

## บทที่ 1

### บทนำ



#### 1.1 ทั่วไป

การย้อมสีนั้นมีมานานแล้ว กรรมวิธีการทำให้สีย้อมติดกับเนื้อเส้นใยในผ้ามีหลายวิธี ตามความชำนาญของผู้ผลิต ตั้งแต่การย้อมด้วยวิธีอย่างง่ายไปจนถึงกระบวนการที่มีความซับซ้อน แต่เดิมนั้นสีย้อมที่ใช้เป็นสีย้อมที่ได้จากธรรมชาติ เช่น สีย้อมอินดิโก (indigo dye) ซึ่งให้สีคราม สีย้อมเฮนนะ (henna dye) ที่ให้สีแดงจากต้นเทียน สีย้อมอะลิซาริน (ali-zarin dye) สีย้อมไทรินเพอร์เพิล (tyrinpurple dye) โดยใช้ออกไซด์ของโลหะเป็นสารช่วยในการติดสีซึ่งเรียกสารนี้ว่า สารมอร์แดนท์ (mordant) เมื่อถึงปี ค.ศ.1856 Perkin ได้คิดค้นและผลิตสีย้อมสังเคราะห์ขึ้นเป็นครั้งแรกชื่อ "Mauvine" มีคุณสมบัติสะท้อนแสงและคงทนต่อแสง สามารถติดเส้นใยไหมสูงแต่ไม่ติดคงทนต่อผ้า จึงมีความจำเป็นที่ยังคงต้องใช้สารมอร์แดนท์ต่อไปอีกในการย้อมผ้า ต่อมาการย้อมผ้าโดยไม่ใช้สารมอร์แดนท์มีความเป็นไปได้มากขึ้นเมื่อมีการค้นพบสีย้อมคองโกเรด (congo red) ในปี ค.ศ.1884 แต่ทว่ายังให้คุณสมบัติที่ดีจากเมื่อนำไปซักหรือถูกแสง ซึ่งพบเสมอในกรณีที่ย้อมผ้าด้วยสีย้อมไคเรคท์ (direct) การพัฒนาสีย้อมยังคงมีอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งในปี ค.ศ. 1901 ก็มีการค้นพบ สีย้อมแวน (vat) ได้ ซึ่งเป็นการผสมสีย้อมอินดิโก (indigo dye) กับอนุพันธ์ของแอนทราควิโนน (anthraquinone) ต่อมาเมื่อปี ค.ศ. 1928 สามารถสังเคราะห์สีย้อมอะโซเมทัลคอมเพล็กซ์ (azometal complex dye) และสีย้อมฟาโลไซยาไนน์ (phthalocyanines dye) ขึ้นได้สำเร็จ และในช่วงกลางศตวรรษนี้ความต้องการสีย้อมชนิดใหม่สำหรับเส้นใยสังเคราะห์มีเพิ่มขึ้น เนื่องจากโครงสร้างและคุณสมบัติของเส้นใยสังเคราะห์นั้น แตกต่างจากเส้นใยธรรมชาติ ซึ่งเป็นสารโพลีแซคคาไรด์และโพลีเปปไทด์ จึงได้มีการคิดค้นสีย้อมดิสเพอร์ส (disperse dye) ขึ้นสำหรับเส้นใยเอสเทอร์ (ester fibre) และสีย้อมเบสิก (basic dye) สำหรับเส้นใยอะคริลิก (acrylic fibre) เป็นต้น (Carl Duisberg Gesellschaft South East Asia Program office [CDG], 1993)

สำหรับเส้นใยที่ใช้ในการทอผ้าช่วงก่อนยุคอุตสาหกรรมที่สำคัญ คือ ฝ้าย ลินิน ขนสัตว์ และไหม ซึ่งจัดเป็นเส้นใยประเภทโพลีแซคคาไรด์และโพลีเปปไทด์และสามารถย่อยสลายได้ แต่อย่างไรก็ตามในกระบวนการผลิตนั้น มีการใช้สารเคมีอื่นร่วม เช่น คาร์บอนไดซัลไฟด์ กรดซัลฟูริก และสารประกอบของสังกะสี ส่วนเส้นใยสังเคราะห์ซึ่งเป็นสารประเภทเทอร์โมพลาสติกและไฮโดรโฟบิก ซึ่งสารประเภทที่ไม่ย่อยสลายทางชีวภาพ เส้นใยโพลีเอสเตอร์ โพลีเอไมด์ โพลีพรีดีน อะคริลิก และไวไนลโพลีเมอร์ เหล่านี้เป็นตัวอย่างของเส้นใยที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ จากการวิจัยทางการตลาดพบว่าฝ้ายและโพลีเอสเตอร์ยังเป็นที่นิยมในหมู่ของผู้บริโภคทั่วโลก และจะยังคงได้รับความนิยมไปอีกนาน กอรปกับความเจริญและการพัฒนาด้านเกษตรกรรม เช่น การปรับปรุงพันธุ์ การปรับปรุงพันธุกรรม การป้องกันการเกิดโรคพืชเหล่านี้ได้ส่งผลให้คุณภาพและกำลังการผลิตฝ้ายเพิ่มขึ้น ในส่วนของการผลิตผ้าหรือทอผ้า มักพบว่าการผสมผสานเส้นใยสำหรับผลิตผ้าแต่ละชนิดในอัตราส่วนต่างๆ นั้น ยังคงได้รับความนิยมจากผู้บริโภคทั่วโลก ด้วยเหตุนี้จึงทำให้กระบวนการย้อมสีนั้นยุ่งยากมากขึ้นไปอีก (CDG, 1993)

การย้อมสีถือว่าเป็นหนึ่งในกระบวนการสำคัญของอุตสาหกรรมสิ่งทอ ซึ่งมีอุตสาหกรรมต่อเนื่องและเกี่ยวข้องหลายอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมตัดเย็บ ปั่นด้าย ถักทอ และอุตสาหกรรมผลิตเส้นใย เป็นต้น (ดูรูปที่ 1.1) ในปัจจุบันความก้าวหน้าทางด้านกระบวนการย้อมสี กอรปกับความต้องการบริโภคที่เพิ่มขึ้นและหลากหลายขึ้น ส่งผลให้ปริมาณการผลิตผ้าเพิ่มขึ้นทุกปี

สำหรับประเทศไทย อุตสาหกรรมสิ่งทอและเสื้อผ้าสำเร็จรูปจัดได้ว่าเป็นอุตสาหกรรมที่ใช้แรงงาน (labor-intensive Industry) เฉพาะปี 2536 มีแรงงานในอุตสาหกรรมปั่นด้ายประมาณ 6 หมื่นคนในขั้นทอผ้าและถักผ้ากว่า 1.2 แสนคน ในอุตสาหกรรมผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปมีการจ้างงานประมาณ 8.3 แสนคน แรงงานในกระบวนการฟอกย้อมประมาณ 5 หมื่นคน ที่เหลือกระจายไปอยู่ในกระบวนการ เส้นใยประดิษฐ์ และอื่นๆ (สุริพันธ์ จำคำสอน, บรรณาธิการ, 2537)

การย้อมสีเป็นกระบวนการที่ใช้สีย้อมเป็นวัตถุดิบสำคัญ ร่วมกับน้ำและสารเคมีอื่นๆ ทำให้มีการปล่อยน้ำเสียที่มีการปนเปื้อนขององค์ประกอบต่างๆ ในกระบวนการผลิต ซึ่งส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม ตัวอย่างสิ่งปนเปื้อนมากับน้ำเสียย้อมสีประกอบไปด้วยบีโอดี ซีโอดี แอมโมเนีย กรด ค่าง ฟีนอล สารแขวนลอย ความร้อน และอื่นๆ ขึ้นกับสภาพและวิธีการในกระบวนการผลิตของแต่ละโรงงาน



รูปที่ 1.1 โครงสร้างอุตสาหกรรมสิ่งทอและเสื้อผ้าสำเร็จรูป

ตารางที่ 1.1 ลักษณะสมบัติทั่วไปที่พบในน้ำเสียจากโรงฟอกย้อม

(Gaeta and Fedele, 1991)

พารามิเตอร์		ช่วงที่พบ
อุณหภูมิ	ซ.	10 - 90
COD	มก./ล.	80 - 4000
BOD	มก./ล.	50 - 2000
TSS	มก./ล.	20 - 500
Color		สังเกตเห็น
NH3	มก./ล.	0 - 36
Phenol	มก./ล.	0 - 12
pH		2 - 12
Cr 6	มก./ล.	0 - 1
Cr 3	มก./ล.	0 - 1

## 1.2 ความสำคัญของการบำบัดน้ำเสียย้อมผ้า

เมื่อก้าวถึงระบบบำบัดน้ำเสียย้อมผ้า นั้น การใช้วิธีบำบัดด้วยอนุกรมของหน่วย กระบวนการเคมีฟิสิกส์และชีวภาพนั้นนับว่าได้ผลดี และที่ผ่านมาก็มีการโต้เถียงกันระหว่างการจัดเรียงลำดับคืบของหน่วยกระบวนการเคมีฟิสิกส์และชีวภาพ เนื่องด้วยในน้ำเสียย้อมผ้าที่ได้จากกระบวนการฟอกย้อมนั้น ประกอบไปด้วยสารอินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ สารอินทรีย์ที่ย่อยสลายยากหรือย่อยไม่ได้ สารอนินทรีย์ละลายน้ำ และสารอนินทรีย์ที่ไม่ละลายน้ำ เป็นต้น ทำให้การจัดเรียงลำดับการบำบัดตามหน่วยกระบวนการก่อนหลัง เป็นปัญหาที่ไม่มีคำตอบสำเร็จรูปเมื่อมองในแง่ความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์และสมรรถนะของระบบบำบัด ซึ่งมักขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น สัดส่วนความเข้มข้นของสารปนเปื้อนต่างๆ ในน้ำเสีย ปริมาณสารพิษที่จะมีผลต่อ การเลี้ยงจุลินทรีย์ อุณหภูมิของน้ำเสียที่เข้าระบบบำบัดฯ ค่าใช้จ่ายดำเนินการ และค่าใช้จ่ายเริ่มต้น ปริมาณเนื้อที่ในการสร้างระบบบำบัดฯ ท่าเลที่ตั้ง เป็นต้น

### ก. ลำดับหน่วยกระบวนการแบบที่ 1

การบำบัดขั้นปฐม ภูมิ	การบำบัดขั้นทุติยภูมิ ระบบฯ เอเอส	การบำบัดขั้นตติยภูมิ โคแอกูเลชัน
-------------------------	--------------------------------------	-------------------------------------

### ข. ลำดับหน่วยกระบวนการแบบที่ 2

การบำบัดขั้นปฐม ภูมิ	การบำบัดขั้นทุติยภูมิ โคแอกูเลชัน	การบำบัดขั้นตติยภูมิ ระบบฯ เอเอส
-------------------------	--------------------------------------	-------------------------------------

รูปที่ 1.2 แสดงการจัดลำดับหน่วยกระบวนการบำบัดฯ

จาก รูปที่ 1.2 ข้างต้นได้ยกตัวอย่างการใช้โคแอกูเลชันเป็นตัวแทนสำหรับการบำบัดทางเคมีฟิสิกส์ และระบบแอกติเวตเต็ดสลัดจ์เป็นตัวแทนสำหรับการบำบัดทางชีวภาพ ทางเลือก ก. ตาม รูปที่ 1.2 ข้างต้น กรณีที่น้ำเสียข้มค่าเข้าระบบบำบัดฯมีอุณหภูมิสูงการบำบัดขั้นปฐมภูมินอกจากจะมีการปรับพีเอช การตกตะกอนขั้นต้น ยังอาจต้องมีระบบระบายความร้อนร่วมอยู่ด้วย เพื่อลดอุณหภูมิน้ำเสียก่อนเข้าถังเติมอากาศ การใช้กระบวนการโคแอกูเลชันในการกำจัดสีข้มแขวนลอยก่อนจะผ่านน้ำเสียฯไปที่หน่วยบำบัดทางชีวภาพนั้น มีข้อดีคือ สามารถลดสารเชื้อ ความร้อน และสารพิษลงบางส่วน ข้อเสีย คือสิ้นเปลืองสารเคมีมาก เนื่องจากสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่บางส่วนที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพจะถูกกำจัดไปในขั้นตอนโคแอกูเลชัน เกิดสลัดจ์ที่ยังไม่สเตรปิลด์(ที่ยังเนาได้)ส่งผ่านต่อไปในขั้นตอนโคแอกูเลชันได้ ส่วนการใช้กระบวนการบำบัดทางชีวภาพก่อนกระบวนการโคแอกูเลชันเพื่อกำจัดสีข้ม ข้อดี คือ ในกรณีที่สีข้มสามารถถูกย่อยสลายได้ทางชีวภาพปะปนมาด้วยแล้ว สีข้มส่วนนี้จะถูกกำจัดในขั้นตอนแรกเลย และยังมีงานวิจัยบางเรื่องที่กล่าวถึงความสามารถในการดูดติดผิวของสีข้มด้วยแอกติเวตเต็ดสลัดจ์ ซึ่งข้อดีทั้งสองกรณี สามารถลดปริมาณสีข้มได้ในเบื้องต้น ข้อเสีย คือ ถ้าม่อพักและระบบระบายน้ำไม่ สามารถลดอุณหภูมิให้อยู่ในระดับที่จุลินทรีย์สามารถดำรงชีพได้ จำเป็นต้องมีระบบระบาย ความร้อนให้กับน้ำเสียในช่วงก่อนปล่อยเข้าระบบบำบัดทางชีวภาพ หรือในกรณีมีสารพิษและสารเจือปนมากับน้ำ เสียระบบบำบัดทางชีวภาพซึ่งมีจุลินทรีย์เป็นกลไกสำคัญในการย่อยสลายนั้น จำต้องรับภาระของสารเหล่านี้ก่อนโดยตรง

การวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การกำจัดสีข้มรีแอกทีฟในน้ำเสียข้มค่า โดยใช้กระบวนการบำบัดร่วมซึ่งประกอบไปด้วยกระบวนการดูดติดผิวด้วยแอกติเวตเต็ดคาร์บอนหรือเด้ลอยตามด้วยโคแอกูเลชันด้วยสารส้มเพื่อกำจัดสีข้มดังกล่าว เปรียบเทียบปริมาณสารเคมีชนิดต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการบำบัดร่วมดังกล่าวทั้งหมด และหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดของใช้กระบวนการร่วมดังกล่าวมาสำหรับการกำจัดสีรีแอกทีฟในน้ำเสียโรงฟอกข้อม

### 1.3 สมมติฐาน

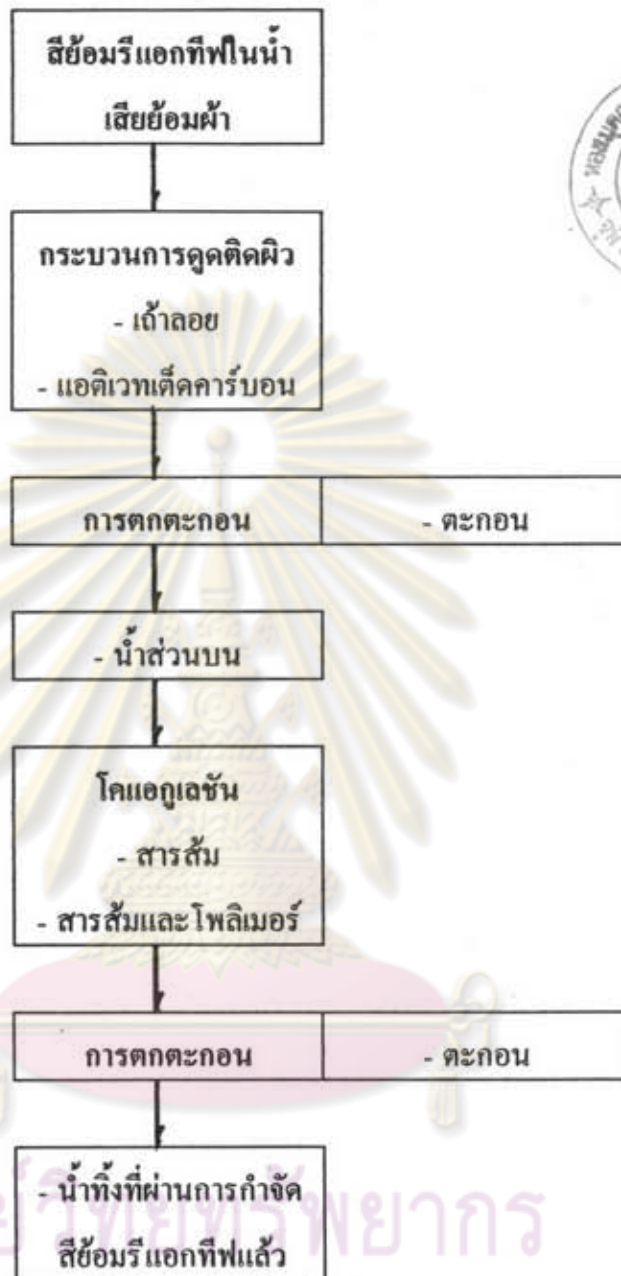
ในการศึกษาการกำจัดสีย้อมรีแอกทีฟในน้ำเสียย้อมย้อมผ้า ตามที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 1.2 แล้วว่า การศึกษานี้มุ่งเน้นไปที่ การกำจัดสีย้อมรีแอกทีฟในน้ำเสียย้อมผ้าด้วยกระบวนการร่วมของการดูดติดผิวและโคแอกูเลชัน มีความเป็นไปได้ทางวิศวกรรมดังนี้

ข้อ 1) ใช้กระบวนการดูดติดผิวด้วยสารดูดติดผิว เช่น แอคติเวทเต็ดคาร์บอนผง และ เถ้าลอย เป็นต้น ในการกำจัดสีย้อมรีแอกทีฟในน้ำเสียย้อมผ้านั้น มีความเป็นไปได้สูงทางวิศวกรรม ในขณะที่โคแอกูเลชันนั้นสามารถกำจัดได้เฉพาะสีย้อมประเภทที่ไม่ละลายน้ำ ส่วนสีย้อมที่มีความสามารถละลายน้ำได้คิ่ดงเช่นสีย้อมรีแอกทีฟนั้นวิธีโคแอกูเลชันกำจัดไม่ได้ หรือได้้น้อยมาก

ข้อ 2) ขั้นต่อไป เมื่อมีการกำจัดสีย้อมรีแอกทีฟในน้ำเสียย้อมผ้าด้วยกระบวนการดูดติดผิวเสร็จแล้วต้องนำไปตกตะกอน 30 นาที ซึ่งตั้งใจให้ตะกอนของสารดูดติดผิวส่วนใหญ่ เช่น แอคติเวทเต็ดคาร์บอนผง และเถ้าลอย ที่มีสีย้อมรีแอกทีฟเกาะติดผิวไปพร้อมกันด้วย ตกตะกอนตามแรงโน้มถ่วงเสียก่อน ขั้นตอนนี้ถือเป็นการเคลื่อนย้ายมวลสีย้อมออกจากน้ำเสียย้อมผ้าครั้งที่ 1 ส่วนสารดูดติดผิวบางส่วนที่ค้างอยู่ในรูปสารแขวนลอยในน้ำเสียนั้นก็ยังคงมีสีย้อมอีกบางส่วนติดค้างไปซึ่งต้องการกำจัดต่อ

ข้อ 3) กำจัดสารดูดติดผิวแขวนลอยที่ยังคงเหลือจากการตกตะกอนในรูปสารแขวนลอยด้วยกระบวนการโคแอกูเลชัน แล้วตามด้วยการตกตะกอน ในขั้นตอนนี้มีความเป็นไปได้ 3 ทางที่อาจเป็นไปได้และน่าศึกษา คือ

- โคแอกูเลชันซึ่งเป็นกระบวนการลดค่าศักย์ซีตา และศักย์ซีตานั้นรู้กันว่าเป็นเหตุให้เกิดความเสถียรภาพในการเป็นสารแขวนลอย การที่ศักย์ซีตาเปลี่ยนแปลงนี้อาจจะมีอิทธิพลในการดูดติดผิว ทำให้สีย้อมที่เดิมเกาะติดผิวอยู่บนผิวของสารดูดติดผิวแล้วนั้นหลุดออกไป (desorption) ทำให้สีกลับคืนสู่น้ำเสียไป
- ถ้าศักย์ซีตาไม่มีอิทธิพลดังในข้อแรก สีย้อมที่เดิมเกาะติดอยู่บนผิวสารดูดติดผิวไม่มีการหลุดออก (desorption) อันเนื่องมาจากมีการใช้โคแอกูแลนต์ สีย้อมดังกล่าวก็จะ



แผนภาพที่ 1.1 สมมติฐานที่ใช้ในการกำจัดสีย้อมรีแอกทีฟ

ถูกกำจัดไปกับสลัดจ์ ถือเป็นการเคลื่อนย้ายสีย้อมออกจากน้ำเสียครั้งที่ 2

- หรือไม่มีอิทธิพลของสัคซ์ซีดา อันเนื่องมาจากวิธีการที่ทำให้เกิดโคแอกูเลชันไม่เป็นแบบการลดหรือทำลายประจุ เช่น การเกิดโคแอกูเลชันแบบหุ้มอนุภาค (sweep

coagulation) ด้วยตะกอนผลึก (precipitate) ของโลหะไฮดรอกไซด์ ซึ่งในกรณีนี้กระบวนการโคแอกกูเลชันไม่จำเป็นต้องเกิดในขณะที่สัคยซ์ตามีค่าต่ำสุด เพราะน้ำหนักตะกอนของโลหะออกไซด์(precipitate) มีอิทธิพลในการเกิดโคแอกกูเลชันมากกว่าการลดหรือทำลายประจุ หรือการเกิดโคแอกกูเลชันและใช้โพลีเมอร์ช่วยก็เช่นเดียวกัน น้ำหนักของสายโซ่ที่มีโมเลกุลเกาะติดจำนวนมากนั้นมีอิทธิพลมากกว่าประจุ

การพิสูจน์สมมติฐานข้างต้น ทำโดยการทดลองเพื่อหา

1. ชนิดและปริมาณสารคูดัดผิวที่เหมาะสม พร้อมทั้งสภาวะที่เหมาะสมในการใช้งาน โดยการทดลองนี้ได้เลือกใช้

- แอคติเวทเต็คคาร์บอนผง
- เถ้าลอย

2. ปริมาณโคแอกูแลนท์ และ โคแอกูแลนท์เอค พร้อมทั้งสภาวะที่เหมาะสมในการใช้งาน โดยการทดลองนี้ได้เลือกใช้

- สารส้ม (เป็นโคแอกูแลนท์)
- โพลีเมอร์ประจุลบ (เป็นโคแอกูแลนท์เอค)

## ศูนย์วิทยทรัพยากร

ในการทดลองนี้ได้ศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดสี้อมรีแอกทีฟในน้ำเสียข้อมผ้าด้วยการเปรียบเทียบกับ

1. ใช้กระบวนการคูดัดผิวอย่างเดียวในการกำจัดสี้อมฯดังกล่าว
2. ใช้กระบวนการร่วมของการคูดัดผิวแล้วตามด้วยโคแอกูเลชัน (สมมติฐาน)



## 1.4 วัตถุประสงค์

จากความสำเร็จที่ได้กล่าวไปแล้วในสมมติฐานทำให้การวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อ

1.4.1 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการใช้กระบวนการดูดติดผิว ด้วยสารดูดติดผิวชนิดต่างๆ เพื่อกำจัดสี้อมรีแอกทีฟในน้ำเสียข้อมผ้า

1.4.2 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการใช้กระบวนการร่วมของการดูดติดผิว แล้วตามด้วยกระบวนการโคแอกูเลชัน เพื่อกำจัดสี้อมรีแอกทีฟในน้ำเสียข้อมผ้า

1.4.3 ศึกษาว่าการใช้กระบวนการโคแอกูเลชันหลังกระบวนการดูดติดผิว ตามสมมติฐานนั้น ก่อให้เกิดปรากฏการณ์ที่สี้อมหลุดออก (desorption) กลับคืนสู่น้ำเสียหรือไม่

## 1.5 ขอบเขตการวิจัย

ในการทดลองนี้ต้องการศึกษาการกำจัดสี้อมผ้า โดยเน้นไปที่สี้อมรีแอกทีฟในน้ำเสียข้อมผ้า โดยเลือกกระบวนการบำบัดน้ำเสียที่มีความเป็นไปได้ทางวิศวกรรมมาศึกษาทดลอง ขอบเขตที่ศึกษาประกอบไปด้วย

1.5.1 การสังเคราะห์ตัวอย่างน้ำเสียข้อมผ้าด้วยสี้อมรีแอกทีฟ ให้มีความเข้มข้นสี้อม 10 มก./ล. และใช้ความเข้มข้นนี้ตลอดการทดลอง โดยเลือกกระบวนการสังเคราะห์เลียนแบบการข้อมผ้าจริง กระบวนการข้อมผ้าที่เลือกใช้เป็นกระบวนการแพดดิ้ง (padding process) แบบข้อมเย็น (cold pad-bath) สูตรข้อม 1. (soda ash, temp. 25 °C up) ของไบเออร์ (Bayer) โทนสี้อมรีแอกทีฟที่ใช้มีทั้งสิ้น 2 โทนสี คือ

- สีน้ำเงิน (levafix brill. blue E-BRA maccrolat, 3LV647471)
- สีแดง (levafix brill. red E-4BA Gran., 4LV656377)

1.5.2 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการใช้ถ้ำลอย และแอกติเวทเต็ดคาร์บอนแบบผง เพื่อกำจัดสี้อมรีแอกทีฟในตัวอย่างน้ำเสียฟอกข้อมสังเคราะห์ดังกล่าว

- ถัดลอกจากปล่องควัน (stack) โดยเก็บจากถังดักเก็บของโรงไฟฟ้า อ.แม่

เกาะ

- แอทดิวเทคเต็คาร์บอนผง แบบไม้ (wood base carbon powder) มีรายละเอียดเกี่ยวกับลักษณะสมบัติดังนี้

รุ่น YAO H M325 XLS

ขนาดอนุภาค (ASTM D 2862) ต่ำกว่า 325 เม็ช (อย่างน้อย 60%)

พ.ท.ผิว (BET วิธีไนโตรเจน) 1250 ม.<sup>2</sup>/ก.

ค่าไอโอดีน (AWWA B604) อย่างน้อย 1200 มก./ก.

ค่าเมทิลีนบลู (JIS K1470-1967) อย่างน้อย 200 มก./ก.

ความหนาแน่นปรากฏ (ASTM D 2854) 350 - 380 กก./ลบ.ม.

ความชื้น เมื่ออัดแน่น (ASTM D 2867) ไม่เกิน 10 % นน./นน.

พีเอช 9 - 10

1.5.3 ฉ สภาวะเหมาะสมที่ได้ในข้อ 1.5.2 นั้น นำมาศึกษาความเป็นไปได้ในการกำจัดสีข้อมในน้ำเสีย ด้วยกระบวนการร่วมของการดูดติดผิวตามด้วยโคแอกูเลชัน(สมมติฐาน) เพื่อกำจัดสีข้อมรีแอกทีฟในตัวอย่างน้ำเสียข้อมผ้าสังเคราะห์ดังกล่าวด้วยสาร

- ถัดลวย และสารส้ม

- แอทดิวเทคเต็คาร์บอนแบบผง และสารส้ม

1.5.4 ฉ สภาวะเหมาะสมที่ได้ในข้อ 1.5.2 และ 1.5.3 นั้น นำมาศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดสีข้อม จากการใช้กระบวนการกำจัดประเภทต่างๆ และหาของแข็งแขวนลอยที่เหลือเนื่องจากการใช้สารดูดติดผิว

1.5.5 ศึกษาการเกิดปรากฏการณ์ที่อาจมีสีข้อมหลุดออก (desorption) จากสารดูดติดผิวกลับคืนสู่น้ำเสีย เมื่อมีการใช้กระบวนการโคแอกูเลชันช่วยในการตกตะกอนสารดูดติดผิวแขวนลอย

1.5.6 ฉ สภาวะเหมาะสมที่ได้ในข้อ 1.5.2 ถึง 1.5.3 นั้น นำมาศึกษาเปรียบเทียบปริมาณสารเคมี ค่าใช้จ่ายสารเคมีและค่าใช้จ่ายอื่นๆ ในการประยุกต์ใช้งานจริง