การบำบัดน้ำเสียสีย้อมกระจูดโดยใช้สารส้มร่วมกับคลอรีน: กรณีศึกษาตำบลพนางตุง อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง

Treatment of dyeing Krajood wastewater by alum with chlorine: A case study of Phanangtung sub district, Khuan Khanun district, Phatthalung province

พงษ์ศักดิ์ นพรัตน์

นิภาภรณ์ มีพันธุ์

นิสากร สุขหิรัญ

วีระ แก้วพูล

ยุภาวดี คงดำ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.)

พ.ศ. 2561

การบำบัดน้ำเสียสีย้อมกระจูดโดยใช้สารส้มร่วมกับคลอรีน: กรณีศึกษา ตำบลพนางตุง อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง

Treatment of dyeing Krajood wastewater by alum with chlorine: A case study of Phanangtung sub district, Khuan Khanun district, Phatthalung province

ดร.พงษ์ศักดิ์ นพรัตน์

ดร.นิภาภรณ์ มีพันธุ์

นางสาวนิสากร สุขหิรัญ

นายวีระ แก้วพูล

นางสาวยุภาวดี คงดำ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.)

พ.ศ. 2561

คำนำ

รายงานวิจัยเรื่อง การบำบัดน้ำเสียสีย้อมกระจูดโดยใช้สารส้มร่วมกับคลอรีน: กรณีศึกษาตำบลพนางตุง อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะของน้ำเสียสีย้อมกระจูด และเพื่อศึกษาอัตราส่วนของสารส้มและคลอรีนที่เหมาะสมต่อการบำบัดน้ำเสีย

ผู้วิจัย พบว่า การบำบัดน้ำเสียสีย้อมกระจูดโดยใช้สารส้มร่วมกับคลอรีนที่อัตราส่วนต่าง ๆ พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสม คือ อัตราส่วน 3 : 1 (สารส้มต่อคลอรีน) และมีประสิทธิภาพในการบำบัดร้อยละ 91.17 จากการทดลองวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก พบว่า ในน้ำเสียสีย้อมและน้ำล้างกระจูด มีโลหะอยู่ 5 ชนิด ประกอบด้วยทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) ตะกั่ว (Pb) แคดเมียม Cd และโครเมียม (Cr) หลังจากตกตะกอนด้วยสารส้มร่วมกับคลอรีนที่อัตราส่วน 3:1 ในส่วนของน้ำเสียสีย้อมกระจูด มีประสิทธิภาพการบำบัดสังกะสีสูงสดร้อยละ 66.55

พงษ์ศักดิ์ นพรัตน์ และคณะ

มีนาคม 2561

บทสรุปผู้บริหาร

รายงานวิจัยเรื่อง การบำบัดน้ำเสียสีย้อมกระจูดโดยใช้สารส้มร่วมกับคลอรีน: กรณีศึกษาตำบลพนางตุง อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะของน้ำเสียสีย้อมกระจูด และเพื่อศึกษาอัตราส่วนของสารส้มและคลอรีนที่เหมาะสมต่อการบำบัดน้ำเสีย

งานวิจัยนี้ศึกษาการบำบัดน้ำเสียสีย้อมกระจูดในพื้นที่หมู่ 1, 2 และ 13 ของตำบลพนางตุง อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง โดยเริ่มจากลงพื้นที่เก็บรวมรวมน้ำเสียของแต่ละหมู่บ้านแล้วนำไปวิเคราะห์ลักษณะของน้ำเสีย หลักจากนั้นศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของสารส้มร่วมกับคลอรีนโดยใช้วิธีการตกตะกอนด้วย Jar test เมื่อได้อัตราส่วนที่เหมาะสมแล้วนำผลการวิจัยที่ได้ไปใช้พื้นที่ดังกล่าวเพื่อแก้ปัญหาน้ำเสียต่อไป

ผลการศึกษา พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสม คือ อัตราส่วน 3 : 1 (สารส้มต่อคลอรีน) จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำหลังการบำบัด พบว่า มีค่าซีโอดี เท่ากับ 612 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณของแข็งทั้งหมด เท่ากับ 1,550 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณของแข็งแขวนลอย เท่ากับ 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีประสิทธิภาพในการบำบัดร้อยละ 91.17, 85.02 และ 83.33 ตามลำดับ จากการทดลองวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก พบว่า ในน้ำเสียสีย้อมและน้ำล้างกระจูดมีโลหะอยู่ 5 ชนิด ประกอบด้วย ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) ตะกั่ว (Pb) แคดเมียม Cd และโครเมียม (Cr) หลังจากตกตะกอนด้วยสารส้มร่วมกับคลอรีน ในส่วนของน้ำเสียสีย้อมกระจูด มีประสิทธิภาพการบำบัดสังกะสีสูงสดร้อยละ 66.55 และน้ำล้างสีย้อมกระจูด มีประสิทธิภาพการบำบัดโครเมียมสูงสุดร้อยละ 70.45

การนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. ควรมีการเจือจางน้ำเสียสีย้อม ก่อนการกวนผสมระหว่างสารส้มและคลอรีนเพื่อให้การตกตะกอนมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

2. การบำบัดน้ำเสียโดยใช้สารส้มร่วมกับคลอรีนจะทำให้น้ำมีค่าเป็นกรดสูง เนื่องจากสารส้มมีสภาพเป็นกรด จึงควรทำการศึกษาและหาแนวทางในการแก้ไขปรับสภาพน้ำให้มีค่าประมาณ 5.5 – 9.0 ก่อนการปล่อยน้ำลงสู้แม่น้ำ

ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาค้นคว้าต่อไป

1. ควรมีการเพิ่มอัตราส่วนคลอรีนให้มากขึ้น เพื่อช่วยในการบำบัดน้ำเสียสีย้อมให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2. ควรศึกษาการกรองน้ำเสียสีย้อมกระจูดด้วยตัวกรองจากวัสดุธรรมชาติก่อนนำมาตกตะกอน

3. พัฒนาวิธีบำบัดน้ำเสียด้วยเทคนิคทางไฟฟ้าร่วมกับการใช้พลังงานธรรมชาติ

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความช่วยเหลือของผู้มีพระคุณหลายท่าน ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ทรงคุณวุฒิภายในและผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจทานแก้ไขรายงานวิจัยให้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานีสำหรับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 ขอขอบคุณเทศบาลตำบลพะนางตุง อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง ที่ให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างน้ำสีย้อมกระจูด และขอขอบคุณห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี และรายงานวิจัยฉบับนี้จะสมบูรณ์ไม่ได้หากขาดกำลังใจจากครอบครัวของข้าพเจ้า จึงขอขอบคุณไว้ ณ โอกาสนี้ ขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนช่วยให้รายงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ด้วยดี

พงษ์ศักดิ์ นพรัตน์ และคณะ

มีนาคม 2561

หัวข้อวิจัย การบำบัดน้ำเสียสีย้อมกระจูดโดยใช้สารส้มร่วมกับคลอรีน: กรณีศึกษาตำบลพนางตุง อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง

ผู้ดำเนินการวิจัย ดร.พงษ์ศักดิ์ นพรัตน์ ดร.นิภาภรณ์ มีพันธุ์ นางสาวนิสากร สุขหิรัญ วีระ แก้วพูล และยุภาวดี คงดำ

หน่วยงาน สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

ปีงบประมาณ 2560

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของสารส้มกับคลอรีนในการบำบัดน้ำเสียสีย้อมกระจูด โดยทำการศึกษาอัตราส่วนสารส้มต่อคลอรีน 7:1, 6:1, 5:1, 4:1, 3:1 และ 2:1 (กรัมต่อกรัมต่อน้ำเสีย 1 ลิตร) ผลการทดลอง พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสม คือ อัตราส่วน 3 : 1 (สารส้มต่อคลอรีน) จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำหลังการบำบัด พบว่า มีค่าซีโอดี เท่ากับ 612 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณของแข็งทั้งหมด เท่ากับ 1,550 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณของแข็งแขวนลอย เท่ากับ 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีประสิทธิภาพในการบำบัดร้อยละ 91.17, 85.02 และ 83.33 ตามลำดับ จากการทดลองวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก พบว่า ในน้ำเสียสีย้อมและน้ำล้างกระจูดมีโลหะหนัก 5 ชนิด ได้แก่ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) ตะกั่ว (Pb) แคดเมียม (Cd) และโครเมียม (Cr) หลังจากตกตะกอนด้วยสารส้มร่วมกับคลอรีนที่อัตราส่วน 3:1 ในส่วนของน้ำเสียสีย้อมกระจูดมีประสิทธิภาพการบำบัดสังกะสีสูงสุดร้อยละ 66.55 และน้ำล้างสีย้อมกระจูด มีประสิทธิภาพการบำบัดโครเมียมสูงสุดร้อยละ 70.45

Research Title Treatment of dyeing Krajood wastewater by alum with chlorine: A case study of Phanangtung sub district, Khuan Khanun district, Phatthalung province

Researcher Dr. Pongsak Noparat, Dr. Nipaporn Meepun, Ms. Nisakorn Sukhiran, Mr. Weera Kaewpoon and Ms.Yupavadee Kongdum

Organization Program in Environmental Science, Faculty of Science and Technology, Suratthani Rajabhat University

Fiscal Year 2017

ABSTRACT

This research aimed to study the ratio of alum and chlorine using treatment of dyeing Krajood wastewater. The treatment applied to a ratio of alum and chlorine at 7:1, 6:1, 5:1, 4:1, 3:1 and 2:1 (g/g/1 L-wastewater). Result revealed that the optimum ratio was 3:1 (alum: chlorine) after the treatment was 612 mg/L COD, 1,550 mg/L total solid and 0.3 mg/L total suspended solid, which the removal efficiency of 91.17, 85.02 and 83.33, respectively. The dyeing Krajood wastewater was contained with some heavy metals such as Cu, Zn, Pb, Cd and Cr. After the treatment with alum and chlorine 3:1 gave the highest Zn removal was 66.55% for dyeing Krajood wastewater and the highest Cr removal was 70.45% for dyeing Krajood washing water.

สารบัญ

		หน้า
คำนำ		(1)
บทสรุปผู้บริหาร		(2)
กิตติกรรมประกาศ		(3)
บทคัดย่อภาษาไทย		(4)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		(5)
สารบัญ		(6)
สารบัญตาราง		(8)
สารบัญภาพ		(9)
บทที่		
1	**บทนำ**	1
	ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย	1
	วัตถุประสงค์	2
	ขอบเขตการวิจัย	2
	นิยามศัพท์	2
	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2	**เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	4
	ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของกระจูด	4
	น้ำเสียสีย้อม	7
	สารส้ม	8
	คลอรีนผง	9
	หลักการของเครื่อง Jar test	10
	โลหะหนัก	10
	วิธีบำบัดน้ำเสียจากการฟอกย้อม	12
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัย	15
3	**วิธีดำเนินการวิจัย**	17
	วัสดุและอุปกรณ์ และสารเคมี	17
	วิธีการทดลอง	17

4 ผลการวิจัยและอภิปราย 19
การศึกษาอัตราส่วนของสารส้มต่อคลอรีนในการตกตะกอนน้ำเสียสีย้อมกระจูดสังเคราะห์ 19
ลักษณะของน้ำเสียสีย้อมกระจูด 20
การศึกษาอัตราส่วนของสารส้มต่อคลอรีนที่เหมาะสมต่อการตกตะกอนน้ำเสียสีย้อมกระจูด 21
การศึกษาอัตราส่วนของสารส้มต่อคลอรีนที่เหมาะสมต่อการตกตะกอนน้ำล้างสีย้อมกระจูด 23
ปริมาณโลหะหนักในน้ำเสียสีย้อมและน้ำล้างสีย้อมกระจูดก่อนและหลังการบำบัด 23
5 สรุป และข้อเสนอแนะ 25
สรุป 25
ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้ 25
ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาค้นคว้าต่อไป 25
บรรณานุกรม 26
ภาคผนวก 28
ประวัตินักวิจัยในมหาวิทยาลัย 34
ประวัตินักวิจัยในพื้นที่ 44
นักศึกษา 45

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ลักษณะของสีย้อมกระจูดตามกรรมวิธีการย้อม	6
4.1	ค่าพีเอชก่อนและหลังตกตะกอนน้ำเสียสีย้อมกระจูดสังเคราะห์	19
4.2	ปริมาณตกตะตอนของน้ำเสียสีย้อมกระจูดสังเคราะห์ปริมาตร 500 มิลลิลิตร	20
4.3	ลักษณะของน้ำเสียสีย้อมกระจูด	21
4.4	ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสีย้อมกระจูดด้วยสารส้มและคลอรีนในอัตราส่วน 3:1	21
4.5	ลักษณะของน้ำล้างสีย้อมกระจูด	23
4.6	ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำล้างสีย้อมกระจูดด้วยสารส้มและคลอรีนในอัตราส่วน 3:1	23
4.7	ปริมาณโลหะหนักในน้ำเสียสีย้อมและน้ำล้างสีย้อมกระจูดก่อนและหลังการบำบัด	24

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	กระจูด	4
2.2	สารส้ม	8
2.3	คลอรีนผง	9
2.4	ตัวอย่างอุปกรณ์ในการทำ Jar test	10
4.1	การบำบัดน้ำเสียสีย้อมโดยใช้สารส้มร่วมกับคลอรีนที่ผ่านการกวนด้วยเครื่อง Jar test	20
4.2	การกวนผสมร่วมระหว่างสารส้มต่อคลอรีนในอัตราส่วน 7:1, 6:1, 5:1, 4:1, 3:1 และ 2:1 (กรัมต่อกรัมต่อน้ำเสีย 1 ลิตร)	22
4.3	น้ำเสียสีย้อมก่อนกวนผสม (ซ้าย) และน้ำส่วนใสหลังตกตะกอน (ขวา)	22

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

ชุมชนทะเลน้อย ตั้งอยู่ที่ตำบลพนางตุง อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง ทะเลน้อยเป็นชุมชนที่ตั้งอยู่ที่ริมน้ำเดิมคนทะเลน้อยนิยมปลูกบ้านยกพื้นสูงเพราะพื้นที่ทะเลน้อยเป็นพื้นที่ลุ่ม หากถึงช่วงฤดูน้ำหลากชุมทะเลน้อยจะประสบปัญหาน้ำท่วมเกือบทุกปี ดั้งนั้นการปลูกบ้านยกพื้นสูงเป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยลด ผลกระทบจากน้ำท่วม เมื่อก่อนคนทะเลน้อยจะมีกิจกรรมที่ทำร่วมกันใต้ถุนบ้านไม่ว่าจะเป็นการละเล่นของเด็ก ๆ หรือสำหรับผู้ใหญ่ก็จะใช้พื้นที่ใต้ถุนบ้านในการพูดคุยหารือกัน ซึ่งกิจกรรมเหล่านี้เป็นกิจกรรมที่สร้างความสัมพันธ์ของคนในชุมชนได้เป็นอย่างดี แต่หลังจากมีการทำถนนในชุมชนทำให้มีคนเริ่มเข้ามาอาศัยในชุมชนทะเลน้อยเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ และผลกระทบจากการสร้างถนนก็ยังส่งผลให้การระบายน้ำในชุมชนมีปัญหาจึงทำให้เกิดปัญหาน้ำท่วมขังใต้ถุนบ้าน

อาชีพส่วนใหญ่ของประชาชน หมู่ที่ 1, 2 และ 13 ตำบลพนางตุง จะประกอบอาชีพหัตถกรรมสานเสื่อกระจูด และการแปรรูปเสื่อกระจูด ซึ่งแน่นอนว่าจะต้องมีการใช้สารเคมีในการย้อมสีกระจูด เดิมการย้อมสีกระจูดจะใช้ภายในครัวเรือนของผู้ที่ประกอบอาชีพสานเสื่อกระจูด เมื่อทำการย้อมและล้างเสร็จก็จะเททิ้งน้ำเสียลงสู่ใต้ถุนบ้าน ไหลไปสู่คลองกลางบ้านและลงสู่ทะเลน้อยต่อไป

ประเมินจากอัตราการใช้น้ำซึ่งเท่ากับ 831.45 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน เนื่องจากไม่มีข้อมูลการสำรวจปริมาณการใช้น้ำโดยตรงจึงประเมินจากจำนวนประชากร โดยคิดอัตราการใช้น้ำในเขตชนบทคนละประมาณ 50 ลิตรต่อวัน คำนวณจากฐานข้อมูลประชากรปี พ.ศ. 2555 โดยในพื้นที่ศึกษาไม่มีระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียชุมชน น้ำเสียถูกปล่อยทิ้งจากบ้านเรือนลงสู่ลำรางและลงสู่ทะเลน้อยในที่สุด แม้จะมีระบบบำบัดน้ำเสียแบบติดกับที่ 1 บ่อ (บ่อดักไขมัน) บริเวณชุมชนแต่ปัจจุบันไม่สามารถใช้งานได้ นอกจากนี้ยังมีน้ำเสียจากการย้อมกระจูดในพื้นที่เทศบาลตำบลพนางตุง ซึ่งจากการคำนวณของของกรมควบคุมมลพิษพบว่า ปริมาณน้ำเสียจากการย้อมกระจูดของทั้ง 2 ตำบล (ตำบลพนางตุงและตำบลทะเลน้อย) มีปริมาณ 3.52 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน และจากการล้างสีย้อมกระจูด 62.68 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน และบางส่วนถูกปล่อยลงสู่ทะเลน้อยโดยตรง (มีข้อมูลเฉพาะพื้นที่ตำบลพนางตุงและตำบลทะเลน้อย อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุงซึ่งศึกษาไว้ในปี พ.ศ. 2552) โดยในพื้นที่ตำบลพนางตุง อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง จำนวน 2 แห่ง (กรมควบคุมมลพิษ, 2552) ซึ่งไม่เพียงพอกับปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น นอกจากนี้จากการตรวจวัดคุณภาพน้ำของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16 ตั้งแต่ปีพ.ศ.2547 ถึง 2556 ในบริเวณทะเลน้อย 3 สถานี ซึ่งทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำหลายพารามิเตอร์รวมถึงค่าบีโอดี (BOD) และค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) เมื่อนำค่าที่ได้จากการ

ตรวจวัดทั้ง 2 พารามิเตอร์เทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน (พ.ศ.2537) พบว่าส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรมมาก

ดังนั้นจากการแก้ไขปัญหาน้ำเสียที่ผ่านมา ไม่ว่าจะมีหน่วยงานต่าง ๆ เข้ามาช่วยในการแก้ไขปัญหาดังกล่าวแล้ว แต่ไม่สามารถแก้ไขปัญหาในระยะยาวได้ ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาการบำบัดน้ำเสียสีย้อมกระจูดโดยใช้สารส้มร่วมกับคลอรีนเพื่อแก้ปัญหาน้ำเสียก่อนปล่อยทิ้งสู่ทะเลน้อยต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาลักษณะของน้ำเสียสีย้อมกระจูด

1.2.2 เพื่อศึกษาอัตราส่วนของสารส้มและคลอรีนที่เหมาะสมต่อการบำบัดน้ำเสีย

1.3 ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาการบำบัดน้ำเสียสีย้อมกระจูดในพื้นที่หมู่ 1, 2 และ 13 ของตำบลพนางตุง อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง โดยเริ่มจากลงพื้นที่เก็บรวมรวมน้ำเสียของแต่ละหมู่บ้านแล้วนำไปวิเคราะห์ลักษณะของน้ำเสีย หลักจากนั้นศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของสารส้มร่วมกับคลอรีนโดยใช้วิธีการตกตะกอนด้วย Jar test เมื่อได้อัตราส่วนที่เหมาะสมแล้วนำผลการวิจัยที่ได้ไปใช้พื้นที่ดังกล่าวเพื่อแก้ปัญหาน้ำเสียต่อไป

1.4 นิยามศัพท์

การบริหาร คือ กลุ่มของกิจกรรม ประกอบด้วย การวางแผน (Planning) การจัดองค์กร (Organizing) การสั่งการ (Leading/Directing) หรือการอำนวย และการควบคุม (Controlling) ซึ่งจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับทรัพยากรขององค์กร (6 M’s) เพื่อนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์และด้วยจุดมุ่งหมายสำคัญในการบรรลุความสำเร็จ ตามเป้าหมายขององค์กรอย่างมีประสิทธิภาพ และเกิดประสิทธิผลครบถ้วน

การจัดการ (Management) จะเน้นการปฏิบัติการให้เป็นไปตามนโยบาย (แผนที่วางไว้) ซึ่งนิยมใช้ในการจัดการธุรกิจ (Business management) ส่วนคำว่า “ผู้จัดการ” (Manager) จะหมายถึงบุคคลในองค์กรซึ่งทำหน้าที่รับผิดชอบต่อกิจกรรมในการบริหาร ทรัพยากรและกิจการงานอื่น ๆ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ขององค์กร

การบริหารจัดการ (Management) หมายถึงชุดของหน้าที่ต่าง ๆ (A set of functions) ที่กำหนดทิศทางในการใช้ทรัพยากรทั้งหลายอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล เพื่อให้บรรลุถึงเป้าหมายขององค์กร การใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ (Efficient) หมายถึง การใช้ทรัพยากรได้อย่างเฉลียวฉลาดและคุ้มค่า (Cost-effective) การใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิผล (Effective) นั้น

หมายถึงการตัดสินใจได้อย่างถูกต้อง (Right decision) และมีการปฏิบัติการสำเร็จตามแผนที่กำหนดไว้ดังนั้นผลสำเร็จของการบริหารจัดการจึงจำเป็นต้องมีทั้งประสิทธิภาพและ ประสิทธิผล ควบคู่กัน (Griffin, 1997)

สีย้อม (Dye stuff) คือ สารอินทรีย์ที่สร้างมาเพื่อดูดกลืนหรือดูดซับแสงโดยการทำให้อยู่บนหรืออยู่ในผิวหน้าของวัตถุ เพื่อทำให้วัตถุนั้นมีสีขึ้นมา ความทนทานของสีจะแตกต่างกันออกไปขึ้นกับชนิดของสีย้อม และพันธะในการยึดติดกับวัตถุนั้น ๆ (อภิชาต สนธิสมบัติ, 2540 อ้างถึงใน จรียา ยิ้มรัตนบวร, 2558) การทำให้สีย้อมมีความคงทน และเพิ่มความสดใสของสีจึงมีการใช้สารโลหะหนัก ได้แก่ แมงกานีส ทองแดง อาร์เซนิค แคดเมียม โครเมียม ตะกั่ว โคบอลต์ ปรอท และสังกะสี ด้วยเหตุนี้ ในน้ำเสียฟอกย้อมจึงมีการปนเปื้อนของโลหะหนัก ก่อให้เกิดปัญหาความเป็นพิษของโลหะหนัก (สุกานดา กาสังข์, 2548 อ้างถึงในจรียา ยิ้มรัตนบวร, 2558)

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้อัตราส่วนที่เหมาะสมของสารส้มร่วมกับคลอรีนในการบำบัดน้ำเสียสีย้อมกระจูด

1.5.2 ได้เผยแพร่ผลงานในการประชุมวิชาการระดับชาติ

1.5.3 เทศบาลตำบลพนางตุง อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง มีวิธีการบำบัดน้ำเสียสีย้อมกระจูดก่อนปล่อยทิ้งสู่ทะเลน้อย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของกระจูด

กระจูด เป็นพืชตระกูลเดียวกับกก (Sedge) คือในตระกูล Cyperaccae มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Lepironia articalata* กระจูดเป็นวัชพืชที่เจริญเติบโตง่าย และแพร่พันธุ์ได้รวดเร็ว พบมากแถบภาคตะวันออก และภาคใต้ของประเทศไทย

ลำต้นของกระจูดมีลักษณะกลมกลวง มีข้อปล้องภายในคล้ายลำไผ่ ความสูงประมาณ 1 – 3 เมตร (ภาพที่ 2.1) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเผ่าพันธุ์และสภาพแวดล้อม และต้นกระจูด ชอบขึ้นในที่ ๆ มีน้ำขังอยู่ตลอดเวลา โดยเฉพาะบริเวณริมทะเลสาบที่เป็นดินโคลน ซึ่งเรียกว่า “พรุ” หรือชาวพื้นเมืองทางภาคใต้เรียกว่า “โพระ” ต้นกระจูดที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติจะมีขนาดเล็กและไม่ยาวนัก

ภาพที่ 2.1 กระจูด
ที่มา: http://www.sites.google.com (2013)

การเพาะปลูกกระจูดต้องใช้ระยะเวลาประมาณ 3 ปี ต้นจึงจะโตได้ขนาด สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ คือ ลำต้นยาวไม่ต่ำกว่า 1 เมตร เมื่อถอนต้นกระจูดไปแล้ว หน่อก็จะแตกต้นใหม่ขึ้นมาแทนที่หมุนเวียนกันไป ต้นกระจูดมี 2 ชนิด คือ จูดใหญ่ และจูดหนู จูดใหญ่จะนำไปใช้ประโยชน์ได้มาก ส่วนจูดหนูมีลำต้นเล็กและสั้น ความเหนียวน้อยกว่าจูดใหญ่ โดยทั่วไปราษฎรทางภาคใต้ใช้กระจูดในการสานเสื่อ ทำใบเรือ ทำเชือกผูกมัด และทำกระสอบบรรจุสินค้าเกษตรและสิ่งของอื่น ๆ กรรมวิธีสานเสื่อจูดนั้นจะแตกต่างจากการสานเสื่อทั่วไป คือ ชาวบ้านจะนำต้นกระจูดมาคลุกดินขาว

ก่อนตากแดดให้แห้งแล้วจึงทุบต้นกระจูดให้แบนเพื่อให้มีความนิ่มตัว หากต้องการให้มีสีสันก็นำไปย้อมสีก่อนนำมาสาน

2.1.1 สีย้อมกระจูด

ปัจจุบันผู้ผลิตหรือผู้ประกอบอาชีพผลิตภัณฑ์หัตถกรรมจากกระจูดได้พัฒนาและปรับปรุงผลิตภัณฑ์ในรูปแบบต่าง ๆ ให้มีประโยชน์ใช้สอยได้มากขึ้น ตลอดจนมีลวดลายสีสันหลายหลากสี ทั้งนี้ เพื่อความสวยงาม และน่าใช้ จึงมีการนำกระจูดไปย้อมสี ซึ่งกระจูดนี้เหมาะสำหรับการย้อมสีเข้ม ๆ เท่านั้น สีที่นิยมย้อมกันมาก ได้แก่ สีเขียว สีน้ำเงิน สีส้ม สีบานเย็น สีม่วง

ประเภทสีย้อมที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการย้อมสีกระจูด คือ สีเบสิค (Basic Dyestuff) เนื่องจากการดูดติดเป็นไปได้ง่าย และรวดเร็วมากเป็นพิเศษ ลักษณะเด่นพิเศษของสีย้อมประเภทนี้ ก็คือ มีความสดใสและความเข้มของสีเด่นชัดมาก ความคงทนต่อแสงแดดค่อนข้างดี แต่มีข้อเสียตรงที่มีความคงทนต่อการซักฟอกและการขัดถูค่อนข้างต่ำ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากกระจูดซึ่งมีการนำไปใช้ประโยชน์ในวงการแคบ ๆ เฉพาะอย่างเท่านั้น ผู้ประกอบอาชีพสานเสื่อกระจูดทั่วไปมักรู้จักสีย้อมประเภทนี้ดี และใช้ประโยชน์เพื่อการย้อมสีกระจูดมานานแล้ว เนื่องจากมีลักษณะพิเศษดังกล่าวประกอบกับเป็นประเภทสีย้อมที่มีราคาปานกลาง หาซื้อได้ง่าย สีเบสิค นอกจากจะใช้ย้อมสีกระจูดได้ผลดีแล้ว ยังสามารถปรับใช้เพื่อการย้อมสีวัสดุชนิดอื่น ๆ ที่ใช้ในวงการสินค้าหัตถกรรมพื้นบ้านอื่น ๆ ได้ผลดีอีกด้วย เช่น ป่าน ปอ ย่านลิเพา ผักตบชวา ปาหนัน ไม้ไผ่ และใบลาน เป็นต้น

โครงสร้างของโมเลกุลสีย้อมประกอบด้วยองค์ประกอบ 2 ส่วน คือ

(1) Dye chromophore group องค์ประกอบของโมเลกุลส่วนนี้ประกอบด้วยพันธะคู่ และส่วนที่ทำให้เกิดสี เมื่อโมเลกุลของสีย้อมถูกแสงตกกระทบโครงสร้างส่วนของโครโมฟอร์ (Chromophore) จะเกิดการสั่นเนื่องจากมีการดูดกลืนแสงบางความยาวคลื่นเข้าไปเป็นผลให้เกิดการเห็นสีในช่วงที่ความยาวคลื่นที่ไม่ถูกดูดกลืน โครโมฟอร์จะมีอยู่ด้วยกัน 5 กลุ่มที่นิยมใช้ ได้แก่ กลุ่มเอโซ (Azo group) กลุ่มคาร์บอนิล (Carbonyl group) กลุ่มไนโตร (Nitro group) กลุ่มไนโตรโซ (Nitroso group) และอนุพันธ์แอลคิลแอมโมเนียม (Alkyl ammonium derivatives) ตัวอย่างเช่น สีย้อมกลุ่มเอโซนิยมใช้กันมากในอุตสาหกรรมสิ่งทอถึงร้อยละ 60 - 70 ของสีย้อมที่ใช้ในอุตสาหกรรม คุณลักษณะที่สำคัญของสีย้อมกลุ่มนี้ คือ มีสีให้เลือกครบทุกเฉดแต่โดยทั่วไปจะมีความสำคัญโดยเฉพาะช่วงของสีเหลือง แสด แดง น้ำตาล และดำ กรรมวิธีสังเคราะห์ค่อนข้างง่าย มีความสว่างสดใสและคงทนต่อแสง ราคาไม่แพง สีย้อมเอโซมีหมู่เอโซ (-N=N-) เป็นโครโมฟอร์ในโครงสร้าง และมีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) หรืออะมิโน ($-NH_2$) เป็นหมู่ออกโซโครม สีย้อมเอโซมีหลายชนิด เช่น สีแอซิด (Acid Dye) สีรีแอคทีฟ (Reactive Dye) สีไดเร็กท์ (Direct Dye) สีเบสิค (Basic Dye) ซึ่งสีย้อมเหล่านี้มีคุณสมบัติในการละลายน้ำได้ดี จึงกำจัดได้ยาก โดยกระบวนการทางกายภาพและชีวภาพ

ส่วนสีอะโซอิก (Azoic Dye) สีดิสเพอร์ส (Disperse Dye) เป็นสีที่มีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ กำจัดได้ง่าย (อังคณา อมรศรี, 2544 อ้างถึงในจรียา ยิ้มรัตนบวร, 2558)

นอกจากนี้ยังมีสีกลุ่มแอนทราควิโนน (Aanthraquinone group) สีแอนทราควิโนน คือสีย้อมที่มีโครงสร้างของแอนทราควิโนนเป็นโครงสร้างหลักอยู่ในโมเลกุล สีย้อมกลุ่มนี้เป็นกลุ่มที่มีการใช้โดยครอบคลุมประมาณร้อยละ 25 ของสีย้อมทั้งหมด (ชัยยุทธ ช่างสาร และเลิศณรงค์ ศรีพนม, 2543 อ้างโดย จรียา ยิ้มรัตนบวร, 2558) สีแอนทราควิโนนเป็นสีที่มีความสำคัญโดยเฉพาะในช่วงของสีม่วง สีฟ้า สีเขียว และสีแดง เป็นสีที่มีความสว่างสดใสดี และมีความคงทนต่อแสงอยู่ในเกณฑ์ดี แต่ความเข้มข้นของสีน้อยกว่าสีเอโซและมีราคาแพง

(2) Dye functional group องค์ประกอบของโมเลกุลส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ก่อพันธะระหว่างโมเลกุลของสีกับเส้นใยทำให้เกิดการยึดติดกัน โครงสร้างส่วนนี้มักจะเป็นวงเบนซีน (Benzene ring) ที่มีหมู่ อะตอมที่ไวต่อปฏิกิริยาติดอยู่ เช่น หมู่คาร์บอกซิลิก (COOH), ไฮดรอกไซด์ (OH) และเอมีน (NH2) เป็นต้น โดยการยึดติดของโมเลกุลสีกับเส้นใยอาจเป็นพันธะโควาเลนท์, พันธะอิออนิค, แรงวันเดอร์ วาลส์หรือโดยการแทรกซึมของอนุภาคเข้าไปในเส้นใย (จรียา ยิ้มรัตนบวร, 2558)

นอกจากนี้ยังสามารถจำแนกประเภทของสีย้อมตามกรรมวิธีการย้อมซึ่งจะแบ่งออกได้เป็น 10 ประเภท รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ลักษณะของสีย้อมกระจูดตามกรรมวิธีการย้อม

Dye class	Characteristics	Typical associated fibre	Dye-fibre attachment mechanism	Typical method of application
Basic or cationic	Cationic highly water soluble	Acrylics	Ionic bond	Fibre placed acidified aqueous dye bath at pH 4-6 Dye added temperature incresed from 100-105 ℃, dye diffuses into fibre

ที่มา : ประเสริฐ ตปนียางกูร, (2536) อ้างโดย สุกานดา กาสังข์ (2548)

2.1.2 การย้อมสีกระจูด มีขั้นตอนดังนี้

1) ทำการรีดลำกระจูดให้แบนราบ โดยใช้เครื่องบดระบบชุดลูกกลิ้ง หรือจะใช้วิธีการแบบพื้นบ้าน เช่น การตำด้วยสากไม้ หรือการเหยียบฟ่อนกระจูดตลอดแนวด้วยเท้า เป็นต้น เพื่อบดทำลายข้อปล้องภายในลำกระจูด เพื่อสะดวกแก่การขดงอลำกระจูดลงในภาชนะรูปแบบต่าง ๆ

2) ทำการลอกกาบที่บริเวณโคนลำกระจูดออกให้หมด ทำการแบ่งแยกกระจูดออกเป็นกลุ่ม ๆ ละประมาณ 600 กรัม ตามที่ต้องการ แล้วทำการมัดปลายหรือโคนต้น ด้านใดด้านหนึ่งด้วยยางให้แน่น แล้วมัดซ้ำอีกชั้นหนึ่งด้วยเชือกฟาง เพื่อสะดวกในการขนถ่ายระหว่างกรรมวิธีผลิต

3) นำมัดกระจูดไปทำการซักล้างน้ำเย็นสัก 2 ครั้ง เพื่อล้างคราบดินโคลน และสิ่งสกปรกบางส่วนออกไป จากนั้นนำไปแขวนทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ

4) นำมัดกระจูดไปต้นในน้ำเดือดประมาณ 20 นาที เพื่อชะล้างคราบดินโคลนที่เหลือ (หากยังมีคราบดินโคลนหลงเหลืออยู่ จะไปปรากฏเป็นคราบสีขาวเด่นชัดที่ผิวกระจูดหลังการย้อมสี) การทำให้สุกจะเป็นผลให้กระจูดเกิดความอ่อนตัว ย้อมสีติดได้ง่าย และสม่ำเสมอกว่าปกติ จากนั้นนำไปแขวนทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ

5) นำมัดกระจูดไปซักล้างน้ำเย็น เพื่อล้างคราบดินโคลน และสิ่งสกปรกที่เหลือ อันจะเป็นอุปสรรคต่อการย้อมสี จากนั้นแขวนให้สะเด็ดน้ำ (ลำดับนี้เคยได้มีการทดลองนำมัดกระจูดที่ผ่านการต้มน้ำเดือดเรียบร้อยแล้ว นำไปแช่น้ำทิ้งไว้ค้างคืน น้ำจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล แสดงว่า ยังมีสีตามธรรมชาติ และสิ่งแปลกปลอมหลงเหลืออยู่ในลำกระจูดอีกมาก

6) นำกระจูดไปแผ่ผึ่งแดดจัด ๆ บนพื้นราบ ทิ้งไว้สัก 2–3 วัน โดยควรทำการกลับลำกระจูดวันละ 1 ครั้ง เพื่อให้การฟอกสีเป็นไปโดยสม่ำเสมอทั่วถึงตลอดลำกระจูด ทั้งนี้ จะต้องทำการเก็บกระจูดเข้าที่ร่มทุกคืน การตากกระจูดทิ้งไว้ค้างคืนเป็นเวลาหลายวัน จะเกิดโรครา ทำให้กระจูดเสียหายได้

2.2 น้ำเสียสีย้อม

น้ำเสียที่ปล่อยมาจากอุตสาหกรรมฟอกย้อม ประกอบด้วยสารแขวนลอย (Suspended solids) และสารอินทรีย์จากกระบวนการย้อมในปริมาณสูง ได้แก่ แป้ง สีย้อม กรดอะซิติก และเส้นใยเส้นด้ายที่ปนเปื้อนออกมาจากกระบวนการผลิต อีกทั้ง ยังมีสารอนินทรีย์ประเภทโลหะหนักจากสีย้อมปนเปื้อนในน้ำทิ้ง เช่น ทองแดง (Cu) ตะกั่ว (Pb) โครเมียม (Cr) โคบอล (Co) สังกะสี (Zn) เป็นต้น โดยน้ำเสียจากการฟอกย้อมมีลักษณะสำคัญคือ การมีสีของน้ำทิ้ง และมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่อนข้างสูง หากปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะอาจก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ อนุภาคสีอาจขัดขวางการส่องผ่านของแสงลงสู่แหล่งน้ำ ส่งผลให้พืชน้ำและสาหร่ายไม่สามารถ

สังเคราะห์แสงได้ แหล่งน้ำขาดออกซิเจน ทำให้มีผลต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ รวมถึงสีของน้ำทิ้งที่ปล่อยออกมาทำให้แหล่งน้ำเป็นที่น่ารังเกียจของผู้พบเห็น

2.3 สารส้ม

สารส้ม (Ammonium alum หรือ Potassium alum) ชื่อทางวิทยาศาสตร์ : *Aluminium Sulphate* เป็นเกลือเคมีประเภทหนึ่ง มีลักษณะเป็นผลึก หรือก้อนสีขาวใสออกขุ่นเล็กน้อย (ภาพที่ 2.2) มีรสเปรี้ยวฝาด ไม่มีกลิ่น คงทนต่อสภาวะแวดล้อม ละลายน้ำได้ดี เมื่อละลายน้ำจะทำให้น้ำมีค่า pH ลดลงมีสภาพเป็นกรด ปลอดภัยต่อการสัมผัสและสุขภาพ จึงนิยมใช้บำบัดน้ำในครัวเรือน หรือแหล่งจ่ายน้ำทั่วไป ซึ่งมักใช้ร่วมกับสารเคมีชนิดอื่น เช่น โพลิเมอร์ โดยการลดประจุของสารแขวนลอยขนาดเล็ก ด้วยการให้ประจุลบของ SO_4^{2-} เมื่อมีการละลายและแตกตัวในน้ำ ทำให้สารแขวนลอยเกาะกันเป็นก้อนขนาดใหญ่ขึ้น จนเกิดการตกตะกอนในที่สุด

ภาพที่ 2.2 สารส้ม
ที่มา: http://www.menmen-aboutwater.blogspot.com (2012)

1) ประเภทของสารส้ม แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

(1) เกลือซัลเฟตของอะลูมิเนียมหรืออะลูมิเนียมซัลเฟต [$AL_2(SO_4)^3$. XH_2O] ลักษณะเป็นก้อนผงสีขาว

(2) เกลือเชิงซ้อนของโพแทสเซียมหรือโพแทสเซียมอะลั่ม [$AL_2(SO_4)^3$. K_2SO_4 . $24H_2O$] ลักษณะเป็นผลึกใสไม่มีสี

(3) เกลือเชิงซ้อนของแอมโมเนียมหรือแอมโมเนียมอะลั่ม [$AL_2(SO_4)^3$. $(NH_4)2SO_4$ $24H_2O$] ลักษณะเป็นผลึกใสไม่มีสี

2) การนำไปใช้ประโยชน์

(1) การใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรม ส่วนมากจะใช้ในอุตสาหกรรมการประปา รองลง มาได้แก่ อุตสาหกรรมกระดาษ ย้อมผ้า ฟอกหนัง ผสมเป็นยาดับเพลิง สารดับกลิ่น ฟอกสี และผสมทำผงฟูใช้ในการทำขนมปัง เป็นต้น

(2) การใช้เกี่ยวข้องกับผิวหนัง

ใช้ดับกลิ่นตัวได้ทุกส่วนของร่างกายตามที่ต้องการ โดยเฉพาะที่ใต้วงแขน (รักแร้) และเท้า สามารถระงับ กลิ่นได้ร้อยละ 100 นานถึง 24 ชั่วโมง และหน่วงการเกิดกลิ่นได้ไม่ต่ำกว่า 10 ชั่วโมง

(3) ใช้ทาหลังโกนหนวดจะไม่ทำให้เกิดการระคายเคือง ช่วยห้ามเลือดและสมานบาดแผลที่เกิดจากมีดโกนบาด หรือ บาดแผลเล็กน้อย

(4) ใช้ทาที่ส้นเท้าจะรักษาและป้องกันส้นเท้าแตก

(5) ทาแก้คันตามผิวหนังเมื่อถูกยุงกัดหรือคันจากสาเหตุอื่น

2.4 คลอรีนผง

คลอรีนผงหรือเม็ด (Solid Chlorine) เป็นคลอรีนที่อยู่ในรูปของแข็งที่เป็นผงหรือเม็ด เช่น แคลเซียมไฮโปคลอไรต์ ($Ca(OCl)_2$) มีลักษณะเป็นผงสีขาว (ภาพที่ 2.3) มีปริมาณคลอรีนประมาณร้อยละ 65-71 ซึ่งเวลาใช้มักนำมาละลายน้ำก่อน นิยมใช้ในพื้นที่ทุรกันดารที่ยากต่อการขนส่ง มักใช้ในรูปของเหลวในลักษณะต่าง ๆ

ภาพที่ 2.3 คลอรีนผง

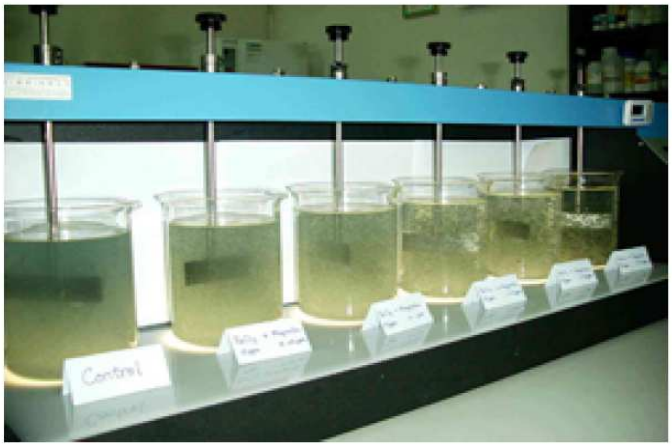
ที่มา: http://www.petmaya.com/dangerous-chlorine (2016)

การนำไปใช้ประโยชน์ ได้แก่ ใช้ในกระบวนการอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น ใช้เป็นส่วนผสมในน้ำยาซักผ้าขาว การใช้คลอรีนฆ่าเชื้อโรค คลอรีนที่ใช้เป็นสารฆ่าเชื้อมีทั้งในรูปของก๊าซ และสารละลาย ซึ่งมีลักษณะการใช้ ได้แก่ การเติมลงในน้ำ การรมก๊าซ และการใช้ทาหรือสำหรับจุ่มล้าง

ผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้ การที่คลอรีนเป็นที่นิยมใช้สำหรับการฆ่าเชื้อ เนื่องจากเป็นสารที่มีราคาถูก คงทนในน้ำได้นาน ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อได้สูง และมีการตกค้างน้อย

2.5 หลักการของเครื่อง Jar test

การสร้างตะกอนเป็นระบวนการทำให้อนุภาคแขวนลอยขาดเสถียรภาพ การเติมสารเคมีในน้ำที่ทำให้เนื่องจากลักษณะสมบัติของน้ำในธรรมชาติที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาและ สถานที่ การใช้สารเคมีในปริมาณที่เหมาะสมจึงต้องอาศัยการทดสอบที่เรียกว่า “Jar Test” ซึ่ง เป็นการทดสอบหาเงื่อนไขที่ความเหมาะสมของการเติมและผสมสารเคมีสำหรับการตกตะกอน และใช้กันแพร่หลายในโรงประปา อุปกรณ์ในการทำ Jar Test ส่วนใหญ่เป็นชุดของอุปกรณ์ (ภาพที่ 2.4) ที่สามารถทำงานพร้อมกันในการทดลองเดียว ซึ่งการทำ Jar Test มีประโยชน์หลายประการ คือ (1) เปรียบเทียบผลของการใช้สารเคมีสร้างตะกอน (ความเข้มข้น ชนิดของสารเคมี) (2) ค่าพีเอชที่เหมาะสม (3) การเติมและควบคุมความเป็นด่าง (4) ระยะเวลาที่ใช้ในการเกิดตะกอน (5) เงื่อนไขที่เหมาะสมที่ใช้ในการกวนเร็วและกวนช้า (5) การทดสอบอื่น ๆ เช่น ค่า zeta potential (electrophoretic mobility)



ภาพที่ 2.4 ตัวอย่างอุปกรณ์ในการทำ Jar test
ที่มา : สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (2560)

2.6 โลหะหนัก

โลหะหนักส่วนใหญ่เป็นธาตุที่เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต โลหะหนักที่มีรายงานพบปนเปื้อนในแหล่งน้ำ ได้แก่ สารหนู แคดเมียม โคบอลต์ โครเมียม ทองแดง เหล็ก ปรอท ตะกั่ว แมงกานีสโมลิบดีนัม นิกเกิล และสังกะสี เป็นต้น โลหะหนักถูกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบการผลิตในหลายภาคส่วน เช่น ในด้านอุตสาหกรรมการผลิตพีวีซี สี และถ่านไฟฉาย ส่วนทางด้านการเกษตรใช้เป็นส่วนผสมของยาฆ่าแมลง

และปุ๋ย เมื่อมีการนำ สิ่งเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์น้ำ ทิ้งจากกิจกรรมเหล่านั้นจึงเป็นปัจจัยสำคัญให้เกิดความเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในการดำรงชีพ โลหะหนักไม่สามารถย่อยสลายได้ในธรรมชาติ และจะสะสมในห่วงโซ่อาหาร ซึ่งหากมีในปริมาณมากเกินเกณฑ์มาตรฐานก็จะทำให้เป็นอันตรายต่อคนได้ความเป็นพิษของโลหะหนัก ขึ้นอยู่กับรูปแบบทางเคมีของสารประกอบของโลหะหนักแต่ละชนิด และเส้นทางที่ร่างกายได้รับเข้าไป

1) ตะกั่ว (Pb) เป็นโลหะหนักมีสีเทาเงิน หรือแกมน้ำเงินเกิดขึ้นตามธรรมชาติ ปัจจุบันอุตสาหกรรมหลายประเภทมีการใช้ตะกั่วเป็นวัตถุดิบเป็นจำนวนมาก เช่น ใช้สังเคราะห์สารเตตะเอทิลเลด (tetraethyllead, TEL $Pb(C_2H_5)_4$) ในเบนซินเพื่อเพิ่มค่าออกเทน (octane number) เมื่อมีการออกซิไดซ์จะได้ PbO ซึ่งจะถูกรีดิวซ์ได้โลหะตะกั่วออกสู่สภาวะแวดล้อม ตะกั่วยังใช้ทำอุปกรณ์อิเล็คโทรนิคและคอมพิวเตอร์ ซึ่งทำให้เกิดการปลดปล่อยตะกั่วและสารประกอบของตะกั่วในรูปของสารมลพิษออกสู่สภาวะแวดล้อม ทำให้มีการปนเปื้อนของตะกั่วทั้งในดิน น้ำ และอากาศ ตะกั่วสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทาง คือ ทางอาหาร ทางการหายใจ และทางผิวหนัง เมื่อสาร ตะกั่วเข้าสู่ร่างกาย ส่วนใหญ่จะจับยึดอยู่กับเม็ดเลือดแดงจะไปลดการสร้าง heme ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเม็ดเลือดแดงโดยไปยับยั้งเอนไซม์ที่เกี่ยวกับการสร้าง heme นอกจากนี้ ตะกั่วยังมีผลต่อตับ หัวใจและเส้นเลือด ภาวะเจริญพันธุ์ โครโมโซม และเป็นก่อให้เกิดโรคมะเร็ง และความพิการแต่กำเนิดอีกด้วย

2) แคดเมียม (Cd) เป็นโลหะมีสีเงิน มีอยู่น้อยตามธรรมชาติ โดยทั่วไปแคดเมียมที่ปนเปื้อนอยู่ในสิ่งแวดล้อมจะพบในแหล่งทำเหมืองสังกะสีและตะกั่ว ในอุตสาหกรรม ยาสูบและบุหรี่ พลาสติกและยาง นอกจากนี้ยังนิยมใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมผลิตแบตเตอรี่ อุปกรณ์ไฟฟ้า โลหะผสม อะไหล่รถยนต์ โลหะผสมในอุตสาหกรรมเพชรพลอยอีกด้วย แคดเมียมที่ปนเปื้อนในน้ำ อาหาร และในยาสูบ เมื่อเข้าสู่ร่างกายจะถูกดูดซึมในกระเพาะอาหาร แล้วแพร่กระจายไปที่ตับ ม้ามและลำไส้ และสะสมเพิ่มขึ้นในปริมาณสูงจะทำให้เกิดมะเร็ง ไตทำงานผิดปกติ นอกจากนี้ยังทำให้เกิดโรคความดันโลหิตสูง ปวดกระดูกสันหลัง แขนขา ซึ่งจะทำให้ไตพิการได้ โรคที่เกิดจากพิษของแคดเมียมเรียกว่า โรคอิไต-อิไต (Itai Itai disease)

3) โครเมียม (Cr) เป็นโลหะหนักในหมู่ VIB ของตารางธาตุมีเลขอะตอมเท่ากับ 24 น้ำหนักอะตอมเท่ากับ 51.996 มีลักษณะเป็นโลหะสีขาวปนน้ำเงินแข็งแต่เปราะ มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดที่อุณหภูมิสูง ใช้ทำโลหะเจือผสมกบโลหะอื่น ๆ เช่น เหล็กและนิกเกิล ผลิตเหล็กปลอดสนิม (stainless steel) ใช้เคลือบโลหะเพื่อป้องกันการผุกร่อน โลหะโครเมียมที่มีความเป็นพิษจะอยู่ในรูปโครเมียมเฮกซะวาเลนส์อิออน (Cr^{6+}) เมื่อเข้าสู่ร่างกายในปริมาณที่เป็นพิษจะทำให้เกิดอาการอาเจียน ถ้าสัมผัสนานจะเกิดแผลพุพองได้

4) ทองแดง (Cu) เป็นโลหะหนักในหมู่ IB ของตารางธาตุจัดเป็นโลหะและโลหะทรานซิชั่น มีเลขอะตอมเท่ากับ 29 น้ำหนักอะตอมเท่ากับ 63.54 มีจุดเดือด 2582 องศาเซลเซียส และจุดหลอมเหลว 1083 องศาเซลเซียส ใช้ทำเส้นลวดไฟฟ้า วงจรไฟฟ้าและเครื่องมือไฟฟ้าต่าง ๆ ใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้างและใช้เคลือบผิวโลหะทองแดงเป็นโลหะที่ร่างกายเราต้องการในปริมาณเล็กน้อย (trace element) เช่น จำเป็นสำหรับกระบวนการเผาผลาญอาหารผู้ใหญ่ต้องการทองแดง 2 มิลลิกรัมต่อวัน และร่างกายคนเรามีทองแดงอยู่ 100-150 มิลลิกรัม ซึ่งทองแดงในปริมาณน้อยจะเป็นประโยชน์แก่ร่างกายแต่ถ้าได้รับในปริมาณสูงก็จะเกิดโทษและเป็นพิษได้ เช่น ถ้าร่างกายได้รับสารประกอบ $CuSO_4$ จำนวน 27 กรัม จะทำให้ตายได้แต่ถ้าได้รับในปริมาณน้อยกว่านี้จะเกิดอาการอาเจียน เหน็บชา และสำลักได้

5) สังกะสี (Zn) มีเลขอะตอม 30 น้ำหนักอะตอม 65.37 เป็นโลหะ มีสีขาวปนน้ำเงินนิยมใช้กันมากเพราะราคาถูกทนการกัดกร่อน มีความหนาแน่นน้อยกว่าทองแดงเล็กน้อย สังกะสีเป็นโลหะที่มีจุดหลอมเหลวต่ำคือประมาณ 419 องศาเซลเซียส มีจุดเดือด 907 องศาเซลเซียส ในทางอุตสาหกรรมในทางอุตสาหกรรมใช้ชุบโลหะ ยารักษาคุณภาพไม้ ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง เช่น โลชั่นบำรุงผิว ยาสระผมขจัดรังแค ยารักษาโรคผิวหนัง ยาฆ่าเชื้อโรค (จุฑาทิพย์ อ้อมกิ่ง, 2557)

2.7 วิธีบำบัดน้ำเสียจากการฟอกย้อม

อุตสาหกรรมฟอกย้อมเป็นอุตสาหกรรมขั้นกลางในกลุ่มอุตสาหกรรมสิ่งทอที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย เนื่องจากช่วยเปลี่ยนวัตถุดิบสิ่งทอจำพวกเส้นด้ายดิบ และผ้าดิบเป็นวัสดุสำเร็จ เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบของอุตสาหกรรมขั้นปลาย หรือจำหน่ายให้ผู้บริโภคโดยตรง ทำให้สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์สิ่งทอ และลดการนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศได้เป็นอย่างดี แต่อุตสาหกรรมฟอกย้อมต้องใช้น้ำในปริมาณมาก เพราะกระบวนการผลิตจะใช้ สารเคมีและสีย้อมชนิดที่เหมาะสมสำหรับปรับปรุงคุณสมบัติของเส้นใย โดยอาศัยน้ำเป็นตัวกลาง เพื่อการล้างทำความสะอาดผ้าในขั้นตอนต่าง ๆ เช่น การลอกแป้ง (Desizing) การกำจัดสิ่งสกปรก (Scouring) การฟอกขาว (Bleaching) การย้อมสี (Dyeing) เป็นต้น ส่งผลให้มีน้ำเสียเกิดขึ้นในปริมาณมากตามไปด้วย (กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, 2556)

น้ำเสียที่ปล่อยมาจากอุตสาหกรรมฟอกย้อม ประกอบด้วย สารแขวนลอย (Suspended solids) และสารอินทรีย์จากกระบวนการย้อมในปริมาณสูง ได้แก่ แป้ง สีย้อม กรดอะซิติก และเส้นใยเส้นด้ายที่ปนเปื้อนออกมาจากกระบวนการผลิต อีกทั้ง ยังมีสารอนินทรีย์ประเภทโลหะหนักจากสีย้อมปนเปื้อนในน้ำทิ้ง เช่น ทองแดง (Cu) ตะกั่ว (Pb) โครเมียม (Cr) โคบอล (Co) สังกะสี (Zn) เป็นต้น โดยน้ำเสียจากการฟอกย้อมมีลักษณะสำคัญคือ การมีสีของน้ำทิ้ง และมีค่าความเป็นกรด-ด่างค่อนข้างสูง หากปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะอาจก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ อนุภาคสี

อาจขัดขวางการส่องผ่านของแสงลงสู่แหล่งน้ำ ส่งผลให้พืชน้ำและสาหร่ายไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ แหล่งน้ำขาดออกซิเจน ทำให้มีผลต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ รวมถึงสีของน้ำทิ้งที่ปล่อยออกมาทำให้แหล่งน้ำเป็นที่น่ารังเกียจของผู้พบเห็น เพื่อลดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม จึงต้องบำบัดน้ำทิ้งให้ได้มาตรฐานก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน โดยส่วนหนึ่งกำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงานไว้ ดังนี้

(1) บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD) ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เวลา 5 วัน ไม่มากกว่า 20 มิลลิกรัมต่อลิตร

(2) สารแขวนลอย (Suspended solids) ไม่มากกว่า 50 มิลลิกรัมต่อลิตร

(3) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ระหว่าง 5.5-9

(4) สี ต้องไม่เป็นที่พึงรังเกียจ

เทคโนโลยีการกำจัดสิ่งเจือปนในน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมฟอกย้อม ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสีย้อมและสารเคมีที่เหลือตกค้างอยู่ในน้ำ สามารถใช้เทคนิคการบำบัดน้ำเสียได้หลายวิธี ดังนี้

1) กระบวนการบำบัดทางกายภาพ (Physical treatment) เป็นการกำจัดสารแขวนลอยด้วยวิธีทางกายภาพ เช่น การแยกเศษขยะออกจากน้ำเสียด้วยตะแกรง การตกตะกอนกรวดทรายโดยอาศัยแรงโน้มถ่วง เพื่อลดภาระการทำงานและเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดในขั้นต่อไป ระบบบำบัดขั้นต้นที่ใช้กันทั่วไป ได้แก่ ตะแกรงดักขยะ (Screen) และถังปรับสภาพ (Equalization)

2) กระบวนการบำบัดทางเคมีกายภาพ (Physicochemical treatment) เทคโนโลยีที่มีการนำมาใช้ในโรงงานฟอกย้อมสิ่งทอในประเทศไทย ได้แก่

ก. การตกตะกอนทางเคมี (Chemical coagulation-flocculation) เป็นวิธีสำหรับแยกสารแขวนลอยที่มีขนาดเล็กออกจากน้ำเสีย โดยใช้สารเคมีในการตกตะกอน เช่น สารส้ม และปูนขาว เป็นต้น นิยมนำมาใช้ในการกำจัดสี และสารอินทรีย์

ข. กระบวนการโอโซนออกซิเดชัน (Ozone oxidation) โอโซน (O_3) เป็นสารออกซิไดซ์ที่มีความสามารถในการย่อยสลายสารอินทรีย์สูง จึงนิยมนำมาใช้ในการย่อยสลายสี และสารอินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียของอุตสาหกรรมฟอกย้อม

ค. การดูดซับ (Adsorption) นิยมใช้การดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ในการกำจัดสีที่ไม่สามารถกำจัดในระบบตกตะกอนทางเคมี หรือระบบบำบัดทางชีวภาพ มักใช้เป็นระบบขั้นสุดท้ายก่อนระบายน้ำทิ้งออกจากโรงงาน แต่ถ่านกัมมันต์อาจมีราคาแพงและไม่คุ้มค่ากับการนำมาใช้ใหม่ สารดูดซับที่ราคาถูกและมีประสิทธิภาพดี เช่น ไคโตซาน และแทนนิน ถูกนำมาพัฒนาเม็ดบีดไคโตซาน-แทนนิน เพื่อใช้กำจัดสีในน้ำเสีย

ง. การกรอง (Filtration) นิยมใช้เป็นถังกรองทราย มักใช้เป็นระบบขั้นสุดท้ายก่อนระบายน้ำทิ้ง ทำหน้าที่กรองสารแขวนลอย หรือตะกอนเบาที่หลุดออกมาจากระบบบำบัดก่อนหน้า

จ. กระบวนการไฟฟ้าเคมี (Electrochemical process) เป็นกระบวนการที่มีความสัมพันธ์ระหว่างเคมีและพลังงานไฟฟ้า เรียกว่า ปฏิกิริยารีดอกซ์ สามารถกำจัดสีรีแอกทีฟในน้ำเสียได้

นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาวิธีการบำบัดน้ำเสียแบบใหม่ที่อาศัยกระบวนการทางกายภาพร่วมกับทางเคมี เรียกว่า วิธีออกซิเดชันแบบก้าวหน้า (Advanced oxidation process, AOPs) โดยการนำโฟโตคะตะลิสต์ชนิดซิงค์ออกไซด์ (ZnO photocatalyst) มาใช้เพื่อสลายสีย้อมอินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย (ศุภมาส ด่านวิทยากุล, 2556)

3) กระบวนการบำบัดทางชีวภาพ (Biological treatment) วิธีนี้มีวัตถุประสงค์หลักคือ การกำจัดบีโอดีที่ก่อให้เกิดปัญหาน้ำเน่าเสีย โดยอาศัยจุลินทรีย์มาย่อยสลายเปลี่ยนสภาพของสารอินทรีย์ต่าง ๆ ไปเป็น CO_2 (ถ้าใช้ระบบเติมอากาศ) หรือไปเป็น CH_4 และ H_2S (ถ้าใช้ระบบไม่เติมอากาศ) สามารถแบ่งออกเป็น 3 ระบบ คือ

ก. ระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic treatment process) ได้แก่ ระบบแอกติเวทเต็ดสลัดจ์ (Activated sludge) และบ่อเติมอากาศ (Aerated lagoon)

ข. ระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic treatment process) ได้แก่ ระบบบ่อไร้ออกซิเจน (Anaerobic ponds)

ค. ระบบบำบัดน้ำเสียที่เลียนแบบกลไกทางธรรมชาติ ได้แก่ ระบบบ่อปรับเสถียร (Stabilization ponds)

ทั้งนี้ ยังมีเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพอื่น ๆ ที่สามารถนำมาใช้กำจัดสีจากน้ำเสียในอุตสาหกรรมฟอกย้อม ได้แก่ การดูดซับด้วยสาหร่าย (Algae absorption) การย่อยสลายโดยเชื้อรา (Fungi decomposition) และการย่อยสลายด้วยแบคทีเรีย (Bacteria decomposition)

การเลือกใช้เทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมฟอกย้อม สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงคือ ลักษณะของน้ำเสีย เนื่องจากน้ำเสียจากการฟอกย้อมมีความหลากหลาย และแปรผันสูง การเลือกใช้เทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมกับลักษณะของน้ำเสีย ส่งผลให้การบำบัดน้ำเสียมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น อีกทั้ง ยังมีปัจจัยอื่นสำหรับพิจารณาในการเลือกใช้เทคโนโลยีการบำบัด เช่น ปริมาณน้ำเสีย ประสิทธิภาพของเทคโนโลยี ค่าใช้จ่าย เป็นต้น

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัย

รวินิภา ศรีมูล (2559) กล่าวว่า สีย้อมที่ปนเปื้อนในน้ำเสียมีที่มาจากหลายแหล่ง ส่วนใหญ่ย่อยสลายได้ยาก เป็นสารก่อมะเร็ง ปิดกั้นแสงที่ลงสู่แหล่งน้ำและทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงลดลง รวมทั้งทำให้เสียทัศนียภาพ น้ำเสียที่ปนเปื้อนสีย้อมจึงควรได้รับการบำบัดก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ กระบวนการดูดซับเป็นวิธีการหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดสีย้อมได้ดี

กรมวิทยาศาสตร์บริการ (2559) ศึกษาการการบำบัดสีย้อมการการย้อมผ้าดำ โดยใช้สารส้มผสมกับคลอรีนในอัตราส่วน 3:1 พบว่า ทำให้การตกตะกอนดีขึ้น สามารถกำจัดสีและความสกปรกในรูปของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ได้ร้อยละ 80-90 ขึ้นอยู่กับสี โดยหากเป็นสีดำจะมีประสิทธิภาพการบำบัดประมาณร้อยละ 85

สุเทพ สิริวิทยาปกรณ์ และวีระนุช บุญรุ่ง (2553) ศึกษากระบวนการสร้างตะกอนในน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อม พบว่า สภาวะที่เหมาะสมเฉลี่ยที่ pH 7.40 และปริมาณสารสร้างตะกอน 4.00 กรัมต่อลิตร และอะลูมิเนียมซัลเฟต ให้ประสิทธิภาพในการบำบัด COD ได้ร้อยละ 42.96 สภาวะที่เหมาะสมเฉลี่ยที่ pH 7.20 และปริมาณสารสร้างตะกอน 2.56 กรัมต่อลิตร ส่วนการบำบัดสี พบว่าโพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์ให้ประสิทธิภาพในการบำบัดดีที่สุด รองลงมาคือ อะลูมิเนียมซัลเฟต และเฟนตัน เท่ากับร้อยละ 86.73 76.28 และ 52.83 ตามลำดับ

วรรษวรรณ เที่ยงวรรณกานต์ (2546) ศึกษาการบำบัดน้ำเสียสีย้อมรีแอกทีฟโดยการใช้กระบวนการรวมตะกอนด้วยไฟฟ้าและการตกตะกอนทางเคมี ซึ่งแบ่งเป็น 3 การทดลอง การทดลองที่ 1 ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดของการรวมตะกอนด้วยไฟฟ้า ในการกำจัดสีในน้ำเสียสังเคราะห์สีแดง (CI Reactive Red 180) ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งจะปรับเปลี่ยนชนิดของขั้วไฟฟ้าโดยใช้ขั้วเหล็ก อะลูมิเนียม และแสตนเลส ปรับเปลี่ยนค่าความต่างศักย์ 3 ค่า คือ 10 20 และ 30 โวลต์ ปรับเปลี่ยนค่าเวลาเก็บกักตั้งแต่ 0.5-3 ชั่วโมง ขนาดพื้นที่หน้าตัดของขั้วไฟฟ้า 8 ค่า คือ 0.5x6.5, 3x6.5, 4x6.5, 5x6.5, 6.5x6.5, 8x6.5 และ 11x6.5 ตารางเซนติเมตร ค่าพีเอช 4 ค่า คือ พีเอช 3 พีเอช ปกติ พีเอช 7 และพีเอช 10 และปรับค่าความนำไฟฟ้าให้เท่ากับค่าความนำไฟฟ้าของน้ำเสียรวมและน้ำเสียจากหม้อย้อมเป็น 7.2 ms/cm กับ 72 ms/cm พบว่าสภาวะที่เหมาะสม คือ ใช้ขั้วเหล็กขนาด 3x6.5 cm ขึ้นไป ใช้ความต่างศักย์ที่ 30 โวลต์ โดยใช้เวลา 1.5 ชั่วโมง ถ้าไม่ปรับค่าความนำไฟฟ้า แต่ถ้าปรับค่าความนำไฟฟ้าเป็น 7.2 ms/cm จะใช้ความต่างศักย์ที่ 6.4 โวลต์ และเวลาที่ใช้จะเหลือเพียง 30 นาที และการทดลองที่ 2 จะศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการตกตะกอนทางเคมี ที่ไม่ผ่านและหลังผ่านการรวมตะกอนด้วยไฟฟ้า จากผลการทดลองพบว่าการใช้วิธีการรวมตะกอนด้วยไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว ก็สามารถกำจัดสีได้มีประสิทธิภาพเป็นอย่างดี ซึ่งไม่จำเป็นต้องใช้กระบวนการตกตะกอนทางเคมีร่วมด้วย โดยสามารถกำจัดสีได้สูงมากถึงร้อยละ 96 ขึ้นไป ส่วนประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีไม่สูงมากนักเพียงร้อยละ 55 ซึ่งยืนยันได้ว่าการกำจัดสีไม่ได้เกิด

จากการตกตะกอนของสีย้อมเพียงอย่างเดียว แต่สีมีการเปลี่ยนโครงสร้างของสีย้อมโดยเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น พีเอชของน้ำหลังการทดลองมีค่าสูงมากขึ้นเท่ากับ 9 อุณหภูมิมีค่าสูงขึ้นถึง 38 องศาเซลเซียส เนื่องจากกระแสไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน ปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้นเท่ากับ 40 มิลลิกรัมต่อลิตร การทดลองที่ 3 คือการศึกษาหาประสิทธิภาพการกำจัดสีของน้ำเสียจริงจากโรงฟอกย้อม โดยใช้น้ำเสียรวมก่อนผ่านการบำบัดและน้ำเสียจากหม้อย้อมซึ่งมีความเข้มข้นสี 500 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้สภาวะที่เหมาะสมจากการทดลองข้างต้น แต่มีการเปลี่ยนระยะเวลาที่ใช้ทดลองและค่าความต่างศักย์เป็น 2 นาที และ 6.4 โวลต์ สำหรับน้ำเสียรวม เนื่องจากมีค่าความเข้มสีน้อยลงและค่าความนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ค่าไฟฟ้าเท่ากับ 2.7 บาทต่อลูกบาศก์เมตร และสำหรับน้ำเสียจากหม้อย้อมจะใช้เวลาเท่ากับ 1.5 ชั่วโมง เพราะความเข้มสีสูงขึ้นและความต่างศักย์เท่ากับ 2 โวลต์ เนื่องจากค่าความนำไฟฟ้ามีค่าเพิ่มขึ้นมาก ซึ่งมีผลต่อค่าความต้านทานไฟฟ้าและค่าความต่างศักย์ โดยค่าไฟฟ้าเท่ากับ 31.95 บาทต่อลูกบาศก์เมตร จากผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดสีจะมากถึงร้อยละ 85 และ 98 ขึ้นไป

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุและอุปกรณ์ และสารเคมี

1) วัสดุ

น้ำเสียสีย้อมกระจูดของแต่ละพื้นที่ในพื้นที่หมู่ 1, 2 และ 13 ของตำบลพนางตุง อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง

2) อุปกรณ์

- เครื่อง Jar test
- เครื่องวัดพีเอช (pH meter) รุ่น HK-7E บริษัท Tokyo TOA Electronic
- เครื่องชั่งทศนิยม 3 ตำแหน่ง รุ่น BP210-s บริษัท Sartorius
- เครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge) รุ่น Z206A ยี่ห้อ HERMLE
- เครื่องเขย่า (shaker)

3) สารเคมี

- สารส้ม
- คลอรีน
- Potassium Dichromate ($K_2Cr_2O_7$)
- Sulfuric acid (H_2SO_4)
- Ferroin Indicator Solution
- Standard Ferrous Ammonium sulfate (FAS)
- $AgSO_4$

3.2 วิธีการทดลอง

1) ศึกษาปริมาณน้ำเสียสีย้อมกระจูดที่เกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่

ลงพื้นที่เก็บข้อมูลปริมาณนำเสียสีย้อมกระจูดที่เกิดในแต่ละวันของแต่ละพื้นที่ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบถังบำบัดน้ำเสีย

2) วิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำเสียสีย้อมกระจูด

สุ่มตัวอย่างน้ำเสียสีย้อมกระจูดของแต่ละพื้นที่ในพื้นที่หมู่ 1, 2 และ 13 ของตำบลพนางตุง อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง แล้วนำมาวิเคราะห์ลักษณะของน้ำทิ้งฯ ได้แก่ ค่าพีเอช (pH), ปริมาณโลหะหนัก, ซีโอดี (chemical oxygen demand, COD), ของแข็งทั้งหมด (total solid, TS), สารแขวนลอย (suspended solid, SS) โดยใช้วิธีมาตรฐานในการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำเสีย (APHA,

AWWA, and WCPF, 2005) และวิเคราะห์หาโลหะหนักในน้ำเสียสีย้อมโดยด้วยเทคนิค flame atomic absorption spectrophotometry (FAAS)

3) ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของสารส้มกับคลอรีนในการตกตะกอนน้ำเสีย

(1) นำน้ำเสียสีย้อมกระจูดปริมาตร 500 มิลลิลิตร มาใส่ในบีกเกอร์ขนาด 1000 มิลลิลิตร

(2) เติมสารส้มผงและคลอรีนผงละลายในน้ำ ในอัตราส่วนต่าง ๆ ดังนี้ 7:1, 6:1, 5:1, 4:1, 3:1 และ 2:1 (กรัมต่อกรัมต่อน้ำเสีย 1 ลิตร) (สารส้มต่อคลอรีน) (ดัดแปลงจากกรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2559) แล้วคนให้ละลายเข้าด้วยกัน

(3) นำไปตกตะกอนด้วยเครื่อง Jar test โดยกวนเร็ว 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที และกวนช้า 30 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที สังเกตและบันทึกผลและทิ้งให้ตกตะกอนเป็นเวลา 20 นาที

(4) นำส่วนใสที่ได้ของแต่ละอัตราส่วนไปวิเคราะห์คุณลักษณะของน้ำที่ผ่านการตกตะกอน ได้แก่ ค่าพีเอช (pH), ปริมาณโลหะหนัก, ซีโอดี (chemical oxygen demand, COD), ของแข็งทั้งหมด (total solid, TS), สารแขวนลอย (suspended solid, SS)

4) การประยุกต์ใช้วิธีการตกตะกอนน้ำเสียสีย้อมกระจูดในพื้นที่

เมื่อได้อัตราส่วนของสารส้มต่อคลอรีนที่เหมาะสมแล้ว นำผลการทดลองที่ได้ไปบำบัดน้ำเสียในพื้นที่หมู่ 1, 2 และ 13 ของตำบลพนางตุง อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปราย

4.1 การศึกษาอัตราส่วนของสารส้มต่อคลอรีนในการตกตะกอนน้ำเสียสีย้อมกระจูดสังเคราะห์

จากการศึกษาการตกตะกอนน้ำเสียสีย้อมกระจูดสังเคราะห์ด้วยสารส้มร่วมกับคลอรีน (ภาพที่ 4.1) พบว่า ค่าพีเอชก่อนการตกตะกอนอยู่ในช่วง 5.87-5.95 หลังจากการตกตะกอนค่าพีเอชอยู่ในช่วง 3.88-4.10 (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 ค่าพีเอชก่อนและหลังตกตะกอนน้ำเสียสีย้อมกระจูดสังเคราะห์

อัตราส่วนสารส้มต่อคลอรีนต่อน้ำ 1 ลิตร (กรัมต่อกรัม)	ค่าพีเอชก่อนตกตะกอน	ค่าพีเอชหลังตกตะกอน
2 : 1	5.87	3.88
3 : 1	5.91	4.10
4 : 1	5.93	4.01
5 : 1	5.95	3.94
6 : 1	5.93	3.90
7 : 1	5.95	3.86

การศึกษาอัตราส่วนระหว่างสารส้มและคลอรีนในการบำบัดน้ำเสียสีย้อม โดยใช้อัตราส่วน 7:1, 6:1, 5:1, 4:1, 3:1 และ 2:1 ในน้ำเสียสีย้อมสังเคราะห์ที่เตรียมขึ้นโดยไม่ผ่านการนำไปย้อมกระจูด ไปทำการตกตะกอนด้วยเครื่อง Jar test (ภาพที่ 4.1) พบว่าน้ำเสียสังเคราะห์มีสีใส เกิดการตกตะกอนนอนก้อน จับตัวกันเป็นก้อนดี และปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้นในแต่ละอัตราส่วนแสดงดังตารางที่ 4.2

ก่อน

หลัง

ภาพที่ 4.1 การบำบัดน้ำเสียสีย้อมโดยใช้สารส้มร่วมกับคลอรีนที่ผ่านการกวนด้วยเครื่อง Jar test

ตารางที่ 4.2 ปริมาณตกตะตอนของน้ำเสียสีย้อมกระจูดสังเคราะห์ปริมาตร 500 มิลลิลิตร

เวลา	ปริมาณตะกอนที่อัตราส่วนต่าง ๆ (มิลลิลิตร)					
(นาที)	2 : 1	3 : 1	4 : 1	5: 1	6 : 1	7: 1
15	100	90	90	70	70	50
30	100	90	90	70	70	50
45	100	90	80	70	50	50
60	100	90	80	70	50	50

4.2 ลักษณะของน้ำเสียสีย้อมกระจูด

ลักษณะของน้ำเสียสีย้อมกระจูดมีความแตกต่างกันขึ้นกับแหล่งที่มาของน้ำเสีย ผลการวิเคราะห์น้ำน้ำเสียสีย้อมกระจูดของพื้นที่ตำบลพนางตุง อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง จากการวิเคราะห์ พบว่า น้ำเสียมีลักษณะสีดำคล้ำ มีกลิ่นเหม็น มีค่าพีเอช เท่ากับ 5.88 ± 0.01 ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปของซีโอดี (Chemical Oxygen Demand, COD) เท่ากับ 21,000 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solids, TS) เท่ากับ 10,350 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids, SS) เท่ากับ 1.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งอุตสาหกรรมในทุกพารามิเตอร์ ดังตารางที่ 4.3 จึงจำเป็นที่จะต้องมีการบำบัดก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ตารางที่ 4.3 ลักษณะของน้ำเสียสีย้อมกระจูด

พารามิเตอร์	น้ำเสียสีย้อมกระจูด	ค่ามาตรฐาน
พีเอช	4.50	5.5-9
ซีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	21,600	120
ของแข็งทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)	10,350	3000
ของแข็งทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)	1.8	50

4.3 การศึกษาอัตราส่วนของสารส้มต่อคลอรีนที่เหมาะสมต่อการตกตะกอนน้ำเสียสีย้อมกระจูด

หลักจากการบำบัดน้ำเสียสีย้อมกระจูดโดยใช้สารส้มร่วมกับคลอรีนที่อัตราส่วนต่าง ๆ พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสม คือ อัตราส่วน 3 : 1 (สารส้มต่อคลอรีน) จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำหลังการบำบัด พบว่า มีค่าซีโอดี เท่ากับ 612 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณของแข็งทั้งหมด เท่ากับ 1,550 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณของแข็งแขวนลอย เท่ากับ 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีประสิทธิภาพในการบำบัดร้อยละ 91.17, 85.02 และ 83.33 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.4)

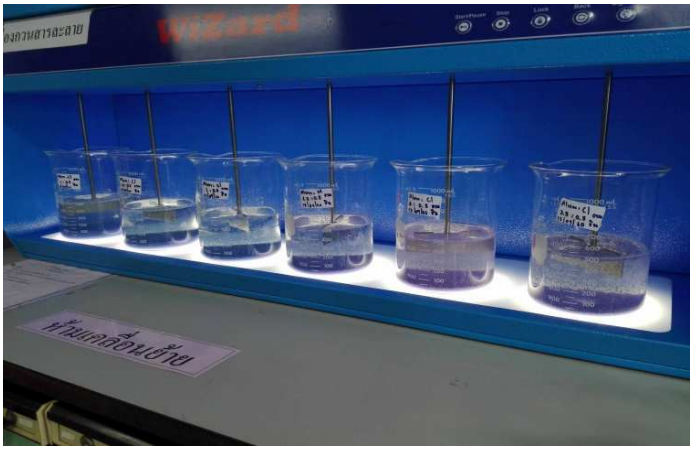
จากผลการวิเคราะห์ค่าซีโอดีของน้ำเสียสีย้อมกระจูดที่ผ่านการบำบัดแล้วในอัตราส่วนสารส้มต่อคลอรีนในอัตราส่วน 3: 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 612 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยค่าก่อนการบำบัดเท่ากับ 21,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีร้อยละ 91.2 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ พิเชษฐ์ หนูหมื่น (2557) ได้ทำการดูดซับสีในน้ำเสียจากกระบวนการทำผ้าบาติกด้วยอิฐมอญบด มีค่าก่อนการบำบัดและหลังบำบัด เท่ากับ 4,760 และ 2,414 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ มีประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีร้อยละ ร้อยละ 49.3 เมื่อเทียบกับการบำบัดด้วยสารส้มและคลอรีน พบว่า สารส้มและคลอรีนมีประสิทธิภาพในการบำบัดได้ดีกว่า

ตารางที่ 4.4 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสีย้อมกระจูดด้วยสารส้มและคลอรีนในอัตราส่วน 3:1

พารามิเตอร์	ก่อนการบำบัด (มิลลิกรัมต่อลิตร)	หลังการบำบัด (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)	ค่ามาตรฐาน
COD	21,000	612	91.17	120
TS	10,350	1,550	85.02	3000
SS	1.8	0.3	83.33	50

การกวนผสมร่วมระหว่างสารส้มต่อคลอรีนในอัตราส่วน 7:1, 6:1, 5:1, 4:1, 3:1 และ 2:1 (กรัมต่อกรัมต่อน้ำเสีย 1 ลิตร) โดยใช้เครื่อง Jar test ในอัตราความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที เป็น

เวลา 1 นาที และกวนช้า 30 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที (ภาพที่ 4.2) พบว่า หลังจากมีการกวนผสมสารส้มต่อคลอรีนตามอัตราส่วนดังกล่าวข้างต้น ทุกอัตราส่วนมีการตกตะกอน



ภาพที่ 4.2 การกวนผสมร่วมระหว่างสารส้มต่อคลอรีนในอัตราส่วน 7:1, 6:1, 5 1, 4:1, 3:1 และ 2:1 (กรัมต่อกรัมต่อน้ำเสีย 1 ลิตร)

เมื่อเวลาผ่านไปเกิดการตกตะกอน แล้วนำส่วนใสมาเปรียบเทียบกับน้ำเสียเริ่มต้น ดังภาพที่ 4.3 ทั้งนี้ในแต่ละอัตราส่วนให้ประสิทธิภาพในการตกตะกอนใกล้เคียงกัน จึงเลือกอัตราส่วน 3 : 1 เพื่อเป็นการลดปริมาณของสารเคมีและเพื่อเป็นการลดต้นทุนในการบำบัดเสีย ซึ่งพบว่าสอดคล้องกับวิจัยของกรมวิทยาศาสตร์บริการ (2559) ได้ศึกษาการบำบัดสีย้อมผ้าสีดำโดยใช้สารส้มต่อคลอรีน ในอัตราส่วน 3 : 1 พบว่า ทำให้ตกตะกอนดีขึ้น สามารถกำจัดสีและความสกปรกในรูปสารอินทรีย์และอนินทรีย์ได้ ร้อยละ 80-90 ขึ้นอยู่กับสีโดยหากเป็นสีดำจะมีประสิทธิภาพการบำบัดร้อยละ 85

ภาพที่ 4.3 น้ำเสียสีย้อมก่อนกวนผสม (ซ้าย) และน้ำส่วนใสหลังตกตะกอน (ขวา)

4.4 การศึกษาอัตราส่วนของสารส้มต่อคลอรีนที่เหมาะสมต่อการตกตะกอนน้ำล้างสีย้อมกระจูด

น้ำล้างสีย้อมกระจูดคือ น้ำที่นำมาล้างกระจูดที่ผ่านการย้อมในขั้นตอนแรกเรียบร้อยแล้ว จากการศึกษาวิเคราะห์ พบว่าน้ำล้างมีลักษณะสีดำคล้ำ มีกลิ่นเหม็น มีค่าพีเอช เท่ากับ 5.09 ค่าซีโอดี เท่ากับ 5,600 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณของแข็งทั้งหมด เท่ากับ 1,550 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณของแข็งแขวนลอย เท่ากับ 0.83 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งอุตสาหกรรมในทุกพารามิเตอร์ (ตารางที่ 4.5) จึงจำเป็นที่จะต้องมีการบำบัดน้ำล้างสีย้อมก่อนปล่อยลงสู่สิ่งแวดล้อม

ตารางที่ 4.5 ลักษณะของน้ำล้างสีย้อมกระจูด

พารามิเตอร์	น้ำเสียสีย้อมกระจูด	ค่ามาตรฐาน
พีเอช	5.09	5.5-9
ซีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	5,600	120
ของแข็งทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)	1,550	3000
ของแข็งทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.83	50

หลักจากการบำบัดน้ำล้างสีย้อมกระจูดโดยใช้สารส้มร่วมกับคลอรีน โดยอัตราส่วนที่เหมาะสม คือ อัตราส่วน 3 : 1 จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำหลังการบำบัด พบว่า มีค่าซีโอดี เท่ากับ 52 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณของแข็งทั้งหมด เท่ากับ 655 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณของแข็งแขวนลอย เท่ากับ 99.07 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีประสิทธิภาพในการบำบัดร้อยละ 99.07, 57.74 และ 100 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.6)

ตารางที่ 4.6 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำล้างสีย้อมกระจูดด้วยสารส้มและคลอรีนในอัตราส่วน 3:1

พารามิเตอร์	ก่อนการบำบัด (มิลลิกรัมต่อลิตร)	หลังการบำบัด (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)	ค่ามาตรฐาน
COD	5,600	52	99.07	120
TS	1,550	655	57.74	3000
SS	0.83	0	100	50

4.5 ปริมาณโลหะหนักในน้ำเสียสีย้อมและน้ำล้างสีย้อมกระจูดก่อนและหลังการบำบัด

การทำให้สีย้อมมีความคงทน และเพิ่มความสดใสของสีจึงมีการใช้สารโลหะหนัก ได้แก่ แมงกานีส ทองแดง อาร์เซนิค แคดเมียม โครเมียม ตะกั่ว โคบอลต์ ปรอท และสังกะสี ด้วย เหตุนี้ ใน

น้ำเสียฟอกย้อมจึงมีการปนเปื้อนของโลหะหนัก ก่อให้เกิดปัญหาความเป็นพิษของโลหะหนัก (สุกานดา กาสังข์, 2548 อ้างถึงในจรียา ยิ้มรัตนบวร, 2558)

จากการทดลองวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก พบว่า ในน้ำเสียสีย้อมและน้ำล้างกระจูดมีโลหะอยู่ 5 ชนิด ประกอบด้วยทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) ตะกั่ว (Pb) แคดเมียม Cd และโครเมียม (Cr) หลังจากตกตะกอนด้วยสารส้มร่วมกับคลอรีนที่อัตราส่วน 3:1 ในส่วนของน้ำเสียสีย้อมกระจูด มีประสิทธิภาพการบำบัดโลหะสูงสด คือ สังกะสี (ร้อยละ 66.55) รองลงมาคือ ทองแดง (ร้อยละ 60.30) โครเมียม (ร้อยละ 51.38) ตะกั่ว (ร้อยละ 32.10) และแคดเมียม (ร้อยละ 12.90) ตามลำดับ และน้ำล้างสีย้อมกระจูด มีประสิทธิภาพการบำบัดโลหะสูงสด คือ โครเมียม (ร้อยละ 70.45) รองลงมาคือ ตะกั่ว (ร้อยละ 41.37) ทองแดง (ร้อยละ 23.08) และสังกะสี (ร้อยละ 6.82) ตามลำดับ (ตารางที่ 4.7)

ตารางที่ 4.7 ปริมาณโลหะหนักในน้ำเสียสีย้อมและน้ำล้างสีย้อมกระจูดก่อนและหลังการบำบัด

โลหะหนัก	น้ำเสียสีย้อมกระจูด (มิลลิกรัมต่อลิตร)			น้ำล้างสีย้อมกระจูด (มิลลิกรัมต่อลิตร)		
	ก่อนการบำบัด	หลังการบำบัด	ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)	ก่อนการบำบัด	หลังการบำบัด	ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)
Cu	1.36	0.54	60.30	0.52	0.40	23.08
Zn	68.73	22.99	66.55	25.51	23.77	6.82
Pb	8.66	5.88	32.10	2.78	1.63	41.37
Cd	0.62	0.54	12.90	0.00	0.00	0.00
Cr	5.06	2.46	51.38	2.20	0.65	70.45

บทที่ 5

สรุปและข้อเนอแนะ

5.1 สรุป

การบำบัดน้ำเสียสีย้อมกระจูดโดยใช้สารส้มร่วมกับคลอรีนที่อัตราส่วนต่าง ๆ พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสม คือ อัตราส่วน 3 : 1 (สารส้มต่อคลอรีน) จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำหลังการบำบัด พบว่า มีค่าซีโอดี เท่ากับ 612 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณของแข็งทั้งหมด เท่ากับ 1,550 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณของแข็งแขวนลอย เท่ากับ 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีประสิทธิภาพในการบำบัดร้อยละ 91.17, 85.02 และ 83.33 ตามลำดับ

จากการทดลองวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก พบว่า ในน้ำเสียสีย้อมและน้ำล้างกระจูดมีโลหะอยู่ 5 ชนิด ประกอบด้วยทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) ตะกั่ว (Pb) แคดเมียม Cd และโครเมียม (Cr) หลังจากตกตะกอนด้วยสารส้มร่วมกับคลอรีนที่อัตราส่วน 3:1 ในส่วนของน้ำเสียสีย้อมกระจูด มีประสิทธิภาพการบำบัดสังกะสีสูงสดร้อยละ 66.55 และน้ำล้างสีย้อมกระจูด มีประสิทธิภาพการบำบัดโครเมียมสูงสุดร้อยละ 70.45

5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ควรมีการเจือจางน้ำเสียสีย้อม ก่อนการกวนผสมระหว่างสารส้มและคลอรีนเพื่อให้การตกตะกอนมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

2. การบำบัดน้ำเสียโดยใช้สารส้มร่วมกับคลอรีนจะทำให้น้ำมีค่าเป็นกรดสูง เนื่องจากสารส้มมีสภาพเป็นกรด จึงควรทำการศึกษาและหาแนวทางในการแก้ไขปรับสภาพน้ำให้มีค่าประมาณ 5.5 – 9.0 ก่อนการปล่อยน้ำลงสู้แม่น้ำ

5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาค้นคว้าต่อไป

1. ควรมีการเพิ่มอัตราส่วนคลอรีนให้มากขึ้น เพื่อช่วยในการบำบัดน้ำเสียสีย้อมให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2. ควรศึกษาการกรองน้ำเสียสีย้อมกระจูดด้วยตัวกรองจากวัสดุธรรมชาติก่อนนำมาตกตะกอน

3. พัฒนาวิธีบำบัดน้ำเสียด้วยเทคนิคทางไฟฟ้าร่วมกับการใช้พลังงานธรรมชาติ

บรรณานุกรม

กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. ***คู่มือแนวทางการจัดการสีน้ำทิ้งของโรงงานฟอกย้อมสิ่งทอ***.[ออนไลน์] [อ้างถึงวันที่ 10 มกราคม 2560] เข้าถึงจาก : http://www.diw.go.th/hawk/job/1_8.pdf

กรมวิทยาศาสตร์บริการ. (2559). ***บำบัดน้ำเสียจากย้อมผ้าสีดำด้วยเทคนิคจากกรมวิทย์บริการ***, 27 ตุลาคม 2559.

จรียา ยิ้มรัตนบวร. (2558). ***การคาดการณ์การใช้งานระบบพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์แบบไหลใต้ผิวดินตัวกลาง หินดินดานในการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมฟอกย้อม***. รายงานการวิจัย สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ชัยยุทธ ช่างสาร และเลิศณรงค์ ศรีพนม. (2543). ***เคมีประยุกต์.*** สำนักพิมพ์ ว.เพ็ชรสกุล, กรุงเทพฯ.

ประเสริฐ ตปนียางกูร. (2536). แนวทางการป้องกันและลดปัญหามลพิษในอุตสาหกรรมฟอกย้อม", ***วารสาร TTIS Textile Digest***, ปีที่ 12, ฉบับที่ 6, หน้า 27-41.

พิเชษฐ์ หนูหมื่น.(2557). **การดูดซับสีในน้ำเสียจากกระบวนการทำผ้าบาติกด้วยอิฐมอญบด.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ศุภมาส ด่านวิทยากุล. ซิงค์ออกไซด์กับการบำบัดน้ำเสียปนเปื้อนสีย้อมผ้า. ***เทคโนโลยีวัสดุ***, กรกฎาคม-กันยายน, 2556, ฉบับที่ 70, หน้า 39-50.

สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (2560). ***ปฏิบัติการ 2. การสร้างตกตะกอน (Coagulation) ด้วยวิธี Jar Test***. หน้า 10-13.

สุเทพ สิริวิทยาปกรณ์ และวีระนุช บุญรุ่ง (2553).การกำจัดสารอินทรีย์และสีด้วยกระบวนการเฟนตันและกระบวนการสร้างตะกอนในน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อม, ***Kasetsart Engineering Journal (Thailand)***, ปีที่ 23 ฉบับที่ 72 หน้า 10-16.

สุกานดา กาสังข์. (2548). ***การพัฒนาและปรับปรุงวัสดุดูดซับราคาถูกเพื่อใช้ในการกำจัดสีย้อมรีแอคทีฟและสีย้อมเบสิก***. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

อภิชาต สนธิสมบัติ. (2540). การปรับปรุงและเพิ่มผลผลิตในโรงย้อม. ***วารสารคัลเลอร์เวย์***. ปีที่ 2. ฉบับที่ 11. หน้า 42-46

อังคณา อมรศรี. (2544). สีย้อม. ***วารสารคัลเลอร์เวย์***. ปีที่ 6. ฉบับที่ 35. หน้า 16.

APHA, AWWA and WEF. (2005). **Standard Method for the Examination of Water and Wastewater**, 21th Edition, American Public Health Association, Washington D.C.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ลงพื้นที่

ภาพภาคผนวกที่ 1 สถานที่บริเวณรอบหมู่บ้าน

ภาพภาคผนวกที่ 2 บริเวณหลังหมู่บ้าน

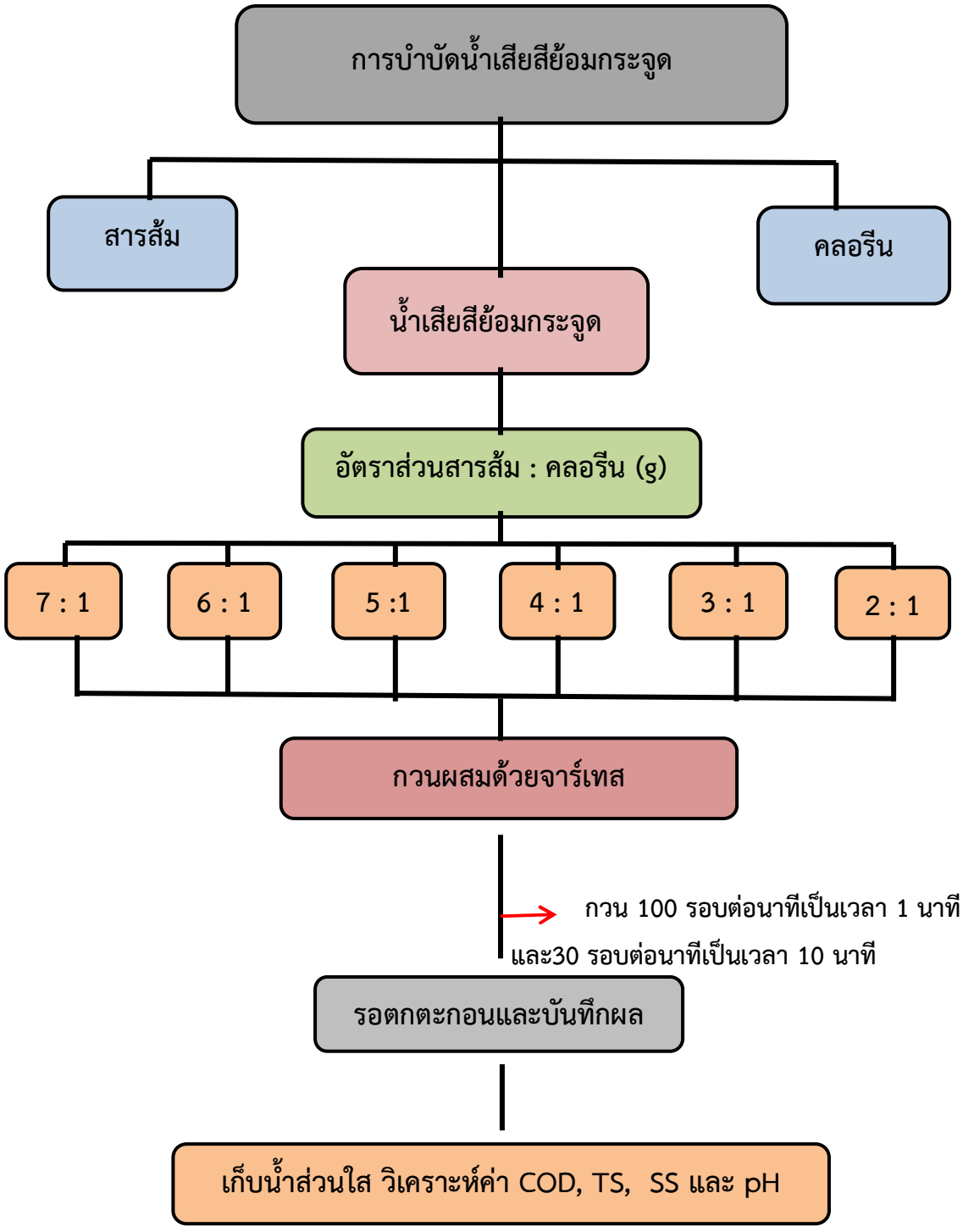
ภาพภาคผนวกที่ 3 บริเวณคูน้ำ

ภาพภาคผนวกที่ 4 กระจูด

ภาพภาคผนวกที่ 5 กระจูดที่ผ่านการบำบัดสีย้อม

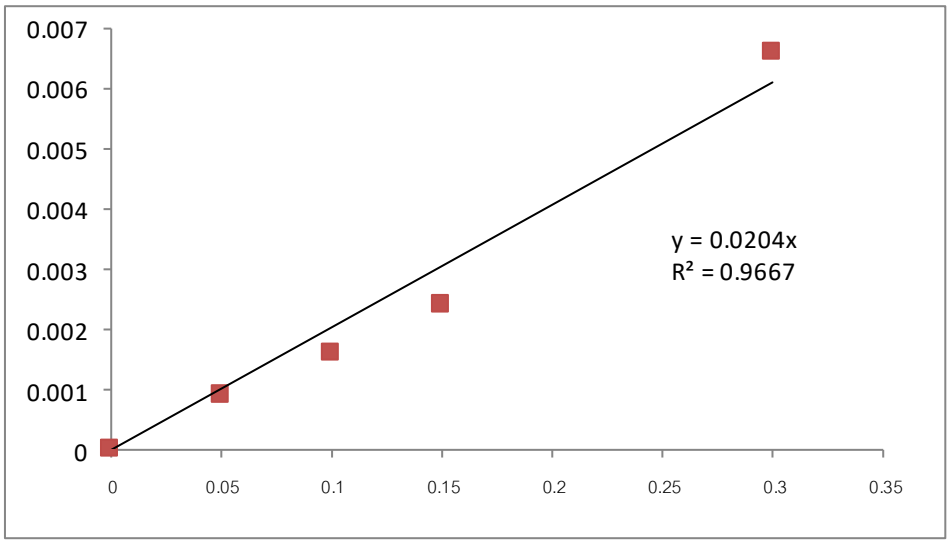
ภาพภาคผนวกที่ 6 ถังเก็บน้ำเสียสีย้อม

ภาคผนวก ข แผนผังแสดงขั้นตอนการศึกษา

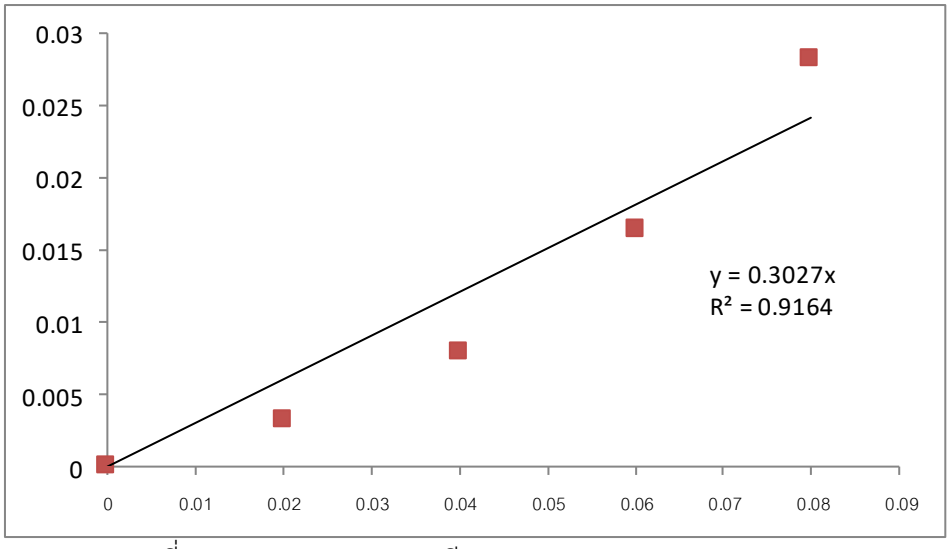


ภาพภาคผนวกที่ 7 แผนผังแสดงขั้นตอนการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของสารส้มกับคลอรีนในการตกตะกอนน้ำเสียสีย้อมกระจูด

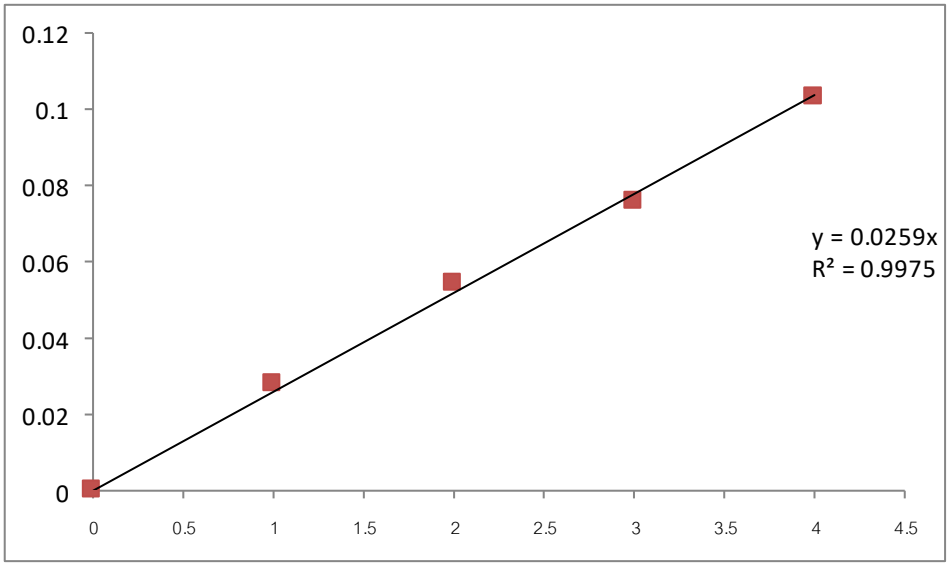
ภาคผนวก ค กราฟมาตรฐานของโลหะหนัก



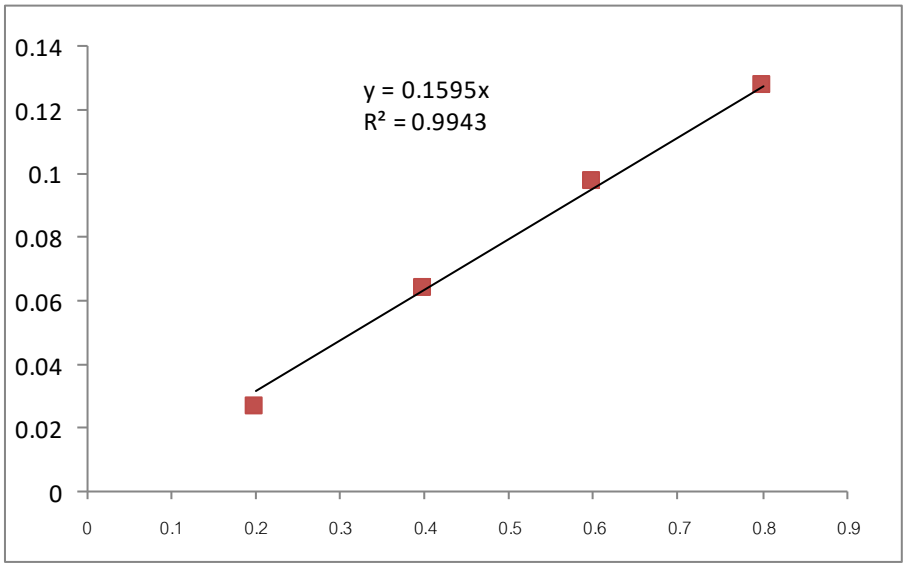
ภาพภาคผนวกที่ 8 กราฟมาตรฐานตะกั่ว



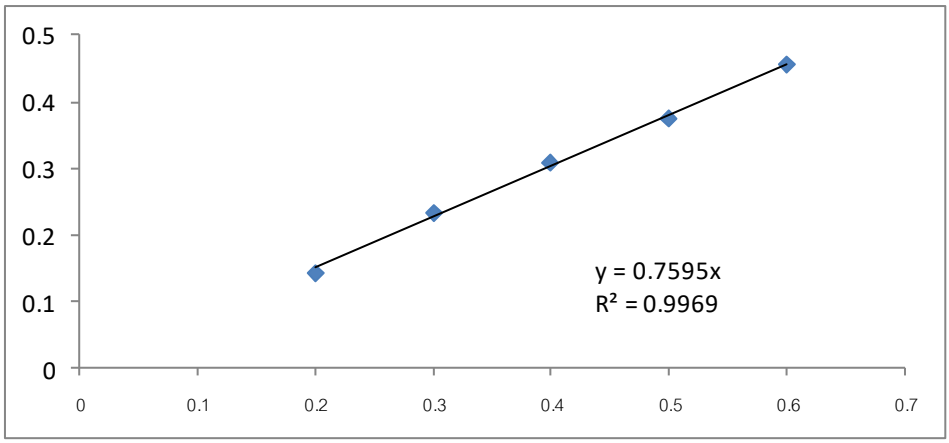
ภาพภาคผนวกที่ 9 กราฟมาตรฐานแคดเมียม



ภาพภาคผนวกที่ 10 กราฟมาตรฐานโครเมียม



ภาพภาคผนวกที่ 11 กราฟมาตรฐานทองแดง



ภาพภาคผนวกที่ 12 กราฟมาตรฐานสังกะสี

ประวัตินักวิจัยในมหาวิทยาลัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายพงษ์ศักดิ์ นพรัตน์

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Pongsak Noparat

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน: 1840100015418

3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

สถานที่ทำงาน สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี อ. เมือง จ. สุราษฎร์ธานี 84100

โทรศัพท์ : 0-7791-3366 โทรสาร : 0-7791-3367 มือถือ : 0-90-701-4012

E-mail: ball_biot@hotmail.com

5. ประวัติการศึกษา

- ปริญญาตรี ชื่อหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ประเทศไทย ปีที่สำเร็จการศึกษา 2549
- ปริญญาโท ชื่อหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ประเทศไทย ปีที่สำเร็จการศึกษา 2551
- ปริญญาเอก ชื่อหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ประเทศไทย ปีที่สำเร็จการศึกษา 2555

6. อบรม

The 2010 APEC Short-term Training Course (Bio-Hydrogen Technology) at Feng Chia University, Taichung, Taiwan for 6 days during 15th -20th November, 2010.

International Symposium Program on APEC-ATCWG Biofuels Network Annual Symposium and Biotrade/Technical Training Workshop at Chiang Mai, Thailand for 5 days during May 30th – June 4th, 2011.

Energy Summit 2012 “Innovating Our Way to a Sustainable Energy Future” a day-long event focused on critical energy topics at Monona Terrace in Madison, Wisconsin, United State on October 30, 2012.

7. รางวัล

- พ.ศ. 2553 การแสดงผลงานแบบโปสเตอร์ระดับดีเยี่ยม IRE-2010 ประเทศเวียดนาม
- พ.ศ. 2553 การแสดงผลงานแบบโปสเตอร์ระดับดีเยี่ยม APEC-2010 ประเทศใต้หวัน

8. ผู้ทรงคุณวุฒิของวารสาร

- International Journal of Hydrogen Energy
- International Journal of Energy Research
- Energy Conversion and Management

9. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

- เทคโนโลยีชีวภาพสิ่งแวดล้อม
- การใช้ประโยชน์จากวัสดุเศษเหลือทางการเกษตร
- พลังงานชีวภาพ

10. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

10.1 การใช้วัสดุเศษเหลือของอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มเพื่อผลิตสารอาหารร่วมและหัวเชื้อเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพและผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่ม

- แหล่งทุน: สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) ปี 2556
- เป็นผู้ร่วมวิจัย โดยมีสัดส่วนงานที่รับผิดชอบ 20 เปอร์เซ็นต์

10.2 การผลิตเอทานอลจากน้ำหวานจาก (*Nypa fruticans*)

- แหล่งทุน: หมวดเงินรายได้ ปี 2557 มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี
- เป็นหัวหน้าโครงการวิจัย โดยมีสัดส่วนงานที่รับผิดชอบ 100 เปอร์เซ็นต์

10.3 การผลิตก๊าซชีวภาพโดยการหมักร่วมน้ำย่อยต้นจากกับน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

- แหล่งทุน: หมวดเงินงบประมาณแผ่นดิน ปี 2558 มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี
- เป็นหัวหน้าโครงการวิจัย โดยมีสัดส่วนงานที่รับผิดชอบ 100 เปอร์เซ็นต์

10.4 การแยกและศึกษาสมบัติของเชื้อแบคทีเรียย่อยสลายสารไฮโดรคาร์บอนจากดินที่ปนเปื้อนน้ำมันหล่อลื่น

- แหล่งทุน: หมวดเงินงบรายได้ปี 2558 มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี
- เป็นผู้ร่วมวิจัย โดยมีสัดส่วนงานที่รับผิดชอบ 50 เปอร์เซ็นต์

10.5 การผลิตก๊าซชีวภาพโดยการหมักร่วมน้ำคั้นทางใบปาล์มน้ำมันกับมูลวัว

- แหล่งทุน: หมวดเงินงบรายได้ปี 2559 มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี
- เป็นผู้ร่วมวิจัย โดยมีสัดส่วนงานที่รับผิดชอบ 50 เปอร์เซ็นต์

10.6 การผลิตน้ำตาลกลูโคสจากลำต้นปาล์มน้ำมันโดยการย่อยด้วยเอนไซม์

- แหล่งทุน: หมวดเงินงบรายได้ปี 2560 มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี
- เป็นหัวหน้าโครงการวิจัย โดยมีสัดส่วนงานที่รับผิดชอบ 100 เปอร์เซ็นต์

11. ผลงาน

ผลงานทางวิชาการ (ระดับนานาชาติ)

Noparat P, Maneerat S, Saimmai A. 2014. Utilization of palm oil decanter cake as a novel substrate for biosurfactant production from a new and promising strain of *Ochrobactrum anthropi* 2/ 3. World Journal of Microbiology and Biotechnology. 30(3): 865-877.

Noparat P, Maneerat S, Saimmai A. 2014. Application of biosurfactant from *Sphingobacterium spiritivorum* AS43 in the biodegradation of used lubricating oil. Applied Biochemistry and Biotechnology. 172(8): 3949-3963.

Noparat P, Prasertsan P. O-Thong S. 2012. Potential for using enriched cultures and thermotolerant bacterial isolates for production of biohydrogen from oil palm sap and microbial community analysis. Int J Hydrogen Energy ;37:16412-16420.

Noparat P, Prasertsan P. O-Thong S. 2011. Isolation and characterization of high hydrogen-producing strain *Clostridium beijerinckii* PS-3 from fermented oil palm sap. Int J Hydrogen Energy ;36:14086-14092.

Noparat, P., Prasertsan, P., O-Thong, S. and Pan, X. 2015. Dilute acid pretreatment at high temperature of oil palm trunk biomass for enzymatic hydrolysis. Energy Procedia. 79: 924-929.

ผลงานทางวิชาการ (ระดับชาติ)

พงษ์ศักดิ์ นพรัตน์. 2558. ผลของการเติมสารอาหารต่อการผลิตเอทานอลจากน้ำหวานจาก. วารสารวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมไทย ปีที่ 29 ฉบับที่ 1 หน้า 33-42.

Noparat, P. and Prasertsan, P**.** 2016**.** Reclamation of Waste Kaolin in Palm Oil Mill**.** NU. International Journal of Science. 12: 21-28**.**

การประชุมทางวิชาการ (ระดับนานาชาติ)

Noparat, P., Prasertsan, P. and O-Thong, S. 2008. Effect of carbon and nitrogen sources on ethanol production from palm oil mill effluent using *Thermoanaerobacterium thermosaccharolyticum* PSU-2. The 20th Annual Meeting and International Conference of the Thai Society for Biotechnology.

TSB 2008 : Biotechnology for Global Care" Taksila Hotel, Mahasarakhum, Thailand. 14th -17th October 2008. (Oral presentation)

Noparat, P., Prasertsan, P. and O-Thong, S. 2009. Ethanol production from palm oil mill effluent using *Thermoanaerobacterium thermosaccharolyticum* PSU-2. JSPS-NRCT Summer School " Biomass Energy in Asia" Grand Mercure Park Avenue, Bangkok, Thailand. 21st-23rd February 2009. (Oral presentation)

Prasertsan, P., **Noparat, P.** and O-Thong, S. 2009. Optimization for production of ethanol from palm oil mill effluent using *Thermoanaerobacterium thermosaccharolyticum* PSU-2. " BIT Life Sciences' 2nd" Annual World Congress of Industrial Biotechnology 2009, Seoul, South Korea. 5th -7th April 2009. (Poster presentation)

Noparat, P., Prasertsan, P. and O-Thong, S. 2010. Biohydrogen production from xylose and palm oil sap by isolated bacterial strains from hot springs. The 22nd Annual Meeting of the Thai Society for Biotechnology TSB2010 " International on Biotechnology for Healthy Living" . Prince of Songkla University, Trang Campus, Thailand. 20th-22nd October 2010. (Oral presentation)

Noparat, P., Prasertsan, P. Hniman, A. and O-Thong, S. 2010. Hydrogen and ethanol production by bacterial strain isolated from hot spring and palm oil mill effluent in southern Thailand. International Conference " Innovations for Renewable Energy" , Hanoi, Vietnam. 21st -23rd September, 2010. (Poster presentation)

Noparat, P., Prasertsan and O-Thong, S. 2010. Isolation and characterization of hydrogen and ethanol producing strain *Clostridium beijerinckii* OP-4 from oil palm sap. International Conference. The 2010 Asian Biohydrogen Symposium, APEC Advanced Bio-Hydrogen Technology Conference. Feng Chia University, Taichung, Taiwan. 15th -18th November, 2010. (Poster presentation)

Noparat, P., Prasertsan and O-Thong, S. 2011. Potential for using isolated bacterial strains for production of biohydrogen from oil palm trunk. International Conference on Hydrogen Production 2011 (ICH2P-11), The Science Center and

Technology Museum (NOESIS), Thessaloniki, Greece. 19th -22nd June, 2011. (Oral presentation)

Noparat, P., Prasertsan, P. and O-Thong, S. 2011. Statistical optimization of fermentative hydrogen production from oil palm trunk hydrolysate by *Clostridium beijerinckii* PS-3. The 2011 Asian Bio-Hydrogen and Biorefinery Symposium (2011ABBS), Indonesian Institute of Sciences (Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, LIPI) and Asia Bio-HyLinks, Bogor, Indonesia. 13rd -15th October 2011. (Oral presentation)

Noparat, P., Prasertsan, P. and O-Thong, S. 2011. Optimization for production of hydrogen from xylose using *Clostridium beijerinckii* PS-3 and its application in oil palm trunk hydrolysate. The 11th International Conference on Clean Energy (ICCE-2011). Feng Chia University, Taichung, Taiwan. 2nd -5th November 2011. (Poster presentation)

Noparat, P., O-Thong, S. and Prasertsan, P. 2013. Statistical optimization of enzymatic hydrolysis of oil palm trunk for production of glucose, xylose and ethanol. The 16th Energy, Utility & Environment Conference (EUEC-2013). The Phoenix Convention Center, Phoenix, Arizona, USA. 28th -30th January 2013. (Oral presentation)

Noparat, P., Prasertsan, P. and O-Thong. 2014. Effect of HRT on hydrogen production from oil palm trunk hydrolysate by *Clostridium beijerinckii* PS-3 in continuous stirred-tank reactor. The 2014 Asia BioHyLinks (ABHL) meeting: Asia Biohydrogen and Biorefinery (ABB) Symposium. Melaka, Malaysia. 16th-18th December, 2014. (Poster Presentation)

Noparat, P., Prasertsan, P., O-Thong, S. and Pan, X. 2015. Dilute acid pretreatment at high temperature of oil palm trunk biomass for enzymatic hydrolysis. 2015 Alternative Energy in Developing Countries and Emerging Economies (2015 AEDCEE). Sheraton Grande Sukhumvit Hotel, Bangkok, Thailand. May 27th-30th May 2015. (Oral presentation)

Suksong, W., **Noparat, P.**, Kongjan, P. and O-Thong, S. 2015. Comparison of mesophilic and thermophilic solid-state anaerobic digestion of oil palm biomass for biogas production**.** The 6th International Conference on

Fermentation Technology for Value Added Agricultural Products (FerVAAP 2015). Centara Hotel & Convention Centre, Khon Kaen, Thailand. July 29th – 31st, 2015. (Oral presentation)

Nutongkaew, T., Parsertsan, P. and **Noparat, P**. 2015. Bioconversion of oil palm biomass to lignocellulolytic enzymes by newly isolated fungi through solid-state and submerged fermentation. The 6th International Conference on Fermentation Technology for Value Added Agricultural Products (FerVAAP 2015). Centara Hotel & Convention Centre, Khon Kaen, Thailand. July 29th – 31st, 2015. (Oral presentation)

Noparat, P. and Pan, X. 2016. SPORL (Sulfite Pretreatment to Overcome Recalcitrance of Lignocelluloses) Pretreatment of Oil Palm Trunk for Enzymatic Hydrolysis" The 5th International Conference on Environmental Engineering, Science and Management, The Twin Towers Hotel, Rong Muang, Bangkok, Thailand, May 11st-13rd, 2016. (Oral presentation)

Noparat, P., Prasertsan, P., O-Thong, S. and Pan, X. 2016. Optimization and comparison of dilute acid, SPORL and organosolv pretreatment of oil palm trunk for enzymatic saccharification. The 28th Annual Meeting and International Conference of the Thai Society for Biotechnology. TSB 2016: " Natural Resources & Bio-based Innovation Products" The Empress Hotel, Chiang Mai, Thailand. November 28th-30th, 2016 (Oral presentation)

การประชุมทางวิชาการ (ระดับชาติ)

Noparat, P., Prasertsan, P. and O-Thong, S. 2010. Chemical composition and pretreatment of oil palm trunk for biofuel production. Commission on Higher Education Congress III University Staff Development Consortium (CHE – USDC Congress III). Royal Cliff Grand Hotel and Spa, Chonburi, Thailand. 9th-11st September 2010. (Poster presentation)

Noparat, P. and Prasertsan, P. 2011. Stabilization of waste kaolin in palm oil mill. The 10th National Environment Conference, B.P. Resort, Songkhla, Thailand. 23rd - 25th March 2011. (Oral presentation)

Noparat, P., Saisa-ard, K., Petmeaun, S., Maneerat, S. and Saimmai, A. 2013 Production and characterization of biosurfactant produced by *Haloplanus* sp.

AS64 using palm oil decanter cake as a novel substrate. The 39th Congress on Science and Technology of Thailand (STT 39) "Innovative Science for a Better Life". October 21-23, 2013. BITEC Bang Na, Bangkok, Thailand. pp. 597-604.

พงษ์ศักดิ์ นพรัตน์. 2556. การผลิตเอทานอลจากทางใบปาล์มน้ำมันโดยเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae*. การประชุมวิชาการระดับชาติ ราชภัฏสุราษฎร์ธานีวิจัย ครั้งที่ 9 มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี. 21–22 พฤศจิกายน 2556. (นำเสนอแบบบรรยาย)

ผู้ร่วมโครงการวิจัยคนที่ 1

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวนิภาภรณ์ มีพันธุ์
   ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss. Nipaporn Meepun
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 5-4204-00002-xx-x
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ (พนักงานมหาวิทยาลัย)
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

   สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี
   โทรศัพท์ 077 913333 ต่อ 1226 มือถือ 09-0418-9799
   E-mail : nipaporn.mp@gmail.com
5. ประวัติการศึกษา

   2544 วท.บ.เคมี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
   2549 วท.ม.เคมี มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
   2555 ปร.ด.เคมี มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
   เคมีไฟฟ้า เคมีสิ่งแวดล้อม
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย

   7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย
   7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย
   7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน (อาจมากกว่า 1 เรื่อง)

1) ชื่อโครงการวิจัย	การพัฒนาทักษะการวิเคราะห์ทางเคมีด้วยเครื่องมือ วิทยาศาสตร์
แหล่งทุน	มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี
งบประมาณ	30,000
ผลการดำเนินการวิจัย	100%
สถานภาพในการทำวิจัย	หัวหน้าโครงการวิจัย (100%)
2) ชื่อโครงการวิจัย	การพัฒนาชุดทดสอบ NPK ในดิน
แหล่งทุน	มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี
งบประมาณ	45,500
ผลการดำเนินการวิจัย	100%
สถานภาพในการทำวิจัย	หัวหน้าโครงการวิจัย (100%)
3) ชื่อโครงการวิจัย	ปริมาณโลหะหนักบางชนิดในผักพื้นบ้านในจังหวัดสุราษฎร์ธานี
แหล่งทุน	มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี
งบประมาณ	200,000
ผลการดำเนินการวิจัย	100%
สถานภาพในการทำวิจัย	ผู้ร่วมวิจัย (40%)
4) ชื่อโครงการวิจัย	การวิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุในสาหร่ายทะเล
แหล่งทุน	มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี
งบประมาณ	200,000
ผลการดำเนินการวิจัย	100%
สถานภาพในการทำวิจัย	หัวหน้าโครงการวิจัย (70%)
5) ชื่อโครงการวิจัย	ประสิทธิภาพปุ๋ยอินทรีย์น้ำต่อผลผลิตและปริมาณแร่ธาตุของเห็ดนางฟ้า
แหล่งทุน	มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี
งบประมาณ	100,000
ผลการดำเนินการวิจัย	100%
สถานภาพในการทำวิจัย	หัวหน้าโครงการวิจัย (100%)

ผู้ร่วมโครงการวิจัยคนที่ 2

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวนิสากร สุขหิรัญ
   ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss Nisakorn Sukhirun
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 1840300007281
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)
   ที่อยู่ : สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี ต. มะขามเตี้ย อ. เมือง จ. สุราษฎร์ธานี 84100
   โทรศัพท์ : 0-7791-3366 มือถือ : 0-80-326-8087
   E-mail : nao_be@hotmail.com
5. ประวัติการศึกษาต้องระบุสถาบันการศึกษา สาขาวิชาและปีที่จบการศึกษา
   วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สัตววิทยา)
   วิทยาศาสตรบัณฑิต (อนามัยสิ่งแวดล้อม)
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
   - พิษวิทยา การใช้สารสกัดจากธรรมชาติควบคุมแมลงศัตรูพืช และการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี
   การจัดการสิ่งแวดล้อมชุมชน
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ *(โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือ*
   ผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย)
   7.1 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย
   - ศึกษาชนิดพืชอาหารที่มีผลต่อการเพิ่มจำนวนของหนอนหัวดำมะพร้าว (*Opisina arenosella* Walker) (Lepidoptera: Oecophoridae) ในห้องปฏิบัติการ (หัวหน้าโครงการ)
   (ทุนงบประมาณของเทศบาลตำบลปากน้ำฉวาง)
   7.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและทำเสร็จแล้ว : *(ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุนย้อนหลังไม่เกิน 5 ปี)*
   1) Sukhirun, N., Pluempanupat , W, Bullangpoti, V. and Koul O. (2011). Bioefficacy of *Alpinia galanga* (Zingiberaceae) Rhizome Extracts, (E)-p-

Acetoxycinnamyl Alcohol, and (E)-p-Coumaryl Alcohol Ethyl Ether Against *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) and the Impact on Detoxification Enzyme Activities, **J. Econ. Entomol**. 104(5): 1534-1540.

2) วงจรชีวิตของหนอนหัวดำมะพร้าว (*Opisina arenosella* Walker) (Lepidoptera: Oecophoridae) วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์ปีที่ 2 ฉบับที่1 (มกราคม-มีนาคม): 43-46, 2558

3) การทดสอบพืชอาหารของหนอนหัวดำมะพร้าว (*Opisina arenosella* Walker) (Lepidoptera: Oecophoridae) วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์ปีที่ 2 ฉบับที่2 (เมษายน-มิถุนายน): 13-16, 2558

7.3 งานวิจัยที่กำลังทำ : *(ชื่อโครงการวิจัย แหล่งทุน และสถานภาพในการทำวิจัย (ผู้บริหารโครงการ หัวหน้าโครงการ และ/หรือผู้ร่วมวิจัย) ระบุเดือน และปีที่เริ่มต้นและสิ้นสุด)*

- การกระจายตัวและการใช้ประโยชน์ป่าสาคูในพื้นที่ภาคใต้: จังหวัดสุราษฎร์ธานี ชุมพรและระนอง (อำเภอเมืองและกระบุรี) (ผู้ร่วมวิจัย)

ประวัตินักวิจัยในพื้นที่

1. นายวีระ แก้วพูล

1) ตำแหน่งนักบริหารงานทั่วไป (หัวหน้าฝ่ายอำนวยการ)

2) สถานที่ทำงาน องค์การบริหารส่วนตำบลพนางตุง อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง

3) วัน/เดือน/ปี เกิด วันที่ 22 พฤศจิกายน 2518 อายุ 43 ปี

4) ระดับการศึกษา ปริญญาตรี สาขาบริหารรัฐกิจ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

5) ที่อยู่ บ้านเลขที่ 101 หมู่ที่ 8 ตำบลพนางตุง อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง

2. นางสาวยุภาวดี คงดำ

1) ตำแหน่งเจ้าพนักงานสาธารณสุขชำนาญงาน

2) สถานที่ทำงาน องค์การบริหารส่วนตำบลพนางตุง อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง

3) วัน/เดือน/ปี เกิด วันที่ 8 พฤษภาคม 2528อายุ 33 ปี

4) ระดับการศึกษา ปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาวิชาสาธารณสุขชุมชน มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

5) ที่อยู่ บ้านเลขที่ 347 หมู่ที่ 13 ตำบลพนางตุง อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง

นักศึกษา

1. นางสาวฐิติมา สุกอุ่น

นักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

2. นางสาวสรินยา สุธาโพชน์

นักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี