



การศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากการย้อมผ้าแบบเคลื่อนที่
โดยใช้ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว
Study of efficiency of mobile wastewater treatment
from dye using activated carbon from coconut shell

กิตติยศ ตั้งสัจจวงศ์
ศุภชัย หิรัญศุภโชติ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2564 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อเรื่อง : การศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากการย้อมผ้าแบบเคลื่อนที่โดยใช้ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว

ผู้วิจัย : กิตติยศ ตั้งสัจจวงศ์

ศุภชัย หิรัญศุภโชติ

พ.ศ. : 2564

บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมการย้อมผ้าหรือการย้อมผ้าใช้เองตามบ้าน จะมีการทิ้งน้ำที่เหลือจากการย้อมผ้าลงท่อและไหลลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติก่อให้เกิดปัญหาน้ำเน่าเสียตามมา จึงได้มีการจัดทำระบบบำบัดน้ำเสียชนิดคอลัมน์ โดยใช้ระบบกรองควบคู่กับระบบการดูดซับ วัสดุที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากการย้อมผ้าคือ กรวด ทราย ถ่านไม้ และถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว โดยมีการศึกษาการสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวเพื่อใช้ในการดูดซับสี โมเลกุลต่างๆ และมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวคือ 200 400 600 และ 800 กรัม ร่วมกับวัสดุกรองและวัสดุดูดซับอื่นๆ โดยใช้เวลา 1 ชั่วโมงในการบำบัดน้ำเสียจากการย้อมผ้า ดัชนีที่ใช้วัดคุณภาพน้ำประกอบด้วย ค่าสี ค่าพีเอช ค่าของแข็งแขวนลอย ค่าการนำไฟฟ้า ค่าความขุ่น ค่าซีโอดี และค่าทีเคเอ็น เพื่อบอกถึงค่าคุณภาพน้ำทั้งก่อนและหลังการบำบัดว่าประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียที่จัดทำขึ้นน้ำเสียที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานแล้ว อัตราส่วนที่สามารถบำบัดสีได้ดีที่สุดคือ สูตรที่มีปริมาณถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว 800 กรัม ต่ออัตราส่วนอื่น ๆ คือ กรวด ทราย และถ่านไม้ รวม 600 กรัม โดยสามารถบำบัดสีได้ค่าเท่ากับ 5.94 SU คิดเป็น ร้อยละ 99.43 เทียบกับน้ำเสียก่อนการบำบัด

คำสำคัญ: กะลามะพร้าว การดูดซับ ถ่านกัมมันต์ น้ำเสีย สีย้อมผ้า

Title : Application of ash from abundant clam shells to increase soil friability

Researcher : Kitiyot Tungsudjawong

Supachai Hirunsupachote

Year : 2021

Abstract

The dyeing industry both of business size and household size where the remaining water from the dyeing process is dumped into pipes and flows into natural water sources, causing sewage problems. Therefore, a column type wastewater treatment system has been developed by using a filtration system along with an adsorption system. The materials used to treat the wastewater from dyeing are gravel, sand, charcoal from wood and activated carbon from coconut shell. The study was conducted on the synthesis activated carbon from coconut shell using for color and molecules adsorption. The amount of activated carbon from coconut shell was varied at 200, 400, 600 and 800 g applying with filter media and other adsorption materials taking 1 hour to treat the wastewater from dyeing. The parameter using to measure water quality consisted of color value, pH, suspended solids, conductivity, turbidity value, COD and TKN to indicate the water quality before and after treatment evaluating the efficiency of the wastewater treatment system. The best ratio that can treat the color is the formula containing 800 g of coconut shell activated carbon. It was able to treat the color equal to 5.94 SU or 99.43 percent compared to the wastewater before treatment.

Keywords: Coconut shell, Adsorption, Activated Carbon, Wastewater, Dying

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย จากงบประมาณรายได้ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำปี พ.ศ. 2564

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่อนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ จนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ผู้วิจัยขอขอบคุณ เพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ป้าๆ และลุงๆ ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและกำลังใจ ตลอดจนช่วยแก้ไขปัญหาจนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ผู้วิจัยขอขอบคุณ กวางน้อย และ โดมโตม ที่ช่วยเป็นกำลังใจให้งานวิจัยเดินต่อไปไม่สะดุดและคอยเป็นเพื่อนในยามเหงาและท้อแท้ ไม่มีใคร

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ข
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญรูป	ช
สารบัญตาราง	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 กรอบแนวคิดการศึกษา	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.6 นิยามศัพท์	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 อุตสาหกรรมพอกย้อม	5
2.2 น้ำเสียของอุตสาหกรรมพอกย้อม	11
2.3 กระบวนการดูดซับ	18
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	23
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 รูปแบบการทำวิจัย	26
3.2 วัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย	26
3.3 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย	30
3.4 ขั้นตอนการเตรียมงานวิจัย	30
3.5 ขั้นตอนการศึกษา	34
3.6 การกำหนดตัวแปร	35
3.7 ขั้นตอนการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ	36

3.8 ขั้นตอนการวิเคราะห์	43
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล	
4.1 ผลการศึกษาหน้าเสียจากการพอกย้อม	46
4.2 การตรวจวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว	47
4.3 ผลการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับสีโดยใช้ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว	49
4.4 การศึกษาไอโซเทอมการดูดซับ	50
4.5 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียหลังการบำบัด	51
บทที่ 5 การวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง	
5.1 สรุปผลการทดลอง	58
5.2 ข้อเสนอแนะ	58
เอกสารอ้างอิง	60
ประวัติผู้วิจัย	62

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 สีจากธรรมชาติที่ใช้ในการฟอกย้อม	8
2.2 พารามิเตอร์น้ำเสียจากการฟอกย้อมสีผ้า	12
2.3 มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน	13
2.4 มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม	13
2.5 การเปรียบเทียบของเทคโนโลยีการบำบัดสี	17
2.6 ข้อแตกต่างระหว่างการดูดซับทางกายภาพและทางเคมี	20
3.1 ตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง	35
3.2 อัตราส่วนถ่าน กรวด และทราย ที่ใช้ในการทดลอง	36
4.1 แสดงคุณภาพน้ำเสียจากการฟอกย้อม	47
4.2 แสดงประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำเสียจากการฟอกย้อม	49
4.3 แสดงคุณภาพน้ำเสียหลังการบำบัด	56
4.4 แสดงคุณภาพน้ำเสียหลังการบำบัด (คิดเป็นร้อยละ)	57

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 กรอบแนวคิดการศึกษา	3
2.1 การย้อมผ้าแบบภูมิปัญญาชาวบ้าน	7
2.2 กลไกของการดูดซับ	19
2.3 ถ่านกัมมันต์แบบเกล็ด	22
2.4 ถ่านกัมมันต์อัดแท่ง	23
3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์	29
3.2 กะลามาพร้าวผ่านการอบลมร้อน	31
3.3 เฉากะลามาพร้าวโดยเตาแบบเปิดและเตาแบบปิด	32
3.4 นำถ่านไปแช่น้ำผสมเกลือในอัตราส่วน 1 ลิตรต่อ 7 กรัม	32
3.5 นำถ่านกะลามาพร้าวไปเผาซ้ำในเตาแบบเปิด	32
3.6 ถ่านกัมมันต์ที่นำมาตากแดด	33
3.7 คอลัมน์ระบบบำบัดน้ำเสีย	33
3.8 ขั้นตอนการศึกษางานวิจัย	34
3.9 ขั้นตอนการวิเคราะห์ SEM	36
3.10 ขั้นตอนการวิเคราะห์พีเอชด้วยเครื่อง (pH meter)	37
3.11 ขั้นตอนการวิเคราะห์สี (Spectrophotometer)	38
3.12 การวิธีวิเคราะห์ความขุ่น (Turbidity Meter)	39
3.13 ขั้นตอนการวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้า	40
3.14 ขั้นตอนการการวิเคราะห์ซีไอดี	41
3.15 การวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งแขวนลอย	43
3.16 วิธีวิเคราะห์ที่เคเอ็น	45
4.1 ภาพถ่ายลักษณะพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์จากกะลามาพร้าวที่ได้จาก กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (SEM)	48
4.2 ประสิทธิภาพการดูดซับสีของถ่านกัมมันต์จากกะลามาพร้าว	49
4.3 ไอโซเทอมแบบแลงเมียร์และฟรุนดลิชในการดูดซับสี	50
4.4 สีของน้ำเสียก่อนการบำบัดและหลังการบำบัดเมื่อเพิ่มปริมาณถ่านกัมมันต์ จากกะลามาพร้าว	51

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.5 ความชุ่มของน้ำเสียก่อนการบำบัดและหลังการบำบัดเมื่อเพิ่มปริมาณ ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว	52
4.6 การนำไฟฟ้าของน้ำเสียก่อนการบำบัดและหลังการบำบัดเมื่อเพิ่มปริมาณ ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว	53
4.7 ซีโอดีของน้ำเสียก่อนการบำบัดและหลังการบำบัดเมื่อเพิ่มปริมาณ ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว	54
4.8 ของแข็งแขวนลอยของน้ำเสียก่อนการบำบัดและหลังการบำบัดเมื่อเพิ่ม ปริมาณถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว	55
4.9 ทีเคเอ็นของน้ำเสียก่อนการบำบัดและหลังการบำบัดเมื่อเพิ่มปริมาณ ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว	56

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

น้ำมีความสำคัญต่อการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิต เช่น การอุปโภค บริโภค แหล่งที่อยู่อาศัย การคมนาคม อุตสาหกรรม และการเกษตร เป็นต้น ปัจจุบันประเทศไทยประสบกับปัญหาน้ำเสีย ซึ่งเป็นสาเหตุใหญ่ที่มีผลกระทบต่อมนุษย์ หรือชุมชนในบริเวณนั้น อีกทั้งทำให้รูปลักษณ์ของประเทศ มีแนวโน้มไปในทางที่ไม่ดี ซึ่งประเทศไทยจัดอยู่ในข่ายประเทศที่ด้อยพัฒนา และถูกยกให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวของโลก ปัญหาที่เกิดขึ้นส่งผลโดยตรงเกี่ยวกับสถานที่ทำกิจกรรมหรือสถานที่ท่องเที่ยว และที่สำคัญคือแหล่งน้ำตามธรรมชาติ ปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นกับแหล่งน้ำคือเกิดการเน่าเสียส่งกลิ่นเหม็นอันเป็นที่น่ารังเกียจ ทัศนียภาพไม่น่ามอง จึงเป็นเหตุผลการจัดการปรับปรุงคุณภาพน้ำเสีย และการพัฒนาการศึกษาวิธีการบำบัดให้น้ำเสียมีคุณภาพดีขึ้นจนสามารถปล่อยสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้อย่างปลอดภัย

น้ำเสียที่เกิดจากการย่อยผ้า มีสาเหตุหลักมาจากการใช้สีย้อมผ้าในโรงงานอุตสาหกรรม และแหล่งชุมชน โดยส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในชุมชนขนาดเล็กตามพื้นที่ต่างจังหวัด ซึ่งนิยมย้อมผ้าเพื่อนำมาใช้เองตามหมู่บ้าน การย้อมในลักษณะนี้จะไม่มีการปรับปรุงคุณภาพ หรือบำบัดน้ำเสียจากการย้อมผ้าก่อนปล่อยออกสู่แหล่งน้ำสาธารณะ เป็นสาเหตุก่อให้เกิดปัญหาทางด้านทัศนียภาพ กลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ และระบบนิเวศแหล่งน้ำเสียสมดุล นอกจากนี้ปัญหาที่เกิดจากน้ำย้อมผ้ายังมีผลกระทบต่อมนุษย์ทั้งทางตรงและทางอ้อม ไม่สามารถนำมาใช้ในการอุปโภค บริโภค ทำให้วิถีการดำรงชีวิตเปลี่ยนแปลงไป

ประเทศไทยเป็นประเทศแห่งการเกษตรกรรม มีสภาพภูมิประเทศและสภาพภูมิอากาศเหมาะสมแก่การเพาะปลูก ทำให้มีผลผลิตทางการเกษตรและของเหลือทิ้งทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก

การนำวัสดุเหลือใช้หรือของเสียจากอุตสาหกรรมเกษตรมาใช้ประโยชน์ จำเป็นต้องพิจารณาอย่างเป็นระบบ (System Approach) ทำให้มีการศึกษาและวิจัยจนมีแนวคิดในการทำถ่านกัมมันต์ จากวัสดุดิบเหลือทิ้งจากการเกษตร เช่น ชังข้าวโพด กะลามะพร้าว เปลือกทุเรียน เปลือกมังคุด เป็นต้น ถ่านกัมมันต์เป็นวัสดุที่ประกอบด้วยคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก เป็นวัสดุที่มีพื้นที่ผิวสูงมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งความสามารถในการดูดซับ (Adsorption) เพราะมีรูเล็กๆ (micro porosity) จำนวนมากบริเวณพื้นผิวช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซับให้มีความสูงขึ้น

มะพร้าวเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทยและนิยมปลูกมากทางภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยนำมาใช้เป็นส่วนผสมของอาหาร และผลิตเป็นกะทิกระป๋อง ดังนั้นกะลามะพร้าวจึงเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีปริมาณมาก ปัจจุบันมีงานวิจัยเกี่ยวกับการนำกะลามะพร้าวมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้หลายทาง อาทิ นำมาใช้เป็นพลังงานทางเลือก นำไปใช้หมักก๊าซชีวภาพ หรือนำไปเผาเพื่อใช้เป็นพลังงานโดยตรง สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้มุ่งเน้นที่จะนำกะลามะพร้าวมาใช้ประโยชน์ในการผลิตถ่านกัมมันต์ เพื่อนำถ่านกัมมันต์ไปบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากการย้อมผ้าในชุมชน

จากปัญหาการย้อมสีผ้าในแหล่งชุมชน ซึ่งพบว่าน้ำเสียที่เกิดขึ้นไม่ได้รับการบำบัดอย่างถูกวิธี ทำให้น้ำเสียที่ถูกปล่อยทิ้งมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการบริการกำจัดน้ำเสียแบบเคลื่อนที่จึงเป็นแนวคิดหนึ่งในการแก้ปัญหา และยังสามารถนำแนวคิดการใช้อุปกรณ์บำบัดน้ำเสียแบบเคลื่อนที่มาให้บริการแก่ชุมชนและบุคคลที่สนใจ เนื่องจากระบบบำบัดมีขั้นตอนการเตรียมการอย่างง่ายมีน้ำหนักเบา และใช้พื้นที่น้อย งานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำวัฏจักรระบบบำบัดแบบเคลื่อนที่ และเพื่อศึกษาเปรียบเทียบการบำบัดน้ำเสียจากการย้อมผ้า ด้วยกระบวนการดูดซับของถ่านกัมมันต์ที่ทำจากกะลามะพร้าวร่วมกับวัสดุตัวกรอง โดยเน้นการปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้ง และประชาชนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงในชีวิตประจำวัน

1.2 วัตถุประสงค์

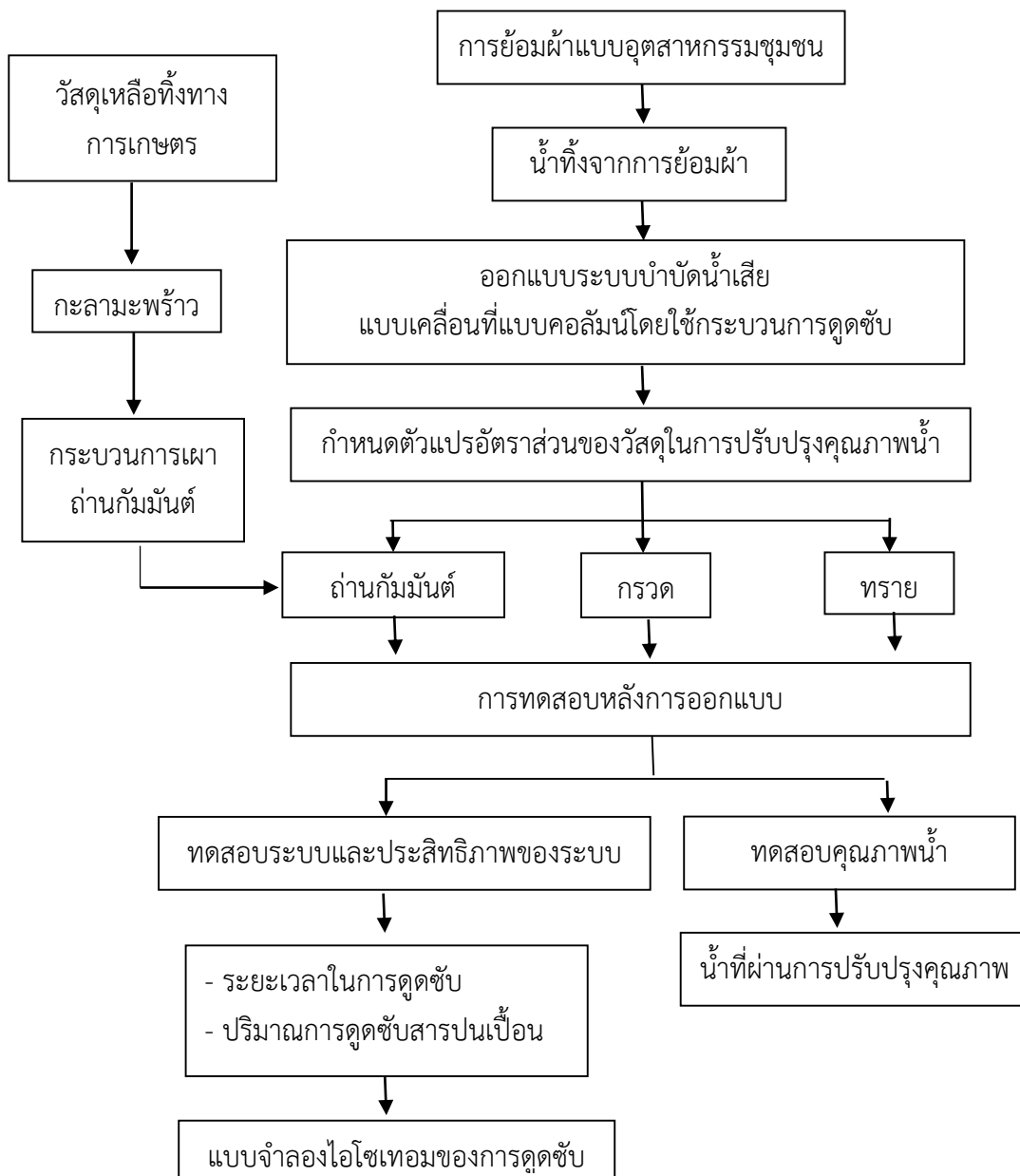
- 1.2.1 เพื่อศึกษาขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียจากการย้อมผ้าขนาดเล็กที่สามารถเคลื่อนย้ายได้
- 1.2.2 เพื่อบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากการย้อมผ้าให้ได้มาตรฐานก่อนปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม
- 1.2.3 เพื่อศึกษาวิธีผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว
- 1.2.4 เพื่อศึกษาปริมาณของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียร่วมกับวัสดุตัวกรองและตัวดูดซับอื่นๆ

1.3 ขอบเขตการศึกษา

- 1.3.1 น้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง คือ น้ำเสียจากการย้อมผ้า
- 1.3.2 วัสดุที่นำมาใช้ในการผลิตถ่านกัมมันต์ คือ กะลามะพร้าว
- 1.3.3 ระบบบำบัดน้ำเสียต้นแบบชนิดคอลัมน์ดูดซับ มีพื้นที่การทำงานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร ยาว 100 เซนติเมตร
- 1.3.4 ศึกษาคุณภาพน้ำเสียก่อนและหลังการบำบัดโดยทำการตรวจวัดค่า พีเอช สี ความขุ่น ค่าการนำไฟฟ้า ซีไอดี เอสเอส และไนโตรเจน
- 1.3.5 สถานที่ใช้ในการศึกษาวิจัย คือ ห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ

1.4 กรอบแนวคิดการศึกษา

กรอบแนวคิดการศึกษาได้แสดงไว้ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 กรอบแนวคิดการศึกษา

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 ได้คอลัมน์บำบัดน้ำเสียต้นแบบจากอุตสาหกรรมย้อมผ้าขนาดเล็กที่สามารถเคลื่อนย้ายได้
- 1.5.2 สามารถบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมย้อมผ้าขนาดเล็กให้ผ่านมาตรฐานตามกฎหมาย
- 1.5.3 สามารถนำกะลามะพร้าวเหลือใช้ไปใช้ประโยชน์เป็นถ่านกัมมันต์ในการบำบัดน้ำเสีย
- 1.5.4 ทราบถึงปริมาณของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียจากการย้อมผ้า

1.6 นิยามศัพท์

อุตสาหกรรมชุมชน (Industry community) หมายถึง อุตสาหกรรมการผลิตที่มีขั้นตอนที่ง่าย มักทำกันในครอบครัวหรือหมู่บ้าน ไม่ใช่แรงงาน หุนและปัจจัยมาก

น้ำเสียจากการย้อมผ้า (Wastewater from dye) หมายถึง น้ำที่มีสิ่งเจือปนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการย้อมผ้า จนทำให้คุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

ถ่านกัมมันต์ (Activated carbon) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำวัตถุดิบธรรมชาติ หรืออินทรีย์วัตถุซึ่งมีคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบหลัก มาผ่านกรรมวิธีก่อกัมมันต์ จนได้ผลิตภัณฑ์สีดำ มีโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นรูพรุน มีพื้นที่ผิวสูง มีสมบัติในการดูดซับสารต่างๆ ได้ดี

การดูดซับ (Absorption) หมายถึง เป็นกระบวนการกักพวงสารละลายหรือสารแขวนลอยขนาดเล็กซึ่งละลายอยู่ในน้ำให้อยู่บนผิวของสารอีกชนิดหนึ่ง โดยที่สารละลายหรือสารแขวนลอย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากการย้อมผ้าแบบเคลื่อนที่ โดยใช้ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวมีความเชื่อมโยงซึ่งกันและกันที่จะส่งเสริมในด้านของความรู้ที่หลากหลายแตกต่างกันออกไป ซึ่งจะต้องนำข้อมูลเหล่านั้นมาประกอบการพิจารณาในการวิเคราะห์และการอ้างอิงถึงเหตุผลและความเป็นมา ดังนั้นเพื่อให้เกิดความรู้และความเข้าใจในเรื่องต่างๆที่เกี่ยวข้องได้อย่างชัดเจน ผู้ทำการวิจัยจึงได้ ศึกษา รวบรวมและนำเสนอข้อมูลดังนี้

2.1 อุตสาหกรรมฟอกย้อม

อุตสาหกรรมฟอกย้อมมีหลายขนาด การฟอกย้อมสีผ้ามีการทำกันตั้งแต่ระดับชาวบ้านจนถึงอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ดังนี้

2.1.1 การฟอกย้อมในอุตสาหกรรมครัวเรือน

การย้อมผ้าเป็นภูมิปัญญาชาวบ้านที่มีการทำมานานแล้ว ไม่ว่าจะเป็นการย้อมไหมเพื่อทอผ้าใส่เอง การย้อมผ้าใช้ในครอบครัว การย้อมจิวรพระ และการรับจ้างย้อมผ้าตามบ้านในสมัยก่อนที่เราเรียกกันว่าย้อมผ้าปองแปง ซึ่งวิธีที่กล่าวมาข้างต้นเป็นการย้อมผ้าอย่างง่าย สะดวกต่อการเลือกใช้ การฟอกย้อมในอุตสาหกรรมครัวเรือนที่พบโดยส่วนมาก คือ การฟอกย้อมเสื้อผ้าโดยทั่วไปซึ่งนิยมทำเพื่อใช้เองหรือกลบเกลื่อนความเก่าของเสื้อผ้าหรือจิวรพระ และการฟอกย้อมไหม โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1.1.1 วิธีฟอกย้อมเสื้อผ้า

การย้อมเสื้อผ้าแบบง่ายที่สามารถทำได้เองโดยทั่วไป สามารถทำได้ตามขั้นตอนดังนี้ 1.การเตรียมผ้าก่อนนำมาลงย้อม 2.การย้อมสี 3.การแช่น้ำก่อนการตาก ซึ่งทั้ง 3 ขั้นตอนจะมีน้ำเสียที่ออกมาจากกระบวนการผลิตด้วย โดยมีวิธีการคือ น้ำเปล่ามาตั้งไฟแล้วต้มให้เดือด แล้วนำสีที่เตรียมไว้ผสมกับน้ำร้อนที่มีปริมาตรเพียงพอกับผ้าที่ย้อม สีที่ใช้ย้อมอาจเป็นสีสังเคราะห์จากเคมี หรือเป็นสีที่ได้จากธรรมชาติ เช่น แก่นขนุน ที่ให้สีเหลือง เป็นต้น แล้วนำผ้าที่เตรียมไว้ไปซักน้ำเปล่าแล้วบิดให้หมาด จากนั้นนำผ้าลงพร้อมกัน เพื่อให้ผ้ามีสีที่เสมอกัน ขยี้ผ้าให้เนื้อผ้าสามารถดูดซึมสีเข้าเนื้อผ้าได้อย่างทั่วถึง ใช้เวลาประมาณ 10-15 นาที เมื่อเนื้อผ้าดูดซึมสี

จนเป็นที่พอใจแล้ว เอาไปแช่น้ำเปล่าทิ้งไว้ประมาณ 1-2 ชั่วโมง และสุดท้ายควรนำผ้าไปตากหรือผึ่งในที่ร่ม จากนั้นสามารถนำมาใช้งานได้ และดั่งที่กล่าวมาข้างต้นจากการย้อมสีผ้าก็จะมีน้ำเสียซึ่งมีส่วนประกอบของสีออกมาและทิ้งออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 การย้อมผ้าแบบภูมิปัญญาชาวบ้าน

ที่มา : ธงชัย เปาอินทร์; http://www.thongthailand.com/private_folder/atiew5/bury63.jpg

2.1.1.2 วิธีการฟอกย้อมไหม

เส้นไหมมีส่วนประกอบสำคัญอยู่สองส่วนคือ ส่วนที่เป็นเส้นใยและกาวไหม ซึ่งขั้นตอนการฟอกย้อมมี 3 ขั้นตอนคือ 1. การเตรียมไหม 2. การลอกกาว 3. คือ การย้อมสี โดยขั้นตอนที่ 2 และที่ 3 ดังกล่าวจะมีน้ำเสียเกิดขึ้น การฟอกกาว เป็นการนำเส้นไหมมาฟอกต้มเพื่อเอาสิ่งสกปรกออก โดยการลอกกาวมีสองวิธีคือลอกด้วยต่างธรรมชาติและต่างสารเคมี การลอกกาวด้วยต่างจากธรรมชาติ จะใช้น้ำต่างจากขี้เถ้า ที่นิยมใช้ ได้แก่ ขี้เถ้าจาก ผักโขมหนาม ไม้สะแก เปลือกฝักนุ่น เหง้ากล้วย ไม้ประดู่บ้าน หรือเป็นขี้เถ้ารวมจากเตาไฟส่วนการฟอกกาวด้วยสารเคมีจะมีส่วนผสมของ สบู่ โซดาแอช และสารซักล้าง การลอกกาวจะใช้ไหมดิบแช่ในน้ำยาลอกกาวก่อนที่จะเทน้ำเดือดลงไปแล้วนำเส้นไหมที่กาวลอกออกแล้ว มาล้างในน้ำอุ่น 1-2 ครั้ง และล้างน้ำสะอาดอีก 3-4 ครั้ง จากบิตให้พอหมาด กระจุกให้เรียงเส้น ผึ่งตากในที่ร่มให้แห้ง ส่วนการย้อมสีนอกจากจะใช้วัสดุธรรมชาติแล้วยังจะใช้สารช่วยย้อม ซึ่งส่วนใหญ่สีที่ย้อมจากวัสดุธรรมชาติมักติดไม่คงทน เนื่องจากสีจากพืชจะละลายน้ำได้ดีจึงละลายออกมาเมื่อซัก โดยขั้นตอนนี้จะมีย้ำน้ำเสียจากการย้อมเกิดขึ้นจากวัสดุธรรมชาติซึ่งมีสารอินทรีย์ในปริมาณมาก

2.1.1.3 วัสดุจากธรรมชาติที่ใช้ในการย้อมผ้า

วัสดุธรรมชาติที่ใช้ในการฟอกย้อมเพื่อให้สีต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 2.1 ซึ่งสีต่าง ๆ เหล่านี้เป็นส่วนประกอบของน้ำเสีย ทำให้มีสีและความขุ่นผิดมาตรฐาน และยังมีค่าสารอินทรีย์ที่มาจากวัสดุธรรมชาติเหล่านั้นด้วย สีโดยส่วนใหญ่ได้มาจากส่วนประกอบต่าง ๆ ของพืช ซึ่งส่วนและชนิดต่าง ๆ ของพืชจะให้สีย้อมที่มีความคงทนต่อแสง และความคงทนต่อการซักที่แตกต่างกันไป

ตารางที่ 2.1 สีจากธรรมชาติที่ใช้ในการฟอกย้อม

พืช	ส่วนให้	สีที่ย้อม	ระดับความคงทนของสี		สารช่วยย้อม
			ทนต่อแสง	ทนต่อการซัก	
ครั่ง	รัง ยางครั่ง	แดง	5	4	สารส้ม, น้ำมะขาม, น้ำต้มใบเหมือด แฉะ
เพกา	เปลือกต้น	เหลืองอมตาล เขียว	4 ถึง 5	4	น้ำต้มใบส้มป่อย
	เปลือกชั้นใน	เหลืองส้มอม น้ำตาล	5	4 ถึง 5	สารส้ม
หูกวาง	ใบ	เขียวขี้ม้าอ่อน	4 ถึง 5	4	-
	ใบฝั่งลมแห้ง	น้ำตาลอมเขียว	5	4	น้ำต้มใบยูคา ลิปตัส
มะเกลือ	ผลดิบสด	น้ำตาลเข้ม, ดำ	5 ถึง 6	4 ถึง 5	น้ำส้มสายชู
	ผลหมักแช่น้ำ	ดำ	5 ถึง 6	4 ถึง 5	โคลน
ราชพฤกษ์	ฝักอ่อน	น้ำตาลอมม่วง	4	4	น้ำปูนใส
มะพูด (ประโหด)	เปลือกต้น	เหลืองสด	4	4	สารส้ม
ดาวเรือง	ดอก	เหลืองทอง	4	4	สารส้ม
แก้ว	ใบ	เหลืองอมเขียว	4	4	สารส้ม, ใบเหมือดแฉะ
คราม	ใบ	น้ำเงินคราม	5	4	มะขามเปียก, น้ำด่าง
สะเดา	เปลือกต้น	น้ำตาล	4 ถึง 5	4	-
ยูคาลิปตัส	เปลือกต้น	น้ำตาลเหลือง	5	4	สารส้ม

ที่มา : สำนักหม่อนไหม (2556)

2.1.2 การย้อมผ้าในอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

อุตสาหกรรมขนาดเล็ก จะมีเทคโนโลยีการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง ซึ่งอาจเป็นโรงงานรับจ้างฟอกย้อม พิมพ์ แต่งสำเร็จเท่านั้น ซึ่งใช้กระบวนการทางเคมีที่ปรับเปลี่ยนคุณสมบัติของเส้นใย โดยการใช้สารเคมีและสีย้อม โดยใช้น้ำเป็นตัวกลางจนได้ผลิตภัณฑ์เส้นด้ายย้อมสี/ผ้าผืนย้อมสี เพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ขายตรงหรือไปยังอุตสาหกรรมตัดเย็บต่อไป

2.1.2.1 วิธีการฟอกย้อมสีผ้าในอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

วิธีการฟอกย้อมผ้าในอุตสาหกรรมขนาดเล็กสามารถแบ่งได้ออกเป็น 5 ขั้นตอนด้วยกันคือ 1) การเตรียมผ้า 2) การย้อมผ้า 3) การพิมพ์ 4) การอบแห้ง และ 5) การตกแต่ง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) การเตรียมผ้า

ซึ่งสามารถแบ่งออก เป็น 6 ขั้นตอนด้วยกัน 1. การเผาขน 2. การลอกแป้ง 3. ทำความสะอาด/จัดสิ่งเจือปน 4. การฟอกขาว 5. การชุบมัน และ 6. การเซ็ทด้วยความร้อน การเผาขนในขั้นตอนแรกคือกำจัดพวกเส้นใยที่ไม่ต้องการออกจากเนื้อผ้า ในขั้นตอนต่อมาคือ การลอกแป้งที่จะต้องใช้น้ำยาเคมีมาช่วย ส่วนใหญ่จะใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์, โซเดียมเปอร์ซัลเฟต จากนั้นเอามาผ่านการล้างน้ำเป็นการทำความสะอาดลอกแป้งออกจากผ้า ขั้นตอนที่สามคือ การทำความสะอาด ซึ่งจะกำจัดพวกสารปนเปื้อน ไขมัน เป็นต้น สารเคมีที่นำมาใช้คือ โซดาไฟ ต่อไปคือการฟอกขาว จะใช้พวกสารในตระกูลออกซิไดซ์ เข้ามาช่วยในการฟอก เช่น โซเดียมคลอไรด์ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เป็นต้น แล้วจากนั้นก็นำไปล้างออก ขั้นตอนต่อไป คือ การชุบมัน เพื่อให้ผ้าดูดซับสีและเงามันสวยงาม โดยใช้สารละลายต่าง โซเดียมไฮดรอกไซด์ นำไปผ่านการชุบโซดาไฟ และล้างน้ำออก และสุดท้ายจะเอาไปเซ็ทด้วยความร้อน ที่อุณหภูมิ 180-210 องศาเซลเซียส 15-30 นาที

2) การย้อม ซึ่งขั้นตอนนี้จะมีน้ำเสียจากกระบวนการย้อมที่มีส่วนผสมของสีซึ่งอาจจะเป็นสีจากธรรมชาติหรือสีเคมี ส่วนใหญ่แล้วการย้อมผ้าในอุตสาหกรรมขนาดเล็กจะใช้สีเคมี ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อต่อไป การย้อมมี 3 วิธีขึ้นอยู่กับปริมาณการผลิตดังนี้ คือ

วิธีที่ 1 ย้อมแบบแช่หรือดูดซึม (Immersion or Exhaustion) เป็นการย้อมแบบทีละหม้อ เหมาะกับผลิตไม่มาก

วิธีที่ 2 ย้อมแบบต่อเนื่อง ย้อมทีละมากๆ ผ้าจะเคลื่อนที่ผ่านอุปกรณ์อย่างต่อเนื่องจากจุ่มอัดสี (Padding) ผนึกสี (Heat Fixation) ซักล้าง (Washing) วิธีนี้สามารถผลิตได้เร็วกว่าวิธีแรก ผลผลิตสูงกว่าแต่ถ้าผลิตน้อยจะไม่คุ้ม และหากเครื่องขัดข้องจะกระทบต่อการผลิตมากกว่า

วิธีที่ 3 ย้อมแบบกึ่งต่อเนื่อง (Cold-pad-batch) คล้ายกับการย้อมแบบต่อเนื่องแต่มีความแตกต่างกันคือ มีการทำการหมัก (Batching) ผ้าที่ผ่านการจุ่มอัด จะนำไปหมุนเหวี่ยงด้วยแรงหนีศูนย์กลาง เพื่อผนึกสีให้สม่ำเสมอและหมักไว้ที่อุณหภูมิห้อง 2-24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปซักล้างและอบแห้ง เหมาะกับสีที่มีความไวสูง

3) การพิมพ์ เป็นการทำให้สีสารเคมี ติดบนผ้าหรือเส้นด้าย

4) การอบแห้ง เมื่อทำการล้างสีออกเรียบร้อยแล้ว ต้องทำให้แห้งโดยการใช้น้ำร้อนหรือลูกกลิ้งร้อนทำให้ผ้าแห้ง

5) การตกแต่ง เป็นกระบวนการทำให้คุณภาพผ้าดี โดยการใส่สารเคมีสารเรซิน ทำให้ผ้านุ่มลื่น ทนยับ ทนไฟ ทนสารเคมี เป็นต้น

2.1.1.2 สารเคมีที่ใช้ในการฟอกย้อม

สารเคมีที่ใช้ในอุตสาหกรรมฟอกย้อมสีผ้ามีหลายแบบ ซึ่งแต่ละแบบมีองค์ประกอบทางเคมีและเหมาะกับการย้อมผ้าที่ต่างกัน ดังนี้

1) สีเอซิด (acid dye) สีชนิดนี้เกิดจากสารประกอบอินทรีย์ มีประจุลบ ละลายน้ำได้ดี ส่วนใหญ่เป็นเกลือของกรดกำมะถัน สีเอซิดบางตัวสามารถนำไปใช้ย้อมเส้นใยเซลลูโลสบริสุทธิ์ได้ เช่น ปอ ป่าน ไนลอน โยขนแกะ ไหม และอะคริลิกได้ดี

2) สีไดเรกต์ (direct dye) หรืออาจเรียกว่าสีย้อมฝ้าย สีชนิดนี้ส่วนใหญ่เป็นสารประกอบ ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง มีหมู่กรดซัลโฟนิคที่ทำให้ตัวสีสามารถละลายน้ำได้ มีประจุลบ นิยมใช้ย้อมเส้นใย

3) สีเบสิก (basic or cationic dye) สีย้อมชนิดนี้เป็นเกลือของเบสอินทรีย์ (organic base) ให้ประจุลบ ละลายน้ำได้ นิยมใช้ย้อมเส้นใยโปรตีน ไนลอนและใยอะคริลิกได้ดี

4) สีดีสเพอร์ส (disperse dye) เป็นสีที่ไม่ละลายน้ำแต่มีสมบัติกระจายได้ดี สามารถย้อมเส้นใยอะซิเตท เส้นใยโพลีเอสเตอร์ ไนลอน และอะคริลิกได้

5) สีรีแอกทีฟ (reactive dye) เป็นสีที่ละลายน้ำได้ มีประจุลบ เมื่ออยู่ในน้ำจะมีสมบัติเป็นต่าง สีย้อมชนิดนี้เหมาะกับการย้อมเส้นใยเซลลูโลสมากที่สุด สีรีแอกทีฟมี 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ย้อมติดที่อุณหภูมิสูง ในช่วง 70-75 องศาเซลเซียส และกลุ่มที่ย้อมติดที่อุณหภูมิต่ำ สีรีแอกทีฟให้สีที่สดใสทุกสัติดทนในทุกสภาวะ

6) สีอะโซอิก (azoic dye) สีย้อมชนิดนี้ไม่สามารถละลายน้ำได้ การที่สีจะก่อรูปเป็นเส้นใยได้ต้องย้อมด้วยสารประกอบฟีนอลซึ่งละลายน้ำได้ก่อน ใช้ย้อมเส้นใยได้ทั้งเซลลูโลส ไนลอน หรืออะซิเตท

7) สีแว้ต (vat dye) เป็นสีที่ไม่สามารถละลายน้ำ สีย้อมชนิดนี้มีส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญอยู่ 2 ชนิด คือ สีอินดิโก (indigoid) และสีแอนทราควินอยด์ (antraquinoid)

8) สีมอร์แดนท์ หรือโครม (mordant or chrome dye) สีย้อมชนิดนี้ต้องใช้สารช่วยติดเข้าไปช่วยเพื่อให้เกิดการติดสีบนเส้นใย สารที่ช่วยติดที่ใช้ คือ สารประกอบออกไซด์ของโลหะ เช่น โครเมียม ดีบุก เหล็ก อะลูมิเนียม เป็นต้น สีชนิดนี้ใช้ย้อมเส้นใยโปรตีนและเส้นใยพอลิเอไมด์ได้ดี

9) สีอินเกรน เป็นสีที่ไม่ละลายน้ำ โดยจะเกิดเป็นคอลลอยด์หลังจากเกิดปฏิกิริยากับน้ำ สีย้อมชนิดนี้ใช้สำหรับย้อมฝ้าย

10) สีออกซิเดชัน (oxidation dye) เป็นสีที่มีละลายน้ำโดยจะเกิดเป็นคอลลอยด์หลังจากเกิดปฏิกิริยาในน้ำโดยสีจะติดแน่น ใช้สำหรับย้อมฝ้ายและขนสัตว์

11) สีซัลเฟอร์ (sulfur dye) เป็นสีที่ไม่ละลายน้ำ เมื่อทำการย้อมต้องรีดิวซ์สีเพื่อให้โมเลกุลอยู่ในสภาพที่ละลายน้ำได้ แต่สีซัลเฟอร์บางชนิดที่ผลิตออกมาจำหน่ายในรูปที่ถูกรีดิวซ์จะละลายน้ำได้ นิยมนำสีซัลเฟอร์มาย้อม (ขนิษฐา, 2550)

2.1.3 การย้อมผ้าในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่

อุตสาหกรรมขนาดใหญ่ จะเป็นการใช้เทคโนโลยีอย่างต่อเนื่อง (Continuous Process) ในส่วนของการผลิต เป็นการผลิตแบบครบวงจร ที่มีตั้งแต่การปั่นด้ายจนถึงการผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป และในการใช้เทคโนโลยีอย่างต่อเนื่องเหมาะสมกับการผลิตในปริมาณมาก ต้นทุนการผลิตต่ำ ใช้แรงงานคนน้อย และต้องมีระบบบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพ และตรงตามหลักมาตรฐาน ISO 14000 ในการรักษาสิ่งแวดล้อม

ซึ่งกระบวนการในการย้อมเป็นแบบเดียวกันกับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก จะแตกต่างกันที่อายุการใช้งานของเครื่องจักร บุคลากรที่มีความรู้ความสามารถมากกว่า ครอบคลุมทุกการผลิตของผลิตภัณฑ์สิ่งทอ และมีปริมาณในการผลิตและในการปล่อยของเสียออกมามาก แต่ด้วยการจัดการของเสียอย่างเป็นระบบ จึงไม่เป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมหากจัดการของเสียที่เกิดขึ้นได้ถูกต้องตามหลักวิชาการ ในขณะที่อุตสาหกรรมขนาดเล็กจะมีปัญหาในเรื่องของต้นทุนของเครื่องจักร บุคลากร และประสบการณ์จากการปฏิบัติจริง ทำให้ไม่สามารถพัฒนาระบบการผลิตได้ รวมถึงเรื่องการจัดการสิ่งแวดล้อมที่ไม่ได้มีการปฏิบัติที่ถูกต้องเท่าที่ควร ณ เวลานี้

2.2 น้ำเสียของอุตสาหกรรมฟอกย้อม

2.2.1 น้ำเสียของกระบวนการฟอกย้อม

ค่าพารามิเตอร์น้ำเสียที่จากกระบวนการฟอกย้อมสีผ้ามีสาเหตุต่างๆ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.2 ซึ่งมีค่าความสกปรกดังที่แสดงไว้ดังนี้

ตารางที่ 2.2 พารามิเตอร์น้ำเสียจากกระบวนการฟอกย้อมสีผ้า

พารามิเตอร์	สาเหตุการเกิดน้ำเสีย	ค่าพารามิเตอร์
ปริมาณสารอินทรีย์	- แปะ สีย้อม กรดอะซิติก เส้นใยและเส้นด้าย กระบวนการย้อมและตกแต่ง - สบู่ ไขมัน น้ำมัน จะเป็นฝ้า คลุมผิวน้ำ - สารทำความสะอาดซึ่งมี ลักษณะเป็นฟอง	ค่าบีโอดี ประมาณ 100-1,000 mg/L และค่า ซีโอดี ประมาณ 500-1,200 mg/L
อุณหภูมิ	-	อุณหภูมิประมาณ 50 องศา เซลเซียส
ของแข็งละลายน้ำ (SS)	การละลายของแข็งพวกเกลือ โซเดียมและกรดต่างๆ	
สี	สีย้อมหลงเหลืออยู่ใน สารละลายสีย้อม	ปริมาณร้อยละ 5-50 ขึ้นอยู่กับ ประเภทของสีย้อมที่ใช้
โลหะหนัก	การเจือปนอยู่ในสีย้อมผ้า	ทองแดง ตะกั่ว โครเมียม และ สังกะสี
สารเคมี	คงเหลืออยู่ในสารละลายสีย้อม หรือน้ำซักล้าง และจะถูก ปล่อยปนออกมาในน้ำเสีย	

ที่มา: กรมวิทยาศาสตร์และบริการ (2556)

2.2.2 มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง

2.2.2.1 มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน

ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชน ลงวันที่ 7 เมษายน 2553 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่มที่ 127 ตอนพิเศษ 69 ง วันที่ 2 มิถุนายน 2553 ได้กำหนดค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนไว้ดังตารางที่ 2.3 ดังนี้

ตารางที่ 2.3 มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน

พารามิเตอร์	มาตรฐาน
1.ความเป็นกรดและด่าง (pH)	5.5 – 9.0
2. บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand)	ไม่เกิน 20 mg/L
3. ของแข็งแขวนลอย(Suspended Solids)	ไม่เกิน 30 mg/L
4. น้ำมันและไขมัน (Fat, Oil and Grease)	ไม่เกิน 5 mg/L
5. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus)	ไม่เกิน 2 mg/L
6. ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen)	ไม่เกิน 20 mg/L

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ (2553)

2.2.2.2 มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ.2539) ลงวันที่ 3 มกราคม 2539ได้กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม กำหนดไว้ดังตารางที่ 2.4 ดังนี้

ตารางที่ 2.4 มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน
ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH)	pH 5.5 – 9.0
ค่าทีดีเอส (TDS/Total Dissolved Solids)	ไม่เกิน 3,000 mg/L หรืออาจแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 5,000 mg/L น้ำทิ้งที่จะระบายลงแหล่งน้ำกร่อยที่มีค่าความเค็ม (Salinity) เกิน 2,000 mg/L หรือล่งสู่ทะเลค่า TDS ในน้ำทิ้งจะมีค่ามากกว่าค่า TDS ที่มีอยู่ในแหล่งน้ำกร่อย หรือน้ำทะเลได้ไม่เกิน 5,000 mg/L
สารแขวนลอย (Suspended Solids)	ไม่เกิน 50 mg/L หรืออาจแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม หรือประเภทของระบบน้ำเสียตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 150 mg/L

ตารางที่ 2.4 (ต่อ) มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน
อุณหภูมิ (Temperature)	ไม่เกิน 40°C
สีหรือกลิ่น	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ
ซัลไฟด์ (Sulfide)	ไม่เกิน 1.0 mg/L
ไซยาไนด์ (Cyanide)	ไม่เกิน 0.2 mg/L
น้ำมันและไขมัน	ไม่เกิน 5.0 mg/l หรืออาจแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม หรือประเภทของระบบน้ำเสียตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 15 mg/L
ฟอร์มัลดีไฮด์ (Formaldehyde)	ไม่เกิน 1.0 mg/L
สารประกอบฟีนอล (Phenols)	ไม่เกิน 1.0 mg/L
คลอรีนอิสระ (Free Chlorine)	ไม่เกิน 1.0 mg/L
สารที่ใช้ป้องกันหรือกำจัดศัตรูพืชหรือสัตว์ (Pesticide)	ต้องตรวจไม่พบตามวิธีตรวจสอบที่กำหนด
ค่าทีเคเอ็น (TKN: Total Kjeldahl Nitrogen)	ไม่เกิน 100 mg/L หรืออาจแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม หรือประเภทของระบบน้ำเสียตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 200 mg/L
ค่าซีโอดี (COD: Chemical Oxygen Demand)	ไม่เกิน 120 mg/L หรืออาจแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม หรือประเภทของระบบน้ำเสียตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 400 mg/L
โลหะหนัก	
สังกะสี	ไม่เกิน 5.0 mg/L
โครเมียมชนิดเฮกซะวาเลนต์ (Hexavalent Chromium)	ไม่เกิน 0.25 mg/L
โครเมียมชนิดไตรวาเลนต์ (Trivalent Chromium)	ไม่เกิน 0.75 mg/L
ทองแดง	ไม่เกิน 2.0 mg/L
แคดเมียม	ไม่เกิน 0.03 mg/L

ตารางที่ 2.4 (ต่อ) มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน
แบเรียม	ไม่เกิน 1.0 mg/L
ตะกั่ว	ไม่เกิน 0.2 mg/L
นิกเกิล	ไม่เกิน 1.0 mg/L
แมงกานีส	ไม่เกิน 5.0 mg/L
อาร์เซนิก	ไม่เกิน 0.25 mg/L
ซีลีเนียม	ไม่เกิน 0.02 mg/L
ปรอท	ไม่เกิน 0.005 mg/L

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ (2539)

2.2.3 พารามิเตอร์ที่ตรวจวิเคราะห์

ในการวิเคราะห์น้ำเสีย จะมีพารามิเตอร์สำคัญๆ ดังนี้

BOD (Biochemical Oxygen Demand) คือ ปริมาณของออกซิเจนที่แบคทีเรียต้องใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส BOD เป็นค่าที่บ่งบอกถึงผลกระทบของน้ำเสียที่มีต่อออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ โดยทั่วไปจะวัดในรูปของ BOD₅ ซึ่งหมายถึงปริมาณของออกซิเจนที่แบคทีเรียต้องใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในเวลา 5 วัน ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

COD (Chemical Oxygen Demand) คือ ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องการเพื่อใช้ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ในน้ำให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ โดยในการวิเคราะห์ซีไอดี สารเคมีที่ใช้ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์คือ โพแทสเซียมไดโครเมต

TS (Total Solids) ของแข็งทั้งหมดที่อยู่ในน้ำเสีย

SS (Suspended Solids) ของแข็งแขวนลอย คือของแข็ง ที่ลอยอยู่ในน้ำ และ มองด้วยตาเปล่าเห็น

TKN (Total Kjeldahl Nitrogen) เป็นปริมาณของอินทรีย์ไนโตรเจนและแอมโมเนียไนโตรเจนที่อยู่ในน้ำเสีย

สี (Color) สีของน้ำเกิดจากการสะท้อนแสงของสารแขวนลอยในน้ำ ในทางปฏิบัติน้ำทิ้งที่มีสีจะปล่อยทิ้งได้นั้นเมื่อมองเห็นต้องไม่เป็นที่พึงรังเกียจ

ความขุ่น (Turbidity) ความสามารถของน้ำที่สามารถกั้นแสงไม่ให้ส่องผ่านไปได้ไว สิ่งที่ทำให้ขุ่นได้แก่ สารอินทรีย์สารอนินทรีย์ สิ่งมีชีวิตเล็กๆ หรือสารแขวนลอยเป็นต้น

ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเสียซึ่งปกติค่าจะไม่เกิน 6-8 (จุดพร และ รุ่งนภา, ม.ป.ป.)

2.2.4 วิธีการกำจัดสีจากน้ำเสีย

สีย้อมผ้าเป็นองค์ประกอบหลักของน้ำเสียจากกระบวนการฟอกย้อมสีผ้า วิธีการกำจัดสีจากน้ำเสียอาจทำได้หลายวิธี แต่การเลือกเทคโนโลยีเพื่อการบำบัดที่เหมาะสมต่อพื้นที่นั้นเป็นสิ่งจำเป็น วิธีดังต่อไปนี้เป็นวิธีที่เหมาะสมต่องานวิจัย ซึ่งแบ่งออกเป็นการใช้เทคโนโลยีทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ดังนี้

2.2.4.1 เทคโนโลยีทางกายภาพ (Physical technology)

การดูดซับโดยใช้ถ่านกัมมันต์ (Activated carbon) โดยใช้ถ่านกัมมันต์เป็นวัสดุที่มีรูพรุนสูงและมีคุณสมบัติในการดูดซับสารประกอบอินทรีย์ต่างๆ ที่ปนเปื้อนอยู่ในของเหลวหรือก๊าซเอาไว้ได้ในปริมาณสูง เนื่องจากมีรูขนาดเล็ก (Microporosity) ทำให้สามารถกำจัดสีแท้และสีปรากฏได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยนำวัตถุดิบพวกสารอินทรีย์ที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ เช่น ไม้ ถ่านหิน ปีโตรเลียมกะลามาเผาแล้ว เปลือกถั่วเมล็ดแข็ง กากขานอ้อย ชี้เลื่อย กระจุกสัตว์เป็นต้น นำมาเผาด้วยความร้อนในเตาอ้ออากาศ และเผาแรงที่อุณหภูมิสูงเพื่อให้เกิดความพรุน (Porosity) แล้วอัดด้วยไอน้ำร้อนยิ่งยวดที่อุณหภูมิประมาณ 200-1,600 องศาเซลเซียส เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวในการดูดซับให้มากที่สุด โดยความพรุนมีค่าพื้นที่ผิวสัมผัสต่อมวล จากนั้นนำไปดัดเป็นเม็ดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.1-2 มิลลิเมตร เรียกว่า ถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ด (Granular activated carbon) ส่วนถ่านกัมมันต์ชนิดผง (Powered activated carbon) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10-50 ไมครอน ในการกำจัดสีนิยมใช้ถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ด โดยบรรจุในถังรูปทรงกระบอก (Fixed bed system) แล้วปล่อยให้ น้ำเสียไหลผ่านชั้นถ่าน

2.2.4.2 เทคโนโลยีการกำจัดสีทางเคมี (Chemical Technology)

ก) การสร้างรวมตะกอน (Coagulation-flocculation)

การกำจัดสีโดยการสร้างและรวมตะกอนเป็นการทำให้ตะกอนหรือสารแขวนลอยขนาดเล็ก (Colloid) รวมตัวกันเป็นตะกอนขนาดใหญ่ขึ้น และสามารถตกตะกอน เนื่องจากอนุภาคของสารแขวนลอยมีประจุไฟฟ้าลบเป็นส่วนใหญ่ เมื่ออนุภาคเหล่านี้มาพบกันก็จะผลักกันไม่สามารถรวมตัวกันเป็นตะกอนขนาดใหญ่ ช่วยยึดหรือจับให้กลุ่มตะกอนที่รวมตัวกันเข้ามาจับเป็นกลุ่มตะกอนใหญ่ขึ้น เรียกว่า ฟล็อก (Floc) และกำจัดสีออกได้ การรวมตะกอนด้วยสารเคมีเป็นกระบวนการกำจัดสีแท้และสีปรากฏในน้ำเสียโดยใช้ร่วมกับการปรับค่าความเป็นกรดต่าง สารที่นิยมใช้เป็นสารเคมีสร้างตะกอน (Coagulant) คือสารส้ม (Aluminum Sulfate; Alum) ปูนขาว (Calcium oxide) และเหล็กในรูปเฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4$) หรือเฟอร์รัสคลอไรด์ ($FeCl_2$) โดยถ้าโมเลกุลของสีมีขนาดเล็ก ละลายน้ำได้ดี การเกิดตะกอนของสีจะไม่สามารถทำได้ แต่ต้องปรับปรุงประสิทธิภาพของการรวมตะกอนให้เป็นไปอย่างสมบูรณ์ โดยใช้สารช่วยให้เกิดการรวมตัวของตะกอน เช่น โพลีอิเล็กโทรไลต์ (Polyelectrolyte)

ข) การออกซิเดชันทางเคมี (Chemical Oxidation) กระบวนการออกซิเดชันทางเคมี ใช้สารเคมีเป็นปัจจัยสำคัญในการออกซิไดส์สารประกอบต่างๆ ในน้ำเสีย โดยสารเคมีที่นิยมใช้เป็นตัวออกซิแดนต์อย่างแพร่หลาย ได้แก่ สารเคมีเฟนตัน (Fenton's reagent) และโอโซน (O_3) เป็นต้น

2.2.4.3 เทคโนโลยีทางชีวภาพ (Biological technology)

การดูดซับด้วยสาหร่าย (Algae absorption) สาหร่ายสามารถกำจัดสีของน้ำเสียจากอุตสาหกรรม โดยการดูดซับสีเหล่านั้นภายใต้สภาวะที่มีแสงโดยเปลี่ยนโมเลกุลที่มีสีเป็นโมเลกุลที่ไม่มีสี (Dilek á F. B. et al, 1999) ซึ่งสาหร่ายช่อพริกไทย (*Caulerpa lentillifera*) สามารถดูดซับสีเบสิคจากอุตสาหกรรมฟอกย้อมได้ โดยสมดุลของการดูดซับเป็นไปตามทั้งโมเดลของ แลงเมียร์และฟรุนดิช นอกจากนี้สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน และกลุ่มสาหร่ายสีเขียวมีประสิทธิภาพกำจัดสีของโรงงานผลิตสุราที่ใช้กากน้ำตาลเป็นวัตถุดิบ โดยมีปัจจัยด้านปริมาณความเข้มข้นของอาหาร ปริมาณความเข้มข้น ปริมาณความเข้มข้นของเซลล์ตั้งต้น รวมทั้งค่าความเป็นกรดต่าง และเมื่อนำปฏิกิริยาเฟนต์ันและโอโซนมาบำบัดร่วมกับการใช้สาหร่ายทั้งสองสายพันธุ์ พบว่าสาหร่ายทั้งสองสามารถกำจัดสีได้เพิ่มขึ้น (วนิดา และ ธนกฤต, 2542)

วิธีการที่กล่าวมาทั้งหมด เป็นวิธีที่ทำได้ง่าย ใช้พื้นที่น้อยและไม่ใช้ระบบที่มีความซับซ้อนมาก โดยข้อดีและข้อเสียต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 2.5 ดังนี้

ตารางที่ 2.5 การเปรียบเทียบของเทคโนโลยีการบำบัดสี

เทคโนโลยีการบำบัด	ข้อดี	ข้อด้อย
กระบวนการทางกายภาพ		
การดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์	เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดสูง สามารถกำจัดสีจริงและสีปรากฏได้อย่างมีประสิทธิภาพ	- การนำกลับมาใช้ใหม่จะต้องฟื้นฟูสภาพด้วยการเผาที่ความร้อนสูง มีค่าใช้จ่ายสูง - มีข้อจำกัดที่น้ำหนักโมเลกุลของสี ที่จะดูดซับ

ตารางที่ 2.5 (ต่อ) การเปรียบเทียบของเทคโนโลยีการบำบัดสี

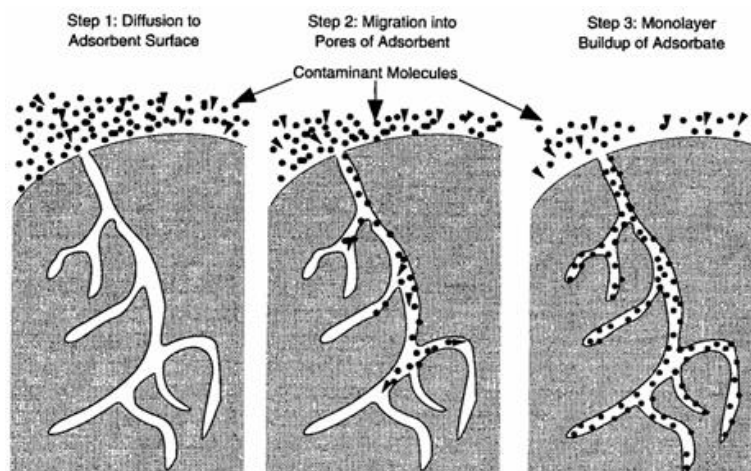
เทคโนโลยีการบำบัด	ข้อดี	ข้อด้อย
กระบวนการบำบัดการทางเคมี		
การสร้างรวมตะกอน	เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูง	กากตะกอนเกิดขึ้นในปริมาณมากยุ่งยากในการเอาไปกำจัด
การออกซิเดชันทางเคมี	สามารถทำลายโมเลกุลของสี หมูโครโมฟอร์ที่เป็นพันธะคู่ หรือพันธะเดี่ยว ซึ่งเป็นการบำบัดทางชีววิทยาไม่สามารถทำได้	- ต้องควบคุมอุณหภูมิ ความดัน และความเป็นกรดต่าง - สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า - อาจส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ เนื่องจากโอโซนทำปฏิกิริยากับสารบางชนิด ทำให้เกิดเป็นสารก่อมะเร็ง
กระบวนการบำบัดการทางชีววิทยา		
การดูดซับด้วยสาหร่าย	- สามารถในการดูดซับสีเบสิค โดยการเปลี่ยนโมเลกุลจากมีสีเป็นไม่มีสีได้	- มีอัตราเร็วในการกำจัดสีต่ำ - เป็นระบบที่ต้องการแหล่งพลังงาน

ที่มา: ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2556)

2.3 กระบวนการดูดซับ (Adsorption Process)

การดูดซับเป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการสะสมตัวของสาร หรือความเข้มข้นของสารที่บริเวณพื้นผิวหรือระหว่างผิวหน้า (interface) กระบวนการนี้สามารถเกิดที่บริเวณผิวสัมผัสระหว่าง 2 สภาวะใด ๆ เช่น ของเหลวกับของเหลว ก๊าซกับของเหลว ก๊าซกับของแข็ง หรือของเหลวกับของแข็ง โดยโมเลกุลหรือคอลลอยด์ที่ถูกดูดจับเรียกว่า สารถูกดูดซับ (adsorbate) ส่วนสารที่ทำหน้าที่ดูดซับ เรียกว่า สารดูดซับ (adsorbent)

การดูดติดผิว (Adsorption) เป็นกระบวนการกักพวงสารละลายหรือสารแขวนลอยขนาดเล็กซึ่งละลายอยู่ในน้ำให้อยู่บนผิวของสารอีกชนิดหนึ่ง โดยที่สารละลายหรือสารแขวนลอย ขนาดเล็กนี้ เรียกว่า Adsorbate ส่วนของแข็งที่มีผิวเป็นที่เกาะจับของสารที่ถูกดูดติดเรียกว่า Adsorbent ซึ่งมีได้ทั้งแบบ ของเหลว-ของเหลว ก๊าซ-ของเหลว ก๊าซ-ของแข็ง และของเหลว-ของแข็ง โดยในที่นี้จะพิจารณาถึงเฉพาะแบบ ของเหลว-ของแข็ง (Liquid –Solid Interface) ในการดูดติดผิวโมเลกุลของสารละลายหรือสารแขวนลอยจะถูกกำจัดออกจากน้ำและไปเกาะติดอยู่บนตัวดูดซับ โมเลกุลของสาร ส่วนใหญ่จะเกาะจับอยู่กับผิวภายในโพรงของตัวดูดซับและมีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่เกาะอยู่ที่ผิวภายนอก ดังภาพที่ 2-2 ในการเกาะติดจะมี Driving Force อยู่ 2 แบบ คือ 1. การดูดซับทางกายภาพ และ 2. การดูดซับทางเคมี



รูปที่ 2.2 กลไกของการดูดซับ

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ ; http://www.pcd.go.th/Info_Serv/Datasmell/images/clip_image002_0004.gif

1) การดูดซับทางกายภาพ เป็นการดูดซับที่เกิดจากแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลอย่างอ่อน คือ แรงแวนเดอร์วาลส์ (Vander Waals Forces) ซึ่งเกิดจากการรวมแรง 2 ชนิด คือ แรงแกระจาย (London dispersion force) และแรงไฟฟ้าสถิตย์ (electrostatic force) สารที่ถูกดูดซับสามารถเกาะอยู่รอบ ๆ ผิวของสารดูดซับได้หลายชั้น (multilayer) หรือในแต่ละชั้นของโมเลกุลสารถูกดูดซับจะติดอยู่กับชั้นของโมเลกุลของสารถูกดูดซับในชั้นก่อนหน้า โดยจำนวนชั้นจะเป็นสัดส่วนกับความเข้มข้นของสารถูกดูดซับ และจะเพิ่มมากขึ้นตามความเข้มข้นที่สูงขึ้นของตัวถูกละลายในสารละลาย

2) การดูดซับทางเคมี การดูดซับประเภทนี้เกิดขึ้นเมื่อตัวถูกละลายกับตัวดูดซับทำปฏิกิริยาเคมีกัน ซึ่งส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของตัวถูกละลายเดิม การดูดซับประเภทนี้จะเป็นการดูดซับแบบชั้นเดียว (monolayer) เท่านั้น ซึ่งการดูดซับทางกายภาพและทางเคมีมีข้อแตกต่างกันหลายอย่าง นอกจากนี้การดูดซับทางกายภาพและเคมียังมีข้อแตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 2.6 ดังนี้

ตารางที่ 2.6 ข้อแตกต่างระหว่างการดูดซับทางกายภาพและทางเคมีเปรียบเทียบดังนี้

การดูดซับทางเคมี	การดูดซับทางกายภาพ
ค่าความร้อนของการดูดซับ 50-400 kJ/mol	ค่าความร้อนการดูดซับประมาณ 20 kJ/mol หรือน้อยกว่า
เกิดได้ที่อุณหภูมิสูง	เกิดได้ที่อุณหภูมิต่ำ
ไม่เกิดการผันกลับ	เกิดการผันกลับได้เป็นส่วนใหญ่
เกิดการดูดซับเพียงชั้นเดียว	เกิดการดูดซับหลายชั้น
มีพลังงานก่อกัมมันต์เกี่ยวข้อง	ไม่มีพลังงานก่อกัมมันต์เกี่ยวข้องในกระบวนการ
แรงดึงดูดของสารดูดซับสารที่เกิดดูดซับเป็นแรงดึงดูดที่แข็งแรง (เกิดพันธะเคมี)	แรงดึงดูดของสารดูดซับกับสารถูกดูดซับเป็นแรงดึงดูดอย่างอื่น ๆ (แรงแวนเดอร์วาลส์)

ที่มา : ประรณนา (2551)

2.3.1 ทฤษฎีไอโซเทอมของการดูดซับ

ใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวที่ถูกดูดซับกับความเข้มข้นที่มีการดูดซับที่อุณหภูมิที่คงที่ซึ่งในที่นี่จะศึกษาตัวดูดละลายและปริมาณการดูดซับของสารละลายในอุณหภูมิที่คงที่ เพื่อให้ทราบถึงความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ซึ่งจะกล่าวถึง 2 ทฤษฎีด้วยกัน ซึ่งสองวิธีนี้จะใช้วิธีใดวิธีหนึ่งก็ได้ คือ

2.3.1.1 ไอโซเทอมแบบแลงเมียร์ (Langmuir Isotherm)

เป็นการศึกษาที่มีมาก่อนเป็นอันดับแรก โดยมีการเสนอสมมติฐานแบบง่าย คือ ใช้สำหรับการดูดซับแบบชั้นเดียว โมเลกุลมีจำนวนและตำแหน่งการดูดซับของโมเลกุลที่แน่นอน การดูดซับสารโมเลกุลจะทำได้เพียงหนึ่งโมเลกุลเท่านั้น จะมีตำแหน่งความร้อนเท่ากันและคงที่ และโมเลกุลที่ถูกดูดซับแล้วจะไม่สามารถย้ายหรือเคลื่อนที่ได้ แบบจำลองนี้เป็นการบอกว่า เมื่อความเข้มข้นของสารในเฟสของสารละลาย (solution phase) สูงขึ้นสารดูดซับจะอิ่มตัวอย่างสมบูรณ์ จุดที่ความเข้มข้นสูงกว่านี้จะไม่เกิดการ ดูดซับสารใดๆ อีก โดยสามารถแสดงเป็นสมการดังนี้คือ

$$q_e = \frac{q_m b C_e}{1 + b C_e}$$

เมื่อ q_e คือปริมาณสารที่ถูกดูดซับ (mg) ต่อปริมาณตัวดูดซับ (g) ที่ภาวะสมดุล หรือเรียกว่าค่าการดูดซับที่สมดุล

q_m คือ ปริมาณสารที่ถูกดูดซับมากที่สุด (mg/g) ที่ถูกดูดซับเพื่อสร้างแผ่นชั้นเดียว

B คือค่าคงที่ทางพลังงานของการดูดซับมากที่สุด (mg/g) ที่ถูกดูดซับ (L/mg)

C_e คือความเข้มข้นของตัวดูดซับที่สมดุล (mg/L)

2.3.1.2 ไอโซเทอมแบบฟรุนดิช (Freundlich Isotherm)

เป็นไอโซเทอมอีกรูปแบบหนึ่งที่ยิมนำมาใช้ มีสมมติฐานของการดูดซับในพื้นผิวที่มีความขรุขระ พื้นที่ผิวและพลังงานมีการกระจายตัว ใช้ทั้งการดูดซับทางกายภาพและการดูดซับทางเคมี โดยไอโซเทอมรูปแบบนี้เป็นการพัฒนามาจาก ไอโซเทอมแบบแลงเมียร์จากโดยการดูดซับแบบชั้นเดียว มาเป็นการดูดซับบนพื้นผิวขรุขระเป็นการดูดซับจะเป็นแบบหลายชั้น (วรวิทย์, 2558) ลักษณะของไอโซเทอมนี้ก็คือ การดูดซับจะยังคงดำเนินต่อไปเรื่อย ๆ เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารดูดซับ โดยสามารถแสดงเป็นสมการดังนี้คือ

$$q_e = K_F C_e^N$$

เมื่อ C_e คือความเข้มข้นของตัวดูดซับที่สมดุล (mg/L)

q_e คือปริมาณสารที่ถูกดูดซับ (mg) ต่อปริมาณของตัวดูดซับ (g)

K_F คือค่าที่แสดงความสามารถในการดูดซับแบบหลายชั้น (mg/g)

N คือค่าคงที่สัมพันธ์กับพลังงานของการดูดซับ ซึ่งสัมพันธ์กับความเข้มข้นของสารละลาย

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวที่ดูดซับกับตัวดูดซับในที่นี้คือ สารที่อยู่ในของเหลว คือน้ำ เสียจากการยอมผ้า ตัวดูดซับคือ ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวในการทดลองที่อุณหภูมิคงที่ ซึ่งไอโซเทอมในที่นี้คือการทดลองที่อุณหภูมิห้องหรืออุณหภูมิคงที่ ซึ่งอยู่ระหว่าง 20-25 องศาเซลเซียส แต่ในประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศที่มีอากาศร้อน จึงใช้อุณหภูมิอยู่ที่ 25 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิคงที่แล้วก็จะเกิดการแปรผันตรงระหว่างความเข้มข้นของของเหลวและการดูดซับและสามารถทำการทดลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.3.2 ถ่านกัมมันต์

ถ่านกัมมันต์ หรือแอคติเวเต็ดคาร์บอน (activated carbon) เป็นถ่านที่ต้องนำไปผ่านกระบวนการกระตุ้นด้วยสารเคมี คือจะใช้กรดผสมเข้ากับวัสดุเพื่อจะกัดสิ่งสกปรดออกจากรูเล็กๆ บริเวณพื้นผิว หรือกระตุ้นด้วยวิธีทางกายภาพก่อน ทำได้โดยกระตุ้นด้วย ไอน้ำ หรือทำให้ใช้ได้ใหม่ โดยการใช้ความร้อน เพื่อให้โครงสร้างทางกายภาพของถ่านเกิดรูพรุนหรือรอยแตกขนาดเล็กในระดับนาโนเมตรจำนวนมหาศาล ซึ่งพื้นที่ผิวภายในผนังรูพรุนหรือรอยแตกเหล่านั้นทำให้เกิดพื้นที่ว่างขนาดใหญ่ที่อนุภาคสาร และโมเลกุลก๊าซจำนวนมากสามารถเกิดปฏิกิริยาหรือถูกกักอยู่ในถ่าน (ถ่านกัมมันต์น้ำหนักเพียง 1 กรัมจะมีพื้นที่ผิวภายในโดยรวมระหว่าง 500-1,500 ตารางเมตรขึ้นอยู่กับเกรดของ ชนิดวัตถุดิบ และกระบวนการผลิต) โดยทั่วไปคนส่วนใหญ่จะรู้จักและคุ้นเคยกับการใช้ถ่านนี้ในการกรองน้ำ แต่นอกจากนี้จากการกรองน้ำแล้ว ถ่านชนิดนี้ยังนิยมใช้กรองสาร และเป็นตัวดูดซับในหลายอุตสาหกรรมด้วย

การดูดจับอนุภาคหรือโมเลกุลก๊าซของถ่านกัมมันต์เป็นปฏิกิริยาทางกายภาพโดยแรงแวนเดอร์วาลส์ (van der Waals force) ซึ่งเมื่อใช้งานไประยะหนึ่งประสิทธิภาพในการกรองหรือดูด

ซับสารจะต่ำลง จึงต้องทำการกระตุ้นซ้ำ (re-activated) ใหม่อีกครั้งหนึ่ง หรือจะเปลี่ยนไปใช้ถ่านชุดใหม่ไปเลยก็ได้

2.3.3 ประเภทถ่านกัมมันต์

ประเภทของถ่านกัมมันต์ที่มีใช้ในงานต่าง ๆ มีดังนี้

2.3.3.1 ถ่านกัมมันต์แบบผง (Powdered Activated Carbon, PAC) โดยทั่วไปขนาดของผงถ่านจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 0.15-0.25 มิลลิเมตร มีจุดเด่น คือ มีสัดส่วนของพื้นที่ผิว (นอก) ต่อปริมาตรมาก ส่วนใหญ่นำมาเติมใส่ของเหลวโดยตรง

2.3.3.2 ถ่านกัมมันต์แบบเกล็ด (Granular Activated Carbon, GAC) นิยมใช้ในการดูดซับก๊าซหรือไอของสาร



รูปที่ 2.3 ถ่านกัมมันต์แบบเกล็ด

ที่มา: นิตยสารคนคิดบวก ; http://konkidbuak.com/column/column_detail/38/

2.3.3.3 ถ่านกัมมันต์อัดแท่ง (Extruded Activated Carbon, EAC) เป็นถ่านกัมมันต์ที่นำไปขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดรีด (extruder) ทำให้ได้ถ่านลักษณะทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.8-4.5 มิลลิเมตร เหมาะกับการกรองหรือดูดซับก๊าซ



รูปที่ 2.4 ถ่านกัมมันต์อัดแท่ง

ที่มา: นิตยสารคนคิดบวก ; http://konkidbuak.com/column/column_detail/38/

2.3.3.4 ถ่านกัมมันต์เคลือบอนุภาค (Impregnated Carbon) เป็นถ่านกัมมันต์ชนิดพิเศษที่ได้เติมโมเลกุลสารอนินทรีย์ลงไปในโครงสร้างเช่น อนุภาคโลหะเงิน ทำให้ถ่านสามารถฆ่าเชื้อโรคได้ ส่วนใหญ่นำมาใช้กับระบบกรองน้ำ

2.3.3.5 ถ่านกัมมันต์เคลือบโพลิเมอร์ (Polymers Coated Carbon) เป็นถ่านกัมมันต์ชนิดพิเศษที่ถูกเคลือบด้วยสารโพลิเมอร์บางชนิดที่มีความเข้ากันได้ทางชีวภาพ (biocompatible polymer) เป็นวัสดุดูดซับสารพิษหรือยาสำหรับกระบวนการฟอกเลือดที่เรียกว่า ฮีโมเพอร์ฟิวชัน (Hemoperfusion) (บุญรักษ์, 2551)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อรัญ (2554) ทำการศึกษาเรื่อง ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว ไม้โกงกาง และเปลือกทุเรียน โดยมีการแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ขั้นตอน ขั้นแรกเป็นการเตรียมถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลามะพร้าว ไม้โกงกาง และเปลือกทุเรียนที่ผ่านการกระตุ้นทางเคมี โดยใช้โซเดียมคลอไรด์ เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพและประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์ที่เตรียมขึ้น และขั้นตอนที่สอง ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดติดผิวตะกั่ว ได้แก่ พีเอช เวลาสัมผัส และปริมาณถ่านกัมมันต์ เพื่อทดสอบไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบฟรอนดลิช พบว่าในขั้นตอนแรก อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเผากระตุ้น คือ 700 องศาเซลเซียส อัตราส่วนน้ำหนักของสารวัตถุดิบต่อสารกระตุ้นที่เหมาะสม คือ 1:1 พื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว ไม้โกงกาง และเปลือกทุเรียน เท่ากับ 674 608 และ 570 ตารางเมตรต่อกรัม ของถ่านกัมมันต์ตามลำดับ ขั้นตอนที่สองการดูดติดผิวสูงขึ้นเมื่อพีเอชน้ำเสียสังเคราะห์เพิ่มขึ้นตั้งแต่ 7-9 พบว่าถ่านกัมมันต์มีประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วมากกว่า 85 เปอร์เซ็นต์ สมดุลของการดูดติดผิว คือ 10 นาที และจะการดูดติดผิวแบบฟรอนดลิช ถ่านกัมมันต์มีความสามารถในการดูดติดผิว 5.0 4.9 และ 4.1 มิลลิกรัมของตะกั่วต่อถ่านกัมมันต์ตามลำดับ

สรุจภูมิ (2550) ศึกษาเรื่อง การศึกษาการดูดซับสีข้อมและไอออนโลหะตะกั่วด้วยถ่านกัมมันต์ที่สังเคราะห์จากเปลือกทุเรียน ด้วยกระบวนการคาร์บอนไนเซชันสองแบบ คือ กระบวนการคาร์บอนไนเซชันภายใต้บรรยากาศไนโตรเจนและภายใต้ความดัน ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากเปลือกทุเรียนและบำบัดแล้ว สามารถดูดซับสีเบสิกกรีน 4 มากกว่า สีแอสิตบลู 113 และสีไดเร็คท์บลู 80 ส่วนประสิทธิภาพการดูดซับสีข้อมเบสิกกรีน 4 และไอออนโลหะตะกั่วของถ่านกัมมันต์ที่คาร์บอนไนเซชันภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน เท่ากับ 312.50 และ 7.97 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ถ่านกัมมันต์ที่คาร์บอนไนเซชันภายใต้ความดันสุญญากาศ เท่ากับ 312.50 และ 8.43 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ

พงศธร (2537) ทำการศึกษาเรื่อง ถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพด ด้วยการเตรียมถ่านกัมมันต์โดยวิธีการกระตุ้นซิงค์คลอไรด์ ซึ่งมีตัวแปรที่ศึกษาคือ อุณหภูมิเวลา และอัตราส่วนวัตถุดิบที่ใช้กระตุ้น คุณสมบัติของถ่านที่ทำการวิเคราะห์ คือ ไอโอดีน ค่าการฟอกสีเมทิลีนบลู ความชื้น พื้นที่ผิว พบว่าซังข้าวโพดสามารถเปลี่ยนเป็นถ่าน กัมมันต์ได้เมื่อถูกกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ ที่อัตราส่วน 1:2 อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส การเผา 3 ชั่วโมง ค่าการฟอกสีเมทิลีนบลู 120-180 มิลลิกรัมต่อลิตร

พื้นที่ผิว 1,000 ตารางเมตรต่อกรัม ประสิทธิภาพการฟอกสีปานกลาง เมื่ออุณหภูมิกระตุ้นที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียสจะสิ้นเปลืองพลังงาน เมื่อกระตุ้นที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส อัตราส่วน : ซิงค์ คลอไรด์ 1:4 ค่าการฟอกสีเมธิลีนบลู 230-300 มิลลิกรัมต่อกรัม พื้นที่ผิว 1,140-1,300 ตารางเมตรต่อกรัม มีประสิทธิภาพการฟอกสีที่ดีที่สุด

สัจจวัล (2539) ศึกษาเรื่องประสิทธิภาพการลดซีโอที และสีออกจากน้ำชะมูลฝอยด้วยกระบวนการดูดติดโดยใช้ถ่านกัมมันต์ ถ่านไม้ และถ่านแกลบ เป็นการศึกษาลักษณะทางกายภาพของสารดูดติดผิว โดยการทดสอบไอโซเทอมการดูดติดผิว เมื่อทดสอบความสามารถในการดูดติดผิวของซีโอทีและสีโดยใช้ถังดูดติดผิวแบบแบ่งปล่อยน้ำเสียแบบไหลลง ความสูงถัง 3 เมตร โดยความสูงชั้นสารดูดติดผิว 0.3 0.6 0.9 และ 1.2 เมตร การทดลองนี้ใช้น้ำชะมูลฝอยจริงที่ความเข้มข้นซีโอทีเริ่มต้น 250 500 750 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และที่ความเข้มข้นซีโอทีเริ่มต้นของน้ำเสียจริง พบว่า ถ่านไม้ และถ่านแกลบ สามารถดูดติดผิวซีโอทีและสีต่ำ ส่วนถ่านกัมมันต์มีประสิทธิภาพเริ่มต้นของการลดซีโอที 78-89 เปอร์เซ็นต์ และสีอยู่ในช่วง 37-96 เปอร์เซ็นต์ ชั้นความสูงของถ่านกัมมันต์ 1.2 เมตร ความเข้มข้นซีโอทีเริ่มต้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความสามารถในการลดซีโอทีและสีได้ดีที่สุด

วจนัสริ (2539) ศึกษาเรื่อง ขนาดของรูพรุนที่เหมาะสมของถ่านกัมมันต์เม็ดสำหรับการกำจัดสีจากน้ำเสียโรงงานย้อมผ้า เป็นการศึกษาเปรียบเทียบผลการกำจัดสีโดยใช้ถ่านกัมมันต์ที่มีขนาดรูพรุนต่างกัน 4 ค่าเป็นตัวดูดติดผิว และศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดสีย้อมผ้า 4 ประเภท ได้แก่ สีรีแอกทีฟ สีไดเรกต์ สีอะโซอิก และสีดิสเพิส ศึกษาอิทธิพลความเข้มข้นของสี ซึ่งน้ำเสียที่ใช้เป็นน้ำเสียสังเคราะห์ นำมาผ่านถ่านกัมมันต์โดยอาศัยการเขย่าและแบบต่อเนื่องโดยอาศัยการไหลผ่านคอลัมน์สูง 2 เมตร ชั้นถ่านสูง 1 เมตร อัตราการไหล 5 ปริมาตรเบตต่อชั่วโมง พบว่า เวลาอิมตัวของสารดูดติดผิวจะแตกต่างกันไปตามประเภทสีย้อมและโทนสี ถ่านกัมมันต์ที่มีรูพรุนขนาดใหญ่ที่สุด ให้ผลดีที่สุดในการกำจัดสี ในการกำจัดสีทุกชนิดภาวะที่เหมาะสมของถ่านกัมมันต์เม็ดสำหรับกำจัดสีรีแอกทีฟและสีไดเรกต์อยู่ในช่วง 265-860 ปริมาตรเบต ส่วนสีอะโซอิกและสีดิสเพิสเกิดการอุดตันขณะทดสอบ ไม่สามารถบอกค่าภาวะที่เหมาะสมได้ การใช้ถ่านกัมมันต์เม็ดกำจัดสีเหมาะสมสำหรับสีรีแอกทีฟและสีไดเรกต์ ส่วนสีอะโซอิกและสีดิสเพิสเกิดการอุดตันรวมถึงมีค่าสีในน้ำเสียออกสูง

บทที่ 3

วิธีดำเนินการ

3.1 รูปแบบงานวิจัย

การศึกษาในงานวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงการทดลอง เพื่อศึกษาการออกแบบระบบการบำบัดน้ำเสียที่ได้จากการย้อมผ้า โดยมีวัสดุที่ใช้ในการปรับคุณภาพน้ำเสียคือ ถ่านไม้ ทราย และกรวด และมีการใช้ถ่านกัมมาปะพร้าวในการช่วยบำบัด โดยออกแบบให้ง่ายต่อการใช้งานและสามารถเคลื่อนที่ได้ รวมทั้งสามารถบำบัดน้ำเสียจากการย้อมผ้าในชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.2 วัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 วัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำระบบบำบัด

- 3.2.1.1 ท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร ยาว 100 เซนติเมตร
- 3.2.1.2 เหล็กเส้นกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร
- 3.2.1.3 บอลวาล์ว (Ball Valve) ขนาด 3 นิ้ว
- 3.2.1.4 กาวซิลิโคน
- 3.2.1.5 เครื่องเชื่อม (Welding Machine)
- 3.2.1.6 คีมจับสายดิน (Ground Clamp)
- 3.2.1.7 สายเชื่อม และหัวเชื่อม (MMA Troch)
- 3.2.1.8 ลวดรูป (Electrode)

3.2.2 วัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดคุณภาพน้ำ

- 3.2.2.1 วัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่าพีเอช
 - ก. เครื่องวัดพีเอช (pH meter) ยี่ห้อ Eutech ประเทศสิงคโปร์ รุ่น pHTestr 30
 - ข. ปีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 50 มิลลิลิตร

3.2.2.2 วัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดสี

ก. เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) ยี่ห้อ THERMO Electron Corporation ประเทศสหรัฐอเมริกา รุ่น GENESYS 10 UV

ข. คิวเวทท์ (Cuvette)

3.2.2.3 วัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดความขุ่น

ก. เครื่องวัดความขุ่น (Turbidity Meter) ยี่ห้อ HACH ประเทศสหรัฐอเมริกา รุ่น 2100Q

ข. ปีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 50 มิลลิลิตร

3.2.2.4 วัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่าการนำไฟฟ้า

ก. เครื่องวัดคุณภาพน้ำแบบหลายพารามิเตอร์ (Multi Probe) ยี่ห้อ HACH ประเทศสหรัฐอเมริกา รุ่น HQ40D

ข. ปีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 50 มิลลิลิตร

3.2.2.5 วัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดบีโอดี

ก. ขวดบีโอดี (BOD Bottle) ขนาด 300 มิลลิลิตร

ข. ชุดบิวเรต (Buret)

ค. ปิเปต (Pipette)

ง. กระบอกตวง (Cylinder) ขนาด 100 มิลลิลิตร

จ. ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask)

3.2.2.6 วัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดซีโอดี

ก. หลอดซีโอดี

ข. ฮีตติ้งบล็อก (Heating block)

ค. เตาอบ (Oven)

ง. ปิเปตต์ (Pipette)

ฉ. ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask)

3.2.2.7 วัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดของแข็งแขวนลอย (เอสเอส)

ก. เครื่องชั่งละเอียด (Analytical Balance)

ข. อุปกรณ์กรองสุญญากาศ

ค. ถ้วยระเหย (Evaporating Dish)

ง. คีมคีบ (Forcep)

จ. กระดาษฟรอยด์ (Aluminium Foil)

ฉ. กระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fiber Filter) GF/C ขนาด 47 มิลลิเมตร

3.2.2.8 วัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่าทีเคเอ็น

ก. เครื่องวิเคราะห์การกลั่นไนโตรเจน ยี่ห้อ Gerhardt ประเทศเยอรมนี รุ่น Vapodest 30s

ข. เครื่องย่อยไนโตรเจน ยี่ห้อ Gerhardt ประเทศเยอรมนี รุ่น Kjeldatherm KB 8 พร้อมชุดควบคุม Gerhardt TZ

ค. ตู้อบ (Oven)

ง. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath)

จ. ตู้ดูดความชื้น (Desiccator)

ฉ. เครื่องชั่งไฟฟ้า (Analytical Balance)

ช. ขวดรูปชมพู่

3.2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์

ก. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope : SEM)

ข. เครื่องวัดพีเอช (pH meter)

ค. เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer)

ง. เครื่องวัดความขุ่น (Turbidity Meter)

จ. เครื่องวัดคุณภาพน้ำแบบหลายพารามิเตอร์ (Multi Probe)

ฉ. หัวโพรบวัดค่าการนำไฟฟ้า

ช. เครื่องย่อยไนโตรเจน

ซ. เครื่องวิเคราะห์การกลั่นไนโตรเจน



ก)



ข)



ค)



ง)



จ)



ฉ)

รูปที่ 3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์

- ก) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด
- ข) เครื่องวัดพีเอช
- ค) เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์
- ง) เครื่องวัดความชื้น
- จ) เครื่องวัดคุณภาพน้ำแบบหลายพารามิเตอร์
- ฉ) เครื่องวิเคราะห์การกลั่นไนโตรเจน และเครื่องย่อยไนโตรเจน

3.3 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

3.3.1 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าซีโอดีได้แก่

- 3.3.1.1 ซิลเวอร์ซัลเฟต (Silver Sulfate : Ag_2SO_4)
- 3.3.1.2 สารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต (Potassium Dichromate : $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)
- 3.3.1.3 กรดซัลฟูริก (Conc. Sulfuric Acid : conc. H_2SO_4)
- 3.3.1.4 สารละลายเฟอร์โรอินดิเคเตอร์ (Ferrous Indicator)
- 3.3.1.5 สารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสแอมโมเนียม (Ferrous Ammonium Sulfate : FAS)

3.3.2 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าบีไอดีได้แก่

- 3.3.2.1 สารละลายฟอสเฟตบัพเฟอร์
- 3.3.2.2 สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต (Magnesium Sulfate : MgSO_4)
- 3.3.2.3 สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (Calcium chloride : CaCl_2)
- 3.3.2.4 สารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ (Ferric chloride : FeCl_3)
- 3.3.2.5 สารละลายแมงกานีสซัลเฟต (Manganese Sulfate Solution : MnSO_4)
- 3.3.2.6 สารละลายอัลคาไลไอโอไดด์ไอไซด์ (Alkali-iodide-Azide Reagent : AIA)
- 3.3.2.7 กรดซัลฟูริก (Conc. Sulfuric Acid : conc. H_2SO_4)
- 3.3.2.8 สารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟต (Standard Sodium Thiosulfate Tyrant : $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)
- 3.3.2.9 น้ำแข็ง

3.3.3 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ไนโตรเจน

- 3.3.3.1 สารละลายที่ใช้ในการย่อยไนโตรเจน (Digestion Reagent)
- 3.3.3.2 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium Hydroxide : NaOH)
- 3.3.3.3 สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate : Na_2CO_3)
- 3.3.3.3 สารละลายมิกอินดิเคเตอร์ (Mix Indicator)
- 3.3.3.4 สารละลายอินดิเคติงบอริกแอซิด (Indicating Boric Acid Solution)
- 3.3.3.5 ฟีนอล์ฟทาลีน (Phenolphthalein)
- 3.3.3.6 กรดซัลฟูริก (Conc. Sulfuric Acid : conc. H_2SO_4)

3.4 ขั้นตอนการเตรียมการงานวิจัย

- 3.4.1 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง
- 3.4.2 กำหนดกรอบแนวคิด
- 3.4.3 กำหนดน้ำเสียที่ทำการศึกษา คือ ร้าย้อมผ้าขนาดเล็กบริเวณบึงชิติวานนท์

3.4.4 รวบรวมกะลามะพร้าวจาก อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี

3.4.5 สังเคราะห์ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว ในการทดลองเบื้องต้น ดังนี้



รูปที่ 3.2 กะลามะพร้าวที่ผ่านการอบลมร้อน

3.4.5.1 นำกะลามะพร้าวมาทำการอบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้น ดังแสดงในรูปที่ 3.2

3.4.5.2 ชุดหลุมขนาด 156x78 เซนติเมตร ลึก 20 เซนติเมตร นำอิฐบล็อกจาก่อในหลุมแล้ว จึงนำกะลามะพร้าวมาทำการเผา โดยใช้หญ้ากอกเป็นเชื้อเพลิง จากนั้นรื้อให้ไฟลามติดกะลามะพร้าวในเตา ทั้งหมด วิธีนี้เป็นการเผาแบบเปิด เมื่อกะลามะพร้าวติดไฟหมดแล้วจึงทำการปิดเตาด้วยสังกะสีและนำดินเหนียวมาอุดตามช่อง เพื่อไม่ให้อากาศจากภายนอกเข้าไป เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และหลังจากครบ 3 ชั่วโมงแล้วจึงเปิดเตา และนำถ่านกะลามะพร้าวที่ได้ไปจุ่มน้ำเปล่าแล้วนำขึ้นทันที ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 เผากะลามะพร้าวโดยเตาแบบเปิดและเตาแบบปิด

3.4.5.3 นำถ่านกะลามะพร้าวที่ได้มาแช่น้ำเกลือในอัตราส่วนน้ำ 1 ลิตร ต่อเกลือ 7 กรัม แล้วนำไปเผาในเตาแบบเปิดซ้ำอีก 1 ครั้ง เพื่อเป็นการกระตุ้นให้เกิดการก่อกัมมันต์ ดังแสดงในรูปที่ 3.4 และ 3.5



รูปที่ 3.4 การนำถ่านไปแช่น้ำผสมเกลือในอัตราส่วน 1 ลิตรต่อ 7 กรัม



รูปที่ 3.5 การนำถ่านกะลามะพร้าวไปเผาซ้ำในเตาแบบเปิด

3.4.5.4 จากนั้นนำถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวไปล้างน้ำสะอาด เพื่อเป็นการกำจัดเศษเถ้า จากนั้นนำมาตากแดดเป็นเวลา 1 วัน ดังแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ถ่านกัมมันต์ที่นำมาตากแดด

3.4.6 สร้างระบบบำบัดน้ำเสียต้นแบบชนิดคอลัมน์ดูดซับ

3.4.6.1 ตัดท่ออะคลิริกให้ได้ ความยาว 100 เซนติเมตร

3.4.6.2 นำบอลลูนมาติดที่ปลายกระบอกด้านล่าง แล้วยึดด้วยกาวซิลิโคน

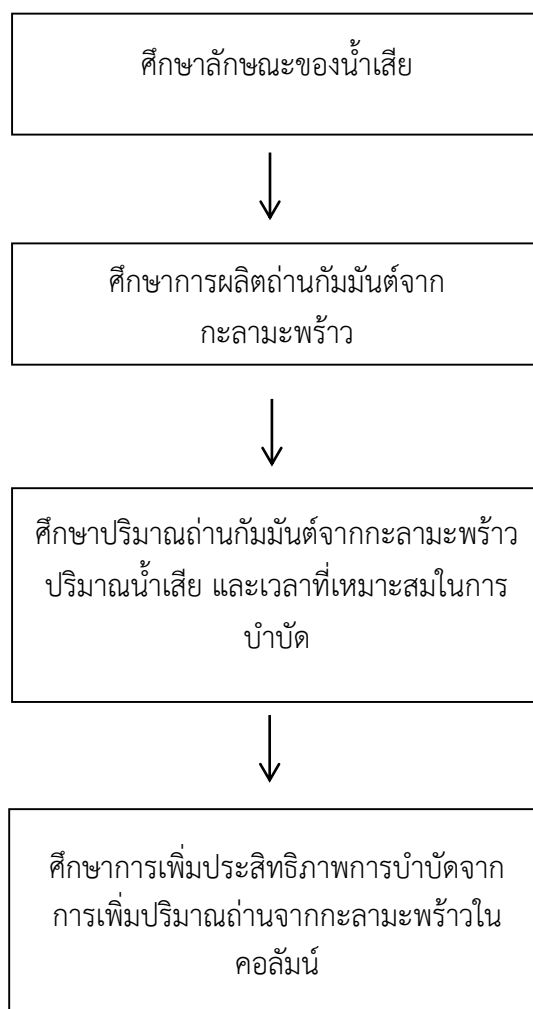
3.4.6.3 ทำการเชื่อมฐานเหล็กในลักษณะ 3 ขา

3.5.6.4 ทำการประกอบท่ออะคลิริก และฐานเหล็กเข้าด้วยกัน



รูปที่ 3.7 คอลัมน์ระบบบำบัดน้ำเสีย

3.5 ขั้นตอนการศึกษา



รูปที่ 3.8 ขั้นตอนการศึกษางานวิจัย

3.6 การกำหนดตัวแปร

ตารางที่ 3.1 ตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง

ตัวแปรต้น	ปริมาณถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวในคอลัมน์
ตัวแปรตาม	- คุณภาพน้ำ • พีเอช • สี • ความขุ่น • ค่าการนำไฟฟ้า • ซีไอดี • เอสเอส • ทีเคเอ็น
ตัวแปรควบคุม	- ความสูงคอลัมน์ - อุณหภูมิ - ปริมาณน้ำ - เวลาที่ใช้ในการกักเก็บน้ำเสียในคอลัมน์

การกำหนดอัตราส่วน กรวด และ ทราย ที่ใช้ในการทดลองนั้น ใช้ชุดกระบอกทดลองที่ทำด้วยท่ออะคริลิก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร สูง 100 เซนติเมตร บรรจุกรวด ทราย ถ่านไม้ และ ถ่านกัมมันต์ที่สังเคราะห์จากกะลามะพร้าว โดยเทียบหนึ่งอัตราส่วนจะเท่ากับ 200 กรัม และใช้น้ำเสีย 200 มิลลิลิตร ต่อการบำบัดน้ำเสียแต่ละครั้ง ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 อัตราส่วนถ่าน กรวด และ ทราย ที่ใช้ในการทดลอง

สูตร	ถ่านกัมมันต์ที่สังเคราะห์ จากกะลามะพร้าว (กรัม)	กรวด (กรัม)	ทราย (กรัม)	ถ่านไม้ (กรัม)
ควบคุม	0	200	200	200
สูตร 1	200	200	200	200
สูตร 2	400	200	200	200
สูตร 3	600	200	200	200
สูตร 4	800	200	200	200

3.7 ขั้นตอนการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆ

3.7.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ SEM

3.7.1.1 ทำการเตรียมตัวอย่างให้เรียบ และวางบนแท่น จากนั้นทำการติดโดยน้ำยาทาเล็บ แล้วทิ้งไว้ให้แห้ง

3.7.1.2 นำไปฉาบทอง (ภายใต้สภาวะสุญญากาศ < 0.15 มิลลิบาร์ เพื่ออัดอาร์กอนเคลือบตัวอย่าง)

3.7.1.3 นำเข้าตัวอย่างมาทำการส่อง โดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ดังแสดงในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 ขั้นตอนการวิเคราะห์ SEM

3.7.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์พีเอช

3.7.2.1 ทำการสอบเทียบ (Calibrate) อุปกรณ์กับน้ำยาสอบเทียบ pH 4, 7 และ 10

3.7.2.2 นำตัวอย่างน้ำใส่ในบีกเกอร์

3.7.2.3 นำโพรบเครื่องวัดพีเอชจุ่มลงในบีกเกอร์ ดังแสดงในรูปที่ 3.10 (ก)

3.7.2.4 ทำการอ่านค่า ดังแสดงในรูปที่ 3.10 (ข)



รูปที่ 3.10 ขั้นตอนการวิเคราะห์พีเอชด้วยเครื่อง (pH meter)

3.7.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์สี

3.7.3.1 ตวงตัวอย่างน้ำลงไปในคิวเวต แล้วเช็ดหลอดให้แห้ง

3.7.3.2 ตั้งค่าเครื่องวัดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ความยาวคลื่นคือ 400, 500, 600, 700

นาโนเมตร

3.7.3.3 ใส่คิวเวตไปในเครื่องวัดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ โดยให้ด้านใสตรงกับจุดที่คลื่นแสงผ่าน
ใส่ลงในเครื่อง ปิดฝา แล้วกดอ่านค่าตามที่ตั้งไว้

3.7.3.4 นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนคลื่นแสง
และความยาวคลื่น ดังแสดงในรูปภาคผนวก ก1

3.7.4 การวิธีวิเคราะห์ความขุ่น

3.7.4.1 ทำการสอบเทียบ (Calibrate) อุปกรณ์กับ Stablcal Stabilized Formazin
Standard 20, 40, 100, 400 NTU

3.7.4.2 ตวงตัวอย่างน้ำลงไปในขวดวัดความขุ่น ปิดฝาเกลียวแล้วเช็ดขวดให้แห้ง

3.7.4.3 ใส่ขวดวัดความขุ่นลงในเครื่องวัดค่าความขุ่น โดยให้ลูกศรบนขวดวัดความขุ่นตรง
กับจุดที่แสดงในเครื่องใส่ลงในเครื่อง ปิดฝา แล้วกดอ่านค่า

3.7.5 ขั้นตอนการวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้า

3.7.5.1 ทำการสอบเทียบ (Calibrate) อุปกรณ์กับสารมาตรฐาน (CRM) ที่ค่า 25.0, 1015, 1408, 12.85, 111.3 ms/cm

3.7.5.2 นำตัวอย่างน้ำใส่ในบีกเกอร์

3.7.5.3 นำโพรบเครื่องวัดคุณภาพน้ำแบบหลายพารามิเตอร์จุ่มลงในบีกเกอร์ ดังแสดงในรูป

ที่ 3.1

3.7.5.4 ทำการอ่านค่า



ก)

รูปที่ 3.13 ขั้นตอนการวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้า

ก) นำโพรบวัดการนำไฟฟ้าจุ่มลงไปในตัวอย่าง

3.7.6 ขั้นตอนการวิเคราะห์ซีโอดี

3.7.6.1 ตู้น้ำตัวอย่าง 5 มิลลิลิตรใส่ในหลอดย่อย และเติมสารละลายโปแตสเซียมไดโครเมต 3 มิลลิลิตร

3.7.6.2 เติมกรดซัลฟูริก 7 มิลลิลิตร และเติมเมอคิวรีซัลเฟตปลายซ้อน

3.7.6.3 ปิดฝาให้แน่น เขย่าให้สารละลายเข้ากัน ดังแสดงในรูปที่ 3.14 (ข)

3.7.6.4 นำหลอดทดลองใส่ในตู้อบ แล้วนำไปใส่ในตู้อบที่อุณหภูมิ 150 °C ± 2 ชั่วโมง แล้วทิ้งไว้ให้เย็น ดังแสดงในรูปที่ 3.14 (ค)

3.7.6.5 เทสารจากหลอดแก้วใส่ในขวดรูปชมพู่ เติมเฟอโรอินดิเคเตอร์ 1-2 หยด แล้วนำไปไทเทรตด้วย FAS จนถึงจุดยุติจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดง ดังแสดงในรูปที่ 3.14 (ง)

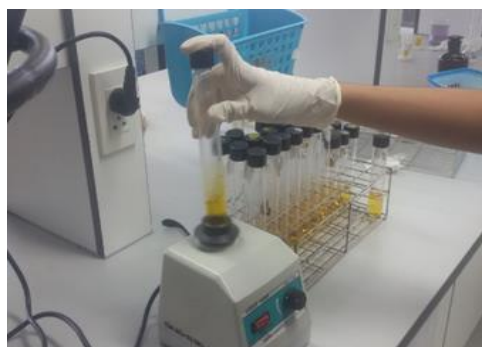
3.7.6.6 สูตรการคำนวณ

$$\text{ซีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)} = \frac{(A-B) \times N \times 8,000}{\% \text{ Dilution} \times V_{\text{sample}}}$$

- กำหนดให้ A หมายถึง ปริมาตรของ FAS ที่ใช้ในการไทเทรต Blank (มิลลิลิตร)
 B หมายถึง ปริมาตรของ FAS ที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่างน้ำ (มิลลิลิตร)
 C หมายถึง ความเข้มข้นของ FAS (โมลาร์)



ก)



ข)



ค)



ง)

รูปที่ 3.14 ขั้นตอนการการวิเคราะห์ซีโอดี

- ก) เติมสารละลายโปแตสเซียมไดโครเมต 3 มิลลิลิตร เติมกรดซัลฟูริก 7 มิลลิลิตร และเติมเมอคิวรีซัลเฟตปลายซ้อน ลงในหลอดซีโอดีที่ใส่น้ำตัวอย่างไว้แล้ว
 ข) เขย่าสารให้เข้ากันด้วยเครื่อง Vortex Mixer
 ค) นำหลอดซีโอดีที่บรรจุสาร เข้าเครื่องอบที่อุณหภูมิ $150\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ ชั่วโมง
 ง) เติมเฟอร์โรนิตริเคเตอร์ 1-2 หยด นำไปไทเทรตด้วย FAS จนถึงจุดยุติจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดง

3.7.8 ขั้นตอนการวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งแขวนลอย

3.7.8.1 ออบกระดาษกรอง ให้แห้งที่อุณหภูมิ 103 –105 °C นาน 1 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็นใน Desiccator ประมาณ 1 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนัก จดค่าน้ำหนักที่ได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.15 (ก)

3.7.8.2 วางกระดาษกรองลงในบุชเนอร์ ซึ่งต่อเข้ากับเครื่องกรองสุญญากาศโดยใช้ฟอ์เซปหนีบ โดยให้ด้านขรุขระของกระดาษกรองอยู่ด้านบน

3.7.8.3 ใช้น้ำกลั่นฉีดกระดาษกรองให้เปียกแล้วเปิดเครื่องกรองสุญญากาศเพื่อให้กระดาษกรองแนบสนิทกับก้นบุชเนอร์ ดังแสดงในรูปที่ 3.15 (ค)

3.7.8.4 เขย่าตัวอย่างน้ำให้เข้ากันดี แล้วเทตัวอย่างน้ำใส่กระบอกตวงให้ได้ 50-100 มิลลิลิตร

3.7.8.5 เปิดเครื่องกรองสุญญากาศ จากนั้นเทตัวอย่างน้ำลงในบุชเนอร์ และใช้น้ำกลั่นกล้วล้างเครื่องแก้วเพื่อฉีดล้างของแข็งที่อาจติดอยู่ข้างกระบอกตวงและชุดกรองจนหมด รอจนกว่ากระดาษกรองแห้ง แล้วจึงปิดเครื่องดูดอากาศ

3.7.8.6 ใช้ฟอ์เซปคีบนำกระดาษกรองวางในถ้วยกระเบื้อง แล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 103–105 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องในตู้ดูดความชื้น แล้วจึงนำไปชั่งน้ำหนัก

3.7.8.7 สูตรการคำนวณ

$$\text{ของแข็งแขวนลอย หรือ เอสเอส (มิลลิกรัมต่อลิตร)} = \frac{B - A \times 10^6}{C}$$

กำหนดให้ A หมายถึง น้ำหนักถ้วย (กรัม)

B หมายถึง น้ำหนักถ้วยและของแข็ง (กรัม)

C หมายถึง ปริมาตรน้ำ (มิลลิลิตร)



ก)



ข)



ค)



ง)

รูปที่ 3.15 การวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งแขวนลอย

- ก) อบกระดาษกรองในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 103 –105 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
- ข) ทิ้งไว้ให้เย็นในตู้ดูดความชื้น ประมาณ 30 นาที
- ค) ชั่งน้ำหนักถ้วยกระเบื้อง+กระดาษกรอง บันทึกค่า
- ง) กรองตัวอย่างน้ำที่เตรียมไว้โดยใช้เครื่องกรองสุญญากาศ

3.7.9 วิธีวิเคราะห์ที่เคเอ็น

3.7.9.1 ตวงตัวอย่างที่ผ่านการปรับพีเอชเป็นกลางแล้ว 50-100 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดย่อย

3.7.9.2 เติม Digestion Solution 50 มิลลิลิตรลงในหลอดย่อย

3.7.9.3 ใส่หินป้องกันการเดือด (Pumic stone) เพื่อป้องกันการเดือด

3.7.9.4 นำ Digestion Tube ที่มีตัวอย่างเข้าไป Digestion Unit ซึ่งต่อกับ Scrubber Unit ตั้งอุณหภูมิเป็น 380 °C นาน 1-1½ ชั่วโมง จนเกิดควันสีขาว ทิ้งไว้ให้เย็น ดังแสดงในรูปที่ 3.16 (ก)

3.7.9.5 นำตัวอย่างน้ำที่ผ่านการย่อยแล้ว เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร

3.7.9.6 เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟต ปริมาณ 50 มิลลิลิตร

3.7.9.7 ตวงอินดิเคติงบอริกแอซิด 50 มิลลิลิตรใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เพื่อจับแอมโมเนียที่ได้จากการกลั่น นำเข้าเครื่องกลั่นแอมโมเนีย ดังแสดงในรูปที่ 3.16 (ข)

3.7.9.8 ไทเทรตสารละลายที่ได้จากการกลั่นด้วย 0.02 N กรดซัลฟูริก โดนการแบ่งใส่ขวดรูปชมพู่ ขนาด 50 มิลลิลิตร หยด Mixed indicator solution 2-3 หยดจะเป็นสีเขียว เมื่อถึงจุดยุติ (เปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีชมพูอ่อน) ดังแสดงในรูปที่ 3.16 (ค)

3.7.9.9 สูตรคำนวณ

$$\text{ทีเคเอ็น (มิลลิกรัมต่อลิตร)} = \frac{(A-B) \times 1,000 \times N \times 14}{\text{ปริมาตรของตัวอย่างที่ใช้ (มิลลิลิตร)}}$$

กำหนดให้ A = มิลลิลิตรของกรดซัลฟูริกที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง

B = มิลลิลิตรของกรดซัลฟูริกมาตรฐานที่ใช้ในการไตเตรท Blank

N = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริกที่ใช้



ก)



ข)



ค)

รูปที่ 3.16 วิธีวิเคราะห์ทีเคเอ็น

ก) นำ Digestion Tube ที่มีตัวอย่างเข้าไป Digestion Unit ซึ่งต่อกับ Scrubber Unit ตั้งอุณหภูมิเป็น 380 °C นาน 1-1½ ชั่วโมง จนเกิดควันสีขาว

ข) นำ Digestion Tube เข้าเครื่องกลั่นแอมโมเนีย

ค) ไทเทรตสารละลายด้วยกรดซัลฟูริก โทนการแบ่งใส่ขวดรูปชมพู่ ขนาด 50 มิลลิลิตร หยด Mixed indicator solution 2-3 หยดจะเป็นสีเขียว เมื่อถึงจุดยุติจะเป็นสีชมพูอ่อน

3.8 ขั้นตอนการวิเคราะห์และรายงานผล

3.8.1 ใ้บน้ำตัวอย่างก่อนเข้าสู่กระบอกทดลอง

3.8.2 นำน้ำเสียตัวอย่างเทลงในชุดกระบอกทดลองปริมาตร 200 มิลลิลิตร ใ้บตัวอย่างน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด จากนั้นน้ำที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ค่า พีเอช สี ความขุ่น ค่าการนำไฟฟ้า ซีโอดี เอสเอส และ ทีเคเอ็น โดยมีชุดควบคุมคือ คอลัมน์ที่ใช้ถ่านไม้บด, ทราย, กรวด

3.8.3 บันทึกผล คุณภาพการดูดซับของสารกรอง

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล

จากการศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากการย้อมผ้าแบบเคลื่อนที่ โดยใช้ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวโดยบำบัดน้ำเสียจากการย้อมผ้าจากร้านย้อมผ้าขนาดเล็กบริเวณแยกบึงซีติวานนท์ให้ผ่านมาตรฐานน้ำทิ้งชุมชน โดยอาศัยการกรองจากชั้นกรวดทราย และอาศัยการดูดซับจากถ่านไม้และถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว โดยทำการวัดค่าความพรุนของพื้นผิวถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope : SEM) ตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียทั้งหมด 7 พารามิเตอร์ แบ่งเป็น ดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำด้านกายภาพ ได้แก่ สี ความขุ่น ค่าการนำไฟฟ้า และของแข็งแขวนลอย และดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำด้านเคมี ได้แก่ ค่าพีเอช ค่าซีโอดี และทีเคเอ็น ได้ผลการศึกษาดังนี้

4.1 ผลการศึกษาบำบัดน้ำเสียจากการฟอกย้อม

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียเบื้องต้น โดยน้ำเสียตัวอย่างนำมาจากร้านย้อมผ้าขนาดเล็กบริเวณแยกบึงซีติวานนท์ พบว่าน้ำเสียตัวอย่างจากการย้อมผ้ามีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งทั้งหมด 7 พารามิเตอร์ ประกอบด้วย ค่าสี ค่าการนำไฟฟ้า ค่าความขุ่น ค่าของแข็งแขวนลอย ซีโอดี และทีเคเอ็น ในส่วนของค่าพีเอช พบว่ามีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งตามที่กรมควบคุมมลพิษกำหนดไว้ ดังแสดงในตารางที่ 4.1

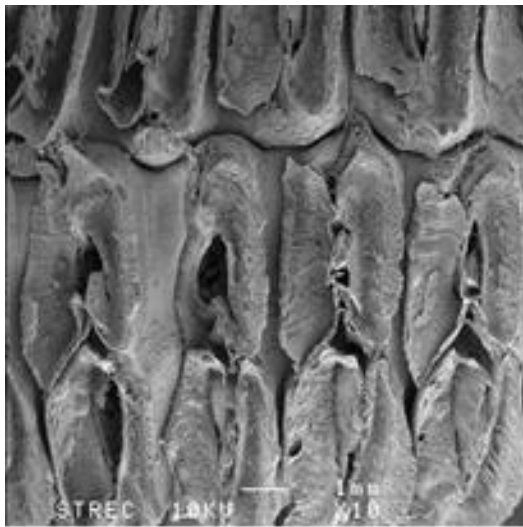
ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียจากการฟอกย้อม

พารามิเตอร์	ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ	มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง*
1. พีเอช	8.17	5.5-9.0
2. สี (SU)	1,041	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ
3. ความขุ่น (NTU)	694	ไม่เกิน 25
4. ค่าการนำไฟฟ้า ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	1,926	ค่าระหว่าง 5.0-9.0
5. ซีโอดี (mg/L)	1,040	ไม่เกิน 120
6. ของแข็งแขวนลอย (mg/L)	84	ไม่เกิน 30
7. ไนโตรเจนทั้งหมด (mg/L)	25.85	ไม่เกิน 20

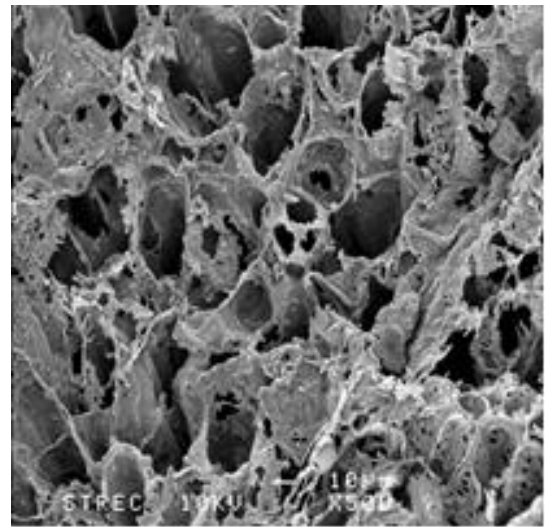
หมายเหตุ * มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน กรมควบคุมมลพิษ

4.2 การตรวจวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว

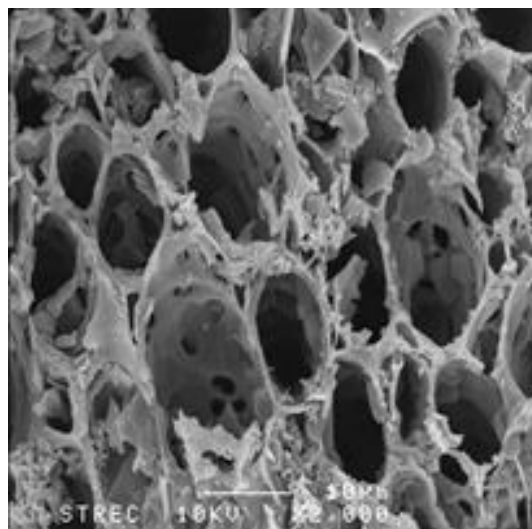
จากการศึกษาลักษณะสัณฐานของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวในระดับจุลภาค โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope : SEM) ซึ่งมีกำลังขยายสูงสามารถตรวจสอบรายละเอียดของวัตถุที่มีขนาดเล็ก โดยใช้ระบบการวิเคราะห์แบบ High Vacuum Mode ทำการส่องบริเวณพื้นผิวภายนอก เพื่อดูความพรุนที่ใช้ในการดูดซับสิ่งที่ต้องการบำบัด ได้ผลการศึกษาดังรูปที่ 4.1



ก)



ข)



ค)

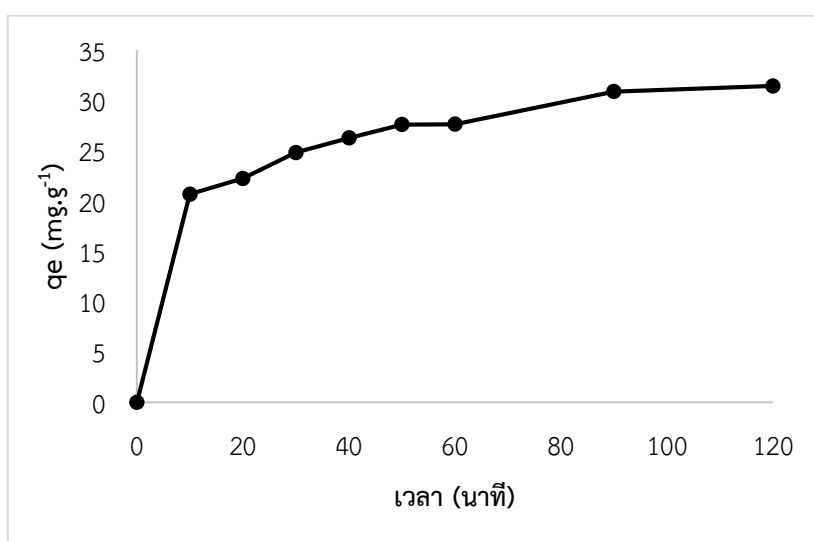
รูปที่ 4.1 ภาพถ่ายลักษณะพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวที่ได้จาก
 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (SEM)
 ก) ที่กำลังขยาย 10 เท่า ข) ที่กำลังขยาย 500 เท่า และ ค) ที่กำลังขยาย 2,000 เท่า

4.3 ผลการศึกษาเวลาต่อการดูดซับสีโดยใช้ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว

จากการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับสีของน้ำเสียจากการฟอกย้อม โดยการกักน้ำปริมาณ 200 มิลลิลิตร ตามระยะเวลาที่แตกต่างกันคือ 10 20 30 40 50 60 90 และ 120 นาที ตามลำดับ โดยใช้ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว 600 กรัม โดยการทดลองหาอัตราส่วนตัวดูดซับและตัวถูกดูดซับที่เหมาะสมจะแสดงในภาคผนวก ค ซึ่งค่าการตรวจวัดสีที่ได้จากการบำบัด พบว่า ประสิทธิภาพการดูดซับสีของถ่านกัมมันต์เมื่อระยะเวลาที่แตกต่างกัน ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการกักน้ำมากขึ้น ทำให้สีมีค่าลดลงตามลำดับจนกระทั่งเวลา 90 นาที ค่าความเข้มข้นสีมีการเปลี่ยนแปลงน้อยลง จนแทบจะคงที่ ดังแสดงดังตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.2 ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ปริมาณถ่านจากกะลามะพร้าว 600 กรัม สามารถลดค่าสีจาก 757.10 SU ได้ 81.31 90.85 เปอร์เซ็นต์ที่เวลา 60 และ 90 นาที ตามลำดับ

ตารางที่ 4.2 แสดงประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำเสียจากการฟอกย้อม

เวลา (นาที)	ค่าสี (SU)
0	757.10
10	296.30
20	261.70
30	204.40
40	172.00
50	142.15
60	141.50
90	69.30
120	56.85



รูปที่ 4.2 ประสิทธิภาพการดูดซับสีของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว

4.4 การศึกษาไอโซเทอมการดูดซับ

จากการศึกษาไอโซเทอมการดูดซับทั้ง 2 แบบ คือ ไอโซเทอมการดูดซับของแลงเมียร์และฟรุนดิช ซึ่งอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นที่สมดุล กับจำนวนของตัวถูกดูดซับที่มีการดูดซับ ที่อุณหภูมิคงที่ โดยสมการของแลงเมียร์เขียนได้ดังสมการ

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{bq_m} + \frac{C_e}{q_e}$$

โดยค่า C_e คือ ความเข้มข้นของตัวดูดซับที่สมดุล (mg/L)

q_e คือ ปริมาณสารที่ถูกดูดซับ (mg) ต่อปริมาณตัวดูดซับ (g) ที่ภาวะสมดุล

q_m คือ ปริมาณสารที่ถูกดูดซับมากที่สุด (mg/g)

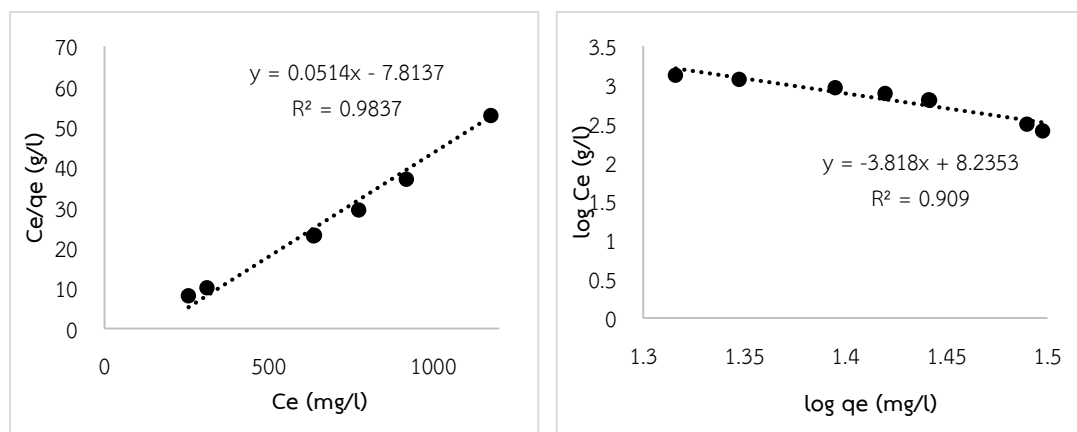
และ b คือค่าคงที่ จากการพล็อตกราฟระหว่าง C_e/q_e กับ C_e จะได้เป็นกราฟเส้นตรง

เมื่อศึกษาไอโซเทอมฟรุนดิช ซึ่งมีสมมติฐานของการดูดซับที่ว่าพื้นผิวของตัวดูดซับไม่เป็นเนื้อเดียวกันตลอด โดยที่การดูดซับบนพื้นผิวของตัวถูกดูดซับจะเป็นแบบหลายชั้น โดยมีสมการคือ

$$\log q_e = \log K_f + \left(\frac{1}{n}\right) \log C_e$$

โดยค่า K_f คือ ค่าคงที่แสดงความสามารถการดูดซับแบบหลายชั้น (m/g)

และ n คือ ค่าคงที่แสดงการขึ้นลงตรงกับความสัมพันธ์ของสารละลาย



ก)

ข)

รูปที่ 4.3 ไอโซเทอมแบบ ก) แลงเมียร์และ ข) ฟรุนดิชในการดูดซับสี

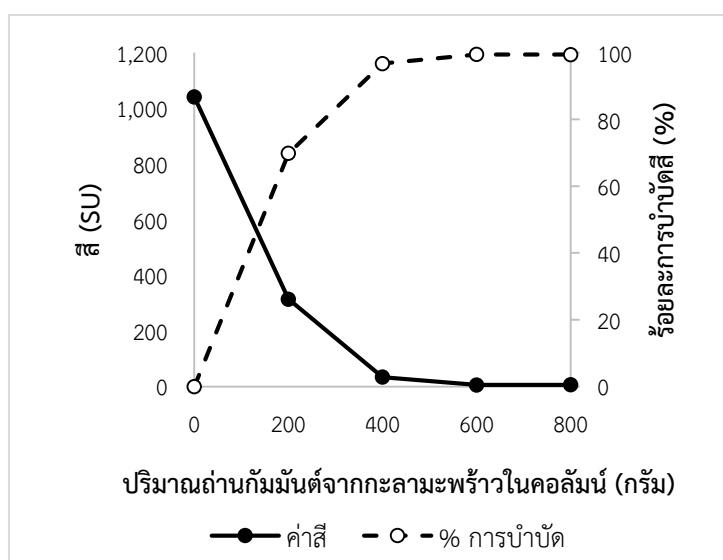
จากผลการศึกษาพบว่า การดูดซับสีของน้ำเสียจากการฟอกย้อมโดยใช้ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวสอดคล้องกับสมการแลงเมียร์มากกว่าสมการฟรุนดลิช เนื่องจากค่า R^2 ของสมการแลงเมียร์มากกว่าสมการฟรุนดลิช ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการดูดซับเกิดขึ้นจากแรงดึงดูดทางกายภาพที่ผันกลับได้ที่เกิดขึ้นแบบชั้นเดียว โดยพบว่าสมการการดูดซับแบบแลงเมียร์มีค่า R^2 เท่ากับ 0.9837 เมื่อเทียบกับการดูดซับแบบฟรุนดลิชมีค่า R^2 เท่ากับ 0.909 ดังแสดงในรูปที่ 4.3

4.5 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียหลังการบำบัด

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียหลังการบำบัดเมื่อเพิ่มปริมาณถ่านจากถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวลงในคอลัมน์ร่วมกับวัสดุเดิมซึ่งมีวัสดุกรอง คือ กรวดและทราย วัสดุดูดซับ คือ ถ่านไม้บด เมื่อเพิ่มถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวลงในระบบครั้งละ 200 กรัม คือ 200 400 600 และ 800 กรัม ผลการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัด สี ความขุ่น ค่าการนำไฟฟ้า ซีไอดี ค่าของแข็งแขวนลอย และทีเคเอ็น เป็นดังนี้

4.5.1 ประสิทธิภาพในการบำบัดสี

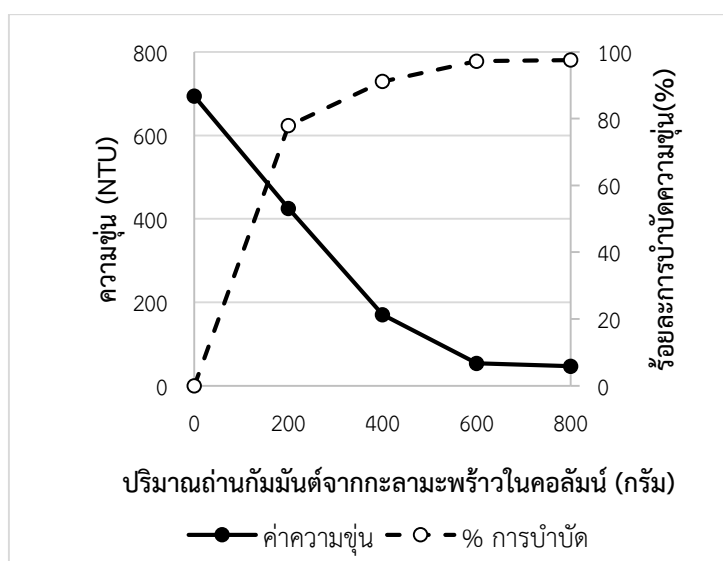
ผลการศึกษาคุณภาพน้ำเสียก่อนการบำบัดและหลังจากผ่านการบำบัด พบว่าผลการวิเคราะห์ค่าสีของน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่าสีที่ลดลงเมื่อเทียบกับค่าสีน้ำเสียก่อนการบำบัด ตามปริมาณการเพิ่มขึ้นของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว โดยพบค่าสีอยู่ในช่วง 5.40 – 314.20 SU คิดเป็น 90 - 99 เปอร์เซ็นต์ โดยสีที่บำบัดได้จะเริ่มคงที่เมื่อมีปริมาณถ่านกัมมันต์กะลามะพร้าว 400 กรัม เห็นสีที่ปรากฏมีลักษณะที่ใสขึ้น ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 สีของน้ำเสียก่อนการบำบัดและหลังการบำบัดเมื่อเพิ่มปริมาณถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว

4.5.2 ประสิทธิภาพในการบำบัดความขุ่น

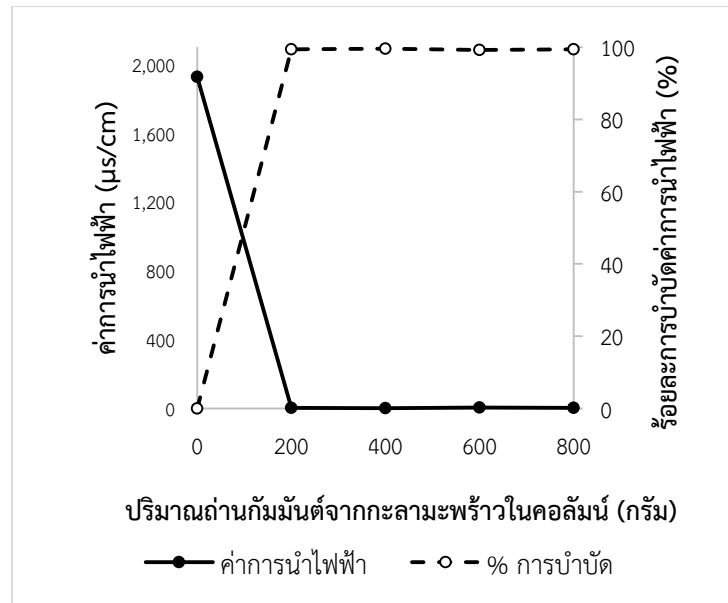
ผลการศึกษาค่าความขุ่นของน้ำเสียก่อนการบำบัดและหลังจากผ่านการบำบัด พบว่าความขุ่นของน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่าความขุ่นลดลงเมื่อเทียบกับค่าความขุ่นของน้ำเสียก่อนการบำบัด โดยพบค่าความขุ่นอยู่ในช่วง 46 – 425 NTU คิดเป็น 77.93 – 97.59 เปอร์เซ็นต์ และน้ำมีลักษณะใสขึ้น โดยความขุ่นที่บำบัดได้จะเริ่มคงที่เมื่อมีปริมาณถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว 600 กรัม แต่นำค่าที่ได้ไปทำการเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำที่ชุมชนพบว่ามีค่าเกินเกณฑ์ค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ไม่เกิน 25 NTU ดังแสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ความขุ่นของน้ำเสียก่อนการบำบัดและหลังการบำบัดเมื่อเพิ่มปริมาณถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว

4.5.3 ประสิทธิภาพในการบำบัดการนำไฟฟ้า

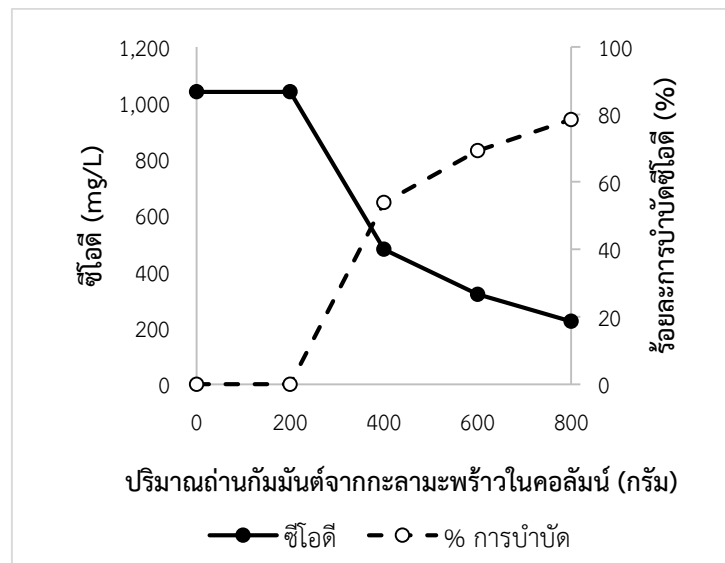
ผลการศึกษาค่าการนำไฟฟ้าของน้ำเสียก่อนการบำบัดและหลังจากผ่านการบำบัด พบว่าผลการวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำเสียก่อนการบำบัด โดยพบค่าการนำไฟฟ้า อยู่ในช่วง 2.60 – 5.80 $\mu\text{s}/\text{cm}$ คิดเป็น 99.17 – 99.54 เปอร์เซ็นต์ โดยค่าการนำไฟฟ้าที่บำบัดได้จะเริ่มคงที่เมื่อ มีปริมาณถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว 200 กรัม เมื่อนำค่าที่ได้ไปทำการเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำที่ชุมชนพบว่ามีค่าอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ในช่วง 5.0-9.0 ดังแสดงรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 การนำไฟฟ้าของน้ำเสียก่อนการบำบัดและหลังการบำบัดเมื่อเพิ่มปริมาณถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว

4.5.4 ประสิทธิภาพในการบำบัดซีโอดี

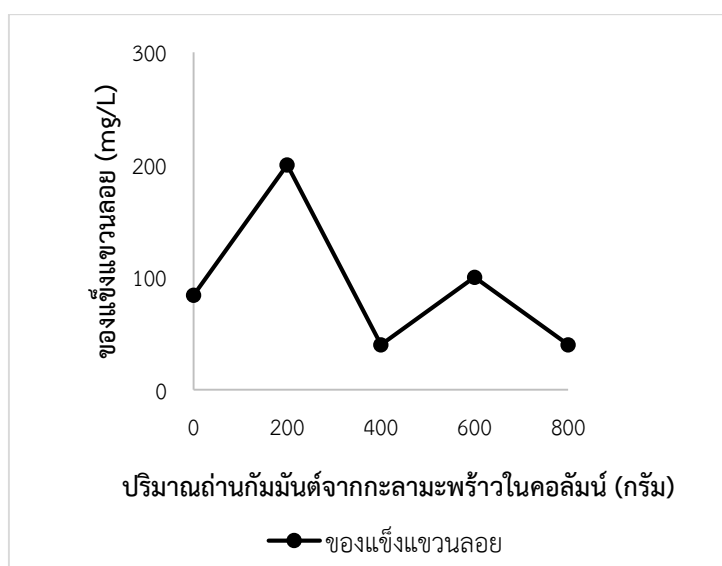
ผลการศึกษาค่าซีโอดีของน้ำเสียก่อนการบำบัดและหลังจากผ่านการบำบัดพบว่า ค่าซีโอดีของน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับน้ำเสียก่อนการบำบัด โดยพบค่าซีโอดีอยู่ในช่วง 224 - 1,040 mg/L คิดเป็น 53.85 – 78.46 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในรูปที่ 4.7 เมื่อนำค่าที่ได้ไปทำการเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งชุมชนพบว่า มีค่าเกินเกณฑ์ค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ไม่เกิน 120 mg/L



รูปที่ 4.7 ซีโอดีของน้ำเสียก่อนการบำบัดและหลังการบำบัดเมื่อเพิ่มปริมาณ ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว

4.5.5 ประสิทธิภาพในการบำบัดของแข็งแขวนลอย

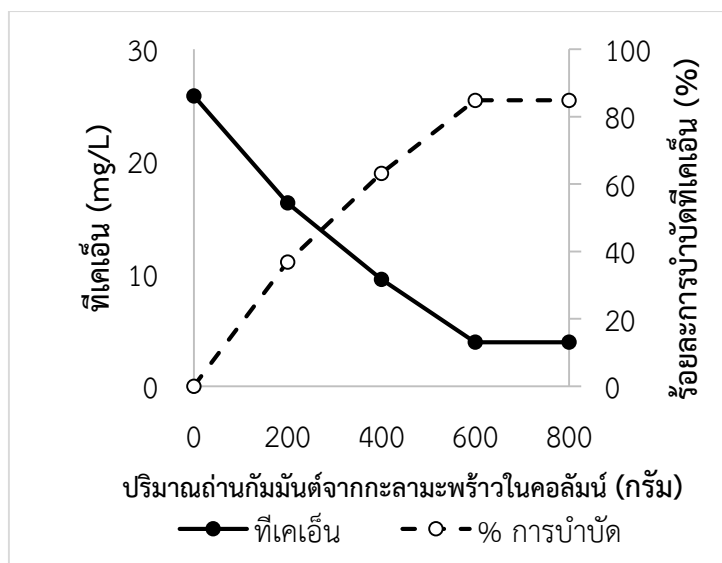
ผลการศึกษาค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำเสียก่อนการบำบัดและหลังจากผ่านการบำบัด พบว่าผลการวิเคราะห์ค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับน้ำเสียก่อนการบำบัด โดยพบค่าของแข็งแขวนลอย อยู่ในช่วง 40 - 620 mg/L คิดเป็น 16 - 79 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำค่าที่ได้ไปทำการเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งชุมชนพบว่า มีค่าเกินเกณฑ์ค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ไม่เกิน 30 mg/L อาจเป็นผลมาจากขณะที่ทำการบำบัดมีเศษวัสดุตัวกรองหลุดปนมากับน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยเป็นผลให้ค่าของแข็งแขวนลอยเพิ่มมากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 ของแข็งแขวนลอยของน้ำเสียก่อนการบำบัดและหลังการบำบัดเมื่อเพิ่มปริมาณถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว

4.5.6 ประสิทธิภาพในการบำบัดทีเคเอ็น

ผลการศึกษาทีเคเอ็นของน้ำเสียก่อนการบำบัดและหลังจากผ่านการบำบัด พบว่าผลการวิเคราะห์ทีเคเอ็นของน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำเสียก่อนการบำบัด โดยพบว่าทีเคเอ็น อยู่ในช่วง 3.90 - 16.32 $\mu\text{s}/\text{cm}$ คิดเป็น 36.87 - 84.84 เปอร์เซ็นต์ โดยทีเคเอ็นที่บำบัดได้จะเริ่มคงที่เมื่อมีปริมาณถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว 600 กรัม เมื่อนำค่าที่ได้ไปทำการเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งชุมชนพบว่า มีค่าอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ไม่เกิน 20 mg/L ดังแสดงในรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 ทีเคเอ็นของน้ำเสียก่อนการบำบัดและหลังการบำบัดเมื่อเพิ่มปริมาณ ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว

4.5.7 ประสิทธิภาพการบำบัดโดยรวมของคอลัมน์บำบัด

น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดโดยระบบบำบัดน้ำเสียตามอัตราส่วนวัสดุตัวดูดซับ และเวลาที่ กำหนด ให้ผลหลังการบำบัดที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับปริมาณวัสดุตัวดูดซับที่ใช้ในการในการบำบัด ดัง แสดงในตารางที่ 4.3 และ 4.4

ตารางที่ 4.3 แสดงคุณภาพน้ำเสียก่อนการบำบัดและหลังการบำบัด

พารามิเตอร์	ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ					
	ก่อนการบำบัด	ปริมาณถ่านกะลามะพร้าว(กรัม)				
		ควบคุม	200	400	600	800
1. พีเอช	8.17	7.72	7.81	7.76	7.88	8.07
2. สี (SU)	1,041	84.83	314.10	33.69	5.48	5.94
3. ความขุ่น (NTU)	694	309	425	170	53.5	46.5
4. ค่าการนำไฟฟ้า ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	1,926	2.64	4.22	3.20	5.75	4.27
5. ซีโอดี (mg/L)	1,040	520	1,040	480	320	224
6. ของแข็งแขวนลอย (mg/L)	84	620	200	40	100	40
7. ไนโตรเจนทั้งหมด (mg/L)	25.85	7.28	16.32	9.52	3.92	3.92

ตารางที่ 4.4 แสดงคุณภาพน้ำเสียก่อนการบำบัดและหลังการบำบัด (คิดเป็นร้อยละ)

พารามิเตอร์	ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ					
	ก่อนการบำบัด	ปริมาณถ่านกะลามะพร้าว(กรัม)				
		ควบคุม	200	400	600	800
1. สี (SU)	0	91.85	69.84	96.76	99.47	99.43
2. ความขุ่น (NTU)	0	83.96	77.93	91.17	97.22	97.59
3. ค่าการนำไฟฟ้า ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	0	99.62	99.36	99.54	99.17	99.38
4. ซีโอดี (mg/L)	0	50	0	53.85	69.23	78.46
5. ของแข็งแขวนลอย (mg/L) *	0	86.45	58	52.38	16	52.38
6. ไนโตรเจนทั้งหมด (mg/L)	0	71.84	36.87	63.17	84.84	84.84

หมายเหตุ * ประสิทธิภาพการบำบัดมีอัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งแขวนลอย เนื่องจากมีเศษของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวปะปนลงมาด้วย

เมื่อพิจารณาผลจากการทดลองทั้งหมดพบว่า การเพิ่มถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว 800 กรัม ลงในคอลัมน์กรองและดูดซับ ซึ่งมีกรวด หวาย และถ่านไม้เป็นองค์ประกอบ สามารถบำบัดน้ำเสียจากการย้อมผ้าได้ดีที่สุด โดยพบว่า พีเอช มีค่าเท่ากับ 8.07 สี มีค่าเท่ากับ 5.94 SU ความขุ่น มีค่าเท่ากับ 46.5 NTU ค่าการนำไฟฟ้า มีค่าเท่ากับ 4.27 $\mu\text{s}/\text{cm}$ ซีโอดี มีค่าเท่ากับ 224 มิลลิกรัมต่อลิตร ของแข็งแขวนลอย มีค่าเท่ากับ 40 mg/L และทีเคเอ็น มีค่าเท่ากับ 3.92 mg/L รองลงมาคือ การเพิ่มถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว 600 กรัม ลงในคอลัมน์กรองและดูดซับเดิม โดยพบว่า พีเอช มีค่าเท่ากับ 7.88 สี มีค่าเท่ากับ 5.48 SU ความขุ่น มีค่าเท่ากับ 53.5 NTU ค่าการนำไฟฟ้า มีค่าเท่ากับ 5.75 $\mu\text{s}/\text{cm}$ ซีโอดี มีค่าเท่ากับ 320 mg/L ของแข็งแขวนลอย มีค่าเท่ากับ 100 mg/L และทีเคเอ็น มีค่าเท่ากับ 3.92 mg/L

เนื่องจากในคอลัมน์ควบคุม น้ำเสียที่ทำการกักไว้อยู่ในบริเวณที่มีถ่านไม้ลักษณะเป็นเกล็ด ซึ่งมีพื้นที่ผิวสัมผัสมากกว่าถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวที่มีลักษณะเป็นท่อนจึงทำให้มีพื้นที่ผิวในการดูดซับมาก

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การบำบัดน้ำเสียจากการย่อยผ้าด้วยวัสดุกรองร่วมกับถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวพบว่า น้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบำบัดแล้วนั้นมีคุณภาพดีขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว ร่วมกับวัสดุกรองอื่นๆ ลงไป โดย ลักษณะถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวที่ผลิตได้ พบว่ามีลักษณะ เป็นท่อนจะมีการกักเก็บน้ำได้ดี และมีไอโซเทอมของการดูดซับเป็นแบบแลงเมียร์ ซึ่งปริมาณถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวที่เติมลงไป ในคอลัมน์ที่มีวัสดุกรอง คือ กรวด และทราย และวัสดุดูดซับ คือ ถ่านไม้ และสามารถบำบัดน้ำเสียจากการย่อยผ้าได้เหมาะสมและดีที่สุด คือ 800 กรัม โดยสามารถ บำบัดสีซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่บำบัดได้ยากที่สุด ได้เท่ากับ 5.94 SU คิดเป็น 99.43 เปอร์เซ็นต์ บำบัด ค่าการนำไฟฟ้าได้เท่ากับ 4.27 mg/L คิดเป็น 99.38 เปอร์เซ็นต์ บำบัดที่เคเอ็นได้เท่ากับ 3.92 mg/L คิดเป็น 84.84 ซึ่งทั้ง 3 พารามิเตอร์มีค่าอยู่เกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ยัง พบว่าการบำบัดน้ำเสียจากการฟอกย้อมด้วยถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวร่วมกับวัสดุกรองยังสามารถช่วยในการบำบัดความขุ่นได้เท่ากับ 46.5 NTU บำบัดซีโอตี ได้เท่ากับ 224 mg/L และบำบัด ของแข็งแขวนลอย ได้เท่ากับ 40 mg/L ซึ่งทั้ง 3 พารามิเตอร์มีค่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้ ดังนั้น โดยภาพรวมการวิเคราะห์น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวร่วมกับวัสดุกรอง ในงานโครงการพิเศษครั้งนี้ สามารถสรุปได้ว่าการใช้ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวร่วมกับวัสดุกรอง สามารถบำบัดน้ำเสียได้จริงตามที่ตั้งสมมุติฐานไว้ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการศึกษาสามารถนำไปใช้อุปกรณ์ สำหรับออกพื้นที่บริการชุมชนได้ เนื่องจากสามารถบำบัดสีซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่บำบัดได้ยากที่สุดได้ และคอลัมน์บำบัดน้ำเสียนี้นี้มีขนาดเล็ก ใช้งานง่าย เคลื่อนที่และสามารถประยุกต์ใช้ในเรื่องของการ บำบัดน้ำเสียได้ต่อไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป จากผลการศึกษาครั้งนี้ มีข้อเสนอแนะสำหรับ ผู้ที่ต้องการทำการศึกษาเพิ่มเติม ในแง่ต่าง ๆ ในครั้งต่อไป ดังนี้

5.2.1 การปรับปรุงประสิทธิภาพในคอลัมน์ เพื่อให้การบำบัดมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น ควร

5.2.1.1 การปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนการบำบัด เช่น ปรับพีเอช เป็นต้น

5.2.1.2 การเพิ่มพื้นที่วัสดุดูดซับ ก่อนการบำบัด ในพื้นที่คอลัมน์ที่เท่าเดิม เช่น การบดถ่านให้เป็นผง ก่อนใส่ลงในคอลัมน์บำบัด เป็นต้น

5.2.2 การศึกษาการบำบัดร่วมเพิ่มเติมอื่นเพื่อให้น้ำทิ้งผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

5.2.2.1 การใช้วัสดุอื่นร่วมกับการบำบัดในคอลัมน์ เช่น เรซิน

5.2.2.2 การใช้วิธีบำบัดอื่นหลังจากที่บำบัดสีได้แล้ว เช่น การใช้โอโซน การเติมอากาศ เพื่อบำบัดบีโอดีและซีโอดีที่เหลืออยู่

5.2.2.3 การกำจัดผงถ่านที่หลงเหลือในน้ำ โดยการปล่อยตกตะกอน หรือใช้สารช่วยในการตกตะกอนร่วมด้วยหลังการบำบัด เพื่อให้น้ำที่บำบัดผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

5.2.3 การศึกษาอื่น ๆ เพื่อให้ครบวงจรในการบริการชุมชน

5.2.3.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์ เช่น เวลา อุณหภูมิในการเผา

5.2.3.2 ขั้นตอนการจัดเก็บ การทำถ่านอัดแท่ง

5.2.3.3 ขั้นตอนการกำจัดกากถ่านกัมมันต์หลังการบำบัด

เอกสารอ้างอิง

กลไกของการดูดซับ. ม.ม.ป. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก:

http://www.pcd.go.th/Info_Serv/Datasmell/Images/clip_image002_0004.gif, 29 มกราคม 2560.
กรมควบคุมมลพิษ. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม . 2553. **มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง** จาก
ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก:

http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water04.html, 10 กุมภาพันธ์ 2560
กรมควบคุมมลพิษ. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม . 2539. **มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง** จาก
โรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก:

http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water04.html, 10 กุมภาพันธ์ 2560
กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2556. **คุณลักษณะน้ำเสียจากโรงงานย้อมผ้า.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก:
[http://www.sptn.dss.go.th/otopinfo/index.php/2014-10-09-08-12-02/article-](http://www.sptn.dss.go.th/otopinfo/index.php/2014-10-09-08-12-02/article-2016-11-15-07-10-54) 1/101-
2016-11-15-07-10-54, 24 กุมภาพันธ์ 2560

การย้อมผ้าแบบภูมิปัญญาชาวบ้าน. 2558. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก:

http://www.thongthailand.com/private_folder/atiew5/bury63.jpg, 23 มกราคม 2560.
ชนิษฐา. 2550. **“สีย้อมในอุตสาหกรรมฟอกย้อม”** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก:

[http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php?bookID=370&read=true](http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php?bookID=370&read=true&count=true)
&count=true, 5 มกราคม 2560

จตุพร และ รุ่งนภา. ม.ป.ป. **พารามิเตอร์ที่ใช้ตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก:

http://ire.ku.ac.th/b4project/index.php?option=com_content&view=article&id=14&Itemid=25
18 กุมภาพันธ์ 2560

ถ่านกัมมันต์อัดแท่ง. ม.ป.ป. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก:

<http://konkidbuak.com/content/upload/article/images/Carbon-3.jpg>, 23 มกราคม 2560.

ถ่านกัมมันต์แบบเกล็ด. ม.ป.ป. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก:

<http://konkidbuak.com/content/upload/article/images/Carbon-2.jpg>, 23 มกราคม 2560.

บุญรักษ์ . 2551 **“ประเภทถ่านกัมมันต์”** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: [https://www.mtec.or.th/academic-](https://www.mtec.or.th/academic-services/mtec-knowledge/552-2016-02-09-03-10-28)
services/mtec-knowledge/552-2016-02-09-03-10-28,

11 มีนาคม 2560

ปรารธนา. 2551. **กระบวนการดูดซับ.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก:

<https://pradthana.wordpress.com/2008/04/13/adsorption-process/>, 25 กุมภาพันธ์ 2560

เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

พงศธร. 2537. “ถ่านกัมมันต์จากขี้ข้าวโพด” สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ

วจน์สิริ. 2539. “ขนาดของรูพรุนที่เหมาะสมของถ่านกัมมันต์เม็ดสำหรับการกำจัดสีจากน้ำเสียโรงงานย้อมผ้า” สาขาวิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ

วรวิทย์. 2558. “ประสิทธิภาพการดูดซับไอออนตะกั่วจากสารละลาย โดยใช้อิฐมวลเบาเป็นตัวดูดซับ” คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, กรุงเทพฯ

วนิดา และ ธนภฤต. 2542. เทคโนโลยีการกำจัดสีในน้ำเสียอุตสาหกรรม. ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปทุมธานี

วัชร . 2539. “การจัดการพลังงานในอุตสาหกรรมฟอกย้อม” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก:

http://www.thailandindustry.com/indust_newweb/articles_preview.php?cid=10142

5 มกราคม 2560

ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2556. เทคโนโลยีการบำบัดสีของน้ำเสียในอุตสาหกรรมฟอกย้อม. กรมโรงงานอุตสาหกรรม. ศูนย์บริการวิชาการ แห่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ

สรวิทย์ . 2550. “การศึกษาการดูดซับสีย้อมและไอออนโลหะตะกั่วด้วยถ่านกัมมันต์ที่สังเคราะห์จากเปลือกทุเรียน” วิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ

สัญชวัล. 2539. “ประสิทธิภาพการลดซีไอที และสีออกจากน้ำชะมูลฝอยด้วยกระบวนการดูดติด โดยใช้ถ่านกัมมันต์ ถ่านไม้ และถ่านแกลบ” สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ

สำนักหม่อนไหม. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2556 “การฟอกย้อมสี” [ออนไลน์]

เข้าถึงได้จาก : http://www.qsds.go.th/qsis_sout/inside_page.php?pageid=47, 5 มกราคม 2560

อรัญ. 2554. “ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยถ่านกัมมันต์จากไม้โกงกาง กะลามะพร้าวและเปลือกทุเรียน” คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา, กรุงเทพฯ

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัยคนที่ 1

1. ชื่อ-นามสกุล

(ภาษาไทย) นายกิติยศ ตั้งสัจจงศ์

(ภาษาอังกฤษ) Mr. Kitiyot Tungsudjawong

2. หมายเลขบัตรประชาชน

3-8098-00071-97-8

3. ตำแหน่งปัจจุบัน

อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

4. หน่วยงานและที่อยู่

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

โทรศัพท์ 086 553 3599

E-mail : kitiyot.t@rmutp.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

วศ.บ.(วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

วศ.ม.(วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน

6. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ

Water and Wastewater Treatment

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

7.1 งานวิจัยที่ได้รับการเผยแพร่/ตีพิมพ์

International Journal

K.Tungsudjawong , S.Leungprasert and P. Peansawang.2017. Investigation of humic acids concentration in different seasons in the raw water canal, Bangkok, Thailand.Water science & Technology Water Supply,1727-1728.

International Conference

Pacharaporn Suwanvitaya,Panumas Puongkaew, Kitiyos Tuungsudjawong.2006. Comparison of Ozonation and photooxidation of phenol. International Conference fremantle, western Australia 10-12 July 2006.Decentralised Water and Wastewater Systems, 207-213.

Kitiyot Tungsudjawong , Patthanasorn Peansawang, Suchat Leungprasert .2015.Investigation of Humic Substances as the Precursors for Trihalomethanes Production in the Raw Water Supplying to Bangkhen Water treatment Plant.The seventh regional symposium on infrastructure development, Kasetsart University Thailand 5-7 November 2015.P.270

ประวัติผู้วิจัยคนที่ 2

1. ชื่อ-นามสกุล

(ภาษาไทย) นายศุภชัย หิรัญศุภโชติ

(ภาษาอังกฤษ) Mr. Supachai Hirunsupachote

2. หมายเลขบัตรประชาชน

4-1020-00030-25-6

3. ตำแหน่งปัจจุบัน

อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

4. หน่วยงานและที่อยู่

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

โทรศัพท์ 095 783 1129

E-mail : supachai.h@rmutp.ac.th, yimyamyoryim@gmail.com

5. ประวัติการศึกษา

วศ.บ.(วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

M.Sc. (Waste management and contaminated site Treatment) Technische
Universitaet Dresden

วศ.ด.(วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ

Mathematic model for prediction in environmental engineering

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

7.1 งานวิจัยที่ได้รับการเผยแพร่/ตีพิมพ์

International Journal

Hirunsupachote, S. and Chavalparit, O. 2018, A DYNAMIC METHANE PREDICTION FROM LIGNOCELLULOSIC BIOMASS USING NON-LINEAR MATHEMATIC MODEL, [International Journal of Pure and Applied Mathematics](#), Vol.119 No.16, pp.2297-2304

International Conference

Supachai Hirunsupachote and Orathai Chavalparit. 2015. Correlation of biogas production potential and anaerobic degradation of lignocellulose. International Conference on "Anaerobic Digestion: AD Technology and Microbial Ecology for Sustainable Development, 3-6 February 2015, Chiang Mai, Thailand

Supachai Hirunsupachote and Jirasak Tharajak. 2018. Banana wastes to methane energy: effect of alkali and steam pretreatment. The 2nd International Conference on Anaerobic Digestion Technology, 4-7 June 2018, The Empress Convention Centre, Chiang Mai, Thailand