บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

การวิจัยนี้ดังได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 1.3 และ 1.5 แล้วว่ามีวัตถุประสงค์ในการศึกษาการกำจัดสีย้อมรีแอกทีฟในน้ำเสียย้อมผ้าด้วยกระบวนการร่วมของการดูดติดผิว แล้วตามด้วยกระบวนการโคแอกูเลชัน โดยมีแนวความคิดแต่เริ่มการทดลองว่าการต่อลำดับหน่วยกระบวนการบำบัดก่อนหลังนั้นมีความสำคัญ และส่งผลต่อความเป็นไปได้ในการบำบัดฯทั้งด้านวิศวกรรมและการนำไปใช้งานจริง

ซึ่งการวิจัยนี้ได้เลือกใช้วัตถุดิบที่มีความเป็นไปได้ทางวิศวกรรม ทั้งสารที่มีจำหน่ายโดยทั่วไป เช่น แอกติเวทเต็ดคาร์บอนผง สารส้ม กรด ด่าง และโพลิเมอร์ เป็นต้น และสารที่ทิ้งแล้วหรือเป็นของเสียในกระบวนการอุตสาหกรรม เช่น เถ้าลอย เป็นต้น ดังนั้นในบทนี้จะได้กล่าวถึงแง่มุมและความรู้ที่ได้พบและเรียนรู้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม โดยแยกรายงานออกเป็นหน่วยกระบวนการบำบัดฯดังจะกล่าวต่อไปนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.1 วิจารณ์ผลการทดลองการกำจัดย้อมรีแอกทีฟในน้ำเสียย้อมผ้าด้วยกระบวนการดูดติดผิว

5.1.1 แอกติเวทเต็ดคาร์บอนผง

ก. อิทธิพลของพีเอชต่อประสิทธิภาพกำจัดสีย้อมรีแอกทีฟด้วยแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผง

จากผลการทดลองดังได้กล่าวไว้ในบทที่ 4 พบว่าเมื่อใช้แอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงในการกำจัดสีรีแอกทีฟออกจากน้ำเสียย้อมผ้าทั้งโทนสีแดงและสีน้ำเงินนั้น ให้ประสิทธิภาพกำจัดสูงสุดที่พีเอชประมาณ11-12.5 และน้ำเสียย้อมผ้าสังเคราะห์ซึ่งต้องมีการเติมโซดาแอชผสมอยู่ด้วยในกระบวนการย้อมนั้น ทำให้พีเอชของน้ำย้อมผ้าเริ่มต้นอยู่ที่ 11 กว่าๆ ดังนั้นจึงไม่มีความจำเป็นที่ต้องปรับพีเอชของน้ำย้อมผ้าก่อนการดูดติดผิวด้วยแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงแต่อย่างไร ในกรณีของการใช้แอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงในการกำจัดสีย้อมออกจากน้ำเสียย้อมผ้าดังกล่าว

การที่ช่วงพีเอชที่ให้ประสิทธิภาพกำจัดสีย้อมสูงสุด สำหรับกำจัดสีย้อมออกจากน้ำเสียย้อมผ้าด้วยแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผง อยู่ใกล้กับช่วงพีเอชที่ผู้ผลิตสีย้อมฯได้แนะนำให้ใช้ในกระบวนการย้อมผ้าจริงนั้น ทำให้ตั้งข้อสังเกตุว่าประเภทหรือชนิดของสีย้อมผ้านั้น น่าจะส่งผลต่อการเลือกใช้พีเอชสำหรับการกำจัดสีย้อมฯด้วยกระบวนการดูดติดผิว เพราะดังได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 แล้วว่า สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการย้อมผ้าแต่ละชนิดด้วยสีย้อมชนิดต่างๆ นั้น ถูกกำหนดด้วยอุณหภูมิน้ำย้อม พีเอชน้ำย้อม เวลาแช่ผ้า และความเข้มข้นของเกลือ ที่แตกต่างกันไปตามประเภทสีย้อมและชนิดเส้นใย เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามพันธะบนเส้นใยผ้ากับพันธะที่มีอยู่บนผิวของแอกติเวทเต็ดคาร์บอนนั้นเป็นพันธะที่แตกต่างกัน พันธะบนเส้นใยมักเป็นพันธะอินทรีย์ เช่น เอสเตอร์ อะครีรีค โพลีแซคคาไรด์ โพลีเปปไทด์ เป็นต้น ในขณะที่พันธะบนผิวแอกติเวทเต็ดคาร์บอนนั้นเกิดจากโครงสร้างของธาตุคาร์บอนที่มี 4 แขนเกาะกันเองอีกทั้งยังมีตัวแปรอื่นอีกมาก ทำให้ยังไม่สามารถสรุปความสัมพันธ์อะไรได้ในตอนนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. อิทธิพลของเวลาสัมผัสต่อประสิทธิภาพกำจัดสีย้อมรีแอกทีฟด้วยแอกติเวทเต็ดคาร์บอน

จากผลการทดลองดังได้กล่าวไว้ในบทที่ 4 พบว่าเมื่อใช้แอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงในการกำจัดสีรีแอกทีฟออกจากน้ำเสียย้อมผ้าทั้งโทนสีแดงและสีน้ำเงินนั้น สำหรับในช่วงเวลาสัมผัสก่อน 3 นาทีนั้น เวลาสัมผัสที่เพิ่มขึ้นทำให้ประสทธิภาพกำจัดสีย้อมออกจากน้ำเสียย้อมผ้าเพิ่มขึ้นด้วย เวลาสัมผัสที่ใช้ตั้งแต่ 3-60 นาทีนั้นให้ประสิทธิภาพกำจัดสีย้อมฯไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

แสดงว่าเมื่อใช้แอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงในการกำจัดสีรีแอกทีฟออกจากน้ำเสียย้อมผ้าฯนั้น ถึงจุดอิควิลิเบียมเร็วมาก

การกำจัดสีย้อมรีแอกทีฟด้วยแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงแล้วถึงจุดอิควิลิเบียมเร็วนี้ สามารถอธิบายได้ด้วยเหตุผล 2 ประการคือ 1.ขนาดของแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงที่เล็กมาก มีขนาดต่ำกว่า 325 เมช ทำให้มีพื้นที่สัมผัสกับน้ำเสียมาก เพราะอัตราเร็วการดูดติดผิวขึ้นกับการเอาชนะความหนาชั้นน้ำที่ล้อมรอบแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผง กอรปกับการแทรกตัวของสีเข้าไปในโพรง และ 2.ความปั่นป่วนซึ่งเกิดจากการกวนน้ำ 100 รอบ/นาทีนั้น สามารถลดการกีดขวางจากชั้นน้ำที่ล้อมรอบแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงลงได้มาก

ค. <u>อิทธิพลของปริมาณแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงต่อประสิทธิภาพกำจัดสีย้อมรีแอกทีฟ</u>

จากผลการทดลองดังได้กล่าวไว้ในบทที่ 4 พบว่าเมื่อใช้แอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงในการกำจัดสีรีแอกทีฟออกจากน้ำเสียย้อมผ้าโทนสีแดงนั้น ปริมาณแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงที่เพิ่มขึ้นสามารถเพิ่มประสิทธิภาพกำจัดกำจัดสีย้อมฯได้ ถึง 94.31 % โดยใช้แอกติเวทเต็ดคาร์บอนผง 800 มก./ล.ที่พีเอช 11 การเพิ่มปริมาณแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงที่มากกว่านี้ไม่ทำให้ประสิทธิภาพกำจัดกำจัดสีเพิ่มขึ้น

ส่วนการใช้แอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงในการกำจัดสีรีแอกทีฟออกจากน้ำเสียย้อมผ้าโทนสีน้ำเงินนั้น ปริมาณแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงที่เพิ่มขึ้นสามารถเพิ่มประสิทธิภาพกำจัดกำจัดสีย้อมได้ถึง 95.07 % โดยใช้แอกติเวทเต็ดคาร์บอนผง 600 มก./ล.ที่พีเอช 11 การเพิ่มปริมาณแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงที่มากกว่านี้ไม่ทำให้ประสิทธิภาพกำจัดกำจัดสีเพิ่มขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ง. อิทธิพลของโทนสีย้อมต่อประสิทธิภาพกำจัดสีย้อมรีแอกทีฟด้วยแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผง

จากผลการทดลองดังได้กล่าวไว้ในบทที่ 4 พบว่าเมื่อใช้แอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงในการกำจัดสีรีแอกทีฟออกจากน้ำเสียย้อมผ้าทั้งโทนสีแดงและโทนสีน้ำเงินนั้น พบว่าสามารถกำจัดสีย้อมได้สูงสุดใกล้เคียงกันคือ 94-95% ทั้งสองโทนสี ต่างกันที่ปริมาณแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงที่ใช้กล่าวคือ สีแดงใช้แอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงถึง 800 มก./ล. ขณะที่สีน้ำเงินใช้แอกติเวทเต็ดคาร์บอนผง 600 มก./ล. สำหรับประสิทธิภาพกำจัด 94-95% ดังกล่าว

5.1.2 เถ้าลอย

ก. อิทธิพลของพีเอชต่อประสิทธิภาพกำจัดสีย้อมรีแอกทีฟด้วยเถ้าลอย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากผลการทดลองดังได้กล่าวไว้ในบทที่ 4 แสดงในกราฟ D1.1-D1.14 พบว่าพีเอชที่เหมาะสมในการกำจัดสีย้อมฯหรือลดค่าแอบซอบแบนท์เมื่อใช้เถ้าลอยในถังต่างๆ กับน้ำเสียย้อมผ้าโทนสีแดงและโทนสีน้ำเงินนั้น ให้ค่าที่แตกต่างกันไป มีความไม่แม่นยำของข้อมูลอยู่มาก เป็นข้อมูลที่ไม่สามารถทำนายคุณสมบัติเถ้าลอยในครั้งต่อๆ ไปได้ หรือกล่าวอีกอย่างว่าเมื่อจำเป็นต้องนำเถ้าลอยไปใช้ในการกำจัดสีย้อมรีแอกทีฟ ในน้ำเสียย้อมผ้าด้วยกระบวนการดูดติดผิวซ้ำอีก การเลือกพีเอชที่เหมาะสมสำหรับนำเถ้าลอยมาใช้ในครั้งต่อๆ ไปนั้น ทำได้ยากและไม่มีความน่าเชื่อถือ

ที่จะนำไปใช้ แม้ว่าในขั้นตอนการปฏิบัติหรือใช้งานจริง อาจมีหน่วยงานเฉพาะทำหน้าที่สุ่มตัวอย่างเส้าลอยมาทดสอบหาพีเอชที่เหมาะสมทุกครั้งที่มีการขนส่งเส้าลอยมายังระบบบำบัดฯก็ตาม เพราะในข้อมูลผลการทดลองแสดงในกราฟ D1.1-D1.14 ได้แสดงให้เห็นแล้วว่า แม้เป็นเส้าลอยในถังเดียวกันก็ตาม แต่ว่าเส้าลอยอยู่ที่ตำแหน่งความสูงหรือระดับต่างกันในถังแต่ละถังก็ให้ผลการทดลองพีเอชที่เหมาะสมในการกำจัดสีแตกต่างกันไป

แม้ว่าเส้าลอยทุกตัวอย่างที่สุ่มมาทดลองนี้ มีพีเอชที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการกำจัดสีย้อมรีแอกทีฟในน้ำเสียย้อมผ้าก็ตาม แต่ทว่าเป็นข้อมูลพีเอชที่เหมาะสมที่นำไปทำนายลักษณะเส้าลอยเพื่อใช้ประโยชน์จากเส้าลอยในรุ่นการขนส่งต่อๆ ไปไม่ได้

อย่างไรก็ตาม ดังผลการทดลองแสดงในกราฟ D1.1-D1.14 นั้น ตัวอย่างเส้าลอยส่วนใหญ่เกือบทุกตัวอย่าง ได้ให้รูปแบบพีเอชที่ให้ประสิทธิภาพสูงสำหรับการกำจัดสีย้อมรีแอกทีฟในน้ำเสียย้อมผ้า ซึ่งเป็นรูปแบบพีเอชที่เหมาะสมจะนำไปสำหรับกำจัดสีย้อมรีแอกทีฟดังกล่าว โดยการสังเกตุจากกราฟ D1.1-D1.14 พบว่ารูปแบบพีเอชเหมาะสมดังกล่าวนี้มักเกิดขึ้นซ้ำๆ กัน ดังแสดงในรูปที่ 4.1

ในรูปที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบซ้ำๆ ของพีเอชที่เหมาะสมในการกำจัดสีย้อมรีแอกทีฟในน้ำเสียย้อมผ้าทั้งโทนสีแดงและโทนสีน้ำเงินด้วยเส้าลอยที่มักเกิดขึ้นบ่อยๆ นั้น มีแนวโน้มและขอบเขตคล้ายอักษร M กล่าวคือ มีช่วงพีเอชอยู่สองช่วงที่มักให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีย้อม หรือให้เปอร์เซนต์ลดค่าแอบซอบแบนท์สูงกว่าช่วงอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ช่วงแรกคือช่วง A ซึ่งเป็นช่วงที่มีพีเอชอยู่ระหว่าง 4.3-5.4 โดยประมาณ และช่วงที่สองคือช่วง B ซึ่งเป็นช่วงที่มีพีเอชอยู่ระหว่าง 13.0-13.5 โดยประมาณ พีเอชทั้งสองช่วงดังกล่าวมักให้ประสิทธิภาพลดค่าแอบซอบแบนท์สูงสุดในแต่ละการทดลอง จากผลการทดลองทุกๆ การทดลองถ้าสังเกตุดู มักพบว่าเกิดทั้งช่วง A และช่วง B ที่ให้ประสิทธิภาพกำจัดสีสูงอย่างมีนัยสำคัญในตัวอย่างเส้าลอยเดียวกัน แต่จากช่วงพีเอชทั้งสองช่วงๆ ใดจะให้ประสิทธิภาพสูงกว่าช่วงใดนั้นทำนายไม่ได้ อย่างไรก็ตามช่วง B มีแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นบ่อยกว่าช่วง A หรือกล่าวอีกอย่างได้ว่า ช่วง B ให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีย้อมสูงสุดถี่กว่าช่วง A ในขณะที่บางการทดลองมีเฉพาะช่วง B เท่านั้นที่ให้ประสิทธิภาพกำจัดสีสูงอย่างมีนัยสำคัญอยู่เพียงช่วงเดียว โดยที่ช่วง A ให้ประสิทธิภาพกำจัดไม่ต่างจากพีเอชช่วงอื่นอย่างเด่นชัด

จากรูปที่ 4.1 ขณะที่มีช่วงพีเอชที่มักให้ประสิทธิภาพกำจัดสีย้อมสูงสุดอยู่สองช่วง คือ

ช่วง A และ ช่วง B ทว่าช่วงพีเอชแคบๆ ที่ให้ประสิธิภาพกำจัดสีต่ำสุดนั้นบอกไม่ได้ บอกได้เพียงว่ามักเกิดขึ้นนอกช่วงสองช่วงดังกล่าว กล่าวคือ ประสิธิภาพกำจัดสีย้อมฯต่ำสุดจะเกิดขึ้นที่พีเอชใดก็ได้ที่อยู่นอกช่วงพีเอชทั้งสองดังกล่าวที่ให้ประสทธิภาพกำจัดสีสูงสุด

การปรับพีเอช ไปที่ช่วงพีเอช B (pH 13.0-13.5) นั้นน่าจะเหมาะสมมากกว่าการปรับไปที่พีเอชช่วง A (pH 4.3-5.4) เพราะเหตุว่า กรณีที่อาจมีโลหะปนเปื้อนมากับเถ้าลอย(ดูภาคผนวก B) ซึ่งในสภาพที่น้ำเสียย้อมผ้ามีสภาพเป็นกรดอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำเสียหลังบำบัดได้อันเนื่องมาจากมีโลหะหนักจากเถ้าลอยละลายลงสู่น้ำเสีย ในขณะที่น้ำเสียที่มีสภาพด่างสูงมากๆ นั้น การละลายของโลหะสู่น้ำเสียมีโอกาสเกิดขึ้นน้อยกว่า และโลหะส่วนใหญ่สามารถตกตะกอนผลึกกับไฮดรอกไซด์อยู่ในรูปตะกอนที่มีน้ำหนัก แล้วถูกกำจัดได้ด้วยการตกตะกอนหลังกระบวนการดูดติดผิวนี้เลย จึงมีโอกาสสัมผัสหรือมีเวลาสัมผัสกับน้ำเสียน้อยกว่า

ข. อิทธิพลของเวลาสัมผัสต่อประสิทธิภาพกำจัดสีย้อมรีแอกทีฟด้วยเถ้าลอย

จากผลการทดลองดังแสดงในบทที่ 4 พบว่าเวลาสัมผัสของเถ้าลอยเพื่อใช้กำจัดสีรีแอกทีฟในน้ำเสียย้อมผ้าทั้งสองโทนสีดังกล่าว มีข้อน่าสังเกตุว่าปฏิกิริยาหรือกลไกในการกำจัดสีย้อมฯดังกล่าวนี้ เป็นกลไกของกระบวนการดูดติดผิวเพียงกลไกเดียวหรือไม่ เพราะเหตุว่าขณะที่เวลาสัมผัสที่เถ้าลอยใช้ในการกำจัดสีย้อมฯนั้นมีความแตกต่างกันอย่างสิ้นเชิง กรณีมีกลไกการดูดติดผิวกำจัดสีเพียงกลไกเดียว ค่าเวลาสัมผัสที่หาได้ไม่ควรมีความแตกต่างกันมากเช่นนี้ ซึ่งถ้าพิจารณาดูผลการทดลองแสดงในกราฟ D2.4และD2.5 ซึ่งจะพบว่าที่ 3 นาทีแรก เถ้าลอยสามารถให้จุดที่เริ่มคงที่ของประสิทธิภาพกำจัดสี หรือหลังจาก 3 นาทีดังกล่าวแม้เพิ่มเวลาสัมผัสอีกก็ไม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพกำจัดสีได้อย่างมีนัยสำคัญ และถ้าย้อนกลับไปดูข้อมูลผลการทดลองหาเวลาสัมผัสที่เหมาะสมสำหรับการดูดติดผิวด้วยแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผง (ดังแสดงในกราฟ c2.5-c2.12) พบว่าแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงนั้นมีเวลาสัมผัสที่เริ่มให้ประสิทธิภาพกำจัดสีคงที่อยู่ที่ 3 นาที การที่เถ้าลอยอาจจะใช้เวลาสัมผัสใกล้เคียงกับแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผง สำหรับเกิดกระบวนการดูดติดผิวนั้นเป็นเรื่องที่เกิดได้ยาก ในขณะที่เถ้าลอยเองมีเวลาสัมผัสที่เหมาะสมที่แตกต่างกัน

และหลากหลายมาก ดังนั้นมีความเป็นไปได้สูงที่อาจมีกลไกกำจัดสีกลไกอื่นร่วมอยู่ด้วย ในการใช้เถ้าลอยการจัดสีในน้ำเสียนอกจากกลไกการดูดติดผิวเพียงกลไกเดียว

แต่อย่างไรก็ตาม เถ้าลอยนั้นยังมีคุณสมบัติในการกำจัดสีย้อมรีแอกทีฟในน้ำเสียย้อมผ้า ขณะที่พีเอชที่เหมาะสมเพื่อนำเถ้าลอยไปใช้นั้น สามารถเลือกด้วยเหตุผลจากความถี่ช่วงพีเอชที่ให้ประสิทธิ ภาพกำจัดสีสูงสุดบ่อยๆ และความปลอดภัยจากโลหะหนักที่อาจปนเปื้อนมากับเถ้าลอยละลายลงสู่น้ำเสีย แต่เวลาสัมผัสที่เหมาะสมสำหรับนำเถ้าลอยไปใช้ประโยชน์ในการกำจัดสีในน้ำเสียนั้น ไม่สามารถถูกเลือกได้ด้วยเหตุผลของประสิทธิภาพกำจัดสีหรือจุดอิ่มตัวของเถ้าลอยได้ เนื่องด้วยเหตุผลที่ได้กล่าวแล้วว่าอาจมีกลไกอื่นร่วมในการกำจัดสีนอกจากกลไกการดูดติดผิวในการใช้เถ้าลอย ส่งผลให้เวลาสัมผัสที่เหมาะสมสำหรับนำเถ้าลอยไปใช้ประโยชน์ในการกำจัดสีย้อมรีแอกทีฟในน้ำเสียย้อมผ้านั้น มีค่าแตกต่างกันตั้งแต่ 3 นาที จนถึงกว่า 4 ชม.ในการสรุปเวลาที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในการทดลองครั้งนี้จึงไม่สามารถถูกกำหนดด้วยเหตุผลทางวิศวกรรมแต่เพียงอย่างเดียว แต่ทำโดยพิจารณาปัจจัยอื่นร่วมด้วย คือ ต้นทุนก่อสร้างและต้นทุนดำเนินการ ต้นทุนก่อสร้างพิจารณาเปรียบเทียบกับกระบวนการกำจัดสีด้วยกลไกทางเคมีฟิสิกส์อื่นๆ โดยดูจากเวลากักน้ำ เช่น กลไกโคแอกูเลชันนั้นมีถังหรือบ่อกวนเร็วที่สั้นมากไม่เกิน 10 นาที ส่วนถังหรือบ่อตกตะกอนมีกลไกที่ต้องใช้เวลาแตกต่างกันไป ในขณะที่เวลาสัมผัสสำหรับแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงเลือกไว้เท่ากับ 40 นาที เพื่อนำไปศึกษาหาปริมาณใช้ที่เหมาะสม ดังนั้นจึงสามารถเลือกเวลาสัมผัสในการนำเอาเถ้าลอยไปใช้ประโยชน์ในการกำจัดสีที่ประมาณไม่เกิน 1 ชม. และไม่สั้นกว่า 40 นาทีซึ่งเป็นเวลาสัมผัสของแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผง โดยพิจารณาว่าคุณภาพของเถ้าลอยในการกำจัดสีในน้ำเสียย้อมผ้านั้นต่ำกว่าแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผง และเวลาสัมผัสที่สูงเกินกว่า 1 ชม.นอกจากทำให้อุปกรณ์และบ่อ/ถังที่ต้องใช้ในการกวนต้องมีขนาดใหญ่ไปด้วย ยังส่งผลให้ต้นทุนดำเนินการ เช่น ค่าไฟฟ้า ค่าดูแลรักษา ต้องสูงตามไปด้วย

ค. <u>อิทธิพลของปริมาณเถ้าลอยต่อประสิทธิภาพกำจัดสีย้อมรีแอกทีฟ</u>

จากผลการทดลองดังแสดงในบทที่ 4 พบว่าปริมาณที่เหมาะสมของเถ้าลอยที่ใช้ในการกำจัดสีย้อมรีแอกทีฟในน้ำเสียย้อมผ้าทั้งสองโทนสีดังแสดงในกราฟ D3.1-D3.8 ทำให้สรุปได้ว่าตัวอย่างเถ้าลอยนั้นสามารถให้ประสิทธิภาพกำจัดสีย้อมสูงสุด แต่เป็นค่าหรือประสิทธิภาพที่นำไปใช้ในการทำนายประสิทธิภาพกำจัดสีย้อมฯ สำหรับเถ้าลอยตัวอย่างอื่นไม่ได้

ง. <u>กลไกที่เกิดขึ้นระหว่างใช้เถ้าลอยในการกำจัดสีย้อมรีแอกทีฟในน้ำเสียย้อมผ้า</u>

จากผลการทดลองแสดงในบทที่ 4 พบว่ากลไกที่เกิดขึ้นในระหว่างใช้เถ้าลอยในการกำจัดสีย้อมรีแอกทีฟในน้ำเสียย้อมผ้านั้นนอกจากการดูดติดผิวแล้วน่าจะมีกลไกกำจัดสีย้อมฯกลไกอื่นร่วมด้วย

การที่ผลการทดลองหาพีเอชที่เหมาะสม เวลาสัมผัสที่เหมาะสมและปริมาณเถ้าลอยที่เหมาะสมสำหรับกำจัดสีย้อมในน้ำเสียย้อมผ้า ให้ค่าที่แตกต่างหลากหลายกันไปแม้เป็นเถ้าลอยจากถังใบเดียวกันนั้น ขอตั้งข้อสังเกตุกว่าน่าจะเกิดจากอนุภาคของเถ้าลอยที่มีลักษณะเป็นทรงกลมผิวเกลี้ยง และความหนาแน่นของแต่ละอนุภาคเถ้าลอยแตกต่างกันอันเนื่องจากมีองค์ประกอบแตกต่างกัน ทำให้ระหว่างขนส่งด้วยรถยนต์จากโรงไฟฟ้ามายังห้องปฏิบัติการเกิดการสั่นสะเทือนได้ การสั่นสะเทือนนี้เองที่อาจส่งผลต่อการเรียงตัวของอนุภาคผิวเกลี้ยงทรงกลมและน้ำหนักไม่เท่ากันของเถ้าลอยแบ่งออกเป็นชั้นๆ แยกตามน้ำหนัก ขนาด และความหนาแน่นของอนุภาค ดังนั้นเมื่อนำเถ้าลอยมาใช้ ชั้นไหนที่มีความหนาแน่นสูงเนื่องจากมีโลหะ เช่น แมกนีเซียม แคลเซียม เฟอร์ไรท์ อลูมิเนียม ปนมามากชั้นนั้นก็จะมีโอกาสเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันรีดักชัน(redox) เนื่องจากมี Fe^{+2} จากแร่เฟอร์ไรท์ ปฏิกิริยาตกตะกอนผลึก(preci pitation) เนื่องจากมี Aluminium Mg^{+2} Ca^{+2} Fe^{+3} ร่วมกับปฏิกิริยาโคแอกูเลชันได้ ดังสังเกตุได้จากเถ้าลอยสามารถตกตะกอนได้ดีมากแม้ไม่ต้องมีโคแอกูแลนท์ น้ำส่วนบนที่ได้ใสมากและไม่จำเป็นต้องใช้สารส้มสำหรับช่วยในการตกตะกอนอีกด้วย

ซึ่งที่กล่าวมานี้เป็นเพียงการสังเกตุเท่านั้น ต้องการกะบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการพิสูจน์อีกมาก การพิสูจน์ข้อสังเกตุนี้ต้องใช้เวลา เครื่องมือและการทดลองอีกมาก เหมาะสมที่ผู้สนใจจะศึกษากันต่อไป

5.2 ไอโซเทอร์ม

จากผลการทดลองแสดงในบทที่ 4 พบว่ามีเพียงแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงเท่านั้น ที่มีข้อมูลเพียงพอและสามารถนำมาหาไอโซเทอร์ได้ ด้วยเหตุผลดังได้กล่าวแล้วข้างต้น และการวิจัยครั้งนี้ได้เลือกใช้ Freundlich ไอโซเทอร์ม สำหรับอธิบายความสามารถในการกำจัดสีย้อมรีแอกทีฟจากน้ำเสียย้อมผ้าของแอกติเวทเต็ดคาร์บอน ด้วยเหตุผลและข้อสมมติฐานที่ว่าบริเวณต่างๆบนพื้นผิวของแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงมีลักษณะไม่สม่ำเสมอ (heterogenious) และมีความสามารถในการดูดติดผิวแตกต่างกันไปของบริเวณต่างๆบนพื้นผิวเดียวกัน

จาก Freundlich Isothrem

$$x/m = kC^{1/n}$$

หรือ $$\log x/m = \log k + 1/n \log C$$

x = ผลต่างค่าแอบซอบแบนท์ก่อนและหลังบำบัดของแต่ละบีกเกอร์, Ai-Ao

m = มวลแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงที่ใช้แต่ละบีกเกอร์, มก./ล.

C = แอบซอบแบนท์หลังบำบัด/ก่อนก่อน, %(Ao/Ai)

k, n = ค่าคงที่ ได้จากการทดลอง

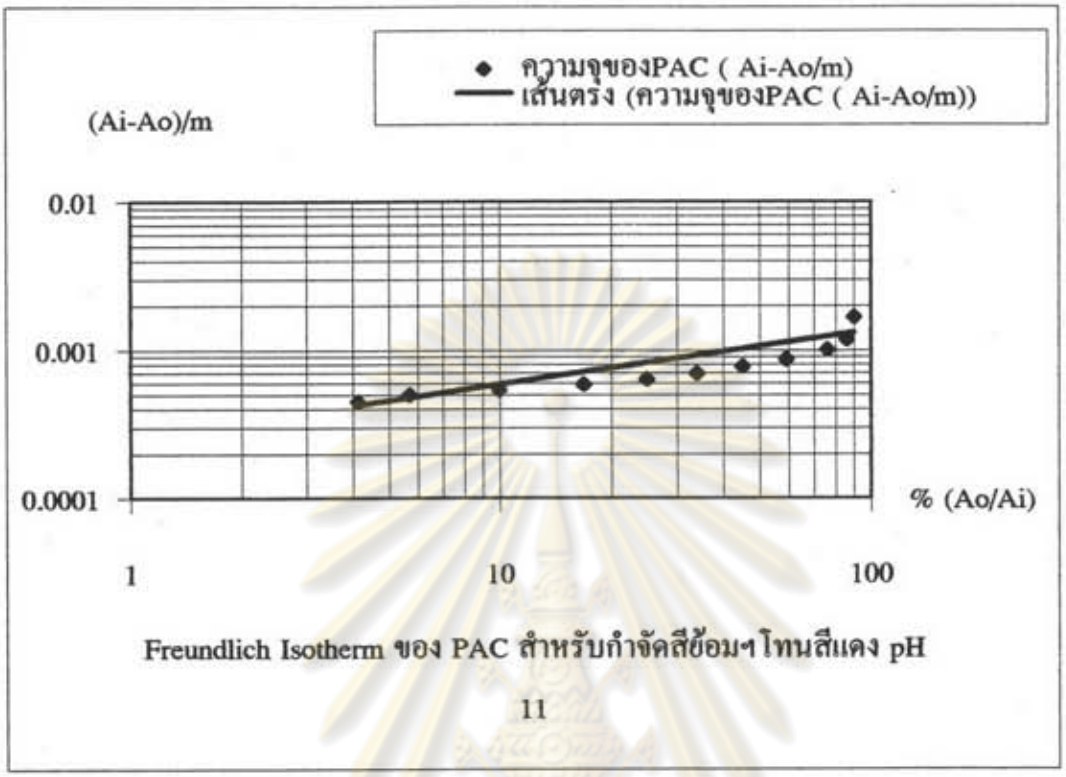
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก. <u>อิทธิพลของโทนสีแดงที่มีต่อไอโซเทอร์ม</u>

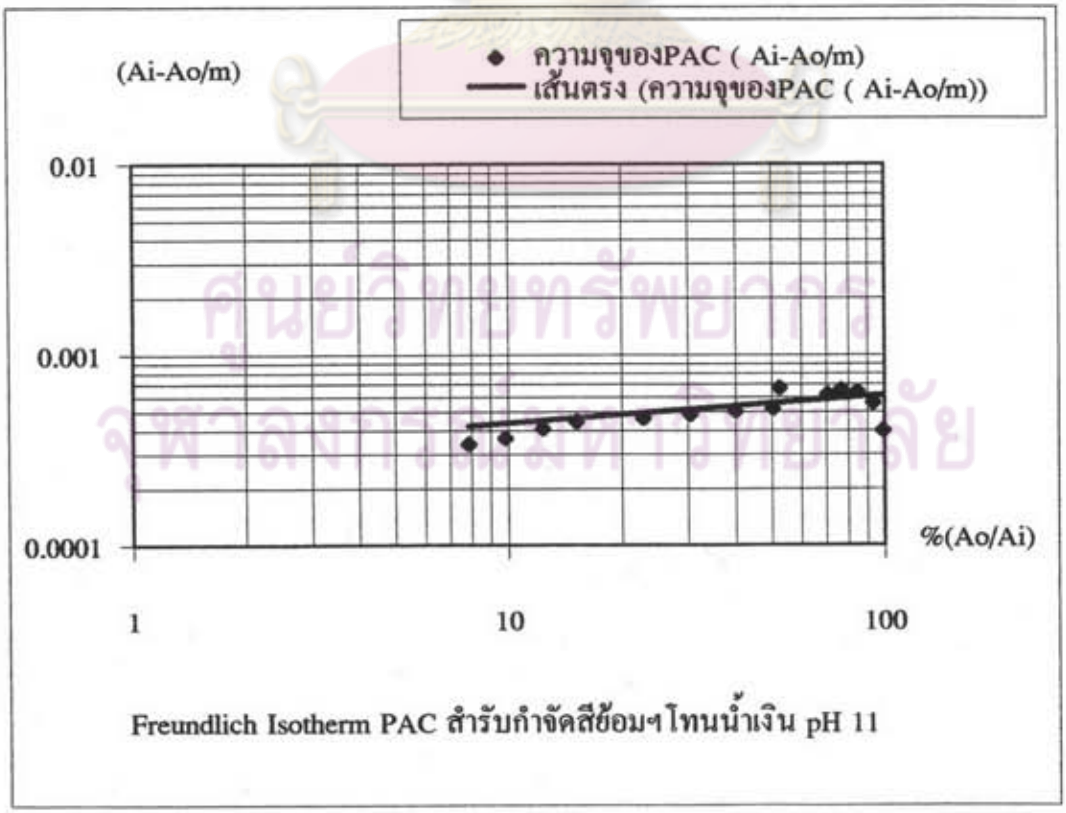
จากกราฟข้างล่างแสดงการหาไอโซเทอร์มของแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงสำหรับกำจัดสีย้อมในน้ำเสียย้อมผ้าโทนสีแดง ณ พีเอชประมาณ 11 ด้วย Freundlich Isotherm

จากกราฟดังกล่าวได้ค่า k = 0.000262 , ค่า(Ai-Ao/m) ณ จุดที่ %(Ao/Ai) เท่ากับ 1

1/n = 0.3584 , slop ของกราฟ



Freundlich Isotherm ของ PAC สำหรับกำจัดสีย้อมฯโทนสีแดง pH 11



Freundlich Isotherm PAC สำรับกำจัดสีย้อมฯโทนน้ำเงิน pH 11

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ดังนั้นไอโซเทอร์มของแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงสำหรับกำจัดสีย้อมโทนสีแดงเท่ากับ

$$\log x/m = \log(0.000262) + 0.3584 \log \%(Ao/Ai)$$

หรือ $\log x/m = -3.5817 + 0.3584 \log \%(Ao/Ai)$

ข. อิทธิพลของโทนสีน้ำเงินที่มีต่อไอโซเทอร์ม

จากกราฟข้างต้นแสดงการหาไอโซเทอร์มของแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงสำหรับกำจัดสีย้อมในน้ำเสียย้อมผ้าโทนสีน้ำเงิน ณ พีเอชประมาณ 11 ด้วย Freundlich Isotherm

จากราฟดังกล่าวได้ค่า $k = 0.000316$, ค่า(Ai-Ao/m) ณ จุดที่ %(Ao/Ai) เท่ากับ 1

$1/n = 0.1443$, slop ของกราฟ

ดังนั้นไอโซเทอร์มของแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงสำหรับกำจัดสีย้อมโทนสีน้ำเงินเท่ากับ

$$\log x/m = \log(0.000316) + 0.1443 \log \%(Ao/Ai)$$

หรือ $\log x/m = -3.5000 + 0.1443 \log \%(Ao/Ai)$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากไอโซเทอร์ของแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงสำหรับกำจัดสีย้อรีแอกทีฟจากน้ำเสียย้อมผ้าทั้งโทนสีแดงและโทนสีน้ำเงิน สามารถวิจารณ์เปรียบเทียบได้ดังนี้

- ณ จุดเปอร์เซนต์สีย้อมเหลือในน้ำเสียหลังบำบัด (%Ao/Ai) เท่ากับ 4-100% พบว่าแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงนี้มีความสามารถในการกำจัดสีย้อมรีแอกทีฟ เมื่อวัดด้วยค่าลดแอบ

ซอบแบนท์ต่อมวลแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงที่ใช้ (Ai-Ao)/m สำหรับกำจัดสีย้อมรีแอกทีฟโทนสีแดงสูงกว่าโทนสีน้ำเงิน หรือกล่าวอีกอย่างว่า ตลอดช่วงอิควิลิเบียมใดๆความสามารถในการกำจัดสีย้อมฯของแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงกับโทนสีแดงสูงกว่ากำจัดโทนสีน้ำเงิน

- ค่า 1/n ในไอโซเทอร์มของแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงสำหรับกำจัดสีย้อมฯโทนสีแดงสูงกว่าโทนสีน้ำเงิน แสดงว่าความสามารถของแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงในการกำจัดสีย้อมฯ (Ai-Ao)/m โทนสีแดงสูงกว่า ณ จุดที่สีย้อมฯเหลือในน้ำมาก เมื่อเทียบกับโทนสีน้ำเงิน หรือกล่าวอีกอย่างว่าถ้าใช้ปริมาณแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงน้อยๆในการกำจัดสีย้อมฯในน้ำเสียย้อมผ้านี้ ประสิทธิภาพกำจัดสีย้อมฯ/มวลแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงที่มีต่อสีแดงสูงกว่าสีน้ำเงิน เมื่อใช้ปริมาณแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงในปริมาณน้อยเท่ากัน

- ค่าความชัน, 1/n ดังปรากฏในไอโซเทอร์มของแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงสำหรับกำจัดสีแดงสูงกว่าสำหรับกำจัดสีน้ำเงินตลอดช่วงอิควิลิเบลียมใดๆ กอรปกับไม่มีจุดตัดของเส้นไอโซเทอร์มของทั้งสองโทนสี และตำแหน่งของเส้นไอโซเทอร์มสำหรับกำจัดโทนสีแดงอยู่สูงกว่าเส้นของโทนสีน้ำเงิน แสดงว่าแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงนี้เหมาะสำหรับใช้กำจัดโทนสีแดงมากกว่าโทนสีน้ำเงิน เมื่อดูจากค่าความสามารถกำจัดสีต่อมวลแอกตเวทเต็ดคาร์บอนผง (Ai-Ao)/m ที่มีต่อโทนสีแดงนั้นสูงกว่าโทนสีน้ำเงินตลอดช่วงอิควิลิเบลียมใดๆ

5.3 วิจารณ์ผลการทดลองการกำจัดสารดูดติดผิวแขวนลอยในน้ำเสียฯ ด้วยกระบวนการโคแอกูเลชัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.3.1 สารส้ม

ก. <u>อิทธิพลของพีเอชต่อประสิทธิภาพกำจัดแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงแขวนลอยด้วยสารส้ม</u>

จากผลการทดลองดังได้กล่าวแล้วในบทที่ 4 พบว่าพีเอชที่เหมาะสมสำหรับกำจัดแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงแขวนลอยในน้ำเสียย้อมผ้าทั้งโทนสีแดงและโทนสีน้ำเงิน โดยใช้กระบวนการโคแอกูเลชันด้วยสารส้มนั้นอยู่ที่พีเอชประมาณ 6.4-7.6

การปรับพีเอชของน้ำเสียไปที่ 7.0 ก่อนเติมสารส้มนั้น จะเป็นการประหยัดปริมาณกรดซัลฟุริกที่ใช้ในการลดพีเอชน้ำเสียจาก 11 กว่าๆ ซึ่งเป็นพีเอชของน้ำเสียหลังจากกำจัดสีย้อมฯด้วยการดูดติดผิวด้วยแอกติเวทเต็ดคาร์บอน แต่อย่างไรก็ตามจากผลการทดลองดังแสดงในกราฟ A1.1.1 และ A2.1.1 พบว่าที่พีเอชประมาณ 6.4 และ 7.5 นั้นให้ประสิทธิภาพในการกำจัดแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงแขวนลอยได้สูงสุดใกล้เคียงกันมาก

มีข้อน่าสังเกตุระหว่างการทดลองเพื่อหาพีเอชที่เหมาะสมสำหรับกำจัดแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงแขวนลอยในน้ำเสียย้อมผ้าด้วยสารส้ม พีเอชของน้ำเสียหลังปฏิกิริยาโคแอกูเลชันนั้นสูงกว่าก่อนปฏิกิริยาโคแอกูเลชันเล็กน้อย ตัวอย่างเช่นพีเอชของน้ำเสียก่อนโคแอกูเลชันเท่ากับ 7.0 แต่พีเอชหลังโคแอกูเลชันเท่ากับ 7.44 รวมทั้งพีเอชจุดอื่นๆด้วย เช่น ที่พีเอช 5, 6, 8, 9 เป็นต้น ทั้งที่ตามทฤษฎีนั้นพีเอชของน้ำเสียหลังโคแอกูเลชันด้วยสารส้มควรต่ำกว่าพีเอชของน้ำเสียก่อนปฏิกิริยาโคแอกูเลชัน อันเนื่องจากอิอออนของอลูมิเนียมที่มีประจุบวกนั้นสามารถจับกับด่างไฮดรอกไซด์ได้ 3 โมเลกุล ทำให้ปริมาณด่างในน้ำเสียลดลงส่งผลให้พีเอชต้องลดลงด้วย

การที่พีเอชของน้ำเสียหลังโคแอกูเลชันสูงขึ้นนี้สามารถอธิบายได้ดังนี้ คือ ในช่วงกระบวนการดูดติดผิวด้วยแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงนั้น มีการปรับพีเอชของน้ำย้อมผ้าไปที่ 11 กว่าๆ ด้วยการเติมโซดาแอชปริมาณ 5000 มก./ล. ลงไปในน้ำย้อมผ้า ซึ่งปริมาณโซดาแอชที่มากมายนี้ถูกเติมไปเพื่อให้เป็นไปตามสูตรการย้อมผ้าด้วยสีย้อมรีแอกทีฟตามคำแนะนำของผู้ผลิตสีกอรปกับพีเอชที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดสีย้อมฯด้วยแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงนั้นอยู่ที่พีเอช 11 กว่าๆเช่นกัน น้ำส่วนบนหลังกระบวนการดูดติดผิวนี้จึงมีพีเอช 11 กว่าๆด้วย และน้ำส่วนบนที่มีพีเอชสูงกว่า 11 นี้เองเมื่อนำมาปรับพีเอชด้วยกรดซัลฟุริกเพื่อให้ได้พีเอชเท่ากับ 7.0 ก่อนเติมสารส้มนั้น การปรับพีเอชจาก 11 กว่าๆ ลงมาประมาณ 7.0 ได้กระทำในเวลาประมาณกว่า 30 นาทีต่อบีกเกอร์หนึ่งใบ ปัญหาที่พบคือทุกครั้งที่ปรับพีเอชได้เท่ากับ 7.0 แล้วทิ้งไว้สักประมาณ 2-3 นาที คือ พีเอชแต่เดิมที่ปรับได้เท่ากับ 7.0 แล้วนั้นจะค่อยๆ สูงขึ้น และจะสูงอย่างนี้ไปเรื่อยๆ ซึ่งถ้าทิ้งไว้ข้ามคืนพีเอชก็จะสูงขึ้นไปถึง 7.8-8.1 ขึ้นอยู่กับว่าได้เติมกรดไปมากน้อยต่างกัน แม้ค่าพีเอชที่อ่าน

ได้ในตอนแรกนั้นเท่ากับ 7.0 แล้วก็ตาม การที่ไม่สามารถปรับพีเอชและรักษาระดับพีเอชให้ได้เท่ากับ 7.0 ก่อนการเติมสารส้มนั้น วิคราะห์ว่าคงเกิดจากปริมาณโซดาแอชที่เติมในปริมาณมากถึง 5000 มก./ล.ในตอนสังเคราะห์ตัวอย่างน้ำเสียตามสูตรการย้อมของผู้ผลิตสีย้อมฯนั่นเอง หรือกล่าวอีกนัยว่าทุกครั้งที่อ่านค่าพีเอชของน้ำเสียที่มีการปรับมาที่พีเอชได้เท่ากับ 7.0 แล้วนั้น ยังคงมีด่างค้างอยู่ในน้ำเสียอยู่อีกในปริมาณเล็กน้อย แต่เพียงพอที่จะยกพีเอชของน้ำเสียหลังโคแอกูเลชันด้วยสารส้มไปที่พีเอช 7.44 หรือ 7 กว่าๆนั่นเอง

ข. <u>อิทธิพลของพีเอชต่อประสิทธิภาพกำจัดเถ้าลอยแขวนลอยด้วยสารส้ม</u>

จากผลการทดลองดังได้กล่าวแล้วในบทที่ 4 พบว่าพีเอชที่เหมาะสมสำหรับกำจัดเถ้าลอยแขวนลอยในน้ำเสียย้อมผ้าทั้งโทนสีแดงและโทนสีน้ำเงิน โดยใช้กระบวนการโคแอกูเลชันด้วยสารส้มนั้นอยู่ที่พีเอชประมาณ 5-6

การปรับพีเอชของน้ำเสียไปที่ 5.0 ก่อนเติมสารส้มนั้น ทำโดยเติมกรดซัลฟุริกเพื่อลดพีเอชน้ำเสียจาก 13 กว่าๆ ซึ่งเป็นพีเอชของน้ำเสียหลังจากกำจัดสีย้อมฯโดยกระบวนการดูดติดผิวด้วยเถ้าลอย แต่อย่างไรก็ตามจากผลการทดลองดังแสดงในกราฟ B1.1.1 และ B2.1.1 พบว่าที่พีเอชเหมาะสมอยู่ที่ประมาณ 5 กว่าๆ

มีข้อน่าสังเกตุว่าการลดปริมาณเถ้าลอยแขวนลอยในน้ำเสียด้วยสารส้มนั้นมีความจำเป็นหรือไม่ เพราะจากผลการทดลองพบว่าน้ำใสส่วนบนที่ได้หลังกระบวนการดูดติดผิวเพื่อกำจัดสีย้อมฯด้วยเถ้าลอยนั้นใสมาก เถ้าลอยมีการจมตัวดีและแน่น ส่วนที่เป็นน้ำใสส่วนบนและส่วนที่เป็นตะกอนเถ้าลอยนั้นแยกกันชัดเจน สามารถเห็นเป็นขอบแยกส่วนใสด้านบนและตะกอนเถ้าลอยซึ่งต่างกับการตกตะกอนของแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงที่น้ำส่วนบนขุ่นมีสีดำ ตะกอนน้อยจมตัวไม่ดี ไม่แน่น

ส่วนเรื่องพีเอชที่เพิ่มขึ้นหลังกระบวนการโคแอกูเซันเพื่อกำจัดเถ้าลอยแขวนลอยด้วยสารส้ม สามารถอธิบายได้ด้วยเหตุผลเดียวกับที่เกิดกับกระบวนการโคแอกูเซันเพื่อกำจัดแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงแขวนลอยด้วยสารส้มดังได้กล่าวไว้ข้างต้นแล้ว ต่างกันตรงที่ต้องปรับพีเอชของน้ำเสีย

ให้ลดลงมาที่พีเอช 5.0 จากพีเอชเดิมที่สูงกว่า 13 เท่านั้น เพราะกระบวนการกำจัดสีย้อมฯด้วยกระบวนการดูดติดผิวโดยใช้เถ้าลอยนั้นต้องการพีเอชที่สูงกว่า 13

ค. อิทธิพลของพีเอชต่อการคลายกลับของสีย้อม(desorption) จากสารดูดติดผิวสู่น้ำเสีย

จากผลการทดลองดังแสดงไว้ในบทที่ 4 พบว่าช่วงพีเอชของน้ำเสียหลังกระบวนการโคแอกูเลชันด้วยสารส้ม 5-9 นั้น ไม่ส่งผลต่อการคลายกลับ(desorption) ของสีย้อมจากแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงและเถ้าลอยกลับลงสู่น้ำเสีย เมื่อวัดในรูปค่าแอบซอบแบนท์ของโทนสีแดงและโทนสีน้ำเงิน

แต่เดิมนั้นได้ตั้งวัตถุประสงค์ในการศึกษาว่ากระบวนการโคแอกูเลชันด้วยสารส้มจะส่งผลต่อการคลายกลับของสีย้อมหรือไม่ อันเนื่องมาจากกระบวนการโคแอกูเลชันนั้นอาจจะเป็นกระบวนการลดค่าศักย์ซีตาของอนุภาคของสารแขวนลอยหรือคอลลอยด์ในน้ำเสีย ผลการทดลองได้ออกมาว่าไม่เกิดการคลายกลับของสีย้อมแต่อย่างไร จากการวิเคราะห์คิดว่ากระบวนการโคแอกูเลชันนี้น่าจะเกิดจากตะกอนผลึก(precipitate) ของอลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ โดยมีแกนเป็นสารดูดติดผิวหรืออาจมีการกวาดเอาอนุภาคของสารดูดติดผิวแขวนลอยโดยเฉพาะแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงในน้ำเสียรวมมาด้วย ถือว่าเป็นการเพิ่มน้ำหนักของอนุภาคสารแขวนลอย

กระบวนการโคแอกูเลชันดังกล่าวถือเป็นการเพิ่มน้ำหนักด้วยตะกอนของอลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ เพราะการลดศักย์ซีตานั้นจะเกิดยากมากในกรณีที่ใช้ความเร็วรอบสำหรับกวนเร็วดังที่ใช้ในการทดลองนี้ ดังนั้นโคแอกูเลชันที่เกิดในการทดลองนี้ จึงมิได้เป็นกระบวนการโคแอกูเลชันโดยการลดศักย์ซีตาของอนุภาคแต่อย่างไร

สำหรับน้ำส่วนบนที่ได้จากกระบวนการดูดติดผิวด้วยเถ้าลอยนั้น มีลักษณะใสมากเนื่องจากเถ้าลอยส่วนใหญ่จมตัวดีและแน่น ในกรณีนี้จึงไม่พบว่ามีการคลายกลับของสีย้อมจากเถ้าลอยแต่อย่างไร

ง. อิทธิพลของปริมาณสารส้มต่อประสิทธิภาพกำจัดแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงแขวนลอย

จากผลการทดลองดังแสดงไว้ในบทที่ 4 พบว่าปริมาณสารส้มที่ต่ำกว่า 30 มก./ล.นั้น ปริมาณสารส้มที่เพิ่มขึ้นนั้นส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพกำจัดแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงแขวนลอยในน้ำเสียทั้งโทนสีแดงและโทนสีน้ำเงิน ในการทดลองนี้พบว่าปริมาณสารส้ม 30 มก./ล. ให้ประสิทธิภาพกำจัดแอกติเวทเต็ดคาร์บอนได้สูงสุด ปริมาณสารส้มที่มากกว่านี้จนถึง 60 มก./ล.ไม่ทำให้ประสิทธิภาพกำจัดแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

จ. <u>อิทธิพลของปริมาณสารส้มต่อประสิทธิภาพกำจัดเถ้าลอยแขวนลอย</u>

จากผลการทดลองดังแสดงไว้ในบทที่ 4 พบว่าทั้งน้ำเสียโทนสีแดงและโทนสีน้ำเงินนั้น น้ำส่วนบนที่ได้จากการตกตะกอนแยกเถ้าลอยออกในกระบวนการดูดติดผิวนั้น มีลักษณะใสมาก ปริมาณสารส้มที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มจะทำให้ความขุ่นเพิ่มขึ้น อันเนื่องมากจากไม่มีอนุภาคเถ้าลอยเป็นแกนให้กับฟล็อคที่เกิดจากตะกอนอลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อวัดในรูปโทนสีดำของเถ้าลอยนั้น ปริมาณสารส้ม 30 มก./ล.นั้นให้ประสิทธิภาพกำจัดสีดำได้สูงสุด แต่ก็เป็นค่าน้อยกว่า 3 % เนื่องจากที่ได้กล่าวแล้วว่า น้ำส่วนบนจากกระบวนการดูดติดผิวด้วยเถ้าลอยนั้นมีลักษณะใสมาก ไม่จำเป็นต้องการสารส้มเพื่อกำจัดเถ้าลอยแต่อย่างไร การเพิ่มปริมาณสารส้มกลับส่งผลให้ความขุ่นสูงขึ้น

ถ้าดูลักษณะสมบัติของเถ้าลอยจะพบว่ามีปริมาณของโลหะปะจุบวกปนมากหลายชนิด ซึ่งล้วนแต่เป็นโลหะที่อิออนของมันสามารถจับกับด่างไฮดรอกไซด์อยู่ในรูปตะกอนได้ทั้งสิ้น ได้แก่ อลูมิเนียม แคลเซียม แมกนีเซียม เฟอร์รัส เป็นต้น ดังนั้นในสภาพที่เป็นด่างมากๆ ช่วงกระบวนการดูดติดผิวด้วยเถ้าลอยซึ่งต้องใช้พีเอชสูงกว่า 13 นั้น โลหะเหล่านี้สามารถทำหน้าที่เป็นโคแอกูแลนท์ได้เป็นอย่างดี ส่งผลให้ตะกอนของเถ้าลอยแน่น น้ำส่วนบนใสมากแม้ไม่ต้องเติมสารส้มเลย

ฉ. <u>อิทธิพลของปริมาณสารส้มต่อการคลายกลับของสีย้อม(desorption)</u>

จากผลการทดลองแสดงในบทที่ 4 พบว่าปริมาณสารส้มที่เพิ่มขึ้นไม่ส่งผลต่อการคลายกลับของสีย้อมจากแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงสู่น้ำเสียทั้งสองโทนสี เพราะกระบวนการโคแอกูเลชันนั้นเป็นแบบหุ้มอนุภาค และไม่มีการเปลี่ยนแปลงของศักย์ซีตาด้วยสำหรับกระบวนการโคแอกูเลชันแบบนี้

จากผลการทดลองแสดงในบทที่ 4 พบว่าปริมาณสารส้มที่เพิ่มขึ้นไม่ส่งผลต่อการคลายกลับของสีย้อมจากเถ้าลอยสู่น้ำเสียทั้งสองโทนสี เหตุผลดังได้กล่าวแล้วว่ากรณีของเถ้าลอยนั้นตกตะกอนเกือบหมด ไม่เหลือเถ้าลอยให้กำจัดในช่วงโคแอกูเลชันด้วยสารส้ม ดังนั้นจึงไม่มีสีย้อมคลายกลับจากเถ้าลอยสู่น้ำเสียเมื่อใช้โคแอกูเลชันกำจัดเถ้าลอยแขวนลอย กอรปกับกระบวนการโคแอกูเลชันด้วยสารส้มที่เกิดเป็นแบบหุ้มอนุภาคด้วย ฟล็อคได้แต่ล้อมรอบเถ้าลอยแล้วตกตะกอนมาพร้อมกัน

ช. <u>อิทธิพลของโทนสีย้อมต่อการคลายกลับของสีย้อม(desorption)</u>

จากผลการทดลองในบทที่ 4 พบว่าน้ำเสียโทนสีแดงและโทนสีน้ำเงินไม่ก่อให้เกิดการคลายกลับของสีย้อม เมื่อมีการกำจัดสารดูดติดผิวแขวนลอยโดยใช้กระบวนการโคแอกูเลชันด้วยสารส้ม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.3.2 สารส้มและโพลิเมอร์

ก. <u>อิทธิพลของปริมาณโพลิเมอร์ต่อประสิทธิภาพกำจัดแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงแขวนลอย</u>

จากผลการทดลองใช้สารส้มและโพลิเมอร์ในการกำจัดแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงแขวนลอยแขวนลอยในน้ำเสียย้อมผ้าดังแสดงไว้ในบทที่ 4 พบว่าปริมาณโพลิเมอร์ที่เพิ่มขึ้นไม่ทำให้ประ

สิทธิภาพกำจัดแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงแขวนลอยในน้ำเสียโทนสีแดงและโทนสีน้ำเงินเพิ่มขึ้นแต่อย่างไร แต่พบว่าปริมาณโพลิเมอร์ที่เพิ่มขึ้นนั้นกลับส่งผลให้ประสิทธิภาพกำจัดแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

การที่ประสิทธิภาพกำจัดแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงแขวนลอยลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณการใช้โพลิเมอร์ เป็นเพราะโพลิเมอร์ที่เติมลงไปร่วมกับสารส้มนั้นช่วยให้ฟล็อคของสารส้มและแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงมีขนาดใหญ่ขึ้น ฟล็อคกลุ่มใดมีโพลิเมอร์ช่วยก็จะจับตัวรวมกันมีขนาดใหญ่ตกตะกอนก่อน ดังนั้นจึงเสมือนกับลดเวลาการกวนช้าลง ฟล็อคที่มีขนาดเล็ก(pin floc) ยังไม่ทันเข้ารวมตัวกับฟล็อคอื่น จึงยังมีค้างแขวนลอยอยู่ในน้ำเสีย ส่งผลให้น้ำเสียมีแอกติเวทเต็ดคาร์บอนแขวนลอยสูงกว่าการใช้สารส้มอย่างเดียว

ข. <u>อิทธิพลของปริมาณโพลิเมอร์ต่อประสิทธิภาพกำจัดเถ้าลอยแขวนลอย</u>

จากผลการทดลองใช้สารส้มและโพลิเมอร์ในการกำจัดเถ้าลอยแขวนลอยในน้ำเสียย้อมผ้าดังแสดงไว้ในบทที่ 4 พบว่าปริมาณโพลิเมอร์ที่เพิ่มขึ้นไม่ทำให้ประสิทธิภาพกำจัดเถ้าลอยแขวนลอยในน้ำเสียเพิ่มขึ้นทั้งโทนสีแดงและโทนสีน้ำเงิน ดังเหตุผลได้กล่าวแล้วว่าน้ำส่วนบนจากกระบวนการดูดติดผิวมีลักษณะใสมาก ไม่จำเป็นต้องใช้โคแอกูเลชันด้วยโคแอกูแลนท์ใดๆเลย

ศูนย์วิทยทรัพยากร

ค. <u>อิทธิพลของโพลิเมอร์ต่อการคลายกลับของสีย้อม(desorption)</u>

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากผลการทดลองใช้สารส้มและโพลิเมอร์ในการกำจัดแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงแขวนลอยและเถ้าลอยแขวนลอยในน้ำเสียย้อมผ้าดังแสดงไว้ในบทที่ 4 พบว่าปริมาณโพลิเมอร์ที่เพิ่มขึ้นไม่ทำให้เกิดการคลายกลับของสีย้อมจากแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงและเถ้าลอย สู่น้ำเสียทั้งโทนสีแดงและโทนสีน้ำเงิน

แอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงแขวนลอยนั้น เมื่อถูกหุ้มหรือกวาดด้วยฟล็อคของสารส้มแล้วจึงถูกเชื่อมด้วยโพลิเมอร์ เนื่องด้วยโพลิเมอร์ทำหน้าที่เป็นสะพานเชื่อมระหว่างฟล็อคเข้าด้วยกันให้มี

ขนาดใหญ่ขึ้น ดังนั้นจึงไม่มีกลไกหรือปฏิกิริยาใดที่เกี่ยวข้องหรือส่งผลกับการคลายกลับของสีย้อม

เถ้าลอยนั้นดังได้กล่าวแล้วว่า ไม่จำเป็นต้องใช้กระบวนการโคแอกูเลชันสำหรับกำจัดเถ้าลอยแต่อย่างไร เนื่องมาจากเถ้าลอยส่วนใหญ่ตกตะกอนหมดแล้ว ดังนั้นเมื่อวัดการคลายกลับสีย้อมจากเถ้าลอยแล้วจึงไม่พบการคลายกลับของสีแต่อย่างไร การเติมโพลิเมอร์นั้นจึงไม่มีผลไปถึงเถ้าลอย สีย้อมที่ถูกกำจัดไปในช่วงดูดติดผิวได้ตกตะกอนไปพร้อมกับเถ้าลอยจึงไม่มีโอกาสคลายกลับ

ง. <u>อิทธิพลของโทนสีย้อมต่อการคลายกลับของสีย้อม(desorption)</u>

จากผลการทดลองใช้สารส้มและโพลิเมอร์ในการกำจัดแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงแขวนลอยและเถ้าลอยแขวนลอยในน้ำเสียย้อมผ้าดังได้แสดงไว้ในบทที่ 4 พบว่าโทนสีย้อมทั้งโทนสีแดงและสีน้ำเงินไม่ส่งผลต่อการคลายกลับของสีย้อม (desorption) เมื่อมีการใช้สารส้มและโพลิเมอร์ในการกำจัดแอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงแขวนลอย และเถ้าลอยแขวนลอยในน้ำเสียย้อมผ้าแต่อย่างไร เหตุผลดังได้กล่าวไปแล้วก่อนหน้านี้

5.4 การประมาณค่าใช้จ่ายสารเคมีในการบำบัด

ในการพิจารณาค่าใช้จ่ายสำหรับการกำจัดนั้นจะประกอบไปด้วยค่าใช้จ่าย 2 ประเภท คือ ค่าใช้จ่ายคงที่หรือค่าใช้จ่ายลงทุน ซึ่งประกอบไปด้วยค่าก่อสร้าง ค่าอุปกรณ์ ค่าติดตั้งและเริ่มเดินระบบ ค่าที่ดิน ฯลฯ เป็นต้น และค่าใช้จ่ายแปรผันหรือดำเนินการ เช่น ค่าสารเคมี ค่าพลังงาน ค่าบำรุงรักษาระบบหรืออุปกรณ์ เงินเดือนผู้ทำงานประจำ ฯลฯ เป็นต้น และในการทดลองครั้งนี้ได้มีการเก็บข้อมูลดิบบางประเภทซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลในการคำนวณค่าใช้จ่ายแปรผันบางประเภทได้นั่นคือ ค่าใช้จ่ายด้านสารเคมี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีคำนวณค่าใช้จ่ายคงที่ดังได้กล่าวแล้วว่าประกอบด้วย ค่าที่ดิน ค่าก่อสร้าง ค่าอุปกรณ์ ค่าติดตั้งอุปกรณ์ ฯลฯ นั้น ล้วนเป็นเป็นค่าใช้จ่ายที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรมากมาย เช่น ปริมาณหรืออัตราการไหลของน้ำเสีย ความเข้มข้นของเสียในน้ำเสีย ทำเลที่ตั้ง การใช้ที่ดินหรือประเภทระบบบำบัดปฐมภูม/ทุติยภูมิซึ่งส่งผลต่อการใช้ที่ดิน ชนิดอุปกรณ์ ระยะทางจากระบบบำบัดฯไปยังจุดผลิตของเสีย ระยะทางจากระบบบำบัดฯไปยังจุดทิ้งน้ำ ฯลฯ เป็นต้น

ส่วนค่าใช้จ่ายแปรผันยกตัวอย่างเช่นค่าพลังงานในการเดินระบบฯนั้นมีความสัมพันธ์กับตัวแปรดังต่อไปนี้ คือ ปริมาณหรืออัตราไหลน้ำเสีย รูปร่างทางเรขาคณิตของถังหรือบ่อปฏิกิริยา ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ที่ใช้พลังงาน ชนิดอุปกรณ์ที่ใช้พลังงาน ประเภทระบบบำบัดปฐมภูม/ทุติยภูมิ ฯลฯ เป็นต้น ส่วนค่าใช้จ่ายบำรุงรักษาระบบบำบัด และเงินเดือนนั้นส่วนหนึ่งขึ้นกับตัวแปรทางวิศวกรรม เช่น ขนาดของระบบบำบัดฯ ประเภทระบบและอุปกรณ์ ขนาดและจำนวนอุปกรณ์ ฯลฯ อีกส่วนขึ้นกับตัวแปรทางเศรษฐศาสตร์และสังคม เช่น มาตรฐานการครองชีพ ซึ่งขึ้นกับทำเลที่ตั้งของระบบบำบัดฯอีกด้วย เป็นต้น

ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงได้รวบรวมข้อมูลบางประเภท ที่สามารถกระทำได้ในห้องปฏิบัติการน้ำเสียของภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คือ ปริมาณการใช้สารเคมี มาคำนวณและสรุปเป็นแนวทางของค่าใช้จ่ายด้านสารเคมี สำหรับการนำกระบวนการบำบัดสีย้อมรีแอกทีฟด้วยกระบวนการร่วมของการดูดติดผิวและโคแอกูเลชัน

ก่อนพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายด้านสารเคมีนี้ต้องทำความเข้าใจก่อนว่า เป็นค่าใช้จ่ายสารเคมีสำหรับการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ที่ได้กระทำไปตามขั้นตอนและกระบวนการวิจัยนี้เท่านั้น มิได้เป็นตัวแทนค่าใช้จ่ายสารเคมีที่ตายตัวสำหรับน้ำเสียย้อมผ้าทั้งหมดทุกโรงงาน เพราะน้ำเสียจากแต่ละโรงงานมีองค์ประกอบและความเข้มข้นที่แตกต่างกันไป ไม่จำเป็นต้องเหมือนกับน้ำเสียสังเคราะห์ดังพบในการวิจัยนี้ การนำค่าใช้จ่ายด้านสารเคมีที่ได้จากการวิจัยนี้ไปใช้นั้นต้องมีความเข้าใจถึงสภาพ ลักษณะและภาวะการณ์ของน้ำเสียแต่ละโรงงานว่ามีความแตกต่างกันไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.1 ราคาและความบริสุทธิ์ของสารเคมีในเชิงพาณิชย์ พ.ศ. 2539

ชนิด	ความบริสุทธิ์	ราคา
กรดซัลฟุริก	98%	3.8 บาท/กิโลกรัม
โซเดียมไฮดรอกไซด์	50%	6.5 บาท/กิโลกรัม
สารส้ม	90%	5.0 บาท/กิโลกรัม
แอกติเวทเต็ดคาร์บอนผง	-	34 บาท/กิโลกรัม

ราคาสารเคมีที่แสดงไว้ข้างต้นนี้สำหรับสารเคมีที่ใช้บำบัดแล้วได้ผลเท่านั้น ดังนั้นเถ้าลอยและโพลิเมอร์ดังได้แสดงในผลการทดลองนั้นสรุปได้ว่าไม่ควรนำมาใช้ จึงมิได้แสดงราคาและวิธีคิดราคาสำหรับสารเคมีทั้งสองนี้

กรดซัลฟุริก

กรดซัลฟุริกในเชิงพาณิชย์ความบริสุทธิ์ 98% ราคา 3.80 บาท/กิโลกรัม

กรดซัลฟุริกในเชิงพาณิชย์ความบริสุทธิ์ 98% ที่ 66.0 B'e หนัก 1836 กรัม/ลิตร

กรดซัลฟุริกที่ใช้ในห้องปฏิบัติการเป็น AR grade 98%

ในการทดลองกรดซัลฟุริกที่ใช้มีทั้งทั้ง 6 นอร์มัล และ 0.2 นอร์มัล

กรดซัลซัลฟุริก 6 นอร์มัล 1 ลิตร ใช้กรด98% 0.167 ลิตร

ดังนั้นกรด 6 นอร์มัล 1 ลิตร

ราคา = (0.167 ลิตร)x(1836 กรัม/ลิตร)x(3.80/1000 บาท/กรัม)

= 1.165 บาท/ลิตร

ถ้าใช้กรดซัลซัลฟุริก 6 นอร์มัลในเชิงพาณิชย์ 1 มล. ปรับสภาพน้ำเสีย 1 ลบ.ม. คิดราคาเป็น 1.165×10^{-3} บาท

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถ้าใช้กรดซัลซัลฟุริก 0.2 นอร์มัลในเชิงพาณิชย์ 1 มล.ปรับสภาพน้ำเสีย 1 ลบ.ม.คิดราคาเป็น 0.039×10^{-3} บาท

โซเดียมไฮดรอกไซด์

โซเดียมไฮดรอกไซด์ในเชิงพาณิชย์ความบริสุทธิ์ 50% ราคา 6.5 บาท/กิโลกรัม

โซเดียมไฮดรอกไซด์ในเชิงพาณิชย์ความบริสุทธิ์ 50% ที่ 49.9 B'e หนัก 1525 กรัม/ลิตร

โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการเป็น AR grade 98%

โซเดียมไฮดรอกไซด์ในการทดลองที่ใช้มีทั้งทั้ง 6 นอร์มัล และ 0.2 นอร์มัล

โซเดียมไฮดรอกไซด์ 6 นอร์มัล AR grade มีเนื้อสาร 240 กรัม/ลิตร

ดังนั้นโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6 นอร์มัล 1 ลิตร ราคา

= (240 กรัม/ลิตร)x(98%/50%)x(6.5/1000 บาท/กรัม)

= 3.06 บาท/ลิตร

ถ้าใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 6 นอร์มัลในเชิงพาณิชย์ 1 มล. ปรับสภาพน้ำเสีย 1 ลบ.ม. คิดเป็น 3.06×10^{-3} บาท

ถ้าใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.2 นอร์มัลในเชิงพาณิชย์ 1 มล.ปรับสภาพน้ำเสีย 1 ลบ.ม.คิดเป็น 0.102×10^{-3} บาท

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารส้ม

สารส้มเชิงพาณิชย์ $[Al_2(SO_4)_3.14H_2O]$ 90% ราคา 5 บาท/กิโลกรัม

สารส้มห้องปฏิบัติการ$[Al_2(SO_4)_3.16H_2O]$ 1 มก./ล. = 0.94 มก./ล.$[Al_2(SO_4)_3.14H_2O]$

ความบริสุทธิ์ของสารส้มเชิงพาณิชย์ $[Al_2(SO_4)_3.14H_2O]$ = 90% โดยน้ำหนัก

ดังนั้น $[Al_2(SO_4)_3.16H_2O]$ 1 มก./ล. = 0.94/0.9 มก./ล.$[Al_2(SO_4)_3.14H_2O]$

= 1.044 มก./ล.ของสารส้มเชิงพาณิชย์

สารส้มเชิงพาณิชย์ $[Al_2(SO_4)_3.14H_2O]$ 1.044 กรัม = $(5x10^{-3}$ บาท/กรัม)x(1.044 กรัม)

= 0.52 สตางค์

หมายความว่าสารส้มห้องปฏิบัติการ 1 กรัม/ลบ.ม. เท่ากับปริมาณ 1.044 ก./ลบ.ม.ของสารส้มเชิงพาณิชย์ซึ่งคิดเป็นราคาเท่ากับ $5.2x10^{-3}$ บาท/1 ลบ.ม.น้ำเสีย

แอกติเวทเต็ดคาร์บอนผง

แอกติเวทเต็ดคาร์บอนผงรุ่น YAO H M325 ราคา 34 บาท/กิโลกรัม

PAC 1 กรัม/1 ลบ.ม.น้ำเสีย ราคา = $(34x10^{-3}$ บาท/กรัม)x(1 กรัม/1 ลบ.ม.)

= 0.034 บาท/1 ลบ.ม.

ตารางที่ 5.2 สรุปราคาสารเคมี

สารเคมี	ปริมาณสารเคมี	(บาท/ลบ.ม.)
กรดซัลซัลฟุริก 6 นอร์มัล	1 มล. ปรับสภาพน้ำเสีย 1 ลบ.ม	1.165×10^{-3}
กรดซัลซัลฟุริก 0.2 นอร์มัล	1 มล.ปรับสภาพน้ำเสีย 1 ลบ.ม.	0.039×10^{-3}
โซเดียมไฮดรอกไซด์ 6 นอร์มัล	1 มล. ปรับสภาพน้ำเสีย 1 ลบ.ม	3.06×10^{-3}
โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.2 นอร์มัล	1 มล.ปรับสภาพน้ำเสีย 1 ลบ.ม	0.102×10^{-3}
สารส้ม	1 กรัม/1 ลบ.ม.น้ำเสีย	$5.2x10^{-3}$
แอกติเวทเต็ดคาร์บอนผง	1 กรัม/1 ลบ.ม.น้ำเสีย	0.034

ตารางที่ 5.3 ราคาสารเคมีในกระบวนการร่วมของการดูดติดผิวด้วยPACและโคแอกูเลชันด้วยสารส้ม

น้ำเสีย	กรดซัลฟุริก (บาท/ลบ.ม.)	สารส้ม (บาท/ลบ.ม.)	แอกติเวทเต็ดคาร์บอนผง (บาท/ลบ.ม.)	รวม (บาท/ลบ.ม.)
โทนสีแดง	8.74	0.16	27.20	36.10
โทนสีน้ำเงิน	8.74	0.16	20.40	29.30

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย