รายงานวิจัย

การนำเมล็ดทุเรียนมาใช้ประโยชน์ในการกำจัดความขุ่นของน้ำ เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำ

Utilization of Durian Seeds in Water Turbidity Removal for Water Quality Improvement

ชื่อโครงการวิจัยภายใต้ชุดโครงการ : การนำวัสดุเหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์เพื่อมุ่งสู่ยะลาเมืองน่าอยู่

นฤมล ทองมาก

ซันวานี จิใจ

กูรอซียะห์ ยามิรูเด็ง

ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณบำรุงการศึกษาประจำปี 2563

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

รายงานวิจัย

การนำเมล็ดทุเรียนมาใช้ประโยชน์ในการกำจัดความขุ่นของน้ำ เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำ

Utilization of Durian Seeds in Water Turbidity Removal for Water Quality Improvement

ชื่อโครงการวิจัยภายใต้ชุดโครงการ : การนำวัสดุเหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์เพื่อมุ่งสู่ยะลาเมืองน่าอยู่

นฤมล ทองมาก

ซันวานี จิใจ

กูรอซียะห์ ยามิรูเด็ง

ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณบำรุงการศึกษาประจำปี 2563

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

หัวข้อวิจัย การนำเมล็ดทุเรียนมาใช้ประโยชน์ในการกำจัดความขุ่นของน้ำเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำ

ชื่อคณะวิจัย นฤมล ทองมาก

ซันวานี จิใจ

กูรอซียะห์ ยามิรูเด็ง

คณะ/หน่วยงาน วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร

มหาวิทยาลัย ราชภัฏยะลา

ปีงบประมาณ 2563

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณที่เหมาะสมในการใช้ผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนในการเป็นสารสร้างตะกอนและสารช่วยสร้างตะกอนเพื่อการกำจัดความขุ่นในน้ำผิวดิน โดยใช้ตัวทำละลาย 3 ชนิด คือ น้ำกลั่น NaCl (0.5 mol/L) และ NaOH (0.05 mol/L) ผลการศึกษา พบว่า ที่ปริมาณความเข้มข้น 10 mg/L ของสารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วยตัวทำละลาย NaOH ในการเป็นสารสร้างตะกอน สามารถลดความขุ่นได้ประมาณ 17% ในขณะที่เมื่อละลายด้วยน้ำกลั่น และตัวทำละลาย NaCl ค่าความขุ่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของสารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียน และจากการใช้สารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วยน้ำกลั่น ตัวทำละลาย NaCl และ NaOH ที่ความเข้มข้น 10 mg/L ในการเป็นสารช่วยสร้างตะกอนร่วมกับสารส้ม (20 mg/L) สามารถลดค่าความขุ่นได้ 82.65% 94.18% และ65.11% ตามลำดับ

คำสำคัญ : เมล็ดทุเรียน, ความขุ่น, สารสร้างตะกอน, สารช่วยสร้างตะกอน

Research Title Utilization of Durian Seeds in Water Turbidity Removal for Water Quality Improvement

Researchers Narumol Thongmak

Sunwanee Jijai

Kurosiyah Yamirudeng

Faculty/Section Science Technology and Agriculture

University Yala Rajabhat University

Year 2020

Abstract

This study aims to determine the optimum amount of durian seed flour to utilize as a coagulant and coagulant aid for removing turbidity from surface water using three different solvents: distilled water, NaCl (0.5 mol/L), and NaOH (0.05 mol/L). The results showed that a concentration of 10 mg/L of durian seed flour solution dissolved in NaOH solvent as a coagulant could reduce turbidity by approximately 17%. The turbidity of the durian seed flour solution increased with concentration when dissolved in distilled water and NaCl solvent. Turbidity was reduced by 82.65%, 94.18%, and 65.11%, respectively, when the durian seed flour was dissolved in distilled water, NaCl, and NaOH solvent as a coagulant aid and combined with alum (20 mg/L).

Keywords : Durian Seeds, Turbidity, Coagulant, Coagulant Aid

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ร่วมวิจัย ดร.ชันวานี จิใจ และ ดร.กูรอซียะห์ ยามิรูเด็ง ในการให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตลอดจนข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ต่อการจัดทำวิจัย เพื่อให้งานวิจัยฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นและสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพสิ่งแวดล้อม ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการทำวิจัย ขอขอบคุณนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่าง การติดต่อประสานงานในด้านต่าง ๆ รวมทั้งการเตรียมสารและช่วยเหลือดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการ ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา สำหรับการอนุเคราะห์สถานที่ในการดำเนินการวิจัย และขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาชายแดนใต้ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ที่สนับสนุนทุนวิจัยเพื่อการวิจัยในครั้งนี้

สุดท้ายผู้วิจัยขอขอบพระคุณกำลังใจอันยิ่งใหญ่จากครอบครัว และขอขอบคุณรุ่นพี่ เพื่อนและรุ่นน้องทุกท่าน ที่มิได้กล่าวนามซึ่งเป็นกำลังใจสำคัญในการทำวิจัยตลอดมาจนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

นฤมล ทองมาก

สิงหาคม 2563

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	**ก**
Abstract	**ข**
กิตติกรรมประกาศ	**ค**
สารบัญ	**ง**
สารบัญตาราง	**ฉ**
สารบัญภาพ	**ช**
บทที่ 1 บทนำ	
1. ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
2 วัตถุประสงค์การวิจัย	2
3 ขอบเขตการวิจัย	3
4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
1.1 น้ำผิวดิน	4
1.2 ความขุ่น	4
1.3 ลักษณะคอลลอยด์	6
1.4 การทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์	7
1.5 การสร้างรวมตะกอน	10
1.6 ทุเรียน	11
2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	12
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
1 วัสดุและอุปกรณ์	15
1.1 เครื่องมือที่ใช่ในการทดลอง	15
1.2 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	15
1.3 ตัวอย่างและสารเคมี	16
2 วิธีดำเนินการวิจัย	16
3 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้	18

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4 ระยะเวลาการวิจัย	18
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	
1 ลักษณะผงแป้งเมล็ดทุเรียน	20
2 คุณภาพของน้ำผิวดิน	21
3 ปริมาณที่เหมาะสมของผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนในการเป็นสารสร้างตะกอน	22
3.1 สารละลายผงแป้งเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วยน้ำกลั่น	22
3.2 สารละลายผงแป้งเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วยตัวทำละลาย NaCl	23
3.3 สารละลายผงแป้งเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วยตัวทำละลาย NaOH	25
4 ปริมาณที่เหมาะสมของผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนในการเป็นสารช่วยสร้างตะกอน	27
4.1 ปริมาณสารส้มต่อการปรับปรุงคุณภาพน้ำผิวดิน	27
4.2 ผลของสารส้มร่วมกับสารละลายผงแป้งเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วยน้ำกลั่น	28
4.3 ผลของสารส้มร่วมกับสารละลายผงแป้งเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วย NaCl	30
4.4 ผลของสารส้มร่วมกับสารละลายผงแป้งเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วย NaOH	32
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	
1 สรุป	34
2 ข้อเสนอแนะ	34
บรรณานุกรม	**35**
ประวัติผู้วิจัย	**38**

YALA RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ค่าความสัมพันธ์ของหน่วยความขุ่น JTU FTU(FNU) NTU และ Silica Scale Unit	6
3.1	แผนการดำเนินงานวิจัย	18
4.1	องค์ประกอบทางเคมีของผงแป้งจากเมล็ดทุเรียน	21
4.2	คุณภาพน้ำผิวดินจากแม่น้ำปัตตานี	21
4.3	ปริมาณสารส้มต่อการปรับปรุงคุณภาพน้ำผิวดิน	28

YALA RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีตาโพเทนเชียล ปริมาณสารส้ม และความขุ่น	8
2.2	การห่อหุ้มอนุภาคคอลลอยด์ไว้ในผลึกสารประกอบที่สร้างขึ้น	9
2.3	การใช้สารโพลีเมอร์เป็นสะพานเชื่อม	10
4.1	ผงแป้งเมล็ดทุเรียน	20
4.2	ผลของปริมาณความเข้มข้นของสารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วยน้ำกลั่นต่อค่า pH และค่าความขุ่น	22
4.3	ผลของปริมาณความเข้มข้นของสารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วยน้ำกลั่นต่อค่า TDS	23
4.4	ผลของปริมาณความเข้มข้นของสารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วยตัวทำละลาย NaCl ต่อค่า pH และค่าความขุ่น	24
4.5	ผลของปริมาณความเข้มข้นของสารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วยตัวทำละลาย NaCl ต่อค่า TDS	24
4.6	ผลของปริมาณความเข้มข้นของสารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วยตัวทำละลายด้วย NaOH ต่อค่า pH และค่าความขุ่น	25
4.7	ผลของปริมาณความเข้มข้นของสารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วยตัวทำละลาย NaOH ต่อค่า TDS	26
4.8	ผลของสารส้มร่วมกับปริมาณความเข้มข้นของสารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนด้วยน้ำกลั่นต่อค่า pH และค่าความขุ่น	29
4.9	ผลของสารส้มร่วมกับปริมาณความเข้มข้นของสารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนด้วยน้ำกลั่นต่อค่า TDS	30
4.10	ผลของสารส้มร่วมกับปริมาณความเข้มข้นของสารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วย NaCl ต่อค่า pH และค่าความขุ่น	31
4.11	ผลของสารส้มร่วมกับปริมาณความเข้มข้นของสารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วย NaCl ต่อค่า TDS	31
4.12	ผลของสารส้มร่วมกับปริมาณความเข้มข้นของสารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วย NaOH ต่อค่า pH และค่าความขุ่น	32

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.13 ผลของสารส้มร่วมกับปริมาณความเข้มข้นของสารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วย NaOH ต่อค่า TDS 33

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา YALA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหา

น้ำเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับมนุษย์ทั้งในแง่ของการอุปโภคและบริโภค โดยน้ำจืดในธรรมชาติสามารถแยกออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ น้ำผิวดิน (Surface water) และน้ำใต้ดิน (Ground Water) โดยลักษณะสำคัญของน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน คือ น้ำผิวดินจะมีความขุ่นและมีปริมาณแร่ธาตุที่ละลายปนอยู่น้อย ในขณะที่น้ำใต้ดินมักจะใสแต่มีปริมาณแร่ธาตุที่ละลายปนอยู่สูง น้ำผิวดินเป็นแหล่งน้ำที่นำใช้ประโยชน์กันมากเนื่องจากมีปริมาณน้ำค่อนข้างสูงเพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำ ลักษณะคุณภาพของน้ำจากแหล่งน้ำผิวดินโดยทั่วไปจะขึ้นอยู่กับลักษณะของดินและหินที่น้ำไหลผ่าน ส่วนมากจะมีคุณภาพทางกายภาพไม่ดีนัก คือมักจะมีความขุ่น มีรส กลิ่น สีไม่ค่อยดี เนื่องจากน้ำผิวดินจะพาเอาอนุภาคของสิ่งต่าง ๆ บนพื้นดิน ซึ่งเป็นทั้งสารอินทรีย์และอนินทรีย์ละลายเจือปนมาด้วย ซึ่งคุณภาพของน้ำจากแหล่งน้ำผิวดินจะมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพไปตามฤดูกาล เช่น ในฤดูฝนปริมาณน้ำมาก อัตราการไหลของน้ำสูง มักจะเกิดการพัดพาเอาอนุภาคสิ่งต่าง ๆ ลงมาปนเปื้อนในแหล่งน้ำผิวดินมาก ทำให้ความขุ่นของแหล่งน้ำสูงกว่าในฤดูร้อน เป็นต้น (ปราโมทย์ เชี่ยวชาญ, 2551) ดังนั้นหากมีการนำน้ำจากแม่น้ำ ลำคลอง หรือแหล่งน้ำผิวดินอื่น ๆ มาให้ประโยชน์จึงควรผ่านการปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนเพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อนต่าง ๆ ในน้ำให้หมดไปหรือให้เหลือน้อยที่สุดก่อนนำไปใช้ประโยชน์

กระบวนการสร้างตะกอน-การรวมตะกอน (Coagulation-Flocculation) เป็นหนึ่งในกระบวนการที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำเพื่อลดความขุ่นในน้ำ โดยอาศัยกลไกการทำลายเสถียรภาพของอนุภาคคอลลอยด์โดยใช้สารเคมีเพื่อทำการแยกอนุภาคคอลลอยด์ออกจากน้ำ และสร้างโอกาสในการสัมผัสกันระหว่างอนุภาคทำให้อนุภาคคอลลอยด์รวมตัวเป็นกลุ่มก้อนขนาดใหญ่และสามารถตกตะกอนได้เร็วขึ้น ช่วยกำจัดความขุ่นหรือสารแขวนลอยออกจากน้ำ ทำให้น้ำใสและมีลักษณะที่น่าใช้ (อมรรัตน์ วงษ์กลม และ ถนัด ธนะฉัตรชัยรัตนะ, 2561:1190) ซึ่งในการปรับปรุงคุณภาพน้ำเพื่อผลิตน้ำประปาโดยทั่วไปแล้วนิยมใช้สารส้ม (Aluminium Sulphate) เป็นสารสร้างตะกอนหรือโคแอกกูแลนท์ (Coagulant) และบางครั้งอาจมีการเติมโพลิเมอร์สังเคราะห์เพื่อเป็นสารช่วยสร้างตะกอนหรือโคแอกกูแลนท์เอด (Coagulant aids) ลงไปเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับสารสร้างตะกอน (พรศักดิ์ สมรไกรสรกิจ, 2562:1-16) แต่ทั้งนี้สารเคมีที่ใช้ในการสร้างตะกอนเหล่านี้พบว่าส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภค โดยอลูมิเนียมตกค้างที่เหลืออยู่ในน้ำที่ผ่านการปรับปรุง

คุณภาพน้ำด้วยสารส้มมีผลต่อการเกิดโรคอัลไซเมอร์ (Alzheimer) (Flaten, 2001:187-196) ด้วยเหตุนี้จึงมีงานวิจัยที่ศึกษาการนำสารสร้างตะกอนจากธรรมชาติมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำเพื่อลดความขุ่นในน้ำแทนการใช้สารเคมี เช่น เมล็ดขนุน เมล็ดเงาะ เมล็ดลิ้นจี่ (ประพัฒน์ เป็นตามวา และคณะ, 2554:1-6) เมล็ดสบู่ดำ (Abidin et al., 2013:319-323) เมล็ดถั่วขาว เมล็ดมะรุม (Muthuraman and Sasikala, 2014:1727-1731) เทียนเกล็ดหอย (Ramavandi, 2014:36-50) หยวกกล้วย (Kakoi et al., 2016:699-705) โดยสารจากเมล็ดและพืชดังกล่าวมีคุณสมบัติในการเป็นสารสร้างตะกอนหรือสารช่วยสร้างตะกอนเพื่อลดความขุ่นในน้ำจากอนุภาคขนาดเล็กที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำ ซึ่ง Choy et al. (2014:2180) กล่าวสรุปรวมถึงข้อดีของสารสร้างตะกอนจากธรรมชาติ คือ ปลอดภัย ปราศจากสารพิษ เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และไม่ต้องเติมสารละลายด่างเพื่อปรับค่า pH เหมือนดังเช่นการใช้สารส้ม นอกจากนี้แล้วการใช้สารสร้างตะกอนจากธรรมชาติยังไม่ก่อให้เกิดการกัดกร่อนของท่อน้ำ

ในพื้นที่จังหวัดยะลาเป็นแหล่งเพาะปลูกทุเรียนเป็นจำนวนมาก และมีเมล็ดทุเรียนซึ่งเป็นของเสียเหลือทิ้งจากการบริโภคจำนวนมากและไม่ได้มีการนำไปใช้ประโยชน์ ดังนั้นจึงเป็นทางเลือกที่ดีที่จะนำเมล็ดทุเรียนซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากแหล่งต่าง ๆ ในพื้นที่มาใช้ประโยชน์เป็นสารสร้างตะกอนหรือสารช่วยสร้างตะกอนจากธรรมชาติ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชุมชนที่ห่างไกลในการปรับปรุงคุณภาพน้ำเพื่อลดความขุ่นในน้ำ ซึ่งนอกจากจะเป็นการปรับปรุงคุณภาพน้ำเพื่อลดความขุ่นในน้ำให้ดีขึ้นแล้วนั้น ยังเป็นการนำของเสียที่เกิดขึ้นในท้องถิ่นกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่อีกด้วย แต่อย่างไรก็ตามการนำเมล็ดทุเรียนมาใช้เป็นสารสร้างตะกอนหรือสารช่วยสร้างตะกอนนั้นยังจำเป็นต้องทำการศึกษาเพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมในการเป็นสารสร้างตะกอนหรือสารช่วยสร้างตะกอน ดังนั้นแล้วงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การศึกษาหาปริมาณที่เหมาะสมในการสร้างตะกอนที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการลดความขุ่นของน้ำ

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

เป้าหมายของโครงการวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การลดความขุ่นในน้ำโดยใช้สารสร้างตะกอนหรือโคแอกกูแลนท์ (Coagulant) และสารช่วยสร้างตะกอนหรือโคแอกกูแลนท์เอด (Coagulant aids) จากธรรมชาติ ซึ่งถือเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์ และเพื่อให้สำเร็จตามเป้าหมายจึงกำหนดวัตถุประสงค์การวิจัยดังต่อไปนี้

2.1 เพื่อทดสอบปริมาณที่เหมาะสมของผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนในการเป็นสารสร้างตะกอนและสารช่วยสร้างตะกอนร่วมกับสารส้ม

2.2 เพื่อประเมินประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นในน้ำของสารสร้างตะกอนและสารช่วยสร้างตะกอนจากผงแป้งเมล็ดทุเรียน

3. ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้ระยะเวลาในการดำเนินการเก็บข้อมูลทดลอง และสรุปผลการทดลองประมาณ 12 เดือน คือ ตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2562 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2563 โดยดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำผิวดินจากแม่น้ำปัตตานี ซึ่งเป็นน้ำที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตน้ำประปาภายในเขตเทศบาลนครยะลา และใช้ผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนพันธุ์หมอนทอง โดยวิเคราะห์หาปริมาณองค์ประกอบทางเคมี (Proximate Analysis) ผ่านพารามิเตอร์ ความชื้น (Moisture) เถ้า (Ash) โปรตีนรวม (Crude Protein : CP) ไขมัน (Ether Extract : EE) เยื่อใย (Crude Fiber : CF) คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย (Nitrogen Free Extract : NFE) และดำเนินการทดสอบการกำจัดความขุ่นด้วยผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนในการเป็นสารสร้างตะกอนและสารช่วยสร้างตะกอนในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา โดยวิเคราะห์คุณภาพน้ำผ่านพารามิเตอร์ พีเอช (pH) ความขุ่น (Turbidity) และปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids : TDS)

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

4.1 องค์ความรู้ในการนำผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนมาใช้เป็นสารสร้างตะกอนและสารช่วยสร้างตะกอนเพื่อทดแทนหรือลดการใช้สารเคมีในกระบวนการลดความขุ่นในน้ำ

4.2 สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชุมชนที่ห่างไกลในการปรับปรุงคุณภาพน้ำเพื่อลดความขุ่นในน้ำ

4.3 เป็นการเพิ่มคุณค่าของเมล็ดทุเรียนที่เหลือทิ้ง โดยการนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่เพื่อช่วยลดปัญหาขยะที่ปนเปื้อนออกสู่สิ่งแวดล้อม

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยเรื่อง การนำเมล็ดทุเรียนมาใช้ประโยชน์ในการกำจัดความขุ่นของน้ำเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำ ได้ศึกษาและรวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการศึกษาดังนี้

1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.1 น้ำผิวดิน

น้ำผิวดินเป็นส่วนหนึ่งของน้ำฝนที่ตกลงสู่พื้นดินและไหลลงสู่ที่ต่ำตามลำธาร คลอง แม่น้ำ อ่างเก็บน้ำ และยังรวมถึงส่วนของน้ำที่ไหลล้นออกจากใต้ดินเข้ามาสมทบด้วย ซึ่งปริมาณน้ำผิวดินจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝนที่เกิดขึ้นในพื้นที่บริเวณนั้นหรือบริเวณที่มีระดับสูงกว่า น้ำผิวดินโดยทั่วไปจะขาดคุณภาพที่ดี ไม่สามารถนำมาดื่มได้อย่างปลอดภัยโดยปราศจากการปรับปรุงคุณภาพ ทั้งนี้เนื่องจากการไหลของน้ำบนผิวดินมารวมกันและได้มีการชะล้างพัดพาเอาสิ่งต่าง ๆ ปะปนมาทั้งพวกตะกอนและพวกจุลชีพ ซึ่งจะทำให้น้ำผิวดินมีคุณภาพที่ไม่ดี เช่น มีความขุ่น กลิ่น สี สารพิษ และเชื้อโรคต่าง ๆ เป็นต้น โดยเฉพาะน้ำผิวดินที่ไหลผ่านย่านชุมชนหรือย่านอุตสาหกรรม ถ้าน้ำผิวดินมีพวกสารเคมีต่าง ๆ มากมาย เช่น มีเกลือคลอไรด์มาก มีสารโลหะหนัก เป็นต้น จะยากที่จะบำบัดเพื่อทำเป็นน้ำประปาได้ด้วยราคาถูก สำหรับพวกตะกอนหรือพวกจุลชีพที่อยู่ในน้ำผิวดินอาจถูกกำจัดเพื่อทำเป็นน้ำประปาได้ไม่ยากนัก (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2550:8)

1.2 ความขุ่น

นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์ และคณิตา ตังคณานุรักษ์ (2555:36) กล่าวถึงสารแขวนลอยในของเหลวว่ามีผลทำให้ของเหลวขุ่น สำหรับความขุ่นของน้ำเกิดจากอนุภาคเล็ก ๆ เช่น อนุภาคของดิน ทราย สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ ตลอดจนสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ (พวกจุลชีพ) ที่อยู่ในลักษณะแขวนลอย เช่น แพลงก์ตอน แบคทีเรีย เป็นต้น สารแขวนลอยที่แขวนลอยอยู่ในน้ำจะมีอนุภาคเล็กมากจนถึงขนาดใหญ่ สารแขวนลอยที่มีขนาดอนุภาคเล็กและไม่ตกตะกอนในแหล่งน้ำธรรมชาติจะมีขนาดตั้งแต่ 1 ถึง 100 มิลลิไมครอน ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า แม้แต่กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูง สารแขวนลอยที่มีอนุภาคเล็ก ๆ เหล่านี้จะไปบดบังการส่องผ่าน และการดูดซับของแสงในน้ำ ความขุ่นมีผลต่อระบบนิเวศของพืชและสัตว์ในน้ำ ดังนี้

1) ความขุ่นไปบดบังแสงแดดที่ส่องลงสู่ท้องน้ำ เป็นอุปสรรคต่อการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืชในน้ำ ทำให้ปริมาณอาหารและแก๊สออกซิเจนในแหล่งน้ำลดลง

2) ความขุ่นที่มีปริมาณสารแขวนลอยอยู่มาก จะไปขัดขวางการทำงานของช่องเหงือก และทำให้อัตราการเจริญเติบโตและความต้านทานโรคลดลง

3) น้ำขุ่นที่มีสารอินทรีย์ในปริมาณมาก จะมีผลทำให้การดูดซับและการแลกเปลี่ยนไอออนจากภายในและภายนอกของไข่ปลาขณะที่ฟักตัวชะงักลง

4) ความขุ่นในน้ำมีผลให้การเจริญเติบโตของพืชน้ำเป็นไปอย่างเชื่องช้า

5) แหล่งน้ำที่มีความขุ่นมาก อนุภาคแขวนลอยจะดูดซับความร้อนที่บริเวณผิวน้ำ ทำให้อุณหภูมิสูงกว่าปกติ มีผลต่อการละลายของแก๊สออกซิเจนในน้ำลดลง

6) ความขุ่นมีผลต่อการมองเห็นของสัตว์น้ำ และเป็นอุปสรรคต่อการว่ายน้ำ

7) ความขุ่นมีผลต่อระบบการฆ่าเชื้อโรคของคลอรีนลดลง เพราะสารแขวนลอยจะห่อหุ้มจุลชีพหรือจุลินทรีย์ไว้ ทำให้คลอรีนเข้าไปทำลายไม่ถึง

8) สารแขวนลอยในน้ำอาจจะทำปฏิกิริยากับคลอรีนได้สารไตรเฮโลมีเทน (Trihalomethane) เช่น คลอโรฟอร์ม ($CHCl_3$) ที่ก่อให้เกิดมะเร็งได้

นอกจากนี้ความขุ่นของน้ำจะมีสภาพไม่เหมาะสมต่อการอุปโภคบริโภค และมีผลต่อระบบการนำน้ำมาใช้ประโยชน์ เช่น มีผลต่อระบบการกรองน้ำ ทำให้เครื่องกรองน้ำอุดตัน และเสียหายเร็วกว่าปกติ

หน่วยที่ใช้ในการวัดความขุ่นที่นิยมใช้ในปัจจุบันมีอยู่ด้วยกัน 2 ระบบ คือ

1) ระบบ ISO Method 7027 (International Standardization) จะใช้หน่วยความขุ่นเป็น FNU (Formazine Nephelometric Unit) หรือ FTU (Formazine Turbidity Unit)

2) ระบบ USEPA Method 180.1 (The United Standard Environmental Protection Agency Method 180.1) จะใช้หน่วยวัดความขุ่นเป็น NTU (Nephelometric Turbidity Unit)

นอกจากนี้ ยังมีอีก 2 หน่วย ที่เคยใช้กันคือ หน่วย JTU (Jackson Turbidity Unit) และ หน่วยซิลิกายูนิต (Silica Scale Unit) ซึ่งกำหนดว่า 1 $mgSiO_2/dm^3$ เท่ากับ หนึ่งหน่วยความขุ่นโดยใช้กรดซิลิกซิก (Silicic Acid) เป็นสารความขุ่นมาตรฐาน โดยตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบหน่วยวัดความขุ่นของ JTU FTU(FNU) NTU และ Silica Scale Unit

ตารางที่ 2.1 ค่าความสัมพันธ์ของหน่วยความขุ่น JTU FTU(FNU) NTU และ Silica Scale Unit

หน่วยความขุ่น	JTU	FTU(FNU)/NTU	Silica Scale Unit (SiO_2), mg/dm^3
JTU	1	19	2.5
FTU(FNU)/NTU	0.053	1	0.13
Silica Scale Unit (SiO_2), mg/dm^3	0.4	7.5	1

ที่มา : (นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์ และคณิตา ตังคณานุรักษ์, 2555, 36)

1.3 ลักษณะคอลลอยด์

การที่อนุภาคคอลลอยด์สามารถแขวนลอยอยู่ในน้ำได้เป็นเวลานาน ๆ โดยไม่ตกตะกอน เรียกได้ว่าเป็นระบบคอลลอยด์ที่มีเสถียรภาพสูง ในทางวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมจะไม่ต้องการให้ระบบคอลลอยด์มีเสถียรภาพ เพราะอนุภาคคอลลอยด์ทำให้น้ำขุ่น และสกปรก ดังนั้นจึงต้องการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์เพื่อทำให้อนุภาคสามารถรวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อนที่มีขนาดและน้ำหนักมากขึ้นจนสามารถตกตะกอนได้

สิ่งที่ทำให้อนุภาคคอลลอยด์มีความแตกต่างจากตะกอนแขวนลอย อะตอม และโมเลกุลขนาดเล็ก คือ ขนาดและคุณสมบัติทางไฟฟ้า อนุภาคคอลลอยด์มีประจุบวกหรือลบก็ได้ แต่ที่มักพบในงานด้านวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมมักเป็นอนุภาคลบ และเป็นอนุภาคแบบที่ไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic) ตัวอย่างของอนุภาคประจุลบในน้ำ คือ ความขุ่นในน้ำผิวดิน ซึ่งส่วนมากเป็นอนุภาคของดินเหนียวชนิดต่าง ๆ และอนุภาคประจุบวกเป็นอินทรียสารซึ่งเป็นอนุภาคแบบที่ชอบน้ำ (Hydrophilic) การที่อนุภาคคอลลอยด์มีประจุไฟฟ้า ทำให้มีแรงผลักระหว่างอนุภาคจึงเป็นสาเหตุทำให้อนุภาคต่าง ๆ กระจายอยู่ในน้ำโดยไม่รวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อนซึ่งเรียกว่า ฟล็อค (Floc) ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าประจุไฟฟ้าเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้คอลลอยด์มีเสถียรภาพ เสถียรภาพของคอลลอยด์แบบที่ไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic) เป็นผลมาจากแรงผลักระหว่างอิออนชนิดเดียวกัน ส่วนเสถียรภาพของคอลลอยด์แบบที่ชอบน้ำ (Hydrophilic) เกิดขึ้นเนื่องจากแรงผลักและเนื่องจากโมเลกุลของน้ำที่ห่อหุ้มอนุภาค (Particle Solvation) ซึ่งอนุภาคคอลลอยด์ได้ประจุไฟฟ้ามาจากหลายทาง เช่น ได้มาจากความไม่บริสุทธิ์ของผลึกสาร ประจุไฟฟ้าของอิออนที่ถูกดูดติดผิวของอนุภาคคอลลอยด์ การละลายตัวของอิออน หรือการแตกตัวเป็นอิออนของหมู่ฟังก์ชัน (Functional Group) บนผิวอนุภาค (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 2537:149-152)

สันทัด ศิริอนันต์ไพบูลย์ (2557:192) กล่าวถึงสารแขวนลอยในน้ำว่าสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1) Hydrophobic Colloid เป็นสารแขวนลอยที่ไม่ชอบน้ำ จะไม่รวมตัวกับน้ำ (ไม่ละลายน้ำ) ได้แก่ พวก Clay สามารถสังเกตได้จากการเอาก้อนดินละลายในน้ำแล้วตั้งทิ้งไว้ จะพบว่ามีตะกอนดินบางส่วนตกลงสู่ก้นภาชนะ แต่จะมีบางส่วนของดินยังคงแขวนลอยอยู่ในน้ำทำให้น้ำยังขุ่นอยู่ ส่วนนี้คือ Clay และสามารถตกตะกอนออกจากนั้นได้ง่ายเมื่อเติมสาร Coagulant ลงในน้ำดังกล่าวเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากสารเหล่านี้ไม่ชอบน้ำและพร้อมที่จะแยกตัวออกจากน้ำหากน้ำหนักมากขึ้น ดังนั้นเพียงแต่ทำลายเสถียรภาพของสารแขวนลอยเหล่านี้เพียงเล็กน้อย คือ ทำลายประจุสารแขวนลอยเหล่านี้ จึงจะรวมตัวและสามารถตกตะกอนออกจากน้ำโดยง่าย

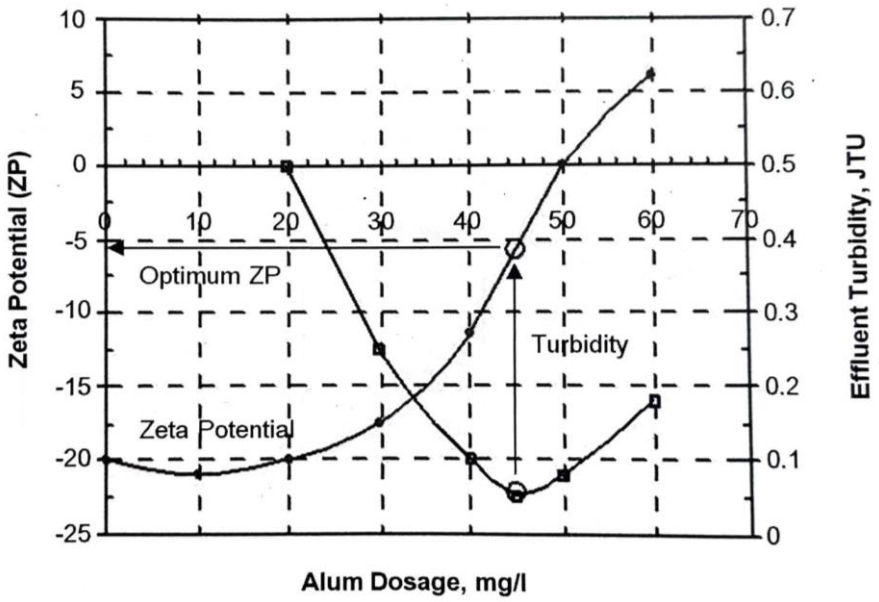
2) Hydrophilic Colloid เป็นสารละลายที่ชอบน้ำและสามารถรวมตัวกับน้ำได้เป็นอย่างดี ส่วนใหญ่จะเป็นสารอินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของความขุ่นและสีในน้ำ สารแขวนลอยเหล่านี้จะมีขนาดเล็กและมีประจุไฟฟ้าเป็นลบ เช่น อะมิโน (Amino) คาร์บอกซิล (Carboxyl) หรือไฮดรอกไซด์ (Hydroxide) เป็นต้น ดังนั้นการที่จะแยกสารแขวนลอยเหล่านี้ออกจากน้ำคงไม่ใช่เป็นแต่การทำลายเสถียรหรือประจุของสารแขวนลอยเหล่านี้เพียงอย่างเดียว แต่คงต้องทำให้คุณสมบัติในการรวมตัวกับน้ำของสารแขวนลอยนั้นสูญเสียไปและตกตะกอนออกจากน้ำ ซึ่งจำเป็นที่จะต้องใช้ Coagulant ในปริมาณที่มากพอที่จะทำให้สารแขวนลอยเหล่านี้ตกตะกอนออกจากน้ำได้ กลไกที่ทำให้อนุภาคหรือสารแขวนลอยไม่ผลักกันและสามารถรวมตัวกันตกตะกอนออกจากน้ำของอนุภาคแขวนลอยหรือเรียกว่ากระบวนการโคแอกกูเลชัน (Coagulation) มีหลักการคร่าว ๆคือ การทำลายประจุที่มีอยู่ในอนุภาคแขวนลอยลง ทำให้ประจุเป็นกลาง หลังจากนั้นอนุภาคที่เป็นกลางก็จะรวมตัวกันตกตะกอนลงมา

1.4 การทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์

ระบบคอลลอยด์อาจมีเสถียรภาพหรือไม่ก็ได้ ซึ่งคอลลอยด์นั้นถือว่ามีเสถียรภาพเมื่อสามารถดำรงสถานะแขวนลอยในน้ำได้โดยไม่ตกตะกอนภายในเวลาสั้น และเมื่อทำให้อนุภาคคอลลอยด์ตกตะกอนและแยกตัวจากน้ำก็ถือว่าเสถียรภาพของคอลลอยด์ถูกทำลายและไม่มีเสถียรภาพอีกต่อไป ด้วยเหตุนี้เสถียรภาพของคอลลอยด์จึงขึ้นอยู่กับแรงดึงดูดและแรงผลักระหว่างอนุภาค แรงผลักจะต้องสูงกว่าแรงดึงดูดจึงจะทำให้คอลลอยด์มีเสถียรภาพ ถ้าแรงดูดมากกว่าแรงผลักอนุภาคคอลลอยด์ต่าง ๆ สามารถจับกันเป็นกลุ่มก้อนหรือฟล็อคได้ ทำให้คอลลอยด์ไม่มีเสถียรภาพและไม่สามารถแขวนลอยอยู่ในน้ำได้ แรงดึงดูดระหว่างอนุภาค เรียกว่า Van der Waals Force เป็นแรงอ่อนที่มีอำนาจเมื่ออนุภาคอยู่ใกล้กัน ส่วนแรงผลักระหว่างอนุภาคเป็นผลมาจากประจุไฟฟ้าของอนุภาคหรือซีต้าโพเทนเชียล ผลลัพธ์ของแรงระหว่างอนุภาคทั้งสองชนิดขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างอนุภาค ซึ่งการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์สามารถกระทำได้โดยอาศัยกลไก 4 แบบ (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 2537:155-161) คือ

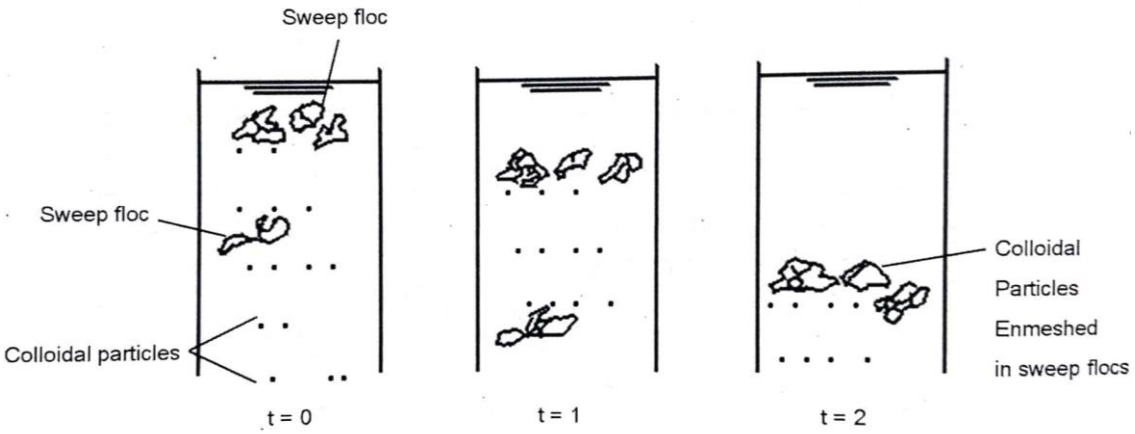
1) การลดความหนาของชั้นกระจาย (Diffuse Layer) การเพิ่มจำนวนของอิออนที่มีประจุตรงกันข้ามกับประจุของอนุภาค เป็นการเพิ่มจำนวน Counter Ion ในชั้นกระจาย ผลที่เกิดขึ้นคือ ชั้นกระจายมีความหนาลดลงและทำให้ซีตาโพเทนเชียลลดลงตามไปด้วย การเป็นเช่นนี้เนื่องจากมีประจุบวกเข้าไปออกันอยู่ใกล้ผิวของอนุภาคคอลลอยด์เพิ่มขึ้นทำให้อำนาจของประจุลบของอนุภาคไม่สามารถส่งออกไปได้ไกลเท่าเดิม อิออนต่าง ๆ มีอำนาจในการลดความหนาของชั้นกระจาย (ซึ่งเท่ากับลดซีตาโพเทนเชียล)

2) การดูดติดและทำลายประจุไฟฟ้าของอนุภาคคอลลอยด์ (Adsorption/Charge Neutralization) สารเคมีบางหมู่สามารถดูดติด (Adsorbed) บนผิวของอนุภาคคอลลอยด์ได้ ถ้าสารเหล่านั้นมีประจุไฟฟ้าตรงกันข้ามกับคอลลอยด์ การดูดติดผิวจะมีผลในการลดอำนาจศักย์ไฟฟ้าและทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ กลไกแบบดูดติดผิวนี้แตกต่างจากกลไกแบบแรก เนื่องจากกลไกแบบแรกอิออนต่างประจุหรือ Counter Ion อยู่ในชั้นกระจาย โดยไม่ดูดติดผิวของอนุภาคคอลลอยด์ ในขณะที่กลไกแบบดูดติดผิวนี้อิออนต่างประจุหรือ Counter Ion สามารถเข้าถึงผิวของอนุภาคคอลลอยด์ การทำลายศักย์ไฟฟ้าของคอลลอยด์จึงได้ผลดีกว่าอิออนต่างประจุที่ไม่สามารถเข้าถึงผิวอนุภาคได้ ส่งผลให้ใช้สารเคมีน้อยกว่ากลไกแบบแรก นอกจากนี้ปริมาณโคแอกกูแลนด์ที่ใช้จะเพิ่มหรือลดตามความเข้มข้นของปริมาณอนุภาคคอลลอยด์ และเมื่อใช้โคแอกกูแลนด์มากเกินไปเสถียรภาพของคอลลอยด์จะฟื้นขึ้นมาใหม่เนื่องจากมีการเปลี่ยนประจุไฟฟ้าเกิดขึ้น (ภาพที่ 2.1)



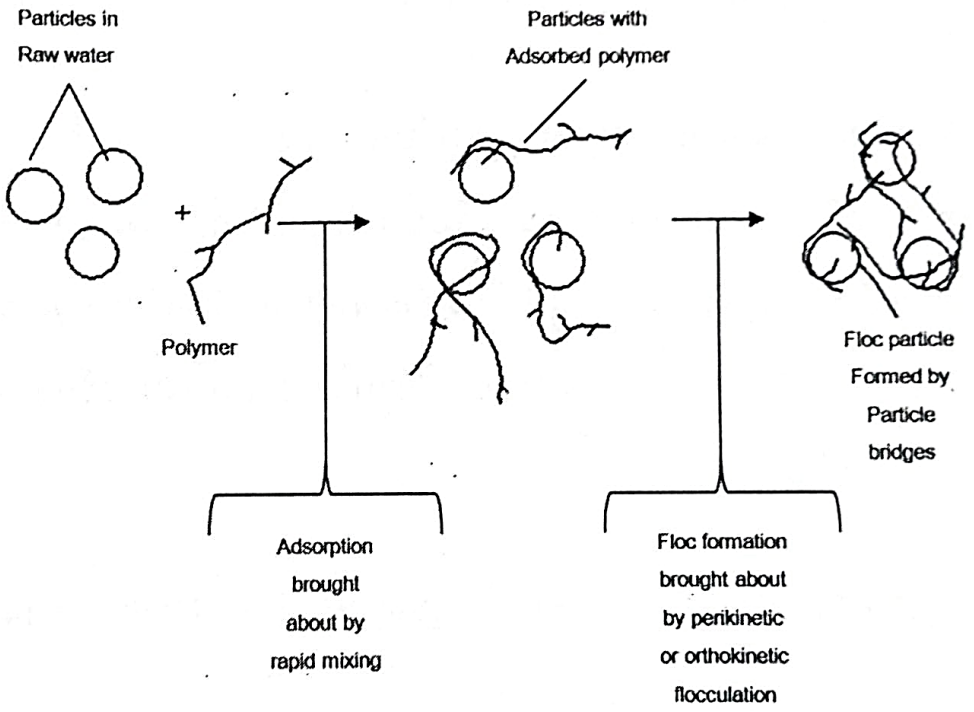
ภาพที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีตาโพเทนเชียล ปริมาณสารส้ม และความขุ่น
ที่มา : (พิสุทธิ์ เพียรมนกุล, 2557, 387)

3) การห่อหุ้มอนุภาคคอลลอยด์ไว้ในผลึกสารประกอบที่สร้างขึ้น (Sweep Floc Coagulation) สารประกอบเกลือของโลหะบางชนิดเมื่อเติมลงไปในน้ำในปริมาณที่พอ จะมีการตกผลึกเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว อนุภาคคอลลอยด์จะเป็นแกนในของผลึกดังกล่าว เพื่อทำให้ผลึกมีขนาดใหญ่หรืออาจจะรวมตัวกับผลึกเพื่อเพิ่มขนาดหรือน้ำหนักให้กับอนุภาคคอลลอยด์ได้ จึงส่งผลให้คอลลอยด์สูญเสียเสถียรภาพและสามารถตกตะกอนได้ (ภาพที่ 2.2)



ภาพที่ 2.2 การห่อหุ้มอนุภาคคอลลอยด์ไว้ในผลึกสารประกอบที่สร้างขึ้น
ที่มา : (พิสุทธิ์ เพียรมนกุล, 2557, 388)

4) การใช้สารโพลีเมอร์เป็นสะพานเชื่อม (Polymer Bridging) สารประกอบตามธรรมชาติ เช่น แป้ง เซลลูโลส น้ำตาลบางชนิด และโปรตีนบางชนิด รวมถึงสารอินทรีย์โพลีเมอร์ที่สังเคราะห์ขึ้น มักมีโมเลกุลขนาดใหญ่ สามารถใช้เป็นโคแอกกูแลนด์ในการกำจัดคอลลอยด์ได้ โมเลกุลของสารโพลีเมอร์สามารถติดบนอนุภาคคอลลอยด์ได้หลายตำแหน่ง โดยอนุภาคคอลลอยด์สามารถจับตัวกับอนุภาคอื่น ๆ โดยมีโพลีเมอร์เป็นสะพานเชื่อม ซึ่งการเชื่อมต่อด้วยโพลีเมอร์สามารถเกิดขึ้นได้เท่าที่มีโพลีเมอร์และตำแหน่งว่างบนผิวอนุภาค ซึ่งการเกาะติดอาจเป็นผลเนื่องมาจากประจุที่ต่างกันของโพลีเมอร์และคอลลอยด์ หรือเป็นแรงของปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างประจุที่เหมือนกันของโพลีเมอร์และคอลลอยด์ โดยอนุภาคที่มีพอลิเมอร์เกาะติดอยู่โดยมีปลายอิสระสำหรับกระบวนอนุภาคอื่นถือได้ว่าอนุภาคนั้นสูญเสียเสถียรภาพแล้ว (ภาพที่ 2.3)



ภาพที่ 2.3 การใช้สารโพลีเมอร์เป็นสะพานเชื่อม
ที่มา : (พิสุทธิ์ เพียรมนกุล, 2557, 389)

1.5 การสร้างรวมตะกอน

การสร้างรวมตะกอน คือ การทำให้ตะกอนหรือสารแขวนลอยขนาดเล็ก (Colloid) รวมตัวกันเป็นตะกอนขนาดใหญ่ขึ้นและตกตะกอนออกจากน้ำ ทั้งนี้เนื่องจากในน้ำมักจะมีการปนเปื้อนของสิ่งสกปรก ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะมีขนาดเล็กและไม่สามารถจมตัวได้ด้วยน้ำหนักของตัวมันเอง เนื่องจากอนุภาคคอลลอยด์มีประจุไฟฟ้าลบเป็นส่วนใหญ่ และเมื่ออนุภาคเหล่านั้นมาพบกันก็จะผลักกันไม่สามารถรวมตัวกันเป็นตะกอนขนาดใหญ่ ดังนั้นถ้าต้องการให้อนุภาคเหล่านั้นมารวมตัวกันเป็นอนุภาคขนาดใหญ่และตกตะกอนออกจากน้ำก็ต้องทำลายประจุของอนุภาคเหล่านั้นหรือทำให้อนุภาคเหล่านั้นเป็นกลาง ซึ่งการทำลายประจุหรือการทำให้เป็นกลางทำได้โดยการเติมสารเคมีบางชนิดลงไป (สันทัด ศิริอนันต์ไพบูลย์, 2557:191) โดยส่วนประกอบสำคัญของการรวมตกตะกอนมี 3 ส่วน คือ กวนเร็ว กวนช้า และตกตะกอน การกวนเร็วเป็นการเติมสารเคมีที่เป็นทางเข้าของน้ำสารเคมีและน้ำจะผสมกันทันทีอย่างรวดเร็วในส่วนนี้ การกวนช้าทำหน้าที่สร้างฟล็อคที่เกิดจากการรวมตัวของอนุภาคคอลลอยด์เพื่อส่งไปตกตะกอนในถังตกตะกอนซึ่งอยู่หลังกวนช้า (กรมโรงงานอุตสาหกรรม 2554:5-23) ซึ่งสารส้ม (Alum) หรือ Aluminum Sulfate ($Al_2(SO_4)_3.18H_2O$) เป็น

โคแอกกูแลนด์ (สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการโคแอกกูเลชัน) ที่ใช้มากที่สุดในการทำให้เกิดกลไกการจับอนุภาคขนาดเล็ก 3 กลไก (สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย 2550:9-23) ดังนี้

1) กลไกการดูดติดและลดเสถียรภาพ ปฏิกิริยาการแยกสลายด้วยน้ำ (Hydrolysis) ของสารส้มทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนต่าง ๆ ซึ่งสามารถดูดติดไปบนผิวของอนุภาค เมื่อสารประกอบเชิงซ้อนเป็นประจุบวก ก็จะลดประจุลบของอนุภาค เป็นการลดเสถียรภาพของอนุภาค เมื่ออนุภาคสัมผัสกันจะเกาะกันเป็นตะกอนขนาดใหญ่ เกิดเป็นกลไกลดเสถียรภาพ อีกทั้งสารประกอบเชิงซ้อนของอลูมิเนียมต่าง ๆ มีลักษณะเหนียวเหนอะ เมื่อดูดติดกับผิวอนุภาคจึงทำหน้าที่เพิ่มอัตราส่วนในการเกาะติด แม้อนุภาคยังมีประจุเป็นลบ แต่หากสารประกอบเชิงซ้อนต่ำไปจะไม่เกิดกระบวนการโคแอกกูเลชัน แต่ถ้ามีสารประกอบเชิงซ้อนสูงไป สารประกอบเชิงซ้อนจะดูดติดไปที่ผิวของอนุภาคมาก จนทำให้อนุภาคประจุบวกซึ่งจะทำให้อนุภาคกลับมามีเสถียรภาพ

2) กลไกโคแอกกูเลชันแบบกวาด (Sweep Coagulation) เป็นกลไกที่เกิดจากการเติมสารส้มให้ความเข้มข้นของอลูมิเนียมสูงกว่าจุดอิ่มตัว ทำให้เกิดตะกอนอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์มากจนสามารถห่อหุ้มอนุภาค ทำให้ผิวของอนุภาคมีความเหนียวเหนอะและไม่แสดงอิทธิพลของประจุไฟฟ้า เมื่อกวนให้อนุภาคสัมผัสกัน ก็จะเกาะตัวกันเป็นตะกอนขนาดใหญ่

3) กลไกโคแอกกูเลชันแบบร่วม (Combination) เป็นกระบวนการโคแอกกูเลชันที่เกิดกลไกทั้งแบบดูดติดและลดเสถียรภาพ และกลไกแบบกวาดพร้อมกัน โดยที่ไม่มีกลไกใดแสดงอิทธิพลสูงกว่ากัน

นอกจากนี้ ยังสามารถเติมสารช่วยโคแอกกูแลนด์ (Coagulant Aid) เป็นสารเคมีประเภทโพลีอิเล็กโตรไลต์ (Polyelectrolyte) ซึ่งเป็นสารโพลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง โดยสารช่วยตกตะกอนทำหน้าที่เป็นสะพานเชื่อมระหว่างอนุภาคหรือฟล็อกให้เกิดเป็นฟล็อคขนาดใหญ่และตกตะกอนได้ง่าย สารโพลีอิเล็กโตรไลต์ที่ใช้มีอยู่ 3 ประเภท ได้แก่ (1) โพลีเมอร์ประจุบวก (Cationic Polymer) เป็นสารช่วยตกตะกอนที่มีประจุบวก (2) โพลีเมอร์ประจุลบ (Anionic Polymer) เป็นสารช่วยตกตะกอนที่มีประจุลบ และ (3) โพลีเมอร์ที่ไม่มีประจุ (Non Ionic Polymer) เป็นสารช่วยตกตะกอนที่ไม่มีประจุ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม 2554:5-23) โดยสารดังกล่าวอาจมาจากธรรมชาติ เช่น แป้งหรือยางโพลีแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide gums) หรืออาจจะสังเคราะห์ขึ้นจากสารดั้งเดิม (พิสุทธิ์ เพียรมนกุล, 2557:393)

1.6 ทุเรียน

ทุเรียน มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Durio ziberhinus* Merr. วงศ์ Bombacaceae มีลำต้นสูงประมาณ 10-15 เมตร ลำต้นตรง แตกกิ่งก้านจากลำต้นโดยรอบ เรือนยอดทรงกลมหรือทรงเจดีย์ ผลมีลักษณะกลมหรือรีเป็นพู ๆ มีหนามสีเขียวหรือเขียวอมเหลืองแข็งเต็มทั่วลูก เมล็ดมีลักษณะตรง

กลางป่องและหัวท้ายเรียวมน เมล็ดค่อนข้างใหญ่ มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2-4 เซนติเมตร เมล็ดที่แก่จัดจะมีสีน้ำตาลเหลืองหรืออมแดง เป็นเยื่อบาง ๆ หุ้มอยู่ (คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2562) ซึ่งเมล็ดทุเรียนที่โตเต็มที่นั้นจะมีแป้ง (อะไมโลส) ประมาณ 78% น้ำหนักแห้ง มีโปรตีนประมาณ 7% และมีไตรกลีเซอไรด์น้อยกว่า 1% (Brown et al., 2001:293) นอกจากนี้ในเมล็ดทุเรียนมีปริมาณกัมสูง (Water-soluble Gums) จะมีเมือกจำนวนมากเมื่อปอกเปลือกและหั่น ซึ่งเป็นกลุ่มของสารประเภทไฮโดรคอลลอยด์ (วริศชนม์ นิลนนท์ และคณะ, 2562:115) ไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloids) คือ โพลิเมอร์ชนิดชอบน้ำ (hydrophilic) ที่ได้จากพืช สัตว์ จุลินทรีย์ รวมถึงโพลีเมอร์ดัดแปรจากธรรมชาติหรือสังเคราะห์ โดยทั่วไปจะเป็นโมเลกุลที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซี่ (-OH) และอาจจะเป็น polyelectrolyte (ดุษฎี อุตภาพ และน้องนุช เจริญกูล, 2562)

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ประพัฒน์ เป็นตามวา และคณะ (2554:1-6) ศึกษาประสิทธิภาพของผงแป้งจากเมล็ดขนุน เงาะ และลิ้นจี่ ในการเป็นสารช่วยตกตะกอนในน้ำดิบเพื่อการผลิตน้ำประปา ผลการศึกษาพบว่าเมล็ดผลไม้ดังกล่าวมีองค์ประกอบของแป้งมากที่สุด(46.8%-81%) รองลงมาคือโปรตีน(4.9%-12.4%) และเส้นใย (0.9%-5.9%) และจากการนำน้ำดิบที่มีความขุ่นอยู่ในช่วง 10-15 NTU มาทำการตกตะกอนความขุ่นในน้ำด้วยการทดลองจาร์เทส (Jar test) ผลการศึกษาพบว่าสารตกตะกอนที่มาจากสารละลายผงแป้งเมล็ดเงาะมีความสามารถในการเป็นโคแอคคูแลนด์มากที่สุด (48.1%) รองลงมา คือ เมล็ดลิ้นจี่ (40.7%) และเมล็ดขนุน (35.8%) และการใช้ผงแป้งจากเมล็ดผลไม้ดังกล่าว (25 mg/L) ในการเป็นสารโคแอกกูแลนด์เอดร่วมกับสารส้มที่ความเข้มข้นของสารส้ม (70 mg/L) พบว่าสารละลายผงแป้งเมล็ดลิ้นจี่มีประสิทธิภาพในการเป็นสารโคแอกกูแลนด์เอดมากที่สุด (88%) รองลงมา ได้แก่ สารละลายผงแป้งเมล็ดเงาะ (87%) และเมล็ดขนุน (78%) สำหรับการใช้สารส้มเพียงอย่างเดียวมีประสิทธิภาพในการลดความขุ่นอยู่ในช่วง 53.3-75.8% จากผลการศึกษานี้เห็นได้ว่าผงแป้งจากเมล็ดผลไม้ที่หาได้ในท้องถิ่นของไทยสามารถใช้เป็นสารช่วยตกตะกอนร่วมกับสารส้มได้ดี

ขนิษฐา เจริญลาภ และปทุมทิพย์ ปราบพาล (2556:49-50) ศึกษาการใช้สารโคแอกกูแลนด์จากธรรมชาติ ได้แก่ เมล็ดมะรุม ข้าวโพด ถั่วเขียว และมะขาม ในการบำบัดน้ำเสียสีรีแอคทีฟสีน้ำเงิน ผลการทดลองพบว่า พีเอชของน้ำเสียมีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดสีของสารโคแกกูแลนด์จากพืช ซึ่งสารสกัดจากพืช มีประสิทธิภาพในการกำจัดสีในช่วงพีเอช 5 ถึง 9 แต่ในช่วงพีเอชของน้ำเสียเป็นกรดจะมีประสิทธิภาพดีที่สุด โดยสารสกัดจากเมล็ดมะรุม (30 มิลลิกรัมต่อลิตร) มีประสิทธิภาพในการกำจัดสีสูงที่สุด รองลงมาเป็นอลูมิเนียมซัลเฟต (210 มิลลิกรัมต่อลิตร) สารสกัดจากเมล็ดมะขาม

(20 มิลลิกรัมต่อลิตร) สารสกัดจากข้าวโพด (30 มิลลิกรัมต่อลิตร) และสารสกัดจากถั่วเขียว (20 มิลลิกรัมต่อลิตร) โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดสีร้อยละ 86.45, 83.43, 81.13, 80.26 และ 77.47 ตามลำดับ ในขณะที่อลูมิเนียมซัลเฟตมีประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่น และกำจัดซีโอดีของน้ำเสียรีแอคทีฟสูงที่สุด คือร้อยละ 84.26 และ 55.84 และจากการทดลองพบว่าการใช้อลูมิเนียมซัลเฟตทำให้เกิดสลัดจ์หลังการบำบัดมากที่สุด

รุ่งทิวา นาวีเสถียร และคณะ (2556:15-22) ศึกษาประสิทธิภาพ และความเป็นไปได้ในการนำเมล็ดมะรุมมาใช้เป็นสารสร้างตะกอนและสารสร้างตะกอนร่วมในการกำจัดความขุ่นในน้ำทิ้งจากโรงงานผักกาดดองด้วยวิธีจาร์เทสต์ (Jar Test) ซึ่งได้ทดลองเปรียบเทียบกับสารส้มและปูนขาว โดยแบ่งการทดลองเป็นการศึกษาปริมาณของสารสร้างตะกอนที่เหมาะสม พีเอชที่เหมาะสม (7.0 - 10.0) ผลการทดลองพบว่า ภายใต้สภาวะที่พีเอช 10 มะรุม ที่ปริมาณ 15 มิลลิลิตร เป็นช่วงที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นที่สุด รองลงมาคือ มะรุมร่วมกับสารส้มและปูนขาว มะรุมร่วมกับปูนขาว มะรุมร่วมกับสารส้ม ปูนขาว และสารส้มที่ร้อยละ 98.35, 96.97, 96.14, 95.05, 86.54 และ 67.98 ตามลำดับ และเมื่อนำสารสร้างตะกอนที่ให้ประสิทธิภาพที่สุดซึ่งได้แก่ มะรุมไปทดลองปรับใช้กับน้ำเสียในปริมาณที่เพิ่มขึ้นพบว่า ปริมาณมะรุมที่ 120 มิลลิลิตร ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นได้ดีที่สุด รองลงมาคือ ปริมาณที่ 60, 100, 40, 80 และ 20 มิลลิลิตร ซึ่งให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ร้อยละ 98.76, 98.28, 98.08, 97.61, 97.47 และ 96.95 ตามลำดับ

Teh et al. (2014:509–519) ศึกษาการใช้แป้งเพื่อทดแทนการตกตะกอนของสารอนินทรีย์ในการบำบัดน้ำเสียทางการเกษตร-อุตสาหกรรมจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าแป้งข้าวเจ้าเป็นแป้งที่ดีที่สุดเนื่องจากให้ผลการกำจัดสารแขวนลอยทั้งหมด (TSS) ที่คล้ายกันกับสารส้มอย่างมีมีนัยสำคัญ เวลาในการตกตะกอนสั้นลงและผลิตฟล็อกที่มีความต้านทานต่อแรงเฉือนที่สูงขึ้น ซึ่งผลการศึกษาพบว่าการใช้แป้งข้าวเจ้าเพียงอย่างเดียวที่อุณหภูมิห้องทำให้สามารถกำจัด TSS ได้สูงถึง 84.1% โดยใช้ปริมาณแป้งข้าวเจ้าเท่ากับ 2 g/L ที่ pH 3 ความเร็วในการกวนช้าที่ 10 รอบต่อนาที และใช้เวลาในการตกตะกอนเท่ากับ 5 นาที และพบว่าสามารถกำจัด TSS สูงถึง 88.4% เมื่อใช้แป้งข้าวเจ้าร่วมกับสารส้ม โดยใช้แป้งข้าว 0.55 g/L ร่วมกับสารส้ม 0.2 g/L

Kakoi et al. (2016:699-705) ศึกษาการนำหยวกกล้วยมาใช้เป็นสารสร้างตะกอนตามธรรมชาติสำหรับแม่น้ำที่ปนเปื้อน ผลการศึกษา พบว่า ผงหยวกกล้วยมีหมู่ฟังก์ชันหลายกลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม O-H และ C-H กลุ่มคาร์บอกซิลิก (COO-double Bond) และกลุ่มไอออนิกคาร์บอกซิลิก (COOH) แบบอสมมาตร รวมถึงกลุ่มฟังก์ชันอื่น ๆ เช่น กลุ่ม C-O ของคีโตน อัลดีไฮด์ และแลคโตน กลุ่ม –C-O-C และ -OH ของพอลิแซ็กคาไรด์ และกลุ่ม C-N เป็นต้น ซึ่งหยวกกล้วยสามารถใช้กำจัดความขุ่น COD ของแข็งแขวนลอย ซัลเฟต ไนเตรต ทองแดง โครเมียม เหล็ก สังกะสี ตะกั่ว และแมงกานีส ได้มากถึง98.5, 54.3, 96.03, 98.9, 88.7, 100, 100, 92, 81, 100 และ 60% ตามลำดับ

โดยการกำจัดสารปนเปื้อนดังกล่าวโดยใช้ก้านกล้วยสามารถให้ประสิทธิภาพได้ดีที่สุดที่ปริมาณหยวกกล้วยเท่ากับ 0.1 kg/m^3 ภายใต้ความเป็นกรดที่ pH 4

Choy et al. (2016:352-364) ศึกษาประสิทธิภาพของแป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวสาลี แป้งข้าวโพด และแป้งมันฝรั่งในการกำจัดความขุ่นที่เกิดขึ้นจากสารแขวนลอยดินขาว (Kaolin) และเปรียบเทียบกับสารส้ม (Alum) และโพลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ (Polyaluminium Chloride) โดยศึกษาผลของปริมาณของสารสร้างตะกอนที่ พีเอช และการเจลาติไนซ์ของแป้ง ผลการศึกษาพบว่าแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านสภาวะหม้อนึ่งอัดไอมีความยาวโซ่พอลิเมอร์ขนาดใหญ่กว่าแป้งอื่น ๆ ซึ่งสามารถกำจัดความขุ่นได้ 50% โดยมีปริมาณที่เหมาะสมคือ 120 mg/L ที่ pH เริ่มต้น 4 และใช้เวลาในการตกตะกอน 30 นาที และพบว่าการใช้แป้งข้าวเจ้าที่ผ่านสภาวะหม้อนึ่งอัดไอและสารตกตะกอนทางเคมีร่วมกันในกระบวนโคแอกกูเลชันสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นได้อย่างน้อย 30% และสามารถช่วยลดปริมาณตะกอนจากสารเคมีได้ 60%

Asharuddin et al. (2018:185-192) ศึกษาประสิทธิภาพของแป้งเปลือกมันสำปะหลัง (CPS) ร่วมกับสารส้มเพื่อทำหน้าที่เป็นสารตกตะกอนสำหรับการกำจัดความขุ่นในน้ำดิบจากเขื่อน (Sembrong Dam) โดยใช้จาร์เทสต์ (Jar Test) ผลการศึกษาพบว่าการใช้สารส้มร่วมกับแป้งเปลือกมันสำปะหลังเป็นสารตกตะกอนสามารถกำจัดความขุ่นได้สูงสุดถึง 91.47% และยังช่วยปรับปรุงกระบวนการโคแอกกูเลชันโดยสามารถลดปริมาณสารส้มและเวลาในการตกตะกอนลงได้ถึง 50% ซึ่งชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของแป้งเปลือกมันสำปะหลังที่จะพัฒนาต่อไปเพื่อใช้เป็นสารสร้างตะกอนหรือสารตกตะกอนที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การทดสอบลดความขุ่นในน้ำโดยใช้ผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนเป็นสารสร้างตะกอนหรือโคแอกกูแลนท์ (Coagulant) และสารช่วยสร้างตะกอนหรือโคแอกกูแลนท์เอด (Coagulant aids) เพื่อทดสอบปริมาณที่เหมาะสมของผงแป้งจากเมล็ดทุเรียน และประเมินประสิทธิภาพในการเป็นสารสร้างตะกอนและสารช่วยสร้างตะกอนของผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนในการกำจัดความขุ่นของน้ำเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำ มีรายละเอียดของการดำเนินการวิจัยดังนี้

1. วัสดุและอุปกรณ์

1.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1) เครื่องวัดค่าความเป็นกรด ด่าง (pH Meter)
2) เครื่องวัดความขุ่น (Turbidity Meter)
3) เครื่องจาร์เทสต์ (Jar Test)
4) เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ (TDS Meter)
5) เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Analytical Balance)
6) ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven)
7) ตู้ดูดความชื้น (Desiccator)
8) โถปั่น (Blender)

1.2 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1) บีกเกอร์ (Beaker)
2) ปิเปต (Pipette)
3) ลูกยางปิเปต (Pipette Bulb)
4) กระบอกตวง (Cylinder)
5) แท่งแก้วคนสาร (Glass Rod)
6) ช้อนตักสาร (Spatula)
7) ตะแกรงร่อน (Sieve)

1.3 ตัวอย่างและสารเคมี

1) สารส้ม (Aluminum Sulphate)

2) NaCl (Sodium Chloride)

3) NaOH (Sodium Hydroxide)

4) ผงแป้งจากเมล็ดทุเรียน (Durain Seed Flour)

2. วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) โดยดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา เพื่อศึกษาปริมาณและประสิทธิภาพของผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนในการเป็นสารสร้างตะกอนและสารช่วยสร้างตะกอนร่วมกับสารส้ม โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

2.1 เตรียมผงแป้งจากเมล็ดทุเรียน โดยล้างเมล็ดทุเรียนให้สะอาด ลอกเปลือกออก และหั่นให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ จากนั้นอบให้แห้งที่อุณหภูมิประมาณ 40-50 °C จนกระทั่งความชื้นลดลงต่ำกว่า 12% และเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปบดให้เป็นผงละเอียด และกรองด้วยตะแกรงขนาดประมาณ 0.2-0.4 มิลลิเมตร นำไปเก็บไว้ในเดซิเคเตอร์ และดำเนินการวิเคราะห์หาปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของผงแป้งจากเมล็ดทุเรียน (Proximate Analysis) ผ่านพารามิเตอร์ ดังนี้ ความชื้น (Moisture) เถ้า (Ash) โปรตีนรวม (Crude Protein) ไขมัน (Fat) เส้นใย (Crude Fiber) คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate)

2.2 เก็บตัวอย่างน้ำผิวดินจากแม่น้ำปัตตานี ซึ่งเป็นแหล่งน้ำดิบที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตน้ำประปาภายในเขตเทศบาลนครยะลา เพื่อใช้ในการทดสอบการกำจัดความขุ่นด้วยผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนในการเป็นสารสร้างตะกอนและสารช่วยสร้างตะกอนร่วมกับสารส้มผ่านกระบวนการสร้างและรวมตะกอนในห้องปฏิบัติการ (Jar test) และวิเคราะห์คุณภาพน้ำเริ่มต้นผ่านพารามิเตอร์ ดังนี้ พีเอช (pH) ความขุ่น (Turbidity) และปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids : TDS) โดยตัวอย่างน้ำดิบจะถูกเก็บรักษาไว้ในตู้ควบอุณหภูมิประมาณ 4 °C เพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงและคงสภาพเดิมของตัวอย่างน้ำดิบ

2.3 ดำเนินการศึกษาหาปริมาณที่เหมาะสมของผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนในตัวทำละลายที่ต่างกันในการเป็นสารสร้างตะกอน ดังนี้

1) ทดสอบปริมาณที่เหมาะสมของสารละลายผงแป้งเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วยน้ำกลั่นในการเป็นสารสร้างตะกอนเพื่อลดความขุ่นในน้ำตัวอย่าง โดยนำผงแป้งเมล็ดทุเรียนผสมกับน้ำกลั่นเพื่อให้ได้สารละลายผงแป้งเมล็ดทุเรียน จากนั้นดำเนินการทดสอบด้วย Jar test โดย

กำหนดปริมาณความเข้มข้นของสารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนในการทดสอบเท่ากับ 10 20 40 80 และ 120 mg/L

2) ทดสอบปริมาณที่เหมาะสมของสารละลายที่ได้จากการละลายผงแป้งเมล็ดทุเรียนด้วย 0.5 mol/L NaCl (Abidin et al., 2013: 319-323) ในการเป็นสารสร้างตะกอนเพื่อลดความขุ่นในน้ำตัวอย่าง โดยนำผงแป้งเมล็ดทุเรียนผสมกับสารละลาย NaCl จากนั้นดำเนินการทดสอบด้วย Jar test โดยกำหนดปริมาณความเข้มข้นของสารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนในการทดสอบเท่ากับ 10 20 40 80 และ 120 mg/L

3) ทดสอบปริมาณที่เหมาะสมของสารละลายที่ได้จากการละลายผงแป้งเมล็ดทุเรียนด้วย 0.05 mol/L NaOH (Abidin et al., 2013: 319-323) ในการเป็นสารสร้างตะกอนเพื่อลดความขุ่นในน้ำตัวอย่าง โดยนำผงแป้งเมล็ดทุเรียนผสมกับสารละลาย NaOH จากนั้นดำเนินการทดสอบด้วย Jar test โดยกำหนดปริมาณความเข้มข้นของสารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนในการทดสอบเท่ากับ 10 20 40 80 และ 120 mg/L

โดยทุกการทดสอบดำเนินการทดสอบด้วย Jar test ซึ่งประกอบด้วยการกวนเร็วที่ความเร็วรอบประมาณ 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 2 นาที และการกวนช้าที่ความเร็วประมาณ 30 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที และเมื่อสิ้นสุดการกวนตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนประมาณ 30 นาที จากนั้นนำน้ำส่วนใสมาทำการวิเคราะห์ค่าพีเอช (pH) ความขุ่น (Turbidity) และปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids : TDS)

2.4 ดำเนินการศึกษาหาปริมาณที่เหมาะสมของผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนในการเป็นสารช่วยสร้างตะกอนร่วมกับสารส้ม ดังนี้

1) ทดสอบปริมาณที่เหมาะสมของสารส้ม (Aluminum Sulphate) ในการเป็นสารสร้างตะกอนเพื่อลดความขุ่นในตัวอย่างน้ำดิบ โดยกำหนดปริมาณความเข้มข้นของสารส้มในการทดสอบเท่ากับ 10 20 40 80 และ 120 mg/L

2) ทดสอบปริมาณที่เหมาะสมของสารละลายผงแป้งเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วยน้ำกลั่นในการเป็นสารช่วยสร้างตะกอนที่ระดับความเข้มข้นเท่ากับ 10 20 40 80 และ 120 mg/L ร่วมกับสารส้มที่ความเข้มข้นที่เหมาะสมจากการทดลองในขั้นตอนที่ 1)

3) ทดสอบปริมาณที่เหมาะสมของสารละลายที่ได้จากการละลายผงแป้งเมล็ดทุเรียนด้วย NaCl (0.5 mol/L) ในการเป็นสารช่วยสร้างตะกอนที่ระดับความเข้มข้นเท่ากับ 10 20 40 80 และ 120 mg/L ร่วมกับสารส้มที่ความเข้มข้นที่เหมาะสมจากการทดลองในขั้นตอนที่ 1)

4) ทดสอบปริมาณที่เหมาะสมของสารละลายที่ได้จากการละลายผงแป้งเมล็ดทุเรียนด้วย NaOH (0.05 mol/L) ในการเป็นสารช่วยสร้างตะกอนที่ระดับความเข้มข้นเท่ากับ

10 20 40 80 และ 120 mg/L ร่วมกับสารส้มที่ความเข้มข้นที่เหมาะสมจากการทดลองในขั้นตอนที่ 1)

โดยทุกการทดสอบดำเนินการทดสอบด้วยเครื่อง Jar test ซึ่งประกอบด้วยการกวนเร็วที่ความเร็วรอบประมาณ 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 2 นาที และการกวนช้าที่ความเร็วประมาณ 30 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที และเมื่อสิ้นสุดการกวนตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนประมาณ 30 นาที จากนั้นนำน้ำส่วนใสมาทำการวิเคราะห์ค่าพีเอช (pH) ความขุ่น (Turbidity) และปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids : TDS)

3. การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

ในการทดลองครั้งนี้ใช้สถิติพื้นฐานในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) และวิเคราะห์ประสิทธิภาพในรูปแบบร้อยละ (Percent) ในการศึกษาประสิทธิภาพของผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนในการเป็นสารสร้างตะกอนและสารช่วยสร้างตะกอนร่วมกับสารส้มในการกำจัดความขุ่นของน้ำเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำ

4. ระยะเวลาการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้ระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินการเก็บข้อมูล ทดลอง และสรุปผลการทดลอง ประมาณ 12 เดือน คือ ตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2562 ถึง เดือนกันยายน พ.ศ. 2563 โดยมีรายละเอียดแผนการดำเนินงานวิจัยดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แผนการดำเนินงานวิจัย

ปี	กิจกรรม	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
2562	เตรียมผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนและวิเคราะห์หาปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของผงแป้งจากเมล็ดทุเรียน พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างน้ำและวิเคราะห์คุณภาพน้ำเริ่มต้น	*	*	*									

ตารางที่ 3.1 แผนการดำเนินงานวิจัย (ต่อ)

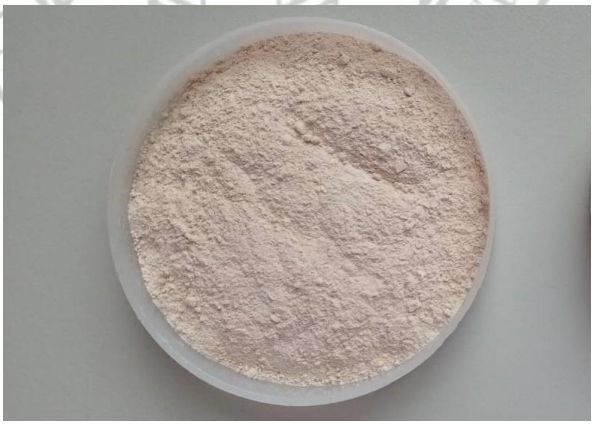
ปี	กิจกรรม	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
2562	เตรียมผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนและวิเคราะห์หาปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของผงแป้งจากเมล็ดทุเรียน พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างน้ำและวิเคราะห์คุณภาพน้ำเริ่มต้น	*	*	*									
2563	ดำเนินการศึกษาหาปริมาณที่เหมาะสมของผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนในการเป็นสารสร้างตะกอนและสารช่วยสร้างตะกอนร่วมกับสารส้ม				*	*	*	*					
2563	รวบรวมผลการทดลอง วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลจากการทดลอง					*	*	*	*	*			
2563	เตรียมต้นฉบับผลงานวิจัยเพื่อเผยแพร่ในงานประชุมวิชาการ/วารสาร จัดทำเล่มและส่งรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์									*	*	*	*

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา เพื่อศึกษาปริมาณและประสิทธิภาพของผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนในการเป็นสารสร้างตะกอนและสารช่วยสร้างตะกอนร่วมกับสารส้ม โดยมีผลการทดลองดังนี้

1. ลักษณะผงแป้งเมล็ดทุเรียน

ภาพที่ 4.1 แสดงลักษณะของผงแป้งเมล็ดทุเรียนที่ใช้ในการทดลอง โดยผงแป้งเมล็ดทุเรียนมีลักษณะเป็นผงสีขาว และตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบทางเคมีของผงแป้งจากเมล็ดทุเรียน (Proximate Analysis) โดยพบว่าผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) สูงที่สุด คือ 79.85 g/100g มีโปรตีนรวมเท่ากับ 5.80 g/100g ไขมันเท่ากับ 1.23 g/100g และมีองค์ประกอบของเส้นใย (Crude Fiber) ต่ำที่สุด คือ 0.76 g/100g ซึ่งคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน เป็นอาหารสะสมหลักในเมล็ดพืชส่วนใหญ่ โดยสารเหล่านี้มีคุณสมบัติในการเป็นตัวเชื่อมและช่วยยึดเกาะระหว่างอนุภาคในน้ำได้ในลักษณะเป็นสารโพลีอิเลคโทรไลต์สามารถเป็นได้ทั้งที่เป็นไปได้ทั้งประจุบวกและไม่มีประจุ (ประพัฒน์ เป็นตามวา และคณะ, 2554:3)



ภาพที่ 4.1 ผงแป้งเมล็ดทุเรียน

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีของผงแป้งจากเมล็ดทุเรียน

องค์ประกอบทางเคมี	**ผลการทดสอบ (g/100g)**	**วิธีทดสอบอ้างอิง**
เถ้า (Ash)	1.56	AOAC (2019) 923.03
คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate)	79.09	Journal of AOAC INTERNATIONAL; 1993. P.106
เส้นใย (Crude Fiber)	0.76	In-house method TE-CH-122 based on AOAC (2019) 978.10
โปรตีนรวม (Crude Protein)	5.80	In-house method TE-CH-042 based on AOAC (2019) 981.10
ไขมัน (Fat)	1.23	AOAC (2019) 948.15
ความชื้น (Moisture)	11.56	In-house method TE-CH-180 based on AOAC (2019) 950.46 (B)

2. คุณภาพของน้ำผิวดิน

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำผิวดินเริ่มต้นที่ใช้ในการทดสอบการกำจัดความขุ่นด้วยผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนผ่านค่า พีเอช (pH) ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids : TDS) และความขุ่น (Turbidity) จากผลการวิเคราะห์ พบว่า น้ำผิวดินจากแม่น้ำปัตตานีมีค่า pH อยู่ในช่วง 6.83±0.43 TDS อยู่ในช่วง 793.88±82.56 mg/L และ มีค่าความขุ่นอยู่ในช่วง 21.44±8.37 NTU ซึ่งถือว่าเป็นน้ำผิวดินที่มีค่าความขุ่นต่ำ (ญาณิศา ตันติปาลกุล และคณะ, 2561:208)

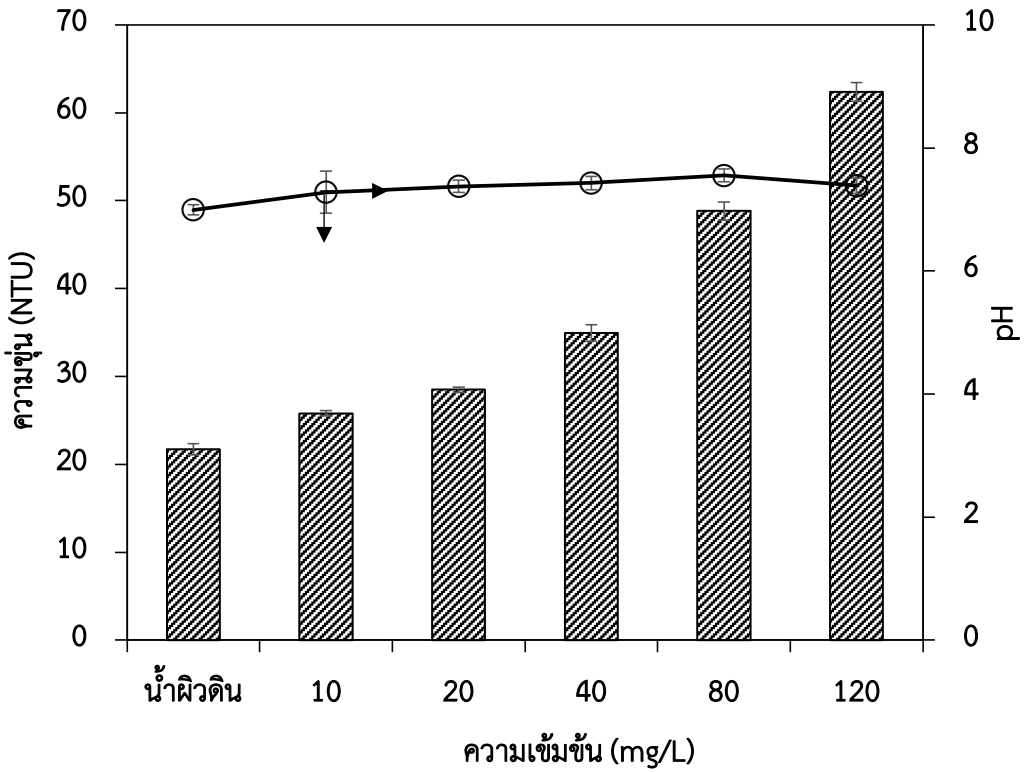
ตารางที่ 4.2 คุณภาพน้ำผิวดินจากแม่น้ำปัตตานี

พารามิเตอร์	**ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน**
pH	6.83±0.43
TDS (mg/L)	793.88±82.56
Turbidity (NTU)	21.44±8.37

3. ปริมาณที่เหมาะสมของผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนในการเป็นสารสร้างตะกอน

3.1 สารละลายผงแป้งเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วยน้ำกลั่น

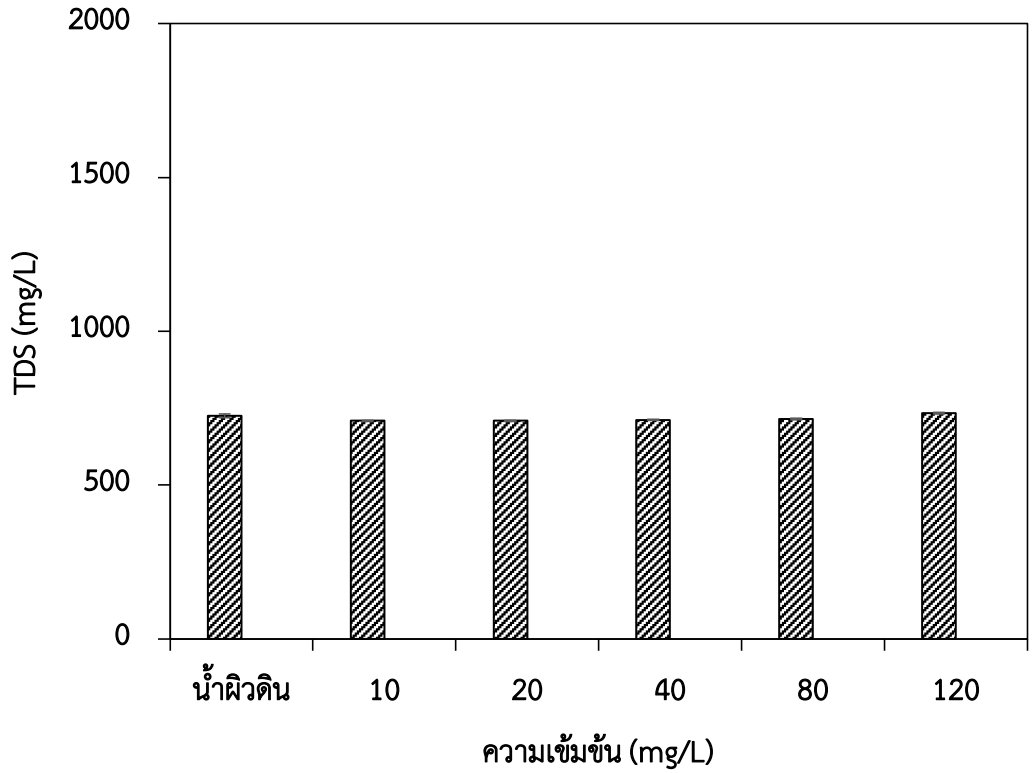
จากการทดสอบปริมาณที่เหมาะสมของสารละลายผงแป้งเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วยน้ำกลั่นในการเป็นสารสร้างตะกอนเพื่อลดความขุ่นในน้ำตัวอย่าง โดยกำหนดปริมาณความเข้มข้นของสารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนในการทดสอบเท่ากับ 10 20 40 80 และ 120 mg/L ผลการทดสอบปริมาณความเข้มข้นของสารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนต่อค่า pH แสดงดังภาพที่ 4.2 ซึ่งพบว่า เมื่อใช้สารละลายผงแป้งเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วยน้ำกลั่นในการเป็นสารสร้างตะกอนส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยเพิ่มขึ้นจาก 6.99±0.08 ไปอยู่ในช่วง 7.28 ถึง 7.55



ภาพที่ 4.2 ผลของปริมาณความเข้มข้นของสารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วยน้ำกลั่นต่อค่า pH และค่าความขุ่น

เมื่อเปรียบเทียบค่าความขุ่นของน้ำผิวดินเริ่มต้นและน้ำผิวดินที่มีการเติมสารละลายผงแป้งเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วยน้ำกลั่นในการเป็นสารสร้างตะกอน ดังแสดงในภาพที่ 4.2 พบว่า ค่าความขุ่นของน้ำที่เติมสารละลายผงแป้งเมล็ดทุเรียนมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้น

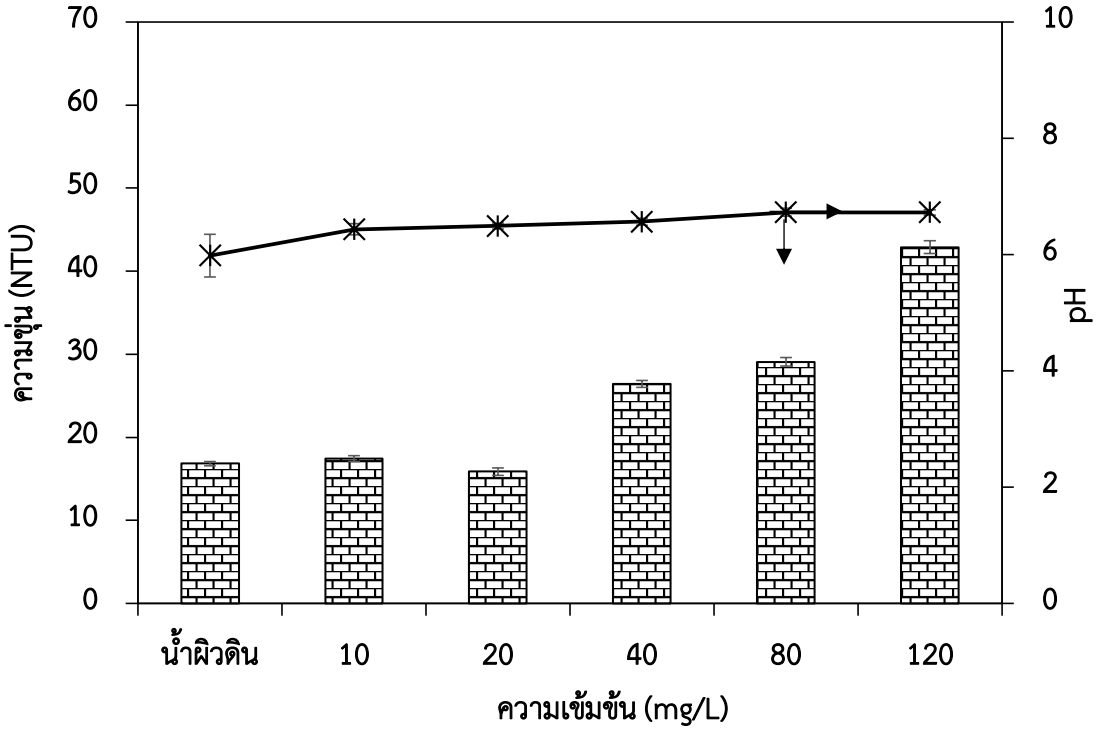
สารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียน และเมื่อพิจารณาค่าของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (TDS) พบว่า การเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นสารละลายผงแป้งเมล็ดทุเรียนไม่ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำผิวดินเริ่มต้นก่อนการทดลอง (ภาพที่ 4.3)



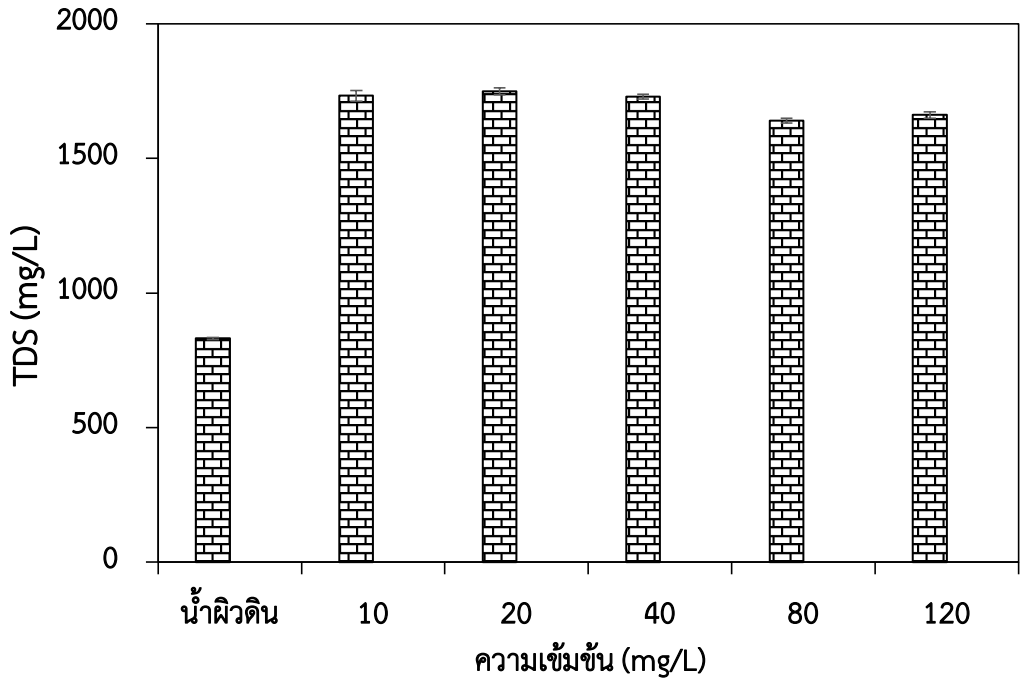
ภาพที่ 4.3 ผลของปริมาณความเข้มข้นของสารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วยน้ำกลั่นต่อค่า TDS

3.2 สารละลายผงแป้งเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วยตัวทำละลาย NaCl

ผลการทดสอบปริมาณที่เหมาะสมของสารละลายที่ได้จากการละลายผงแป้งเมล็ดทุเรียนด้วยตัวทำละลาย NaCl (0.5 mol/L) ในการเป็นสารสร้างตะกอนเพื่อลดความขุ่นในน้ำตัวอย่าง โดยกำหนดปริมาณความเข้มข้นของสารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนในการทดสอบเท่ากับ 10 20 40 80 และ 120 mg/L พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นสารละลายผงแป้งเมล็ดทุเรียนที่ได้จากการละลายด้วย NaCl และเมื่อพิจารณาค่าความขุ่น พบว่า ค่าความขุ่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของสารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วย NaCl ที่เพิ่มขึ้น ดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 ผลของปริมาณความเข้มข้นของสารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วยตัวทำละลาย NaCl ต่อค่า pH และค่าความขุ่น

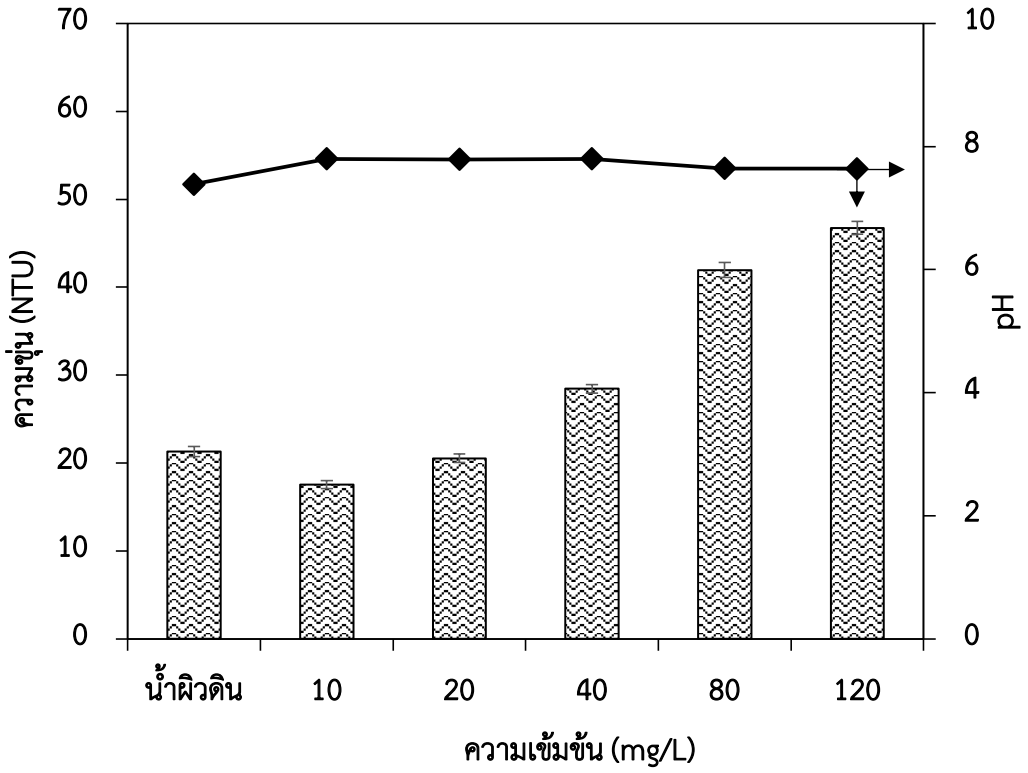


ภาพที่ 4.5 ผลของปริมาณความเข้มข้นของสารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วยตัวทำละลาย NaCl ต่อค่า TDS

จากการทดสอบ พบว่า ค่าของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (TDS) มีค่าเพิ่มขึ้นจากน้ำผิวดินเริ่มต้นประมาณ 2 เท่า เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด (ภาพที่ 4.5) ทั้งนี้เป็นผลมาจาก NaCl ที่เป็นสารประกอบไอออนิก หรือเกลือ ซึ่งจะประกอบด้วยไอออนบวกและไอออนลบ โดยเกลือที่ละลายน้ำได้จะแตกตัวออกเป็นไอออนบวกและไอออนลบ ซึ่งจะถูกวัดเป็นค่า TDS ที่เป็นการวัดปริมาณสารที่ละลายในน้ำ หรือเป็นการแสดงผลรวมของไอออนบวกและไอออนลบในน้ำ (นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์และคณิตา ตังคณานุรักษ์, 2555:86)

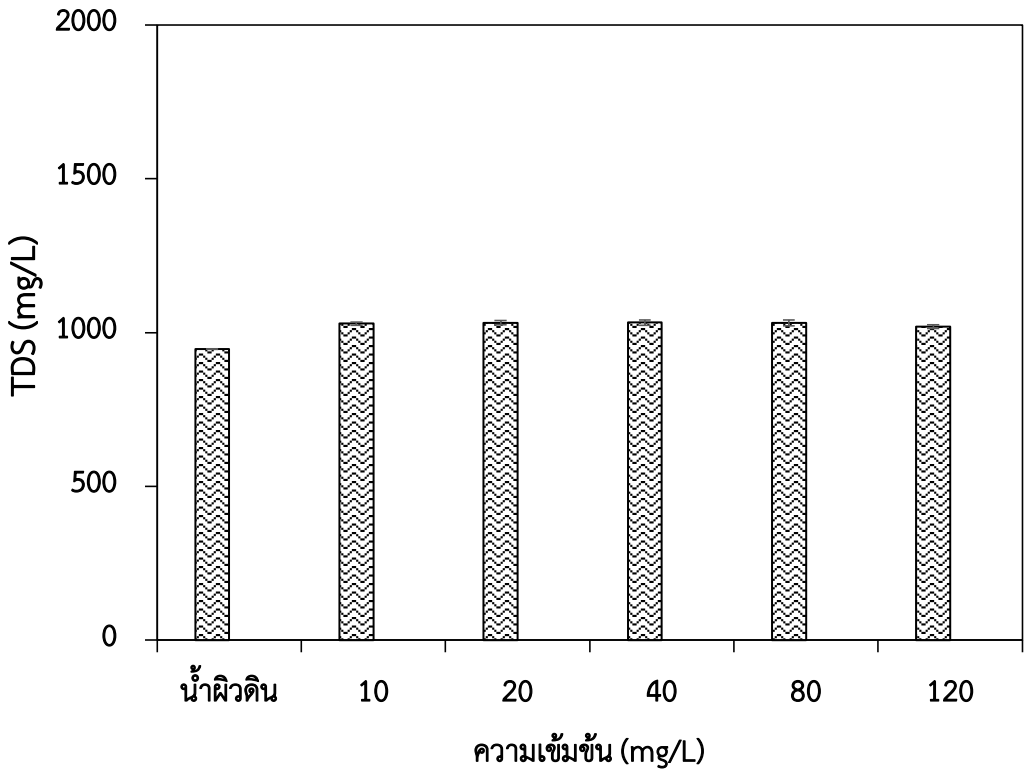
3.3 สารละลายผงแป้งเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วยตัวทำละลาย NaOH

จากการศึกษาหาปริมาณที่เหมาะสมของสารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วยตัวทำละลาย NaOH ในการเป็นสารสร้างตะกอนเพื่อลดความขุ่นในน้ำตัวอย่าง เมื่อกำหนดปริมาณความเข้มข้นของสารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนในการทดสอบเท่ากับ 10 20 40 80 และ 120 mg/L ผลการศึกษา พบว่า ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำผิวดินมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อเติมสารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วยตัวทำละลาย NaOH ในการเป็นสารสร้างตะกอน และมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่อปริมาณความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มมากขึ้น (ภาพที่ 4.6)



ภาพที่ 4.6 ผลของปริมาณความเข้มข้นของสารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วยตัวทำละลายด้วย NaOH ต่อค่า pH และค่าความขุ่น

สำหรับค่าความขุ่นเมื่อใช้สารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วยตัวทำละลาย NaOH ในการเป็นสารสร้างตะกอน พบว่า ที่ความเข้มข้น 10 mg/L สามารถลดความขุ่นได้ประมาณ 17% และเมื่อปริมาณความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มมากขึ้น พบว่า ค่าความขุ่นของน้ำตัวอย่างมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นของสารละลาย (ภาพที่ 4.6) เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Choy et al. (2016:356) ที่พบว่า สารละลาย (น้ำกลั่น) ผงแป้งข้าวสาลีและแป้งมันฝรั่งที่ไม่ผ่านการเจลาติไนเซชันสามารถลดค่าความขุ่นได้เล็กน้อย คือ น้อยกว่า 25% ในขณะที่สารละลาย (น้ำกลั่น) ผงแป้งข้าวจ้าวและแป้งข้าวโพด พบการเพิ่มขึ้นของค่าความขุ่นในน้ำตัวอย่าง ซึ่งชี้ให้เห็นว่าสารละลายแป้งในกรณีที่ไม่มีเจลาติไนเซชันให้ผลในการลดความขุ่นที่ไม่ดีนักโดยไม่ขึ้นกับ pH แต่เมื่อแป้งข้าวเจ้าผ่านกระบวนการเจลาติไนเซชัน พบว่า สามารถลดความขุ่นในน้ำตัวอย่างได้ประมาณ 50% ที่ pH 4 สำหรับค่าของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (TDS) จากภาพที่ 4.7 มีค่าค่อนข้างคงที่



ภาพที่ 4.7 ผลของปริมาณความเข้มข้นของสารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วยตัวทำละลาย NaOH ต่อค่า TDS

จากการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของผงแป้งจากมล็ดทุเรียนในการเป็นการสร้างตะกอน พบว่า สารละลายผงแป้งเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วยน้ำกลั่น NaCl และ NaOH ส่งผลให้ค่า pH เพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่ทั้งนี้ยังอยู่ในช่วงค่าเป็นกลาง โดยที่ความเข้มข้น 10 mg/L ของสารละลายผงแป้งจาก

เมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วยตัวทำละลาย NaOH สามารถลดความขุ่นได้สูงสุด คือ 17% ซึ่งประสิทธิภาพในการลดความขุ่นของสารสร้างตะกอนจากธรรมชาติสามารถลดความขุ่นได้ดีในสภาวะกรด เนื่องด้วยในสภาวะกรดมีไฮโดรเจนไอออนสูงซึ่งจะเป็นการเพิ่มประจุบวกให้กับน้ำ ดังนั้นจึงส่งผลต่อการลดความขุ่นในน้ำ ดังเช่น สารสกัดจากเปลือกขนุนสามารถลดค่าความขุ่นในน้ำได้สูงถึง 70% ที่ pH 2 (Priyatharishini and Mokhtar, 2020:1-6) ในขณะที่แป้งข้าวจ้าวสามารถลดค่าความขุ่นได้ดีที่ pH 4 ซึ่งสามารถลดได้เกือบ 50% (Choy et al., 2016:352-364) รวมถึงหยวกกล้วยสามารถลดค่าความขุ่นในสภาวะวะกรดได้เช่นกัน กล่าวคือสามารถลดความขุ่นได้สูงถึง 98.5% ที่ pH 4 ซึ่งอาจเกิดจากโปรตอนของหมู่ฟังก์ชันบางกลุ่ม เช่น อะมิโน และคาร์บอกซิล ส่งผลให้มีความหนาแน่นของประจุบวกสูงมากกว่าประจุลบของคอลลอยด์ (Kakoi et al., 2016:699-705)

4. ปริมาณที่เหมาะสมของผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนในการเป็นสารช่วยสร้างตะกอน

4.1 ปริมาณสารส้มต่อการปรับปรุงคุณภาพน้ำผิวดิน

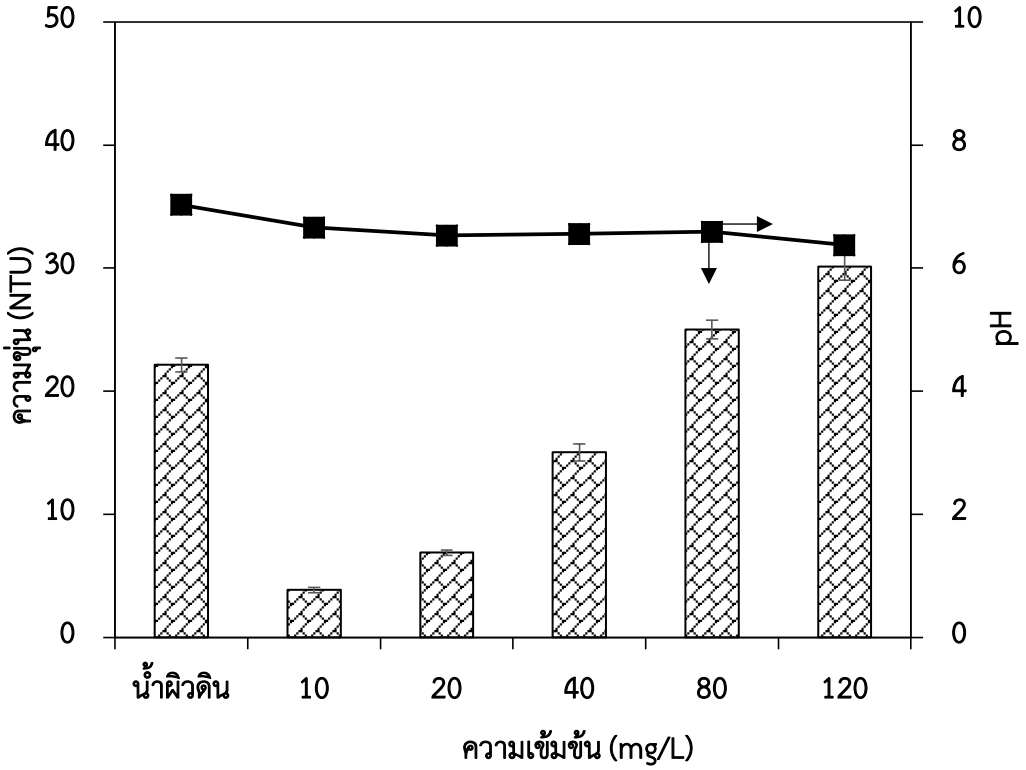
การศึกษาปริมาณของสารส้ม (Aluminum Sulphate) ในการเป็นสารสร้างตะกอนเพื่อลดความขุ่นในตัวอย่างน้ำผิวดิน ด้วยวิธีจาร์เทสต์ โดยกำหนดปริมาณความเข้มข้นของสารส้มในการทดสอบเท่ากับ 10 20 40 80 และ 120 mg/L ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีค่าลดลงตามปริมาณการเพิ่มขึ้นของสารส้ม ซึ่งสภาพเป็นกรดถือเป็นข้อจำกัดของการใช้สารส้มเป็นสารตกตะกอนหลัก เนื่องจากเมื่อเติมสารส้ม 1 โมล ลงในน้ำดิบจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออน (H^+) 6 โมล ซึ่งเข้าทำปฏิกิริยากับไฮดรอกไซด์ไอออนในน้ำทำให้ค่าความเป็นด่างและค่า pH ลดลงมาก (ญาณิศา ตันติปาลกุล และคณะ, 2561:207-220) ในขณะที่ค่าของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (TDS) แปรผันตามปริมาณการเพิ่มขึ้นของสารส้ม คือ มีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อปริมาณความเข้มข้นของสารส้มเพิ่มขึ้น สำหรับค่าความขุ่นพบว่าความเข้มข้นของสารส้มที่ 20 mg/L สามารถลดความขุ่นได้มากถึง 95.57% ซึ่งญาณิศา ตันติปาลกุล และคณะ (2561:207-220) กล่าวว่า การห่อหุ้มอนุภาคไว้ในผลึกสารประกอบที่สร้างขึ้น (Sweep Flocculation) เป็นกลไกหลักของสารส้ม ดังนั้นจึงเลือกใช้ปริมาณความเข้มข้นของสารส้มที่ 20 mg/L เพื่อนำไปใช้ในการทดลองถัดไป

ตารางที่ 4.3 ปริมาณสารส้มต่อการปรับปรุงคุณภาพน้ำผิวดิน

ความเข้มข้น (mg/L)	พารามิเตอร์		
	ความเป็นกรด-ด่าง	ความขุ่น (NTU)	ของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (mg/L)
น้ำผิวดิน	6.66±0.27	32.53±7.68	817.17±23.14
10	6.15±0.42	11.30±3.11	808.00±73.42
20	6.10±0.45	1.44±0.11	838.00±73.76
40	5.85±0.38	1.47±0.15	890.67±73.03
80	5.23±0.24	14.53±1.89	1,121.83±13.66
120	4.69±0.32	8.57±1.33	1,433.17±76.16

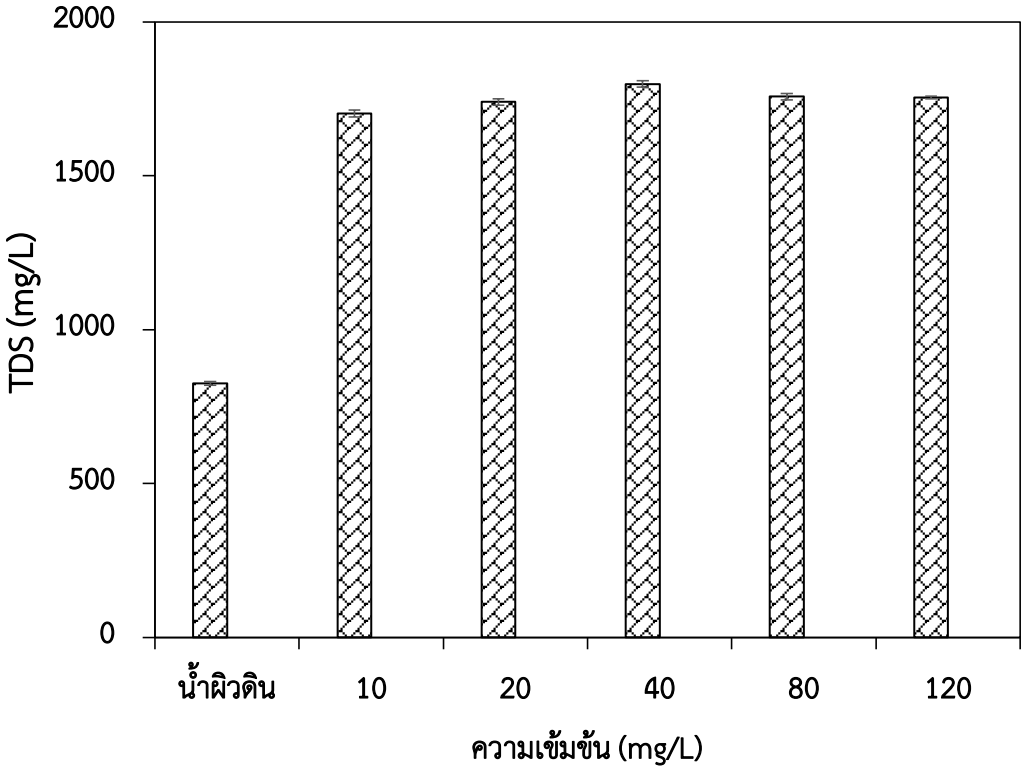
4.2 ผลของสารส้มร่วมกับสารละลายผงแป้งเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วยน้ำกลั่น

เมื่อทดสอบสารส้มที่ความเข้มข้น 20 mg/L (ผลการศึกษาในหัวข้อ 4.1) ร่วมกับปริมาณที่เหมาะสมของสารละลายผงแป้งเมล็ดทุเรียนด้วยน้ำกลั่นในการเป็นสารช่วยสร้างตะกอนที่ระดับความเข้มข้นเท่ากับ 10 20 40 80 และ 120 mg/L จากการศึกษาความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำผิวดินก่อนและหลังการปรับปรุงคุณภาพน้ำเมื่อเติมสารส้มที่ความเข้มข้น 20 mg/L ร่วมกับสารละลายผงแป้งเมล็ดทุเรียนด้วยน้ำกลั่นตามปริมาณที่กำหนด พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีค่าลดลงตามปริมาณของสารละลายผงแป้งเมล็ดทุเรียนด้วยน้ำกลั่น แต่ลดลงไม่ได้มากนัก เท่ากับ 7.03±0.02, 6.66±0.05, 6.53±0.11, 6.56±0.06, 6.59±0.09 และ 6.38±0.07 ตามลำดับดังภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.8 ผลของสารส้มร่วมกับปริมาณความเข้มข้นของสารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนด้วยน้ำกลั่นต่อค่า pH และค่าความขุ่น

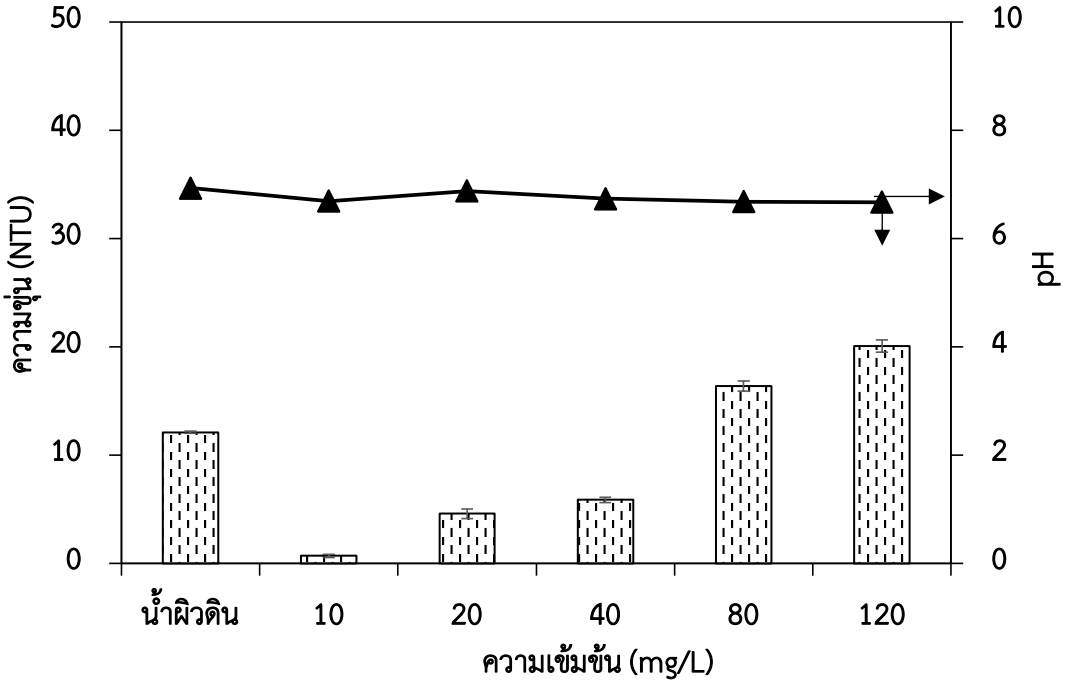
สำหรับค่าความขุ่น พบว่า สารส้มร่วมกับสารละลายผงแป้งเมล็ดทุเรียนด้วยน้ำกลั่นที่ความเข้มข้น 10 20 และ 40 mg/L สามารถลดค่าความขุ่นในน้ำได้ประมาณ 82.65% 68.95% และ 32.08% ตามลำดับ ซึ่งจากการทดลองชี้ให้เห็นว่า เมื่อปริมาณความเข้มข้นของสารละลายผงแป้งเมล็ดทุเรียนด้วยน้ำกลั่นเพิ่มขึ้นสูงกว่า 80 mg/L ส่งผลให้ปริมาณความขุ่นเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน (ภาพที่ 4.8) จากงานวิจัยของณัฐนาถ ประสมศรี (2537:84) ได้ชี้ให้เห็นว่าการใช้เมล็ดมะรุมเป็นโคแอกกูแลนด์เอดหรือสารช่วยสร้างตะกอนช่วยลดความขุ่นได้เพิ่มขึ้นกว่าการใช้เมล็ดมะรุมเป็นโคแอกกูแลนด์เพียงอย่างเดียว เนื่องจากทำให้เกิดฟล็อกได้เร็วกว่าการใช้สารส้มเพียงอย่างเดียว และทำให้ฟล็อกที่ได้มีขนาดใหญ่และตกตะกอนได้ดี และจากการทดลองค่าของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (TDS) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด โดยเพิ่มขึ้นประมาณ 2 เท่าของน้ำผิวดินเริ่มต้น (ภาพที่ 4.9)



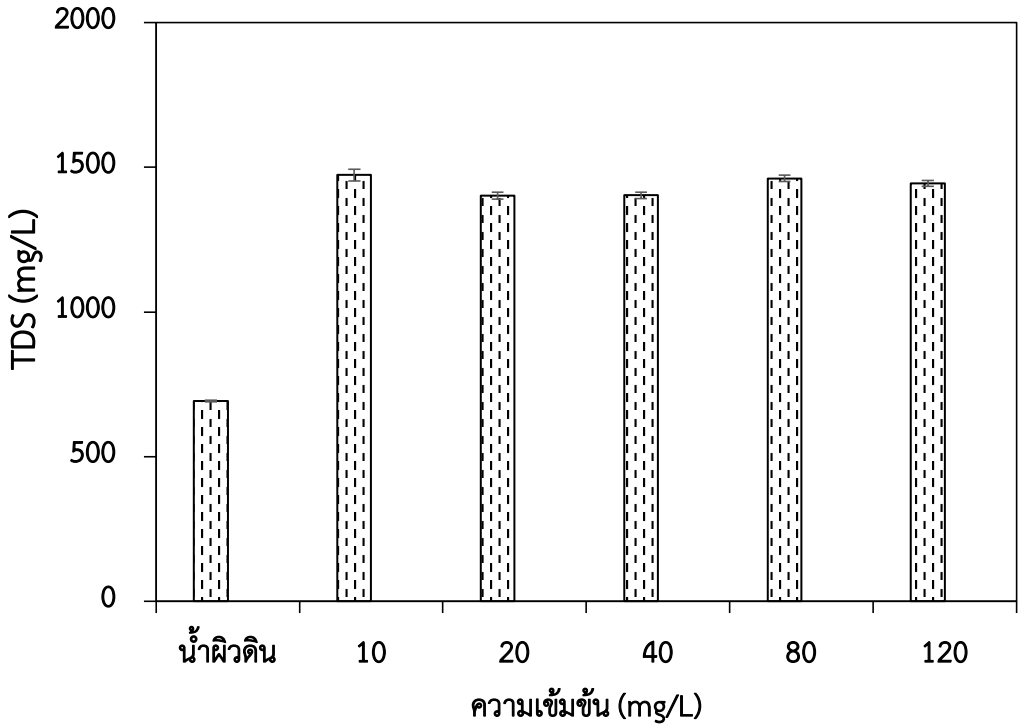
ภาพที่ 4.9 ผลของสารส้มร่วมกับปริมาณความเข้มข้นของสารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนด้วยน้ำกลั่นต่อค่า TDS

4.3 ผลของสารส้มร่วมกับสารละลายผงแป้งเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วย NaCl

เมื่อทดสอบสารส้มที่ความเข้มข้น 20 mg/L (ความเข้มข้นที่เหมาะสมจากการทดลองในหัวข้อ 4.1) ร่วมกับสารละลายผงแป้งเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วย NaCl ในการเป็นสารช่วยสร้างตะกอนที่ระดับความเข้มข้นเท่ากับ 10 20 40 80 และ 120 mg/L ผลการศึกษา พบว่า การใช้สารส้มร่วมกับสารละลายผงแป้งเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วย NaCl ไม่ส่งผลต่อการลดลงของค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในทุกการทดลอง (ภาพที่ 4.10) โดยมีค่าเท่ากับ 6.93±0.02, 6.69±0.03, 6.88±0.08, 6.74±0.06, 6.68±0.05 และ 6.67±0.07 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.10 ผลของสารส้มร่วมกับปริมาณความเข้มข้นของสารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วย NaCl ต่อค่า pH และค่าความขุ่น

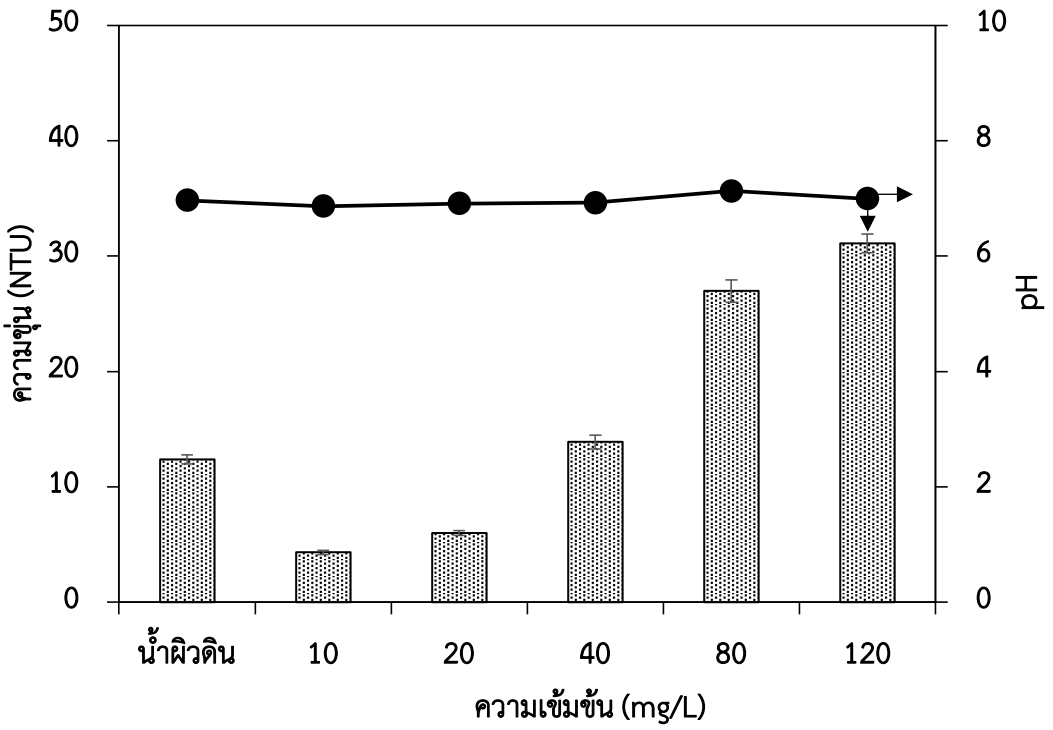


ภาพที่ 4.11 ผลของสารส้มร่วมกับปริมาณความเข้มข้นของสารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วย NaCl ต่อค่า TDS

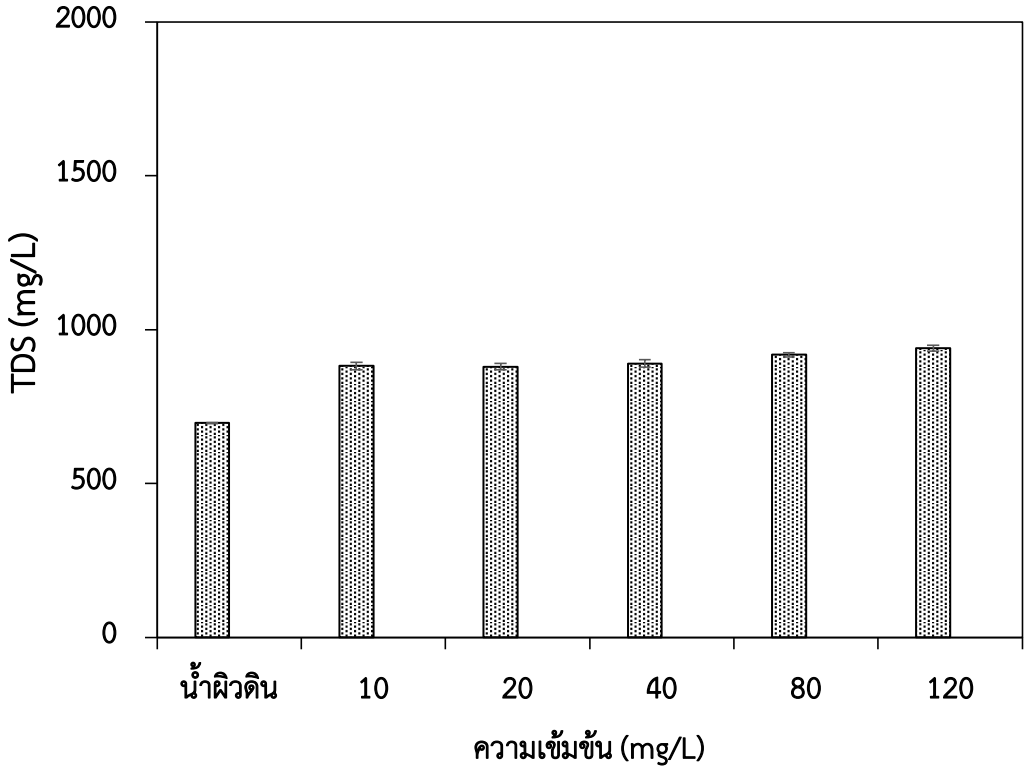
เมื่อพิจารณาค่าความขุ่นจากการทดสอบใช้สารส้ม (20 mg/L) ร่วมกับสารละลายผงแป้งเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วย NaCl พบว่า ค่าความขุ่นในน้ำสามารถได้ลดลงได้สูงถึง 94.18% 62.07% และ 51.46% ที่ความเข้มข้น 10 20 และ 40 mg/L ของสารละลายผงแป้งเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วย NaCl ตามลำดับ และเมื่อปริมาณความเข้มข้นของสารละลายผงแป้งเมล็ดทุเรียนเพิ่มขึ้นสูงกว่า 80 mg/L ส่งผลให้ปริมาณความขุ่นเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน และค่าของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (TDS) เพิ่มขึ้นประมาณ 2 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำผิวดินเริ่มต้นซึ่งเป็นไปในทำนองเดียวกับการใช้น้ำกลั่นเป็นตัวทำลาย (ภาพที่ 4.10 และ 4.11)

4.4 ผลของสารส้มร่วมกับสารละลายผงแป้งเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วย NaOH

ผลการทดสอบการใช้สารส้ม (20 mg/L) ร่วมกับของสารละลายที่ได้จากการละลายผงแป้งเมล็ดทุเรียนด้วย NaOH ในการเป็นสารช่วยสร้างตะกอนที่ระดับความเข้มข้นเท่ากับ 10 20 40 80 และ 120 mg/L ไม่ส่งผลต่อการลดลงหรือเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในทุกการทดลอง (ภาพที่ 4.12) ซึ่งเป็นไปในทำนองกันกับการใช้สารละลาย NaCl เป็นตัวทำละลายผงแป้งเมล็ดทุเรียน โดยจากการทดลองมีค่า pH เท่ากับ 6.97±0.04, 6.86±0.06, 6.91±0.05, 6.92±0.07, 7.13±0.10 และ 7.00±0.06 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.12 ผลของสารส้มร่วมกับปริมาณความเข้มข้นของสารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วย NaOH ต่อค่า pH และค่าความขุ่น



ภาพที่ 4.13 ผลของสารส้มร่วมกับปริมาณความเข้มข้นของสารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วย NaOH ต่อค่า TDS

จากภาพที่ 4.12 ผลของสารส้ม (20 mg/L) ร่วมกับปริมาณความเข้มข้นของสารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วย NaOH ต่อค่าความขุ่น พบว่า ที่ปริมาณความเข้มข้น 10 และ 20 mg/L ของสารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนสามารถลดความขุ่นในตัวอย่างน้ำได้ 65.11% และ 51.44% และพบว่าความขุ่นเพิ่มขึ้นตามลำดับเมื่อความเข้มข้นของสารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วย NaOH เพิ่มขึ้นจาก 40 -120 mg/L และเมื่อผลของปริมาณความเข้มข้นของสารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วยตัวทำละลาย NaOH ต่อค่าของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (TDS) พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 1.2-13 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเริ่มต้นของน้ำผิวดิน (ภาพที่ 4.13)

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยเรื่อง การนำเมล็ดทุเรียนมาใช้ประโยชน์ในการกำจัดความขุ่นของน้ำเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำ มีรายละเอียดของผลการศึกษาวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

1. สรุป

จากการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนในการเป็นสารสร้างตะกอนและสารช่วยสร้างตะกอนร่วมกับสารส้มในการกำจัดความขุ่นของน้ำเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วยวิธีจาร์เทสต์ โดยใช้ตัวทำละลาย 3 ชนิด คือ น้ำกลั่น สารละลาย NaCl และสารละลาย NaOH ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้ 1) สารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วยตัวทำละลาย NaOH ในการเป็นสารสร้างตะกอน สามารถลดความขุ่นได้ประมาณ 17% ที่ปริมาณความเข้มข้น 10 mg/L ในขณะที่สารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วยน้ำกลั่น และตัวทำละลาย NaCl ค่าความขุ่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของสารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียน และ 2) การใช้สารส้มร่วมกับสารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนในการเป็นสารช่วยสร้างตะกอน การใช้สารส้ม (20 mg/L) ร่วมกับสารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วยน้ำกลั่น ตัวทำละลาย NaCl และ NaOH ที่ปริมาณความเข้มข้นของสารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียน 10 mg/L พบว่า การใช้สารส้มร่วมกับสารละลายผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนที่ละลายด้วยตัวทำละลาย NaCl สามารถลดค่าความขุ่นได้มากที่สุด คือ 94.18% รองลงมา คือ ละลายด้วยน้ำกลั่น และตัวทำละลาย NaOH คือ 82.65% และ 65.11% ซึ่งเห็นได้ว่าการนำผงแป้งจากเมล็ดทุเรียนมาใช้ในการเป็นสารสร้างตะกอนเพียงอย่างเดียวไม่สามารถลดความขุ่นได้ดี

2. ข้อเสนอแนะ

2.1 ควรศึกษาเพิ่มเติมโดยการนำผงแป้งผ่านการเจลาติไนเซชัน

2.2 ควรศึกษาเพิ่มเติมโดยใช้ตัวทำละลายชนิดอื่น ๆ

บรรณานุกรม

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2554). *ตำราระบบบำบัดมลพิษน้ำ*. (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ : กรมโรงงานอุตสาหกรรม.

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. (2550). *วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม*. (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ : สยามสเตชั่นเนอรี่ซัพพลายส์.

ขนิษฐา เจริญลาภ และปทุมทิพย์ ปราบพาล. (2556). *การกำจัดสีในน้ำเสียสิ่งทออย่างเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมด้วยสารโคแอกกูแลนต์จากธรรมชาติ*. โครงการวิจัยทุนสนับสนุนงานวิจัย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ.

คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. (2562). *ทุเรียน* [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 25 สิงหาคม 2562, จาก : http://www.natres.psu.ac.th/FNR/vfsouthern/index.php/2013-10-26-10-11-55/9-uncategorised/90-2013-11-18-08-56-07.

ญาณิศา ตันติปาลกุล คุณัช ปาลวัฒน์วิไชย ธิดารัตน์ เดชฉกรรจ์ และเจมจิรา ไขสาร. (2561). การศึกษาสารตกตะกอนที่เหมาะสมำหรับกระบวนการผลิตน้ำประปา การประปานครหลวง. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 23(1), 207-220.

ณัฐนาถ ประสมศรี. (2537). *โคแอกกูแลนด์และโคแอกกูแลนด์เอดจากเมล็ดมะรุม*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ดุษฎี อุตภาพ และน้องนุช เจริญกูล. (2562). *ไฮโดรคอลลอยด์* [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 1 สิงหาคม 2562, จาก : http://eu.lib.kmutt.ac.th/elearning/Courseware/BCT611/chapter4.html.

นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์ และ คณิตา ตังคณานุรักษ์. (2555). *หลักการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี*. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประพัฒน์ เป็นตามวา วันวิสา ทานท่า และพรวรินทร์ มิลามัย. (2554). การปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยการใช้สารสร้างตะกอนจากเมล็ดลิ้นจี่ เมล็ดเงาะ และเมล็ดขนุน. ใน *การประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติครั้งที่ 10*, 23-25 มีนาคม 2554. สงขลา : สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.

ปราโมทย์ เชี่ยวชาญ. (2551). *ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ (WATER TREATMENT PLANT)* [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 20 สิงหาคม 2562, จาก : https://www.stou.ac.th/Schools/Shs/booklet/1_2551/Enronment.htm.

พิสุทธิ์ เพียรมนกุล. (2557). หน่วยกระบวนการสำหรับวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พรศักดิ์ สมรไกรสรกิจ. (2562). กระบวนการโคแอกกูเลชั่น (Coagulation) และฟล็อคคูเลชั่น (Flocculation) [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 20 สิงหาคม 2562, จาก : https://web.mwa.co.th/ewt_dl_link.php?nid=582.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. (2537). *วิศวกรรมการประปา เล่ม 1*. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รุ่งทิวา นาวีเสถียร นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์ และคณิตา ตังคณานุรักษณ์. (2556). การกำจัดความขุ่นในน้ำทิ้งจากโรงงานผักกาดดองโดยใช้เมล็ดมะรุม (Moringa Oleifera Seed) เป็นสารสร้างตะกอนและสารสร้างตะกอนร่วม. *วารสารอนามัยสิ่งแวดล้อม*, 16(1), 15-22.

วริศชนม์ นิลนนท์, กุลพร พุทธมี และจิรพร สวัสดิการ. (2562). ผลของวิธีการเตรียมเมล็ดทุเรียนต่อคุณสมบัติของแป้งเมล็ดทุเรียน. *วารสารวิจัยรำไพพรรณี*, 13(3), 114-119.

สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. (2550). *ความรู้พื้นฐานวิชาชีพวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม*. กรุงเทพฯ : สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.

สันทัด ศิริอนันต์ไพบูลย์. (2557). *ระบบบำบัดน้ำเสีย*. กรุงเทพฯ : ท้อป.

อมรรัตน์ วงษ์กลม และถนัด ธนะฉัตรชัยรัตนะ. (2561). การกำจัดความขุ่นและสารคาร์บอนอินทรีย์ที่ละลายน้ำด้วยกระบวนการสร้างและรวมตะกอน กรณีศึกษาระบบการผลิตน้ำประปาตำบลทรายมูล อำเภอพิบูลมังสาหาร จังหวัดอุบลราชธานี. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 23(2), 1188-1198.

Abidin, Z.Z., Shamsudin, N.S.M., Madehi, N. and Sobri, S. (2013). Optimisation of a method to extract the active coagulant agent from Jatropha curcas seeds for use in turbidity removal. *Industrial Crops and Products*, 41, 319-323.

Asharuddin, S.M., Othman, N., Zin, N.S.M., Tajarudin, H.A., Din, M.F.M. and Kumar V. (2018). Performance assessment of cassava peel starch and alum as dual coagulant for turbidity removal in dam water. *International Journal of Integrated Engineering*, 10(4), 185-192.

Brown, M.J., Hor Y.L., and Greenwood, J.S. (2001). Reserve accumulation and protein storage vacuole formation during development of recalcitrant seeds of Durio zibethinus L. *Seed Science Research*, 11, 293–303.

Choy, S.Y., Prasad, K.M.N., Wu, T.Y., Raghunandan, M.E. and Ramanan, R.N. (2014). Utilization of plant-based natural coagulants as future alternatives towards sustainable water clarification. *Journal of Environmental Sciences*, 26, 2178-2189.

Choy, S.Y., Prasad, K.M.N., Wu, T.Y., Raghunandan, M.E. and Ramanan, R.N. (2016). Performance of conventional starches as natural coagulants for turbidity removal. *Ecological Engineering*, 94, 352-364.

Flaten, T.P. (2001). Aluminum as risk factor in Alzheimer's disease, with emphasis on drinking water. *Brain Research Bulletin*, 55(2), 187-196.

Kakoi, B., Kaluli, J.W., Ndiba P. and Thiong'o, G. (2016). Banana pith as a natural coagulant for polluted river water. *Ecological Engineering*, 95, 699-705.

Muthuraman G. and Sasikala, S. (2014). Removal of turbidity from drinking water using natural coagulants. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 20, 1727-1731.

Priyatharishini, M. and Mokhtar, N.M. (2020). Performance of jackfruit (Artocarpus heterophyllus) peel coagulant in turbidity reduction under different pH of wastewater. Materials Today: Proceedings. 1-6.

Ramavandi, B. (2014). Treatment of water turbidity and bacteria by using a coagulant extracted from Plantago ovata. *Water Resources and Industry*, 6, 36-50.

Teh, C.Y., Wu, T.Y. and Juan J.C. (2014). Potential use of rice starch in coagulation–flocculation process of agro-industrial wastewater: Treatment performance and flocs characterization. *Ecological Engineering*, 71, 509-519.

ประวัติผู้วิจัย

<u>หัวหน้าโครงการ</u>

ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) ดร. นฤมล ทองมาก
(ภาษาอังกฤษ) Dr. Narumol Thongmak
ตำแหน่งปัจจุบัน (อาจารย์, ผศ., รศ., ศ., ตำแหน่งทางราชการ) อาจารย์
สถานที่ติดต่อ (ที่ทำงาน) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
โทรศัพท์ 087-3941815, 073-227151 ต่อ 9501 โทรสาร 073-227148
E-mail – address: narumol.t@yru.ac.th
ที่อยู่ (ที่บ้าน) 9/4 หมู่ที่ 2 ต.อ่างทอง อ.เกาะสมุย จ.สุราษฎร์ธานี โทรศัพท์ 087-3941815

<u>ประวัติการศึกษา</u> (ปริญญาตรี – เอก ; สาขา และสถาบัน)

- ปริญญาเอก ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ พ.ศ. 2558
- ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ พ.ศ. 2552
- ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ พ.ศ. 2550

<u>ผลงานวิจัย</u>

ก. ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติและนานาชาติ

นิมัศตูรา แว, วิชิต เรืองแปน, วารุณี หะยีสามะสา, นิสาพร มูหะมัด และ**นฤมล ทองมาก.** (2561, มกราคม-เมษายน). รูปแบบที่เหมาะสมในการดูแลผู้สูงอายุในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ในทศวรรษหน้า. *วารสารการพยาบาล การสาธารณสุข และการศึกษา*. 19(1) : 86-96.

Charfi, A., Thongmak, N., Benyahia, B., Aslam, M., Harmand, J., Amar, N.B., Lesage, G., Sridang, P., Kim, J. and Heran, M. (2017, December). A Modelling Approach to Study the Fouling of an Anaerobic Membrane Bioreactor for Industrial Wastewater Treatment. *Bioresource Technology*. 245 : 207–215.

Rangpan, V., Rangpan, N., Matchimapiro, D., Treepaiboon, N., Thongmak, N. and Nujan, D. (2017, July-December). The local scientific lesson for

conservation and utilizing biological diversity in the Pattani watershed. *Journal of Rangsit University: Teaching & Learning*. 11(2) : 123-132.

Thongmak, N. and Sridang, P. (2016, September–October). Effect of Temperature on Field Latex Preservation and Potential of Membrane Fouling from Latex Serum. *Veridian E–Journal Science and Technology Silpakorn University*. 3(5) : 128-138.

Thongmak, N., Sridang, P., Puetpaiboon, U., Heran, M., Lesage, G. and Grasmick, A. (2016, September). Performances of a Submerged Anaerobic Membrane Bioreactor (AnMBR) for Latex Serum Treatment. *Desalination and Water Treatment*. 57(44) : 20694–20706.

Thongmak, N., Sridang, P., Puetpaiboon, U. and Grasmick, A. (2015, October). Concentration of Field and Skim Latex by Microfiltration – Membrane Fouling and Biochemical Methane Potential of Serum. *Environmental Technology*. 36(19) : 2459-2467.

Sridang, P., Thongmak, N., Danteravanich, S., Grasmick, A. (2012, July). Stability of skim latex suspension and rubber content recovery by microfiltration process: operating conditions and fouling characteristics. *Desalination and Water Treatment*. 45(1-3) : 70-78.

ข. ผลงานวิจัยที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

-

ค. ผลงานอื่นๆ เช่น ตำรา บทความ สิทธิบัตร ฯลฯ

-

ง. รางวัลผลงานวิจัยที่เคยได้รับ

รางวัลนำเสนอระดับดี ภาคบรรยาย เรื่อง แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักร่วมผักตบชวากับมูลวัว ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เครือข่ายภาคใต้ครั้งที่ 4 วันที่ 7-8 กุมภาพันธ์ 2562

จ. สาขาวิชาที่เชี่ยวชาญ (สามารถตอบได้มากกว่า 1 สาขา)

- การบำบัดน้ำ/น้ำเสีย
- เทคโนโลยีเมมเบรน
- การจัดการของเสีย

ผู้ร่วมโครงการ

ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) : ซันวานี จิใจ

(ภาษาอังกฤษ) : Sunwanee Jijai

ตำแหน่งปัจจุบัน (อาจารย์, ผศ., รศ., ศ., ตำแหน่งทางราชการ) อาจารย์

สถานที่ติดต่อ (ที่ทำงาน) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 133 ถ.เทศบาล 3 ต.สะเตง อ.เมือง จ.ยะลา 95000

โทรศัพท์/โทรสาร 073-299628/073-299629

E-mail – address sunwanee.j@yru.ac.th

ที่อยู่ (ที่บ้าน) 150 หมู่ 15 ต.ละงู อ.ละงู จ.สตูล 91110 โทรศัพท์/โทรสาร 089-7362513

ประวัติการศึกษา (ปริญญาตรี – เอก ; สาขา และสถาบัน)

- ปริญญาเอก ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ พ.ศ. 2558
- ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พ.ศ. 2549
- ปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับสอง) สาขาอนามัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ พ.ศ. 2546

ผลงานวิจัย

ก. ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติและนานาชาติ

Jijai, S. and Siripatana, C. (2017). Kinetic Model of Biogas Production from Co-digestion of Thai Rice Noodle Wastewater (Khanomjeen) with Chicken Manure. *Energy Procedia*. 138 (1) : 386-392.

Jijai, S., Muleng, M. and Siripatana, C. (2017). Effect of Dilution and Ash Supplement on the Bio-methane Potential of Palm Oil Mill Effluent (POME). *AIP Conference Proceeding*. 1868 (1) : 020013-1-10.

Jijai, S., O-Thong, S., Ismail, N. and Siripatana, C. (2016). Kinetic Models for Prediction of COD Effluent from Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor for Cannery Seafood Wastewater Treatment. *Jurnal Teknologi*. 78 (5-6) : 93-99.

Siripatana, C., Jijai, S. and Kongjan, P. (2016). Analysis and Extension of Gompertz-type and Monod-type equations for estimation of design parameters from batch anaerobic digestion experiments. *AIP Conference Proceedings.* 1775 (1) : 03007-1-8.

Jijai, S., Srisuwan, G., O-Thong, S., Ismail, N. and Siripatana, C., (2016), Effect of Substrates and Granules/Inocula Sizes on Biochemical Methane Potential (BMP) and Methane Kinetics, *Iranica Journal of Energy and Environment*, 7(2), 94-101

Jijai, S., Srisuwan, G., O-Thong, S., Ismail, N. and Siripatana, C., (2015), Effect of Granule Sizes on the Performance of UASB Reactors for Cassava Wastewater Treatment. *Energy Procedia*, 79(1), 90-97

ชันวานี จิใจ. (2558). Biogas พลังงานทางเลือกสำหรับชุมชน. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื่องในสัปดาห์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ.* 19 (1) : 104-109.

ชันวานี จิใจ. (2553). คุณภาพน้ำทิ้งจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื่องในสัปดาห์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ.* 14(1). หน้า 14-19.

ชันวานี จิใจ. (2552). “Solar cell พลังงานทางเลือกหนึ่งสำหรับอนาคต”. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื่องในสัปดาห์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ.* 13(1). หน้า 116-121.

ชันวานี จิใจ. (2551). “มารู้จัก E85 กันเถอะ”. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื่องในสัปดาห์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ.* 12(1). หน้า 85-90.

ชันวานี จิใจ. (2550). การบำบัดน้ำเสียด้วยจุลินทรีย์แบบยึดเกาะตัวกลางชนิดเส้นใยไนล่อนโดยระบบถังกรองไร้อากาศ. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื่องในสัปดาห์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ.* 11(1). หน้า 99-107.

ข. ผลงานวิจัยที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักร่วมระหว่างน้ำเสียจากกระบวนการผลิตขนมจีนกับแกลบและมูลสัตว์ชนิดต่าง ๆ. (2562). งบแผ่นดิน วช

การเพิ่มศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มโดยการปรับปรุงแกรนูลในระบบยูเอเอสบี. (2561). งบสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ค. ผลงานอื่นๆ เช่น ตำรา บทความ สิทธิบัตร ฯลฯ

ซันวานี จิใจ. (2560). *ทรัพยากรน้ำและการจัดการ*. ยะลา : มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. พิมพ์ครั้งที่ 1. (243 หน้า)

ง. รางวัลผลงานวิจัยที่เคยได้รับ

รางวัลนำเสนอระดับดี ภาคบรรยาย เรื่อง แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักร่วมผักตบชวากับมูลวัว ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เครือข่ายภาคใต้ครั้งที่ 4 วันที่ 7-8 กุมภาพันธ์ 2562

จ. สาขาวิชาที่เชี่ยวชาญ (สามารถตอบได้มากว่า 1 สาขา)

- เคมีสิ่งแวดล้อม
- จุลชีววิทยาสิ่งแวดล้อม
- การวิเคราะห์คุณภาพสิ่งแวดล้อม
- การจัดการสิ่งแวดล้อม
- เทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสีย
- เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพ

ผู้ร่วมโครงการ

ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) : กูรอซียะห์ ยามิรูเด็ง

(ภาษาอังกฤษ) : Kurosiyah Yamirudeng

ตำแหน่งปัจจุบัน (อาจารย์, ผศ., รศ., ศ., ตำแหน่งทางราชการ) อาจารย์

สถานที่ติดต่อ (ที่ทำงาน) คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 133 ถ.เทศบาล 3 ต.สะเตง อ.เมือง จ.ยะลา 95000

โทรศัพท์/โทรสาร 073-299628/073-299629

E-mail – address kurosiyah.y@yru.ac.th

ที่อยู่ (ที่บ้าน) 127/25 ถ.ยะรัง ต.จะบังติกอ อ.เมือง จ.ปัตตานี 94000โทรศัพท์/โทรสาร 0813129519

ประวัติการศึกษา (ปริญญาตรี – เอก ; สาขา และสถาบัน)

- ปริญญาเอก ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พ.ศ. 2559
- ปริญญาโท วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พ.ศ. 2547
- ปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับสอง) สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล พ.ศ. 2542

ผลงานวิจัย

ก. ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติและนานาชาติ

Sitachitta, N., K. Yamirudeng and O. Naivikul. (2006). Processing of frozen parboiled rice product. In Kasetsart J. *Nat. Sci.* 40: 1-6.

จริยา สุขจันทรา, กูรอซียะห์ ยามิรูเด็ง, วิภาดา มุนินทร์นพมาศ และวิไลวัลย์ อินทรไชยมาศ. (2549). สถานการณ์การผลิตบูดูในจังหวัดปัตตานี. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.*

กูรอซียะห์ ยามิรูเด็ง และอรอนงค์ นัยวิกุล. (2559). ผลของสภาวะการงอกต่อลักษณะโครงสร้าง คุณสมบัติทางด้านเนื้อสัมผัส และการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องจากข้าวเปลือกเริ่มงอก. *วารสารวิจัยและพัฒนา วไลอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์.* 11: 2

สุธีรา ศรีสุข, กูรอซียะห์ ยามิรูเด็ง, นุชเนตร ตาเย๊ะ, และ พรสวรรค์ เพชรรัตน์. (2559). การพัฒนา ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมแพะรสแยมกล้วยหินผสมส้มโชกุน. ใน *รายงานการ*

ประชุมงานประชุมวิชาการเกษตรนเรศวร ครั้งที่ 14 “เกษตรและสุขภาพ” (Agriculture and Health) ประจำปี 2559. พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยนเรศวร.

วิภาดา มุนินทร์นพมาศ, สุธีรา ศรีสุข,กูรอซียะห์ ยามิรูเด็ง, จีราวุธ มุนินทรีนพมาศ และวรเวศย์พิศิษ ยศสิริ. (2560). การพัฒนาผลิตภัณฑ์หมี่เบตงกึ่งสำเร็จรูป ใน *รายงานการประชุมงานประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยฟาฏอนี ร่วมกับเครือข่ายความร่วมมือ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ และมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา “สร้างสรรค์งานวิจัยเพื่อขับเคลื่อนประเทศสู่ความมั่นคง มั่งคั่งและยั่งยืนในยุค Thailand 4.0”* ประจำปี 2560. ปัตตานี : มหาวิทยาลัยฟาฏอนี.

การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 6 วันที่ 18 ตุลาคม 2560 ดังเอกสารหมายเลข 2.2.2.3

กูรอซียะห์ ยามิรูเด็ง และภารดี พละไชย. (2562). บะหมี่เบตงกึ่งสำเร็จรูป: การวิเคราะห์ความเสี่ยงกระบวนการผลิตและการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวเจ้าบางส่วน.ภาคโปสเตอร์ในงานการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 8 ณ อาคารคณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

ข. ผลงานวิจัยที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

- การพัฒนาผลิตภัณฑ์หมี่เบตงกึ่งสำเร็จรูป

ค. ผลงานอื่นๆ เช่น ตำรา บทความ สิทธิบัตร ฯลฯ

-

ง. รางวัลผลงานวิจัยที่เคยได้รับ

-

จ. สาขาวิชาที่เชี่ยวชาญ (สามารถตอบได้มากว่า 1 สาขา)

- ข้าวและผลิตภัณฑ์จากข้าว
- การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารฮาลาลและอาหารแช่เยือกแข็ง