 3 ได้ ดังนั้นจึงปรับพีเอชเริ่มต้นไปที่พีเอช

ดังกล่าวก่อน แล้วจึงนำตัวอย่างสารละลายสีที่ปรับพีเอชแล้วดังกล่าว ไปแปรผันปริมาณ Zentrifloc 95 เพื่อหาค่าปริมาณที่เหมาะสมในการกำจัดสารละลายสีย้อม

จากตารางที่ 4.3 แสดงผลการกำจัดสีสารละลายสีย้อมแวต YELLOW 5GF เมื่อแปรผันปริมาณ Zentrifloc 95 ตั้งแต่ 10.0 - 35.0% โดยปริมาตรของสารละลายสี โดยปรับพีเอชเริ่มต้นไปที่พีเอชที่เหมาะสมคือ 9.0 พบว่าปริมาณ Zentrifloc 95 ที่เหมาะสมสำหรับสารละลายสีย้อมแวต YELLOW 5GF คือปริมาณ 20.0% โดยปริมาตรของสารละลายสี ซึ่งให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีสูงสุดคือ 76.65%

จากตารางที่ 4.5 แสดงผลการกำจัดสีสารละลายสีย้อมแวต BLUE RS เมื่อแปรผันปริมาณ Zentrifloc 95 ตั้งแต่ 10.0 - 35.0% โดยปริมาตรของสารละลายสี โดยปรับพีเอชเริ่มต้นไปที่พีเอชที่เหมาะสมคือ 10.0 พบว่าปริมาณ Zentrifloc 95 ที่เหมาะสมสำหรับสารละลายสีย้อมแวต BLUE RS คือปริมาณ 20.0% โดยปริมาตรของสารละลายสี ซึ่งให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีสูงสุดคือ 87.46%

จากตารางที่ 4.7 แสดงผลการกำจัดสีสารละลายสีย้อมรีแอกทีฟ BLUE GNE เมื่อแปรผันปริมาณ Zentrifloc 95 ตั้งแต่ 30.0- 80.0% โดยปริมาตรของสารละลายสี โดยปรับพีเอชเริ่มต้นไปที่พีเอชที่เหมาะสมคือ 9.0 พบว่าปริมาณ Zentrifloc 95 ที่เหมาะสมสำหรับสารละลายสีย้อมรีแอกทีฟ BLUE GNE คือปริมาณ 60.0% โดยปริมาตรของสารละลายสี ซึ่งให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีสูงสุดคือ 83.22%

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีสารละลายสีย้อมแวตโทนสีเหลือง YELLOW 5GF เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช โดยใช้ Zentrifloc 95 ปริมาณ 20% (v/v)

พีเอช	ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย (ความยาวคลื่น 439 nm)	การกำจัดสี (%)	พีเอชหลังการตกตะกอน
เริ่มต้น	1.224	-	-
5.0	0.859	29.82	5.19
6.0	0.908	25.82	5.66
7.0	0.528	56.86	6.50
8.0	0.443	63.81	7.02
9.0	0.322	73.69	7.96
10.0	0.397	67.57	9.53

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีสารละลายสีย้อมแวตโทนสีเหลือง YELLOW 5GF เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณ Zentrifloc 95 โดยปรับพีเอชเริ่มต้นที่ 9.0

ปริมาณ (%)	ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย (ความยาวคลื่น 439 nm)	การกำจัดสี (%)	พีเอชหลังการตกตะกอน
ก่อนเติม	1.229	-	-
10.0	0.841	31.57	8.07
15.0	0.563	54.19	8.00
20.0	0.287	76.65	7.96
25.0	0.513	58.26	7.84
30.0	0.847	31.08	7.76
35.0	0.951	22.62	7.73

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีสารละลายสีย้อมแวตโทนสีน้ำเงิน BLUE RS เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช โดยใช้ Zentrifloc 95 ปริมาณ 25% (v/v)

พีเอช	ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย (ความยาวคลื่น 590 nm)	การกำจัดสี (%)	พีเอชหลังการตกตะกอน
เริ่มต้น	0.768	-	-
6.0	0.718	6.52	5.87
7.0	0.670	12.76	6.65
8.0	0.466	39.32	6.95
9.0	0.546	28.91	7.08
10.0	0.163	78.78	8.09
11.0	0.582	24.22	10.41

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีสารละลายสีย้อมแวตโทนสีน้ำเงิน BLUE RS เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณ Zentrifloc 95 โดยปรับพีเอชเริ่มต้นที่ 10.0

ปริมาณ (%)	ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย (ความยาวคลื่น 590 nm)	การกำจัดสี (%)	พีเอชหลังการตกตะกอน
ก่อนเติม	0.766	-	-
10.0	0.726	5.22	8.28
15.0	0.287	62.53	8.18
20.0	0.096	87.46	8.06
25.0	0.164	78.59	8.06
30.0	0.366	52.22	8.00
35.0	0.648	15.40	7.93

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีสารละลายสีย้อมรีแอกทีฟโทนสีน้ำเงิน BLUE GNE เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช โดยใช้ Zentrifloc 95 ปริมาณ 40%

พีเอช	ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย (ความยาวคลื่น 620 nm)	การกำจัดสี (%)	พีเอชหลังการตกตะกอน
เริ่มต้น	1.726	-	-
5.0	0.729	58.95	4.58
6.0	0.772	56.53	5.67
7.0	0.804	54.73	5.70
8.0	0.801	54.90	6.38
9.0	0.624	64.86	6.41
10.0	1.042	41.33	6.50

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีสารละลายสีย้อมรีแอกทีฟโทนสีน้ำเงิน BLUE GNE เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณ Zentrifloc 95 โดยปรับพีเอชเริ่มต้นที่9.0

ปริมาณ (%)	ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย (ความยาวคลื่น 620 nm)	การกำจัดสี (%)	พีเอชหลังการตกตะกอน
ก่อนเติม	1.782	-	-
30.0	1.196	32.88	6.60
40.0	0.690	61.28	6.51
50.0	0.447	74.92	6.45
60.0	0.299	83.22	6.41
70.0	0.318	82.15	6.37
80.0	0.453	74.58	6.12

ข) การกำจัดสีด้วย Lamfloc 1525

- <u>พีเอชที่เหมาะสม</u>

จากตารางที่ 4.8 แสดงผลการกำจัดสีสารละลายสีย้อมแวต YELLOW 5GF ด้วย Lamfloc 1525 เมื่อแปรผันพีเอชเริ่มต้นของสารละลายสีย้อมแวต YELLOW 5GF ตั้งแต่ 4.0 - 9.0 พบว่าแต่ละพีเอชให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีที่ใกล้เคียงกันคืออยู่ในช่วง 98.33 - 99.17% แต่ที่พีเอช 5.0 ให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีสูงสุดคือ 99.17% ดังนั้นพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมสำหรับสารละลายสีย้อมแวต YELLOW 5GF คือที่พีเอชเริ่มต้น 5.0

จากตารางที่ 4.10 แสดงผลการกำจัดสีสารละลายสีย้อมแวต BLUE RS ด้วย Lamfloc 1525 เมื่อแปรผันค่าพีเอชเริ่มต้นของสารละลายสีย้อมแวต BLUE RS ตั้งแต่พีเอช 4.0 - 9.0 พบว่าแต่ละพีเอชให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีใกล้เคียงกันคือประมาณ 98% แต่ที่พีเอช 6.0 จะให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีสูงสุดคือ 98.71% ดังนั้นพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมสำหรับสารละลายสีย้อมแวต BLUE RS คือที่พีเอชเริ่มต้น 6.0

จากตารางที่ 4.12 แสดงผลการกำจัดสีสารละลายสีย้อมรีแอกทีฟ BLUE GNE ด้วย Lamfloc 1525 เมื่อแปรผันค่าพีเอชเริ่มต้นของสารละลายสีย้อมรีแอกทีฟ BLUE GNE ตั้งแต่พีเอช 4.0 - 9.0 พบว่าแต่ละพีเอชให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีใกล้เคียงกันมาก คือประมาณ 99% แต่ที่พีเอช 5.0 จะให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีสูงสุดคือ 99.48% ดังนั้นพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมสำหรับสารละลายสีย้อมรีแอกทีฟ BLUE GNE คือที่พีเอชเริ่มต้น 5.0

- <u>ปริมาณสารตกตะกอนที่เหมาะสม</u>

จากผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.8, 4.10 และ 4.12 ทำให้สามารถเลือกพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมของสารละลายสีย้อมทั้ง 3 ได้ ดังนั้นจึงปรับพีเอชเริ่มต้นไปที่พีเอชดังกล่าวก่อน แล้วจึงนำตัวอย่างสารละลายสีที่ปรับพีเอชแล้วดังกล่าวไปแปรผันปริมาณ Lamfloc 1525 เพื่อหาค่าปริมาณที่เหมาะสมในการกำจัดสารละลายสีย้อม ซึ่งได้ผลดังตารางที่ 4.9, 4.11 และ 4.13

จากตารางที่ 4.9 แสดงผลการกำจัดสีสารละลายสีย้อมแวต YELLOW 5GF เมื่อแปรผันปริมาณ Lamfloc 1525 ตั้งแต่ 0.25 - 1.50% โดยปริมาตรของสารละลายสี โดยปรับพีเอชเริ่มต้นไปที่พีเอชที่เหมาะสมคือ 5.0 พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณ Lamfloc 1525 ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเพิ่มขึ้น โดยปริมาณตั้งแต่ 0.25 - 0.5% โดยปริมาตรของสารละลายสี จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดสีเพิ่มขึ้นมากคือจาก 52.80% เป็น 99.01% จากนั้นประสิทธิภาพในการกำจัดสีจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ดังนั้นปริมาณที่เหมาะสมสำหรับสารละลาย

สีย้อมแวต YELLOW 5GF เท่ากับ 0.50% โดยปริมาตรของสารละลายสี ซึ่งให้ประสิทธิภาพการกำจัดสี 99.01%

จากตารางที่ 4.11 แสดงผลการกำจัดสีสารละลายสีย้อมแวต BLUE RS เมื่อแปรผันปริมาณ Lamfloc 1525 ตั้งแต่ 0.25 - 1.25% โดยปริมาตรของสารละลายสี โดยปรับพีเอชเริ่มต้นไปที่พีเอชที่เหมาะสมคือ 6.0 พบว่าปริมาณตั้งแต่ 0.25 - 0.50% โดยปริมาตรของสารละลายสี ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเพิ่มขึ้นมากคือจาก 17.94% เป็น 98.06% ดังนั้นปริมาณที่เหมาะสมสำหรับสารละลายสีย้อมแวต BLUE RS เท่ากับ 0.50% โดยปริมาตรของสารละลายสี ซึ่งให้ประสิทธิภาพการกำจัดสี 98.06%

จากตารางที่ 4.13 แสดงผลการกำจัดสีสารละลายสีย้อมรีแอกทีฟ BLUE GNE เมื่อแปรผันปริมาณ Lamfloc 1525 ตั้งแต่ 0.50 - 1.75% โดยปริมาตรสารละลายสี โดยปรับพีเอชเริ่มต้นไปที่พีเอชที่เหมาะสมคือ 5.0 พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณ Lamfloc 1525 ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเพิ่มขึ้น โดยปริมาณตั้งแต่ 0.50 - 0.75% โดยปริมาตรของสารละลายสี จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดสีเพิ่มขึ้นมาก คือจาก 27.24% เป็น 96.42% จากนั้นประสิทธิภาพในการกำจัดสีจะเพิ่มเล็กน้อย ดังนั้นปริมาณที่เหมาะสมสำหรับสารละลายสีย้อมรีแอกทีฟ BLUE GNE เท่ากับ 0.75% โดยปริมาตรสารละลายสี ซึ่งให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสี 96.42%

จากตารางที่ 4.14 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีสารละลายสีย้อมด้วย Zentrifloc 95 และ Lamfloc 1525 พบว่า ณ สภาวะที่เหมาะสม Lamfloc 1525 สามารถให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีทั้ง 3 ชนิดได้สูงมาก คือ ประมาณ 96 - 99% สำหรับ Zentrifloc 95 ให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีที่ต่ำกว่าคือประมาณ 77-88% ดังนั้นในการทดสอบในขั้นต่อไปที่จะศึกษาถึงความสามารถในการกำจัดสีจากน้ำทิ้งจะเลือกเอา Lamfloc 1525 ไปใช้ในขั้นตอนดังกล่าว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีสารละลายสีย้อมแวตโทนสีเหลือง YELLOW 5GF เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช โดยใช้ Lamfloc 1525 ปริมาณ 0.75% (v/v)

พีเอช	ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย (ความยาวคลื่น 439 nm)	การกำจัดสี (%)	พีเอชหลังการตกตะกอน
เริ่มต้น	1.199	-	-
4.0	0.015	98.75	4.63
5.0	0.010	99.17	5.65
6.0	0.020	98.33	6.13
7.0	0.014	98.83	6.31
8.0	0.014	98.83	6.44
9.0	0.013	98.92	6.95

ตารางที่ 4.9 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีสารละลายสีย้อมแวตโทนสีเหลือง YELLOW 5GF เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณ Lamfloc 1525 โดยปรับพีเอชเริ่มต้นที่ 5.0

ปริมาณ (%)	ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย (ความยาวคลื่น 439 nm)	การกำจัดสี (%)	พีเอชหลังการตกตะกอน
ก่อนเติม	1.214	-	-
0.25	0.573	52.80	5.56
0.50	0.012	99.01	5.52
0.75	0.012	99.01	5.51
1.00	0.010	99.18	5.61
1.25	0.013	98.93	5.66
1.50	0.019	98.43	5.72

ตารางที่ 4.10 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีสารละลายสีย้อมแวตโทนสีน้ำเงิน BLUE RS เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช โดยใช้ Lamfloc 1525 ปริมาณ 0.50% (v/v)

พีเอช	ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย (ความยาวคลื่น 590 mm)	การกำจัดสี (%)	พีเอชหลังการตกตะกอน
เริ่มต้น	0.777	-	-
4.0	0.013	98.33	4.19
5.0	0.014	98.20	5.07
6.0	0.010	98.71	5.67
7.0	0.012	98.46	6.26
8.0	0.011	98.58	6.50
9.0	0.011	98.58	7.06

ตารางที่ 4.11 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีสารละลายสีย้อมแวตโทนสีน้ำเงิน BLUE RS เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณ Lamfloc 1525 โดยปรับพีเอชเริ่มต้นที่ 6.0

ปริมาณ (%)	ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย (ความยาวคลื่น 590 mm)	การกำจัดสี (%)	พีเอชหลังการตกตะกอน
ก่อนเติม	0.775	-	-
0.25	0.636	17.94	5.74
0.50	0.015	98.06	5.64
0.75	0.019	97.55	5.58
1.00	0.009	98.84	5.54
1.25	0.172	77.81	5.51

ตารางที่ 4.12 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีสารละลายสีย้อมรีแอกทีฟโทนสีน้ำเงิน BLUE GNE เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช โดยใช้ Lamfloc 1525 ปริมาณ1.0% (v/v)

พีเอช	ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย (ความยาวคลื่น 620 nm)	การกำจัดสี (%)	พีเอชหลังการตกตะกอน
เริ่มต้น	1.743	-	-
4.0	0.014	99.20	4.82
5.0	0.009	99.48	5.61
6.0	0.014	99.20	6.07
7.0	0.012	99.31	6.60
8.0	0.012	99.31	6.74
9.0	0.017	99.02	6.93

ตารางที่ 4.13 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีสารละลายสีย้อมรีแอกทีฟโทนสีน้ำเงิน BLUE GNE เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณ Lamfloc 1525 โดยปรับพีเอชเริ่มต้นที่ 5.0

ปริมาณ (%)	ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย (ความยาวคลื่น 620 nm)	การกำจัดสี (%)	พีเอชหลังการตกตะกอน
ก่อนเติม	1.788	-	-
0.50	1.301	27.24	5.98
0.75	0.064	96.42	5.96
1.00	0.010	99.44	5.64
1.25	0.008	99.55	5.50
1.50	0.005	99.72	5.49
1.75	0.081	95.47	5.48

ตารางที่ 4.14 สรุปผลการทดลองการกำจัดสีสารละลายสีย้อมชนิดต่าง ๆ

สารละลายสีย้อม	Zentrifloc 95				Lamfloc 1525			
	พีเอช เริ่มต้น	พีเอช หลังตกตะกอน	ปริมาณที่เหมะสม (%)	การกำจัดสี (%)	พีเอช เริ่มต้น	พีเอช หลังตกตะกอน	ปริมาณที่เหมะสม (%)	การกำจัดสี (%)
แวตโทนสีเหลือง YELLOW 5GF	9.0	7.96	20	76.65	5.0	5.52	0.50	99.01
แวตโทนสีน้ำเงิน BLUE RS	10.0	8.06	20	87.46	6.0	5.64	0.50	98.06
รีแอกทีฟโทนสีน้ำเงิน BLUE GNE	9.0	6.41	60	83.22	5.0	5.96	0.75	96.42

4.2 ศึกษาความสามารถในการกำจัดสีจากน้ำทิ้งโรงงานฟอกย้อมสิ่งทอ

การทดสอบในขั้นตอนต่อไปนี้เป็นการทดลองโดยใช้น้ำทิ้งจากหม้อต้มย้อม โดยเก็บน้ำทิ้งตัวอย่างจากโรงงานฟอกย้อมสิ่งทอคือห้างหุ้นส่วนจำกัดสหโรจน์การทอโดยใช้ตัวอย่างน้ำ 3 ชนิด คือ น้ำทิ้งตัวอย่างที่เป็นน้ำทิ้งที่ผ่านกระบวนการย้อมด้วยสีแวตโทนสีเหลือง, น้ำทิ้งตัวอย่างที่เป็นน้ำทิ้งที่ผ่านกระบวนการย้อมด้วยสีแวตโทนสีน้ำเงิน, น้ำทิ้งตัวอย่างที่เป็นน้ำทิ้งที่ผ่านกระบวนการย้อมด้วยสีรีแอกทีฟโทนสีน้ำเงิน รายละเอียดน้ำทิ้งตัวอย่างได้กล่าวไว้ในข้อ 3.3.2 สำหรับสารตกตะกอนที่ใช้ในการทดลองนี้ จะเลือกจากสารตกตะกอนที่ใช้ในขั้นตอน 3.5.1.2 ที่ให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีได้ดี คือ Lamfloc 1525 และใช้ Lamfloc 1525 ร่วมกับสารช่วยตกตะกอนที่เป็นโพลีเมอร์อีกตัวคือ Lamfloc 7985 และใช้สารส้ม

4.2.1 ศึกษาสมบัติของน้ำทิ้งตัวอย่าง

การทดลองในขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาสมบัติบางประการของน้ำทิ้งตัวอย่าง 3 ชนิด หลังจากเก็บน้ำทิ้งตัวอย่างจากหม้อต้มย้อม สมบัติต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 สมบัติของน้ำทิ้งตัวอย่าง 3 ชนิด

น้ำทิ้ง	ความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด (นาโนเมตร)	ค่าการดูดกลืนแสง (เจือจาง 5 เท่า)	พีเอช	ซีโอดี (มก./ล.)	เอสเอส (มก./ล.)
แวตโทนสีเหลือง	403	0.926 - 1.067	12.61	3,783	62
แวตโทนสีน้ำเงิน	580	1.006 - 1.074	12.47	2,587	298
รีแอกทีฟโทนสีน้ำเงิน	614	0.857 - 0.940	11.56	1,212	28

4.2.2 ศึกษาค่าพีเอชและปริมาณสารตกตะกอนที่เหมาะสม

ก) การกำจัดสีน้ำทิ้งด้วย Lamfloc 1525

- <u>พีเอชที่เหมาะสม</u>

จากตารางที่ 4.16 แสดงผลการกำจัดสีน้ำทิ้งแวตโทนสีเหลืองด้วย Lamfloc 1525 เมื่อแปรผันค่าพีเอชเริ่มต้นตั้งแต่พีเอช 3.0 - 8.0 พบว่าแต่ละพีเอชให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีใกล้เคียงกัน แต่ที่พีเอช 5.0 จะให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีสูงสุดคือ 98.88% ดังนั้นพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสำหรับน้ำทิ้งชนิดนี้คือ 5.0

จากตารางที่ 4.18 แสดงผลการกำจัดสีน้ำทิ้งแวตโทนสีน้ำเงินด้วย Lamfloc 1525 เมื่อแปรผันค่าพีเอชเริ่มต้นตั้งแต่พีเอช 4.0 - 9.0 พบว่าพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมสำหรับน้ำทิ้งชนิดนี้คือพีเอชเริ่มต้นที่ 5.0 จะให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีสูงสุดคือ 93.46%

จากตารางที่ 4.20 แสดงผลการกำจัดสีน้ำทิ้งรีแอกทีฟโทนสีน้ำเงินด้วย Lamfloc 1525 เมื่อแปรผันค่าพีเอชเริ่มต้นตั้งแต่พีเอช 4.0 - 9.0 พบว่าแต่ละพีเอชให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีใกล้เคียงกัน แต่ที่พีเอช 6.0 จะให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีสูงสุดคือ 98.74% ดังนั้นพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมสำหรับน้ำทิ้งชนิดนี้คือ 6.0

- <u>ปริมาณสารตกตะกอนที่เหมาะสม</u>

จากผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.16, 4.18 และ 4.20 ทำให้ทราบค่าพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมของน้ำทิ้งทั้ง 3 ชนิด แล้วจึงนำค่าที่ได้มาใช้ในขั้นตอนนี้ โดยการปรับพีเอชไปที่พีเอชดังกล่าว แล้วจึงนำน้ำทิ้งที่ปรับพีเอชแล้วดังกล่าวไปแปรผันปริมาณ Lamfloc 1525 เพื่อหาค่าปริมาณที่เหมาะสมในการกำจัดสีน้ำทิ้ง

ตารางที่ 4.17 แสดงผลการกำจัดสีน้ำทิ้งแวตโทนสีเหลือง โดยปรับพีเอชเริ่มต้นไปที่พีเอชที่เหมาะสมคือ 5.0 เมื่อแปรผันปริมาณ Lamfloc 1525 ตั้งแต่ 0.6 - 1.6% โดยปริมาตรของน้ำทิ้ง พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณ Lamfloc 1525 ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเพิ่มขึ้น ปริมาณที่เหมาะสมสำหรับน้ำทิ้งนี้คือ 1.0% โดยปริมาตรของน้ำทิ้ง ซึ่งให้ประสิทธิภาพการกำจัดสี 97.61% โดยที่ปริมาณที่มากกว่านี้จะให้ค่าการกำจัดสีเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

ตารางที่ 4.19 แสดงผลการกำจัดสีน้ำทิ้งแวตโทนสีน้ำเงิน โดยปรับพีเอชเริ่มต้นไปที่พีเอชที่เหมาะสมคือ 5.0 เมื่อแปรผันปริมาณ Lamfloc ตั้งแต่ 1.0 - 2.0% โดยปริมาตรของน้ำทิ้ง พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณ Lamfloc 1525 ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเพิ่มขึ้น โดย

ปริมาณที่เหมาะสมสำหรับน้ำทิ้งนี้คือ 1.4% โดยปริมาตรของน้ำทิ้ง ซึ่งให้ประสิทธิภาพการกำจัดสี 91.91% โดยที่ปริมาณที่มากกว่านี้จะให้ค่าการกำจัดสีที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อย

ตารางที่ 4.21 แสดงผลการกำจัดสีน้ำทิ้งรีแอกทีฟโทนสีน้ำเงิน โดยปรับพีเอชเริ่มต้นไปที่พีเอชที่เหมาะสมคือ 6.0 เมื่อแปรผันปริมาณ Lamfloc 1525 ตั้งแต่ 1.2 - 3.2% โดยปริมาตรของน้ำทิ้งพบว่าเมื่อปริมาณเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเพิ่มขึ้น โดยปริมาณตั้งแต่ 1.6 - 2.0% โดยปริมาตรน้ำทิ้ง จะให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน จากนั้นประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้นทีละน้อย ดังนั้นปริมาณที่เหมาะสมสำหรับน้ำทิ้งชนิดนี้คือ 2.0% โดยปริมาตรของน้ำทิ้งซึ่งให้ประสิทธิภาพการกำจัดสี 96.77%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.16 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีน้ำทิ้งจากน้ำย้อมประเภทสีแวตโทนสีเหลือง เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช โดยใช้ Lamfloc 1525 ปริมาณ 1.0% (v/v)

พีเอช	ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย (ความยาวคลื่น 403 nm)	การกำจัดสี (%)	พีเอชหลังการตกตะกอน
เริ่มต้น	0.983	-	-
3.0	0.040	95.93	3.45
4.0	0.014	98.58	4.07
5.0	0.011	98.88	4.85
6.0	0.031	96.85	5.87
7.0	0.076	92.27	7.01
8.0	0.144	85.35	8.03

ตารางที่ 4.17 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีน้ำทิ้งจากน้ำย้อมประเภทสีแวตโทนสีเหลือง เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณ Lamfloc 1525 โดยปรับพีเอชเริ่มต้นที่ 5.0

ปริมาณ (%)	ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย (ความยาวคลื่น 403 nm)	การกำจัดสี (%)	พีเอชหลังการตกตะกอน
ก่อนเติม	1.048	-	-
0.6	0.721	31.20	4.97
0.8	0.227	78.34	4.98
1.0	0.025	97.61	4.96
1.2	0.025	97.61	4.95
1.4	0.021	98.00	4.92
1.6	0.024	97.71	4.93

ตารางที่ 4.18 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีน้ำทิ้งจากน้ำย้อมประเภทสีแวตโทนสีน้ำเงิน เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช โดยใช้ Lamfloc 1525 ปริมาณ 1.6% (v/v)

พีเอช	ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย (ความยาวคลื่น 580 nm)	การกำจัดสี (%)	พีเอชหลังการตกตะกอน
เริ่มต้น	1.040	-	-
4.0	0.081	92.21	4.36
5.0	0.068	93.46	5.15
6.0	0.101	90.29	6.07
7.0	0.154	85.19	7.12
8.0	0.201	80.67	7.80
9.0	0.343	67.02	8.66

ตารางที่ 4.19 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีน้ำทิ้งจากน้ำย้อมประเภทสีแวตโทนสีน้ำเงิน เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณ Lamfloc 1525 โดยปรับพีเอชเริ่มต้นที่ 5.0

ปริมาณ (%)	ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย (ความยาวคลื่น 580 nm)	การกำจัดสี (%)	พีเอชหลังการตกตะกอน
ก่อนเติม	1.063	-	-
1.0	0.321	69.80	5.09
1.2	0.147	86.17	5.07
1.4	0.086	91.91	5.06
1.6	0.064	93.98	5.05
1.8	0.058	94.54	5.04
2.0	0.049	95.39	4.04

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.20 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีน้ำทิ้งจากน้ำย้อมประเภทสีรีแอกทีฟโทนสีน้ำเงินเมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช โดยใช้ Lamfloc 1525 ปริมาณ 3.2% (v/v)

พีเอช	ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย (ความยาวคลื่น 614 nm)	การกำจัดสี (%)	พีเอชหลังการตกตะกอน
เริ่มต้น	0.877	-	-
4.0	0.019	97.83	4.56
5.0	0.017	98.06	5.56
6.0	0.011	98.74	6.54
7.0	0.013	98.52	7.71
8.0	0.023	97.38	8.27
9.0	0.013	98.52	9.09

ตารางที่ 4.21 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีน้ำทิ้งจากน้ำย้อมประเภทสีรีแอกทีฟโทนสีน้ำเงิน เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณ Lamfloc 1525 โดยปรับพีเอชเริ่มต้นที่ 6.0

ปริมาณ (%)	ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย (ความยาวคลื่น 614 nm)	การกำจัดสี (%)	พีเอชหลังการตกตะกอน
ก่อนเติม	0.866	-	-
1.2	0.120	86.14	6.70
1.6	0.107	87.64	6.66
2.0	0.028	96.77	6.56
2.4	0.019	97.81	6.58
2.8	0.018	97.92	6.55
3.2	0.012	98.61	6.53

ข) การกำจัดสีน้ำทิ้งด้วย Lamfloc 1525 ร่วมกับ Lamfloc 7985

จากผลการทดลองการกำจัดสีน้ำทิ้งด้วย Lamfloc 1525 เพียงอย่างเดียว ดังแสดงในหัวข้อ ก) ข้างต้น ทำให้สามารถสรุปพีเอชและปริมาณ Lamfloc 1525 ที่เหมาะสมสำหรับใช้กำจัดสีน้ำทิ้งได้ดังนี้คือ

น้ำทิ้งแวตโทนสีเหลือง เลือกพีเอชเริ่มต้นของน้ำทิ้งที่ 5.0 และ Lamfloc 1525 ปริมาณ 1.0% โดยปริมาตรของน้ำทิ้ง

น้ำทิ้งแวตโทนสีน้ำเงิน เลือกพีเอชเริ่มต้นของน้ำทิ้งที่ 5.0 และ Lamfloc 1525 ปริมาณ 1.4% โดยปริมาตรของน้ำทิ้ง

น้ำทิ้งรีแอกทีฟโทนสีน้ำเงิน เลือกพีเอชเริ่มต้นของน้ำทิ้งที่ 6.0 และ Lamfloc 1525 ปริมาณ 2.0% โดยปริมาตรของน้ำทิ้ง

ตารางที่ 4.22 แสดงผลการกำจัดสีน้ำทิ้งแวตโทนสีเหลืองด้วย Lamfloc 1525 ร่วมกับ Lamfloc 7985 โดยใช้ Lamfloc 1525 ปริมาณ 1.0% โดยปริมาตรของน้ำทิ้ง ร่วมกับ Lamfloc 7985 ในการตกตะกอน ตั้งแต่ 0 - 6.0% โดยปริมาตรของน้ำทิ้ง โดยปรับพีเอชเริ่มต้นที่ 5.0 จากการทดลองพบว่าการใช้ Lamfloc 7985 ร่วมด้วย ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดสีเพียงเล็กน้อยเมื่อใช้ในปริมาณ 4.0% โดยปริมาตรของน้ำทิ้ง แต่หลังจากนั้นประสิทธิภาพการกำจัดสีจะน้อยกว่าเมื่อไม่ได้เติม

ตารางที่ 4.23 แสดงผลการกำจัดสีน้ำทิ้งแวตโทนสีน้ำเงินด้วย Lamfloc 1525 ร่วมกับ Lamfloc 7985 โดยใช้ Lamfloc 1525 ปริมาณ 1.4% โดยปริมาตรของน้ำทิ้งร่วมกับ Lamfloc 7985 ในการตกตะกอนตั้งแต่ 0 - 6.0% โดยปริมาตรของน้ำทิ้ง โดยปรับพีเอชเริ่มต้นที่ 5.0 พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดสีเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ได้ใส่ Lamfloc 7985 แต่เมื่อเพิ่มปริมาณ Lamfloc 7985 มากขึ้น ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเริ่มลดลงจากประมาณ 93% เป็น 91%

ตารางที่ 4.24 แสดงผลการกำจัดสีน้ำทิ้งรีแอกทีฟโทนสีน้ำเงินด้วย Lamfloc 1525 ร่วมกับ Lamfloc 7985 โดยใช้ Lamfloc ปริมาณ 2.0% โดยปริมาตรของน้ำทิ้งร่วมกับ Lamfloc 7985 ในการตกตะกอนตั้งแต่ 0 - 6.0% โดยปริมาตรน้ำทิ้งโดยปรับพีเอชเริ่มต้นที่ 6.0พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดสีเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

จากผลการทดลองดังกล่าวข้างต้น พบว่าการใช้ Lamfloc 7985 ร่วมกับ Lamfloc 1525 ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดสีเพียงเล็กน้อย และในสีบางชนิดพบว่า

ปริมาณที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้อยกว่าเมื่อไม่เติม Lamfloc 7985 ดังนั้น ในการกำจัดสีจึงไม่จำเป็นต้องใช้ Lamfloc 7985 ร่วมกับ Lamfloc 1525 เนื่องจากเพิ่มประสิทธิภาพเพียงเล็กน้อย ซึ่งการใช้ Lamfloc 1525 เพียงอย่างเดียวก็ให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีที่สูงแล้วคือ 90% ขึ้นไปสำหรับสีทุกชนิด

ตารางที่ 4.22 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีน้ำทิ้งจากน้ำย้อมประเภทสีแวตโทนสีเหลือง เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณ Lamfloc 7985 โดยใช้ Lamfloc 1525 ปริมาณ 1.0% (v/v) โดยปรับพีเอชเริ่มต้นที่ 5.0

ปริมาณ Lamfloc 7985 (%)	ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย (ความยาวคลื่น 403 nm)	การกำจัดสี (%)	พีเอชหลังการตกตะกอน
0	0.015	98.57	4.84
2.0	0.015	98.57	4.94
3.0	0.015	98.57	4.92
4.0	0.013	98.76	4.92
5.0	0.019	98.19	5.01
6.0	0.019	98.19	5.01
น้ำทิ้ง	1.051	-	-

ตารางที่ 4.23 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีน้ำทิ้งจากน้ำย้อมประเภทสีแวตโทนสีน้ำเงิน เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณ Lamfloc 7985 โดยใช้ Lamfloc 1525 ปริมาณ 1.4% (v/v) โดยปรับพีเอชเริ่มต้นที่ 5.0

ปริมาณ Lamfloc 7985 (%)	ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย (ความยาวคลื่น 580 nm)	การกำจัดสี (%)	พีเอชหลังการตกตะกอน
0	0.085	91.83	5.22
2.0	0.084	91.93	5.25
3.0	0.070	93.28	5.23
4.0	0.077	92.60	5.22
5.0	0.079	92.41	5.22
6.0	0.086	91.74	5.19
น้ำทิ้ง	1.041	-	-

ตารางที่ 4.24 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีน้ำทิ้งจากน้ำย้อมประเภทสีรีแอกทีฟโทนสีน้ำเงินเมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณ Lamfloc 7985 โดยใช้ Lamfloc 1525 ปริมาณ 2.0% (v/v) โดยปรับพีเอชเริ่มต้นที่ 6.0

ปริมาณ Lamfloc 7985 (%)	ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย (ความยาวคลื่น 614 nm)	การกำจัดสี (%)	พีเอชหลังการตกตะกอน
0	0.026	97.14	6.55
2.0	0.024	97.36	6.57
3.0	0.023	97.47	6.63
4.0	0.017	98.13	6.63
5.0	0.017	98.13	6.65
6.0	0.012	98.68	6.71
น้ำทิ้ง	0.910	-	-

ตารางที่ 4.25 สรุปผลการทดลองการกำจัดน้ำทิ้ง ด้วย Lamfloc 1525 และ Lamfloc 1525 ร่วมกับ Lamfloc 7985

น้ำทิ้ง	พีเอชเริ่มต้น	พีเอชหลังตกตะกอน	ปริมาณ Lamfloc 1525 ที่เหมาะสม (%)	การกำจัดสี (%)	ปริมาณ Lamfloc 7985 ที่เหมาะสม (%)	การกำจัดสี (%)
แวตโทนสีเหลือง	5.0	4.96	1.0	97.61	4.0	98.76
แวตโทนสีน้ำเงิน	5.0	5.06	1.4	91.91	3.0	93.28
รีแอกทีฟโทนสีน้ำเงิน	6.0	6.56	2.0	96.77	4.0	98.13

ค) การกำจัดสีน้ำทิ้งด้วยสารส้ม

- <u>พีเอชที่เหมาะสม</u>

จากตารางที่ 4.26 แสดงผลการกำจัดสีน้ำทิ้งแวตโทนสีเหลืองด้วยสารส้ม เมื่อแปรผันค่าพีเอชเริ่มต้นตั้งแต่ 5.0 - 9.0 พบว่าพีเอชที่เหมาะสมสำหรับน้ำทิ้งนี้คือพีเอช 6.0 ซึ่งให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีสูงสุดคือ 75.63%

จากตารางที่ 4.28 แสดงผลการกำจัดสีน้ำทิ้งแวตโทนสีน้ำเงินด้วยสารส้ม เมื่อแปรผันค่าพีเอชเริ่มต้นตั้งแต่ 5.0 - 10.0 พบว่าพีเอชที่เหมาะสมสำหรับน้ำทิ้งนี้คือพีเอช 6.0 ซึ่งให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีสูงสุดคือ 82.35%

จากตารางที่ 4.30 แสดงผลการกำจัดสีน้ำทิ้งรีแอกทีฟโทนสีน้ำเงินด้วยสารส้ม เมื่อแปรผันค่าพีเอชเริ่มต้นตั้งแต่ 4.0 - 9.0 พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดสีแต่ละพีเอชมีค่าไม่สูงคือประมาณ 33 - 39% ที่พีเอช 6.0 จะให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีสูงสุดคือ 39.18% ดังนั้นพีเอชที่เหมาะสมสำหรับน้ำทิ้งชนิดนี้คือพีเอชเริ่มต้นที่ 6.0

- <u>ปริมาณสารตกตะกอนที่เหมาะสม</u>

จากผลการทดลองดังแสดงในตาราง 4.26, 4.28 และ 4.30 ทำให้ทราบค่าพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมของน้ำทิ้งทั้ง 3 ชนิด ซึ่งค่าที่ได้นี้จะนำมาใช้ในขั้นตอนนี้ โดยการปรับพีเอชเริ่มต้นไปที่พีเอชดังกล่าว แล้วจึงนำน้ำที่ได้ผ่านการปรับพีเอชแล้วไปแปรผันหาปริมาณสารส้มที่เหมาะสมต่อไป

ตารางที่ 4.27 แสดงผลการกำจัดสีน้ำทิ้งแวตโทนสีเหลือง โดยปรับพีเอชเริ่มต้นไปที่พีเอชที่เหมาะสมคือ 6.0 เมื่อแปรผันปริมาณสารส้มตั้งแต่ 1.0 - 3.0 กรัมต่อลิตร พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณสารส้ม ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเพิ่มขึ้นโดยที่ปริมาณที่เหมาะสมสำหรับน้ำทิ้งชนิดนี้คือ 2.5 กรัมต่อลิตร ซึ่งจะให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเท่ากับ 82.70%

ตารางที่ 4.29 แสดงผลการกำจัดสีน้ำทิ้งแวตโทนสีน้ำเงิน โดยปรับพีเอชเริ่มต้นไปที่พีเอชที่เหมาะสมคือ 6.0 เมื่อแปรผันปริมาณสารส้มตั้งแต่ 0.5 - 3.0 กรัมต่อลิตร พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณสารส้ม จะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเพิ่มขึ้นโดยที่ปริมาณที่เหมาะสมสำหรับน้ำทิ้งชนิดนี้คือ 2.0 กรัมต่อลิตร ซึ่งจะให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเท่ากับ 80.95% โดยปริมาณที่มากกว่านี้จะให้ค่าการกำจัดสีเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

ตารางที่ 4.31 แสดงผลการกำจัดสีน้ำทิ้งรีแอกทีฟโทนสีน้ำเงิน เมื่อแปรผันปริมาณสารส้มตั้งแต่ 7.0 - 11.0 กรัมต่อลิตร พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณสารส้ม จะทำให้

ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเพิ่มขึ้นเล็กน้อยโดยที่ปริมาณที่เหมาะสมสำหรับน้ำทิ้งชนิดนี้คือ 8.0 กรัมต่อลิตร ซึ่งจะให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเท่ากับ 40.06%

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.26 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีน้ำทิ้งจากน้ำย้อมประเภทสีแวตโทนสีเหลือง เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช โดยใช้ปริมาณสารส้ม 2.0 g/l

พีเอช	ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย (ความยาวคลื่น 403 nm)	การกำจัดสี (%)	พีเอชหลังการตกตะกอน
เริ่มต้น	0.989	-	-
5.0	0.399	57.66	3.89
6.0	0.241	75.63	4.69
7.0	0.431	56.42	6.67
8.0	0.485	50.96	7.25
9.0	0.560	43.38	7.44

ตารางที่ 4.27 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีน้ำทิ้งจากน้ำย้อมประเภทสีแวตโทนสีเหลือง เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณสารส้ม โดยปรับพีเอชเริ่มต้นที่ 6.0

ปริมาณ (g/l)	ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย (ความยาวคลื่น 403 nm)	การกำจัดสี (%)	พีเอชหลังการตกตะกอน
ก่อนเติม	1.006	-	-
1.0	0.549	45.43	4.98
1.5	0.334	66.80	4.76
2.0	0.248	75.35	4.60
2.5	0.174	82.70	4.50
3.0	0.130	87.08	4.451

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.28 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีน้ำทิ้งจากน้ำย้อมประเภทสีแวตโทนสีน้ำเงิน เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช โดยใช้ปริมาณสารส้ม 2.0 g/l

พีเอช	ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย (ความยาวคลื่น 580 nm)	การกำจัดสี (%)	พีเอชหลังการตกตะกอน
เริ่มต้น	1.054	-	-
5.0	0.236	77.61	3.87
6.0	0.186	82.35	4.47
7.0	0.382	63.76	6.45
8.0	0.425	59.68	6.79
9.0	0.424	59.77	7.03
10.0	0.453	57.02	7.22

ตารางที่ 4.29 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีน้ำทิ้งจากน้ำย้อมประเภทสีแวตโทนสีน้ำเงิน เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณสารส้ม โดยปรับพีเอชเริ่มต้นที่ 6.0

ปริมาณ (g/l)	ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย (ความยาวคลื่น 580 nm)	การกำจัดสี (%)	พีเอชหลังการตกตะกอน
ก่อนเติม	1.050	-	-
0.5	0.527	49.81	5.32
1.0	0.477	54.57	4.76
1.5	0.262	75.05	4.64
2.0	0.200	80.95	4.46
2.5	0.179	82.95	4.35
3.0	0.160	84.76	4.26

ตารางที่ 4.30 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีน้ำทิ้งจากน้ำย้อมประเภทสีรีแอกทีฟโทนสีน้ำเงิน เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช โดยใช้ปริมาณสารส้ม 8.0 g/l

พีเอช	ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย (ความยาวคลื่น 614 nm)	การกำจัดสี (%)	พีเอชหลังการตกตะกอน
เริ่มต้น	0.924	-	-
4.0	0.617	33.23	3.37
5.0	0.623	32.58	4.18
6.0	0.562	39.18	5.58
7.0	0.583	36.90	6.41
8.0	0.586	36.58	6.52
9.0	0.605	34.52	6.94

ตารางที่ 4.31 แสดงผลการทดลองการกำจัดสีน้ำทิ้งจากน้ำย้อมประเภทสีรีแอกทีฟโทนสีน้ำเงิน เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณสารส้ม โดยปรับพีเอชเริ่มต้นที่ 6.0

ปริมาณ (g/l)	ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย (ความยาวคลื่น 614 nm)	การกำจัดสี (%)	พีเอชหลังการตกตะกอน
ก่อนเติม	0.931	-	-
7.0	0.619	33.51	5.62
8.0	0.558	40.06	5.53
9.0	0.542	41.78	5.43
10.0	0.522	43.93	5.37
11.0	0.504	45.86	5.32

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.32 สรุปผลการทดลองการกำจัดน้ำทิ้ง ด้วย Lamfloc 1525 และ สารส้ม

น้ำทิ้ง	Lamfloc 1525				สารส้ม			
	พีเอช เริ่มต้น	พีเอช หลังตกตะกอน	ปริมาณที่เหมะสม (%)	การกำจัดสี (%)	พีเอช เริ่มต้น	พีเอช หลังตกตะกอน	ปริมาณที่เหมะสม (g/l)	การกำจัดสี (%)
แวตโทนสีเหลือง	5.0	4.96	1.0	97.61	6.0	4.50	2.5	82.70
แวตโทนสีน้ำเงิน	5.0	5.06	1.4	91.91	6.0	4.46	2.0	80.95
รีแอกทีฟโทนสีน้ำเงิน	6.0	6.56	2.0	96.77	6.0	5.53	8.0	40.06

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สำหรับน้ำทิ้งที่ผ่านกระบวนการตกตะกอนด้วย Lamfloc 1525 และสารส้ม หลังจากนำไปวิเคราะห์ค่าซีโอดีและเอสเอสได้ผลตามตารางที่ 4.33 และ 4.34 จะเห็นว่าประสิทธิภาพในการลดค่าซีโอดีโดยการใช้สารส้มจะลดค่าซีโอดีได้มากกว่าการใช้ Lamfloc 1525 แต่ประสิทธิภาพในการลดค่าเอสเอสของการใช้ Lamfloc 1525 จะลดได้มากกว่าการใช้สารส้ม

ตารางที่ 4.33 ค่าซีโอดีและเอสเอสก่อนและหลังการทดลองโดยการใช้ Lamfloc 1525 ของน้ำทิ้ง 3 ชนิด

	ค่าซีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)			ค่าเอสเอส (มิลลิกรัมต่อลิตร)		
	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง	ประสิทธิภาพในการลดค่าซีโอดี (%)	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง	ประสิทธิภาพในการลดค่าเอสเอส (%)
แวตโทนสีเหลือง	3,783	2,488	34.23	62	14	77.42
แวตโทนสีน้ำเงิน	2,578	1,693	34.33	298	40	86.58
รีแอกทีฟโทนสีน้ำเงิน	1,212	975	19.55	28	25	10.71

ตารางที่ 4.34 ค่าซีโอดีและเอสเอสก่อนและหลังการทดลองโดยการใช้สารส้มของน้ำทิ้ง3 ชนิด

	ค่าซีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)			ค่าเอสเอส (มิลลิกรัมต่อลิตร)		
	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง	ประสิทธิภาพในการลดค่าซีโอดี (%)	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง	ประสิทธิภาพในการลดค่าเอสเอส (%)
แวตโทนสีเหลือง	3,783	1,411	62.70	62	46	25.81
แวตโทนสีน้ำเงิน	2,578	1,129	56.21	298	59	80.20
รีแอกทีฟโทนสีน้ำเงิน	1,212	500	58.75	28	27	3.57

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองใช้โพลีเมอร์ในการกำจัดสีย้อมดังได้กล่าวไว้ในบทที่ 4 พบว่าเมื่อใช้ปริมาณโพลีเมอร์เพิ่มขึ้นประสิทธิภาพในการกำจัดสีจะเพิ่มขึ้น จนถึงระดับหนึ่งเมื่อเติมโพลีเมอร์ลงไปจะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีลดลง ทั้งนี้เนื่องจากกลไกการทำงานของโพลีเมอร์เป็นแบบสะพานเชื่อม (Polymer bridging) โดยโมเลกุลของสารโพลีเมอร์จะเกาะติดบนอนุภาคสีได้หลายตำแหน่ง อนุภาคดังกล่าวสามารถจับตัวกับอนุภาคอื่นโดยมีโพลีเมอร์เป็นสะพานเชื่อมการต่อเชื่อมด้วยโพลีเมอร์จะเกิดขึ้นได้เมื่อมีโพลีเมอร์และตำแหน่งว่างบนอนุภาค ถ้าปลายอิสระของโพลีเมอร์ไม่มีที่เกาะจับบนอนุภาคอื่น ก็จะเกาะกับอนุภาคอันเดิม ทำให้ไม่มีปลายอิสระจับอนุภาคอื่น และทำให้มีตำแหน่งว่างบนอนุภาคสำหรับยึดเกาะน้อยลง การที่ใช้โพลีเมอร์มากเกินไปจะทำให้โพลีเมอร์หลายโมเลกุลไปเกาะอยู่บนอนุภาค จนไม่มีที่ว่างบนอนุภาคสำหรับเป็นที่จับของปลายอิสระของโพลีเมอร์ที่อยู่บนอนุภาคอื่น จึงทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีลดลง

เมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพในการกำจัดสี จากสารละลายสีย้อมจากน้ำทิ้งพบว่าในการกำจัดสีจากสารละลายสีย้อมจะใช้ปริมาณโพลีเมอร์น้อยกว่าการกำจัดสีจากน้ำทิ้งและประสิทธิภาพสูงกว่า ทั้งนี้เนื่องจากสารละลายสีย้อมมีเพียงสีและน้ำเป็นตัวทำละลาย ส่วนน้ำทิ้งเป็นน้ำจากหม้อต้มย้อมมาทำการทดลอง ดังนั้นน้ำเสียเหล่านี้นอกจากจะมีสีเป็นส่วนประกอบแล้ว ยังมีสารช่วยย้อมประเภทต่าง ๆ เป็นส่วนประกอบเพิ่มเติม ดังจากการทดลองของสมคิด วงศ์ไชยสุวรรณ (2525) ได้ศึกษาการกำจัดสีน้ำเสียจากน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีสารช่วยย้อมและไม่มีสารช่วยย้อมโดยใช้แมกนีเซียมไฮเดรตเบสิก พบว่าน้ำเสียที่มีสารช่วยย้อมทำให้การกำจัดสีของน้ำเสียเป็นไปได้ยากกว่าน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยย้อม สำหรับสารช่วยย้อมมีผลทำให้การกำจัดสีเป็นไปได้ยาก เนื่องจากสารช่วยย้อมที่เจือปนอยู่ในน้ำทิ้งอาจไปเพิ่มอัตราการละลายของสีย้อม ทำให้สมบัติของอนุภาคสีย้อมเพิ่มแนวโน้มในการที่จะเป็นอนุภาคไฮโดรฟิลิกมากขึ้น หรืออาจเป็นเพราะว่าสารช่วยย้อมที่เจือปนอยู่ เป็นตัวทำให้ประจุไฟฟ้าที่ผิวของ

อนุภาคสีย้อมมากขึ้น ซึ่งเป็นเหตุให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีลดลง และจะต้องใช้ปริมาณสารเคมีในการกำจัดสีเพิ่มขึ้น (กาญนิถา ครองธรรมชาติ , 2536)

ชนิดของตัวตกตะกอนมีผลต่อการกำจัดสี โดย Lamfloc 1525 จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดสีแตกต่างจาก Zentrifloc 95 และสารส้ม อย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ Lamfloc 1525 จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดสีดีกว่า Zentrifloc 95 และสารส้ม จากผลการทดลอง Lamfloc 1525 ซึ่งเป็นโพลีเมอร์ประจุบวก มีประสิทธิภาพในการกำจัดสีน้ำทิ้งสูง คือประมาณ 91-97% และสามารถกำจัดได้ดีทั้งสีแวดและสีรีแอกทีฟ ผลที่ได้สอดคล้องกับการทดลองของ Koprivanac และคณะ (1993) ที่ใช้โพลีเมอร์ชนิดประจุบวกในการกำจัดสีน้ำทิ้งประเภทสีรีแอกทีฟ พบว่าสามารถลดสีได้เกือบ 100% และให้ผลการกำจัดสีดีกว่าตัวตกตะกอนอนินทรีย์ คือ $FeCl_3$ ส่วน Crowe และคณะ (1977) และ Kace และ Linford (1975) ได้ใช้โพลีเมอร์ชนิดประจุบวก,ประจุลบ และไม่มีประจุ ในการกำจัดสีดิสเพิร์ส ซึ่งเป็นสีที่ไม่ละลายน้ำ พบว่าให้ผลการกำจัดสีเช่นเดียวกันคือ โพลีเมอร์ชนิดประจุบวกจะให้ผลการกำจัดสีที่ดีกว่าโพลีเมอร์ชนิดประจุลบและไม่มีประจุ โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดสีสูงกว่า 90% สำหรับการใช้โพลีเมอร์เป็นสารช่วยตกตะกอน จากการทดลองพบว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการตกตะกอนของสีต่าง ๆ เพียงเล็กน้อย ประกอบกับ Lamfloc 1525 เพียงชนิดเดียวก็สามารถให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีได้สูง ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องใช้ Lamfloc 7985 ซึ่งเป็นสารช่วยตกตะกอนร่วมกับ Lamfloc 1525 ส่วนสารส้มมีประสิทธิภาพในการกำจัดสีน้ำทิ้งทั้ง 3 ชนิดแตกต่างจาก Lamfloc 1525 อย่างมีนัยสำคัญ โดยที่สารส้มให้ผลการกำจัดสีต่ำกว่า Lamfloc 1525 คือ สามารถกำจัดสีน้ำทิ้งประเภทสีแวดได้ประมาณ 81-83% ส่วนน้ำทิ้งประเภทสีรีแอกทีฟสามารถกำจัดสีได้เพียงเล็กน้อยคือประมาณ 40% ในขณะที่ Lamfloc 1525 สามารถกำจัดสีได้ประมาณ 91-97%

เมื่อศึกษาถึงการกำจัดสีชนิดต่าง ๆ ด้วยตัวตกตะกอน ทั้งโพลีเมอร์และสารส้มพบว่า สีแวดทั้งโทนสีเหลืองและน้ำเงินจะสามารถกำจัดสีได้ง่ายกว่า ในขณะที่สีรีแอกทีฟจะกำจัดสีได้ยากกว่า ต้องใช้ปริมาณสารเคมีมากจึงจะทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีใกล้เคียงสีแวด จากผลการทดลองที่ได้อาจกล่าวได้ว่าสมบัติในการละลายน้ำของสีย้อมประเภทต่าง ๆ มีส่วนทำให้การกำจัดสีแตกต่างกันไป ซึ่งสีรีแอกทีฟเป็นสีที่ละลายน้ำได้ดี การกำจัดสีออกจากน้ำจึงยากกว่าสีที่ไม่ละลายน้ำเช่นสีแวด

น้ำทิ้งหลังการบำบัดด้วย Lamfloc 1525 พบว่ามีพีเอชอยู่ในช่วง 5.0-6.5 ค่าซีโอดีหลังการบำบัดอยู่ในช่วง 975-2500 มก./ล. และค่าเอสเอสหลังการบำบัดแล้วมีค่าอยู่ในช่วง 14-

40 มก./ล. สำหรับสารส้มพบว่าน้ำทิ้งหลังการบำบัดมีพีเอชต่ำกว่าการใช้ Lamfloc 1525 คือ อยู่ในช่วง 4.5-5.5 ส่วนค่าซีโอดี สารส้มสามารถลดค่าซีโอดีได้ดีกว่า Lamfloc 1525 โดยมีค่าซีโอดีหลังการบำบัดอยู่ในช่วง 500-1400 มก./ล. และค่าเอสเอสหลังการบำบัดจะอยู่ในช่วง 27-59 มก./ล. ซึ่งสูงกว่าการบำบัดด้วย Lamfloc 1525 เล็กน้อย และเมื่อพิจารณาค่ามาตรฐานน้ำทิ้งตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ดังภาคผนวก ค ซึ่งกำหนดค่ามาตรฐานน้ำทิ้งสำหรับอุตสาหกรรมฟอกย้อมสิ่งทอ ดังนี้คือ

-พีเอช อยู่ในช่วง 5.5-9.0

-ซีโอดี ไม่เกิน 400 มก./ล.

-เอสเอส ไม่เกิน 50 มก./ล.

จะเห็นว่าน้ำทิ้งหลังการบำบัดด้วย Lamfloc 1525 และสารส้ม สำหรับน้ำทิ้งประเภทสีแวต มีค่าพีเอชหลังการบำบัดต่ำกว่าช่วงที่กำหนด ส่วนค่าพีเอชหลังการบำบัดของน้ำทิ้งประเภทสีรีแอกทีฟจะมีค่าตามที่มาตรฐานกำหนด สำหรับค่าซีโอดีพบว่าน้ำทิ้งหลังการบำบัดด้วย Lamfloc1525และสารส้ม ยังคงมีค่าซีโอดีสูงกว่าค่ามาตรฐาน ส่วนค่าเอสเอสพบว่าน้ำทิ้งหลังการบำบัดด้วย Lamfloc 1525 และสารส้ม มีค่าตามมาตรฐาน ยกเว้นน้ำทิ้งประเภทสีรีแอกทีฟที่บำบัดด้วยสารส้มมีค่าสูงกว่ามาตรฐานเล็กน้อย

การพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการบำบัดน้ำทิ้ง เป็นการนำผลที่ได้จากการทดลองหาปริมาณสารตกตะกอนที่เหมาะสมในการกำจัดสีน้ำทิ้งมาคำนวณค่าใช้จ่าย โดยคิดเฉพาะราคาสารตกตะกอน ซึ่งLamfloc 1525 และสารส้ม มีราคาดังนี้คือ

1) Lamfloc 1525 ราคา 22 บาท/ ลิตร

ถ้าใช้ Lamfloc 1525 1 มล./ น้ำทิ้ง 1 ลบ.ม. จะเป็นเงิน $22*10^{-3}$ บาท

2) สารส้ม ราคา 20 บาท/ กิโลกรัม

ถ้าใช้สารส้ม 1 กรัม/ น้ำทิ้ง 1 ลบ.ม. จะเป็นเงิน $20*10^{-3}$ บาท

ค่าใช้จ่ายเมื่อใช้ Lamfloc 1525 ในการบำบัดน้ำทิ้งชนิดต่างๆ จะเป็นดังนี้คือ

- น้ำทิ้งแวตโทนสีเหลือง

ใช้ Lamfloc 1525 ปริมาณ 1.0 มล./น้ำทิ้ง 100 มล. = 10^4 มล./น้ำทิ้ง 1 ลบ.ม. ดังนั้นค่าใช้จ่าย = 220 บาท/น้ำทิ้ง 1 ลบ.ม.

- น้ำทิ้งแวตโทนสีน้ำเงิน

ใช้ Lamfloc 1525 ปริมาณ 1.4 มล./น้ำทิ้ง 100 มล. =1.4 * 10^4 มล./ น้ำทิ้ง 1 ลบ.ม. ดังนั้นค่าใช้จ่าย = 308 บาท/น้ำทิ้ง 1 ลบ.ม.

- น้ำทิ้งรีแอกทีฟโทนสีน้ำเงิน

ใช้ Lamfloc 1525 ปริมาณ 2.0 มล./น้ำทิ้ง 100 มล. =2.0 * 10^4 มล./ น้ำทิ้ง 1 ลบ.ม. ดังนั้นค่าใช้จ่าย = 440 บาท/น้ำทิ้ง 1 ลบ.ม.

ค่าใช้จ่ายเมื่อใช้สารส้มในการบำบัดน้ำทิ้งชนิดต่างๆจะเป็นดังนี้คือ

- น้ำทิ้งแวตโทนสีเหลือง

ใช้สารส้ม ปริมาณ 2.5 กรัม/น้ำทิ้ง 1 ลิตร = 2.5 * 10^3 กรัม/น้ำทิ้ง 1 ลบ.ม. ดังนั้นค่าใช้จ่าย = 50 บาท/น้ำทิ้ง 1 ลบ.ม.

- น้ำทิ้งแวตโทนสีน้ำเงิน

ใช้สารส้ม ปริมาณ 2.0 กรัม/น้ำทิ้ง 1 ลิตร = 2.0 * 10^3 กรัม/น้ำทิ้ง 1 ลบ.ม. ดังนั้นค่าใช้จ่าย = 40 บาท/น้ำทิ้ง 1 ลบ.ม.

- น้ำทิ้งรีแอกทีฟโทนสีน้ำเงิน

ใช้สารส้ม ปริมาณ 8.0 กรัม/น้ำทิ้ง 1 ลิตร = 8.0 * 10^3 กรัม/น้ำทิ้ง 1 ลบ.ม. ดังนั้นค่าใช้จ่าย = 160 บาท/น้ำทิ้ง 1 ลบ.ม.

จากค่าใช้จ่ายในการบำบัด Lamfloc 1525 จะมีค่าใช้จ่ายสูงกว่าสารส้ม แต่เมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพแล้ว Lamfloc 1525 ให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีสูงกว่าสารส้ม โดยเฉพาะสีรีแอกทีฟซึ่งเป็นสีที่กำจัดได้ยาก แต่เมื่อบำบัดด้วย Lamfloc 1525 จะให้ผลการกำจัดสีสูงกว่าสารส้มมาก

ในการนำเอา Lamfloc 1525 ไปประยุกต์ใช้งานจริง สามารถลดค่าใช้จ่ายในส่วนของโพลีเมอร์ลงได้ โดยการใช้โพลีเมอร์ร่วมกับตัวตกตะกอนชนิดอื่น เช่น ใช้ร่วมกับปูนขาว ซึ่งจากผลการทดลองของ Shelly และคณะ (1976) พบว่าการใช้ปูนขาวสามารถกำจัดสีได้ 81.5 % ดัง

ดังนั้นถ้าใช้ Lamfloc 1525 ร่วมกับปูนขาวจะสามารถลดปริมาณการใช้โพลีเมอร์ซึ่งทำให้ค่าใช้จ่ายในส่วนของโพลีเมอร์ลดลงได้ นอกจากนี้ในการบำบัดน้ำทิ้งรวมสามารถใช้วิธีบำบัดวิธีอื่นร่วมกับวิธีการตกตะกอนทางเคมี เช่น การบำบัดโดยการใช้กระบวนการตกตะกอนทางเคมีร่วมกับระบบ activated sludge (Altinbas,1995) ซึ่งพบว่าการใช้กระบวนการตกตะกอนทางเคมีแล้วตามด้วยการบำบัดด้วยระบบ activated sludge ในการบำบัดน้ำเสียรวม จะสามารถลดซีโอดีได้ถึง 94% ซึ่งมากกว่าการบำบัดด้วยกระบวนการตกตะกอนทางเคมีอย่างเดียว หรืออาจใช้กระบวนการเฟนตอนร่วมกับกระบวนการตกตะกอนทางเคมี (Lin และ Lo ,1997) ซึ่งพบว่าการใช้กระบวนการตกตะกอนทางเคมีหลังจากการบำบัดด้วยกระบวนการเฟนตอนในการบำบัดสีไดเร็กท์และสีรีแอกทีฟ สามารถกำจัดสีได้เพิ่มขึ้น และยังช่วยลดเวลาในการตกตะกอนให้เร็วขึ้นด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

1. การกำจัดสีย้อมจากสารละลายสีย้อมพบว่าสภาวะที่เหมาะสมของโพลีเมอร์ประจุบวกคือ Lamfloc 1525 ให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีทั้ง 3 ชนิดแตกต่างจาก Zentrifloc 95 อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่ง Lamfloc 1525 จะให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีดีกว่า Zentrifloc 95 โดยประสิทธิภาพในการกำจัดสีชนิดต่าง ๆ ของ Lamfloc 1525 เป็นดังนี้คือ

ประสิทธิภาพในการกำจัดสีแวต YELLOW 5GF คือ 99.01 %

ประสิทธิภาพในการกำจัดสีแวต BLUE RS คือ 98.06 %

ประสิทธิภาพในการกำจัดสีรีแอกทีฟ BLUE GNE คือ 96.42 %

สำหรับประสิทธิภาพในการกำจัดสีของ Zentrifloc 95 เป็นดังนี้คือ

ประสิทธิภาพในการกำจัดสีของสีแวต YELLOW 5GF คือ 76.65 %

ประสิทธิภาพในการกำจัดสีแวต BLUE RS คือ 87.46 %

ประสิทธิภาพในการกำจัดสีรีแอกทีฟ BLUE GNE คือ 83.22 %

2. การกำจัดสีย้อมจากน้ำทิ้งโดยใช้ Lamfloc 7985 ร่วมกับ Lamfloc 1525 พบว่าให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย และในกรณีที่ใช้ Lamfloc 1525 เพียงอย่างเดียวก็มีประสิทธิภาพในการกำจัดสีสูงถึง 90 % ขึ้นไป ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องใช้ Lamfloc 7985 ร่วมด้วย

3. เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดสีระหว่าง Lamfloc 1525 และสารส้ม พบว่า Lamfloc 1525 จะให้ผลการกำจัดสีน้ำทิ้งทั้ง 3 ชนิดแตกต่างจากสารส้มอย่างมีนัยสำคัญ คือ Lamfloc 1525 จะให้ผลการกำจัดสีดีกว่าสารส้มในทุกชนิดของสีย้อมจากน้ำทิ้ง

โดยเฉพาะสีย้อมรีแอกทีฟ Lamfloc 1525 จะสามารถกำจัดได้ดีกว่ามาก โดยประสิทธิภาพในการกำจัดสีน้ำทิ้งชนิดต่างๆของ Lamfloc 1525 เป็นดังนี้คือ

ประสิทธิภาพในการกำจัดสีน้ำทิ้งแวตโทนสีเหลือง คือ 97.61%

ประสิทธิภาพในการกำจัดสีน้ำทิ้งแวตโทนสีน้ำเงิน คือ 91.91%

ประสิทธิภาพในการกำจัดสีน้ำทิ้งรีแอกทีฟโทนสีน้ำเงิน คือ 96.77%

สำหรับประสิทธิภาพในการกำจัดสีน้ำทิ้งชนิดต่างๆของสารส้ม เป็นดังนี้คือ

ประสิทธิภาพในการกำจัดสีน้ำทิ้งแวตโทนสีเหลือง คือ 82.70%

ประสิทธิภาพในการกำจัดสีน้ำทิ้งแวตโทนสีน้ำเงิน คือ 80.95%

ประสิทธิภาพในการกำจัดสีน้ำทิ้งรีแอกทีฟโทนสีน้ำเงิน คือ 40.06%

6.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดสีน้ำทิ้ง จากน้ำทิ้งรวมในระบบบำบัดเพิ่มเติม เพื่อดูว่าประสิทธิภาพในการกำจัดสีของโพลีเมอร์จะลดลงหรือไม่

2. ศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดสีประเภทอื่น และโทนสีอื่น ๆ เพิ่มเติม

3. ศึกษาผลของตะกอนที่เกิดขึ้นจากโพลีเมอร์ เพื่อประเมินว่าจะมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตหรือไม่

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กาญนิถา ครองธรรมชาติ. 2536. การกำจัดสีของน้ำเสียจากน้ำย้อมผ้า โดยกระบวนการตกตะกอนทางเคมีด้วยสารโพลีอลูมิเนียมคลอไรด์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธงชัย พรรณสวัสดิ์. 2527. การกำจัดสีของน้ำเสียจากโรงงานย้อมผ้า. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นันทยา ยานุเมศ. 2534. กระบวนการผลิตและลักษณะน้ำทิ้งในอุตสาหกรรมสิ่งทอ. รายงานสรุปผลการประชุมสัมมนาเรื่องการบัดบัดน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอ วันที่ 26 มีนาคม 2534.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. 2526. วิศวกรรมการประปา เล่ม 1. พิมพ์ครั้งที่ 1. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมคิด วงศ์ไชยสุวรรณ. 2525. การกำจัดสีน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้าด้วยแมกเนเซียมคาร์บอเนตเบสิกไฮเดรท. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อัจฉราพร ไศละสูตร. 2527. คู่มือการย้อมสี. กรุงเทพมหานคร : เทคนิก 19 การพิมพ์.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาษาอังกฤษ

Altinbas , U. , Dokmeci , S., and Baristiran , A. 1995. Treability study of wastewater from textile industry. Environmental technology 16 : 389 – 394

American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control. 1985. Standard Method for the Examination of Water and Wastewater. 16 th Ed. Washington, D.C. : American Publish Health Association.

Beszedits, S. , Lugowaki , A., and Miyamoto , H.K. 1980. Color removal from textile mill effluent . New Jersey : Textile book service.

Eckenfelder , W.W , Jr. 1989. Industrial water pollution control. 2 nd ed. New york : Mc. Graw – Hill International edition.

Grau, P. 1991. Textile industry wastewater treatment. Wat. Sci. Tech. 24:97-103.

Judkin, J. F. , Jr., and Homsby, J. S. 1978. Color removal from textile dye waste using magnesium carbonate . Journal Water Pollution Control. 50 (11) : 2446-2456.

Kace , J.S., and Linford , H.B. 1975. Reduce cost flocculation of a textile dyeing wastewater. Journal Water Pollution Control Federation 47 : 1971 – 1977.

Kammer , F.N., ed. 1988. The nalco water handbook. 2 nd ed. New York : Mc Graw – Hill International edition.

Kanekar , P. , and Samaik , S. 1991. An activated sludge process to reduce the pollution load of a dye – industry waste. Environmental pollution. 70: 27-33.

Kootatep , T. 1993. Color removal from textile finishing wastewater. Master's thesis, AIT.

Koprivanac , N. , Bosanac , G. , Grabaric , Z., and Papic , S. 1993. Treatment of wastewater from dye industry. Environmental technology. 14 : 385 – 390.

Kuo , W.G. 1992. Decolorizing dye wastewater with fenton's reagent. Wat Res. 26 (7) : 881-886.

Lin , S. H. , and Lo, C. C. 1997. Fenton process for treatment of desizing wastewater. Wat. Res. 31 (8) : 2050-2056.

McKay , G. , Ramprasad , G. , and Mowli , P. 1987. Desorption and regeneration of dye colors from low-cost materials. Wat. Res. 21 (3) : 375 – 377.

Naumczyk , J. , Szpyrkowicz , L. , and Zilio – Grandi , F. 1996. Electrochemical treatment of textile wastewater. Wat. Sci. Tech. 34 : 17 – 24.

Nuphan , P. 1992. Treatment of jeans bleaching factory wastewater for removal of color, COD and Manganese by Ferrous Sulphate , Ferric Sulphate in conjunction with polymer coagulant aids. Master' s thesis , Kasetsart university.

Sun , G. , and Xu, X. 1997. Sunflower stalks as adsorbents for color removal from textile wastewater. Ind. Eng. Chem. Res. 36 : 808 - 812.

Sundstrom , D.W. , and Klei , H.E. 1979 Wastewater treatment. Engkwood Cliffs., N.J: Prentice – Hall, Inc.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ผลวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 1 การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าประสิทธิภาพการกำจัดสีสารละลายสีแวต YELLOW 5GF ด้วย Zenfrifloc 95 และ Lamfloc 1525

t – test for paired samples

Variable	Number of pairs	corr.	2 - tail Sig	Mean	SD	SE of Mean
Lamfloc				98.9867	0.172	0.099
	3	-.852	0.350			
Zentrifloc				76.6833	4.221	2.437

Paired Diffferences			T – value	df	2- tail Sig
Mean	SD	SE of Mean			
22.3033	4.369	2.522	8.84	2	0.013
95%CI (11.451, 33.156)					

ค่าการกำจัดสีแวต YELLOW 5GF โดยใช้ Zentrifloc 95 และ Lamfloc 1525 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ 2 การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าประสิทธิภาพการกำจัดสีสารละลายสีแวต BLUE RS ด้วย Zentrifloc 95 และ Lamfloc 7985

t – test for paired samples

Variable	Number of pairs	corr.	2 - tail Sig	Mean	SD	SE of Mean
Lamfloc				98.0200	0.393	0.227
	3	-.818	0.390			
Zentrifloc				87.5133	1.614	0.932

Paired Diffferences			T – value	df	2- tail Sig
Mean	SD	SE of Mean			
10.5067	1.312	0.758	13.87	2	0.005
95%CI (7.246, 13.767)					

ค่าการกำจัดสีแวต BLUE RS โดยใช้ Zentrifloc 95 และ Lamfloc 1525 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางผนวกที่ 3 การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าประสิทธิภาพการกำจัดสีสารละลายสีรีแอกทีฟ BULE GNE ด้วย Zentrifloc 95 และ Lamfloc 1525

t – test for paired samples

Variable	Number of pairs	corr.	2 - tail Sig	Mean	SD	SE of Mean
Lamfloc				96.4400	0.812	0.469
	3	0.861	0.339			
Zentrifloc				83.2000	0.521	0.301

Paired Diffferences			T – value	df	2- tail Sig
Mean	SD	SE of Mean			
13.2400	0.449	0.259	51.06	2	0.000
95% CI (12.124, 14.356)					

ค่าการกำจัดสีรีแอกทีฟ BLUE GNE โดยใช้ Zentrifloc 95 และ Lamfloc 1525 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางผนวกที่ 4 การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำทิ้งแวต โทนสีเหลือง ด้วย Lamfloc 1525 และสารส้ม

t – test for paired samples

Variable	Number of pairs	corr.	2 - tail Sig	Mean	SD	SE of Mean
Lamfloc				82.7367	2.980	1.720
	3	-0.617	0.576			
Zentrifloc				97.6133	0.253	0.146

Paired Diffferences			T – value	df	2- tail Sig
Mean	SD	SE of Mean			
-14.8767	3.142	1.814	-8.20	2	0.015
95% CI (-22.683, -7.070)					

ค่าการกำจัดสีน้ำทิ้งแวตโทนสีเหลืองระหว่าง Lamfloc 1525 และสารส้ม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ 5 การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำทิ้งแวต โทนสีน้ำเงิน ด้วยสารส้มและ Lamfloc 1525

t – test for paired samples

Variable	Number of pairs	corr.	2 - tail Sig	Mean	SD	SE of Mean
Lamfloc				80.9867	1.245	0.719
	3	-0.985	0.112			
Zentrifloc				91.9433	0.331	0.191

Paired Diffferences			T – value	df	2- tail Sig
Mean	SD	SE of Mean			
-10.9567	1.572	0.908	-12.07	2	0.007
95% CI (-14.862, -7.051)					

ค่าการกำจัดสีน้ำทิ้งแวตโทนสีน้ำเงินระหว่าง Lamfloc 1525 และสารส้ม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางผนวกที่ 6 การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำทิ้งแอกทีฟด้วยสารส้ม และ Lamfloc 1525

t – test for paired samples

Variable	Number of pairs	corr.	2 - tail Sig	Mean	SD	SE of Mean
Lamfloc	3	-0.115	0.927	40.0300	0.312	0.180
Zentrifloc				96.7267	0.579	0.334

Paired Diffferences			T – value	df	2- tail Sig
Mean	SD	SE of Mean			
-56.6967	0.688	0.397	-142.69	2	0.000
95% CI (-58.406, -54.987)					

ค่าการกำจัดสีน้ำทิ้งรีแอกทีฟโทนสีน้ำเงินระหว่าง Lamfloc 1525 และสารส้ม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ภาคผนวก ข

วิธีวิเคราะห์ค่าซีโอดีและเอสเอส

SUSPENDED SOLID (ค่าเอสเอส)

ค่าเอสเอส หมายถึงของแข็งที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ สามารถหาได้โดยการนำสารละลายส่วนบนของสารตัวอย่างมาทำการทดลอง

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการกรองแบบดูด 1 ชุด
2. กระดาษกรองใยแก้ว (GLASS MICRO FIBER FILTER) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.7 mm
3. ตู้อบที่สามารถให้ความร้อนได้ถึง 105 ^{o}C

วิธีการ

1. นำกระดาษกรองใยแก้วไปอบที่อุณหภูมิ 105 ^{o}C และชั่งน้ำหนัก
2. นำสารตัวอย่างมาประมาณ 100 cm^3 กรองด้วยกระดาษกรองใยแก้วในข้อ 1.
3. นำกระดาษกรองใยแก้วในข้อ 2. ไปอบที่อุณหภูมิ 105 ^{o}C และชั่งน้ำหนักซ้ำ

วิธีการคำนวณ

$$SS\ (mg/l) = A - B$$

เมื่อ A = น้ำหนักกระดาษกรองใยแก้วก่อนกรองสารตัวอย่าง

B = น้ำหนักกระดาษกรองใยแก้วหลังกรองสารตัวอย่าง

CHEMICAL OXYGEN DEMAND (ค่าซีโอดี)

ค่าซีโอดี เป็นค่าความต้องการออกซิเจนในการสลายสารทั้งหมดในน้ำตัวอย่างทั้งชนิดที่จุลินทรีย์ย่อยสลายได้ และชนิดที่จุลินทรีย์ย่อยสลายไม่ได้ การวิเคราะห์ค่าซีโอดีเป็นการวัดค่าความสกปรกของน้ำทิ้ง โดยวิธีทางเคมีด้วยตัวออกซิไดซ์อย่างแรง ในสารละลายที่เป็นกรดจนได้ผลิตภัณฑ์เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ โดยทั่วไปค่าซีโอดีจะมีค่าสูงกว่าค่าบีโอดี

ยกเว้นในกรณีที่ในน้ำทิ้งมีสารอินทรีย์ที่ระเหยง่าย ซึ่งเมื่อถูกความร้อนจากการรีฟลักซ์ จะทำให้สารอินทรีย์ดังกล่าวสลายตัวไป

อุปกรณ์

1. หลอดย่อยสลาย (DIGESTION VESSELS) ขนาด 25 * 150 mm พร้อมฝาเกลียว
2. ที่วางหลอดย่อยสลาย (HEATING BLOCK)
3. ตู้อบซึ่งสามารถให้ความร้อนได้ถึง 150 ^{o}C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

สารเคมีที่ใช้ในการหาค่าซีโอดี

1. สารละลายมาตรฐานโปแตสเซียมไดโครเมต
2. กรดซัลฟุริกรีเอเจนต์
3. สารละลายมาตรฐานเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต
4. สารละลายเฟอโรอิน
5. กรดซัลฟามิก
6. สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮโดรเจนพตาเลต

วิธีการ

1. ล้างหลอดทดลองและฝาด้วย กรดซัลฟุริก 20 % ก่อนนำมาใช้
2. เติมสารตัวอย่างลงไปในหลอดทดลองปริมาณ 10 cm^3
3. เติมสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมตลงไปในปริมาณ 5 cm^3
4. เติมกรดซัลฟุริกรีเอเจนต์ลงไปในปริมาณ 15 cm^3
5. ปิดฝา ผสมให้เข้ากันจากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 ^{o}C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
6. หลังจากนั้นนำออกมาตั้งทิ้งไว้ให้เย็น เติมสารละลายเฟอโรอินลงไป 1–2 หยด
7. นำไปไตเตรทกับเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต ที่จุดยุติสารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวแกมน้ำเงินไปเป็นสีส้มแดง
8. ทำแบลงค์พร้อม ๆ กับสารตัวอย่าง โดยใช้น้ำกลั่นแทนสารตัวอย่าง ตามวิธีข้อ 1 – 7 ทุกประการ

วิธีการคำนวณ

COD (mg/l) = (A-B) M x 8000 / ปริมาณ สารตัวอย่าง cm^3

เมื่อ A = ปริมาตรเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟตที่ใช้ในการไทเทรตแบลงค์

B = ปริมาตรเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟตที่ใช้ในการไทเทรตสารตัวอย่าง

M = ความเข้มข้นของสารละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต

ภาคผนวก ค

มาตรฐานน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรม

ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) วันที่ 3 มกราคม 2539 เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

น้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงานอุตสาหกรรมต้องมีคุณสมบัติดังนี้

1. ค่าความเป็นกรดและด่าง มีค่า 5.5-9.0
2. ค่าทีดีเอส (TDS หรือ Total Dissolved Solids) มีค่าดังนี้
   1.1 ไม่เกิน 3,000 มก./ล. หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้งหรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 5,000 มก./ล.
   1.2 น้ำทิ้งที่จะระบายลงแหล่งน้ำกร่อยที่มีค่าความเค็มเกิน 2,000 มก./ล. หรือลงสู่ทะเล ค่าทีดีเอสในน้ำทิ้งจะมีค่ามากกว่าค่าทีดีเอสที่มีอยู่ในแหล่งน้ำกร่อยหรือน้ำทะเลได้ไม่เกิน 5,000 มก./ล.
3. สารแขวนลอย (Suspended Solids) ไม่เกิน 50 มก./ล.
4. อุณหภูมิ ไม่เกิน 40 ^{o}C
5. สีหรือกลิ่น ต้องไม่เป็นที่พึงรังเกียจ
6. ซัลไฟด์ (Sulfide as H_2S) ไม่เกิน 1.0 มก./ล.
7. ไซยาไนด์ (Cyanide as HCN) ไม่เกิน 0.2 มก./ล.
8. ฟอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde) ไม่เกิน 1.0 มก./ล.
9. สารประกอบฟีนอล (Phenols) ไม่เกิน 1.0 มก./ล.
10. คลอรีนอิสระ (Free Chlorine) ไม่เกิน 1.0 มก./ล.
11. ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand :BOD) ไม่เกิน 20 มก./ล. หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้งหรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 60 มก./ล.

12. ค่าทีเคเอ็น (TKN หรือ Total Kjeldahl Nitrogen) ไม่เกิน 100 มก./ล. หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้งหรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 200 มก./ล.
13. ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand : COD) ไม่เกิน 120 มก./ล. หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้งหรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 400 มก./ล.
14. โลหะหนัก (Heavy Metal)
    1. สังกะสี (Zn) ไม่เกิน 5.0 มก./ล.
    2. โครเมี่ยมเฮ็กซาวาเลนท์ (Hexavalent Chromium) ไม่เกิน 0.25 มก./ล.
    3. โครเมี่ยมซนิดไตรวาเลนท์ (Trivalent Chromium) ไม่เกิน 0.75 มก./ล.
    4. ทองแดง (Cu)) ไม่เกิน 2.0 มก./ล.
    5. แคดเมี่ยม (Cd) ไม่เกิน 0.03 มก./ล.
    6. แบเรียม (Ba) ไม่เกิน 1.0 มก./ล.
    7. ตะกั่ว (Pb) ไม่เกิน 0.20 มก./ล.
    8. นิกเกิล (Ni) ไม่เกิน 1.0 มก./ล.
    9. แมงกานีส (Mn) ไม่เกิน 5.0 มก./ล.
    10. อาร์เซนิค (As) ไม่เกิน 0.25 มก./ล.
    11. เซเลเนียม (Se) ไม่เกิน 0.02 มก./ล.
    12. ปรอท (Hg) ไม่เกิน 0.005 มก./ล.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย