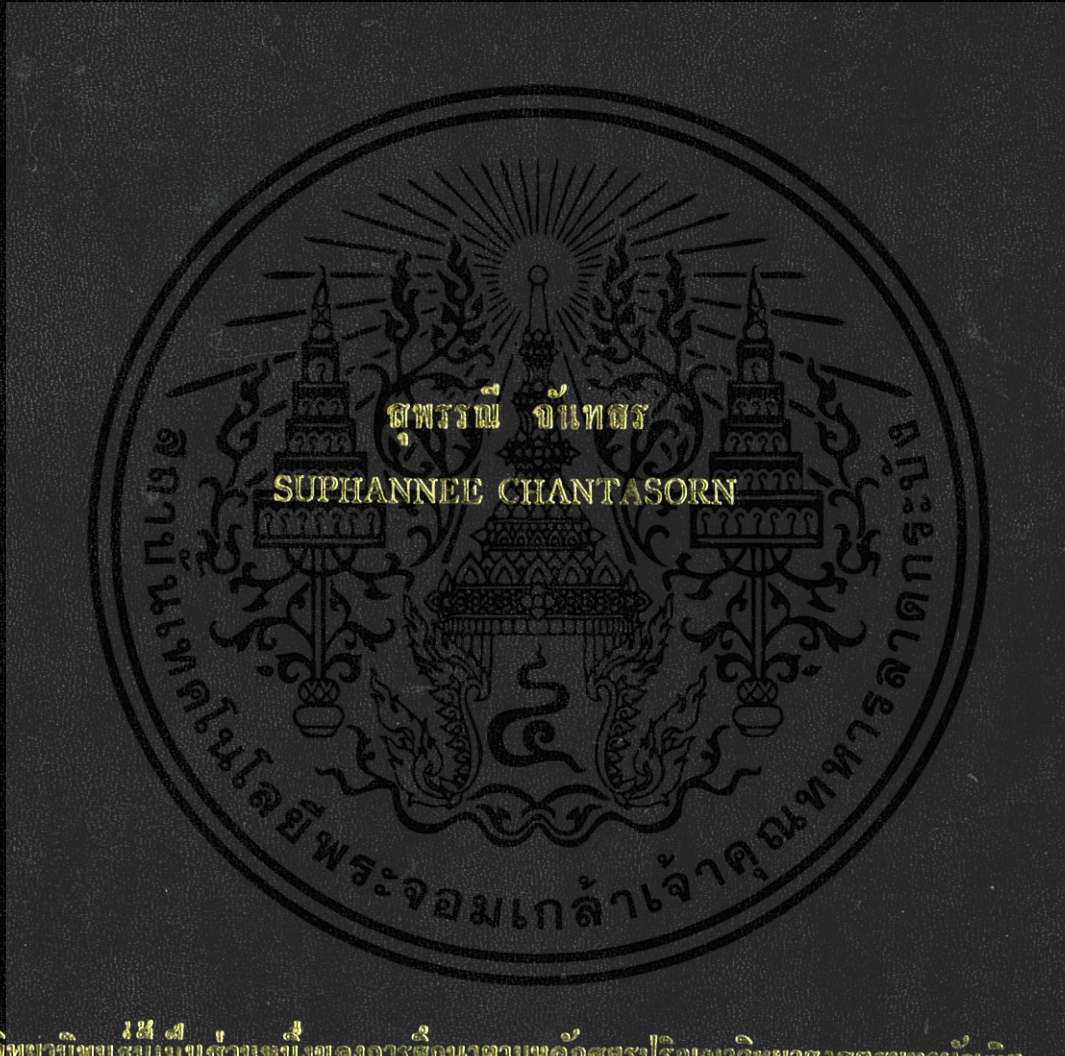


การลดค่า COD ของน้ำเสียโดยวิธีการตกตะกอนด้วยโดโลไมท์

REDUCTION OF EXCESS COD BY DOLOMITE PRECIPITATION



วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการศึกษาศาสตร์ (เคมี)

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2547

ISBN 974-9708-04-0

การลดค่า COD ของน้ำเสียโดยวิธีการตกตะกอนด้วยโดโลไมท์

REDUCTION OF EXCESS COD BY DOLOMITE PRECIPITATION



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการศึกษาศาสตร์ (เคมี)

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2547

ISBN 974-9708-04-0

การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำ  
ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสาร

# REDUCTION OF EXCESS COD BY DOLOMITE PRECIPITATION

SUPHANNEE CHANTASORN



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF SCIENCE IN SCIENCE EDUCATION  
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2004

ISBN 974-9708-04-0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**COPYRIGHT 2004**

**SCHOOL OF GRADUATE STUDIES**

**KINK MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดค่า COD ของน้ำเสียโดยวิธีการตกตะกอนด้วยโดไลไมท์
นักศึกษา	นางสาวสุพรรณิ จันทสร
รหัสประจำตัว	42064221
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์ (คมี)
พ.ศ.	2547
อาจารย์ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.สุวรรณ ไชยสิทธิ์
อาจารย์ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม	ผศ.ดร.เมธิชัย ไชยสิทธิ์

### บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการลดค่า COD ของน้ำเสียโดยวิธีการตกตะกอนด้วยโดไลไมท์ โดยได้ทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการตกตะกอน ซึ่งได้แก่ ค่าพีเอช , เวลาสัมผัสในการกวน, ปริมาณโดไลไมท์ และการลดค่า COD ของน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม

จากผลการวิจัย พบว่าค่าพีเอชที่เหมาะสมอยู่ที่ค่าพีเอช 8 มีประสิทธิภาพลดค่า COD ร้อยละ 72.54 เวลาสัมผัสในการกวนอยู่ที่ 10 นาที มีประสิทธิภาพลดค่า COD ร้อยละ 74.97 ปริมาณโดไลไมท์ที่เหมาะสมใช้ร้อยละ 10 (น้ำหนักต่อปริมาตร) มีประสิทธิภาพลดค่า COD ร้อยละ 85.80 และสามารถลดค่า COD ของน้ำเสียอุตสาหกรรม มีประสิทธิภาพ ร้อยละ 76.36 – 87.78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Reduction of Excess COD by Dolomite Precipitation
Student	Miss Suphannee Chantasorn
Student ID.	42064221
Degree	Master of Science
Programme	Science Education (Chemistry)
Year	2004
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Suwan Chaiyasith
Thesis Co-advisor	Asst. Prof. Dr. Pachernchai Chaiyasith

### ABSTRACT

This research deals with reduction of excess COD by dolomite precipitation . The optimum conditions are used to study the effect of pH, contact time agitation, dolomite dose and removed COD from industrial wastewater . The studies revealed that the optimum condition for pH 8 removal from COD is 72.54 %, contact time agitation is 10 minutes to removal of COD 74.97 %, dolomite dose is 10 % ( weight by volume) removed COD 85.80 %, and the industrial wastewater removed COD 76.36 – 84.18 %.

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดีก็ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก ผศ. ดร. สุวรรณ ไชยสิทธิ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ควบคุมวิทยานิพนธ์และ ผศ. ดร. เมธิญชัย ไชยสิทธิ์ อาจารย์ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ซึ่งท่านได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางการวิจัยและตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ รศ. ดร.รวิวรรณ ชินะตระกูล ผศ. ดร. วิไลพร วรจิตตานนท์ ผศ. ดร. เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม ดร. ปิ่นมณี ขวัญเมือง และ ผศ. พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ ที่กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่าในการเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมกับให้คำแนะนำในการแก้ไขข้อบกพร่องเพื่อให้งานวิทยานิพนธ์นี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ คุณวิโรจน์ ถกลศรี ประธานบริษัท และ คุณ สุทธิเดช ถกลศรี กรรมการผู้จัดการ บริษัท ไปโอแมนูแพคเจอรัง จำกัด ที่ให้โอกาสผู้ทำวิจัยได้ศึกษาต่อและให้ความอนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่และทุกคนในครอบครัวรวมถึงเพื่อนๆ ที่คอยให้ความรักและกำลังใจตลอดมาทำให้ผู้วิจัยสามารถทำงานวิจัยได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ประโยชน์และคุณค่าอันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขออุทิศให้แก่ผู้มีพระคุณต่อผู้วิจัยทุกท่าน

สุพรรณณี จันทสร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 สมมุติฐานของการวิจัย.....	2
1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ.....	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 การบำบัดน้ำเสียและการออกแบบโครงสร้างระบบบำบัดน้ำเสียชนิดต่างๆ.....	4
2.2 สมบัติของโพลีไมท์.....	26
2.3 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมก่อนที่จะปล่อยสู่แหล่งน้ำสาธารณะ.....	28
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	31
บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย.....	34
3.1 อุปกรณ์และสารเคมี.....	34
3.2 ขั้นตอนการวิจัย.....	35
3.3 สถานที่ทำการวิจัย.....	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ ( ต่อ )

	หน้า
<b>บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์และอภิปรายผล</b> .....	38
4.1 ผลการศึกษาค่าพี เอชที่เหมาะสมในการตกตะกอนน้ำเสียของโดโลไมท์.....	38
4.2 ผลการศึกษาเวลาสัมผัสที่ใช้กวนระหว่างตกตะกอน.....	39
4.3 ผลการศึกษาหาปริมาณโดโลไมท์ที่เหมาะสมในการลดค่า COD.....	40
4.4 ผลการศึกษาการลดค่า CODในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม.....	40
<b>บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ</b> .....	42
5.1 สรุปผลการวิจัย .....	42
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	42
<b>บรรณานุกรม</b> .....	44
<b>ภาคผนวก</b> .....	46
ภาคผนวก ก. ผลการวิจัย.....	47
ภาคผนวก ข. มาตรฐานน้ำทิ้งและการเตรียมสารเคมี.....	51
<b>ประวัติผู้เขียน</b> .....	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ก.1 แสดงประสิทธิภาพการลดค่า COD เมื่อมีค่าพีเอชต่างๆกัน.....	47
ก.2 แสดงประสิทธิภาพการลดค่า COD เมื่อเวลาสัมผัสในการกวนต่างกัน.....	48
ก.3 แสดงประสิทธิภาพการลดค่า COD เมื่อใช้ปริมาณต่างๆของโดโลไมท์.....	49
ก.4 แสดงประสิทธิภาพการลดค่า COD ของโดโลไมท์ในการตกตะกอนน้ำเสีย ของโรงงานอุตสาหกรรม.....	50
ข.1 ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539).....	51



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการลดค่า COD กับค่าพีเอช.....	38
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการลดค่า COD กับเวลา.....	39
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการลดค่า COD กับปริมาณโดไลไมท์.....	40
4.4 ประสิทธิภาพการลดค่า COD ในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม.....	41



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัญหาเรื่องน้ำเสียเกิดขึ้นพร้อมกับการเจริญเติบโตของประเทศ โดยจะพบว่าเกิดน้ำเสียจากการเจริญเติบโตของชุมชนและการเจริญเติบโตของอุตสาหกรรม น้ำเสียที่เกิดจากการใช้น้ำตามวัตถุประสงค์ต่างๆ และปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะซึ่งถ้ามีปริมาณน้ำเสียน้อยก็ยังไม่ก่อให้เกิดการเน่าเสียของแหล่งน้ำสาธารณะ แต่พบว่าในปัจจุบันประเทศไทยมีการพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรมอย่างต่อเนื่องทำให้ปริมาณน้ำเสียที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมมีปริมาณมาก ส่งผลให้กระบวนการบำบัดน้ำเสียตามโรงอุตสาหกรรมหรือตามแหล่งนิคมอุตสาหกรรมไม่สามารถบำบัดน้ำเสียให้มีคุณภาพที่กำหนดได้และเมื่อมีการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะทำให้เกิดผลกระทบอย่างมากต่อระบบนิเวศเมื่อน้ำสาธารณะเกิดการเน่าเสีย สัตว์น้ำตาย ประชาชนที่อาศัยแหล่งน้ำไม่สามารถใช้น้ำในการอุปโภคและบริโภคได้ มั่นสิน ตันกุลเวศม์ (2538) ได้กล่าวไว้ว่า เห็นตัวอย่างได้จากในปี 2512 ถึงปี 2516 แม่น้ำแม่กลองเกิดการเน่าเสีย ซึ่งแต่เดิมแม่น้ำแม่กลองเป็นแม่น้ำที่สะอาดตลอดทั้งปีเพราะยังไม่มีโรงงานอุตสาหกรรมและแหล่งชุมชนขนาดใหญ่มากนัก น้ำเสียที่ระบายลงสู่แม่น้ำแม่กลองจึงมีไม่มาก ทำให้แม่น้ำสามารถบำบัดน้ำเสียตามธรรมชาติได้ ต่อมาได้มีการสร้างโรงงานน้ำตาลและโรงงานอื่นอีกในระหว่างปี 2512 – 2515 โรงงานเหล่านี้ปล่อยน้ำเสียลงสู่แม่น้ำแม่กลองในปริมาณสูงและไม่ได้มีการบำบัดน้ำเสียก่อน ทำให้เกิดการเน่าเสียของแม่น้ำแม่กลองอย่างรุนแรงซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างมาก ประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้นได้รับความเดือดร้อนอย่างมาก ซึ่งทางกระทรวงอุตสาหกรรมจึงได้มีการบีบบังคับให้โรงงานอุตสาหกรรมต่างต้องก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย เมื่อกระทรวงอุตสาหกรรมให้มีการควบคุมในเรื่องให้โรงงานอุตสาหกรรมดำเนินการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากโรงงาน และได้มีกฎหมายที่ควบคุมคุณภาพของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วคือพระราชบัญญัติ โรงงาน พ.ศ. 2535 ทำให้โรงงานอุตสาหกรรมต่างได้ดำเนินการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย โดยการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียตามคุณภาพของน้ำเสียที่ออกมาจากโรงงานว่าเป็นน้ำเสียในลักษณะใด มีสารโลหะหนักหรือไม่ มีค่า BOD (Biochemical Oxygen Demand), ค่า COD (Chemical Oxygen Demand), ค่าพีเอช และพารามิเตอร์อื่นที่จำเป็นในการออกแบบบำบัดน้ำเสียในแต่ละโรงงาน หลังจากนั้นได้มีการก่อสร้างและได้เริ่มมีทดลองระบบบำบัดและเริ่มทำการบำบัดจริง ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดมีคุณภาพผ่านมาตรฐานที่กรมโรงงานกำหนด หลังจากที่โรงงานออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียไปแล้ว แต่เมื่อโรงงานมีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พัฒนาและมีการขยายกำลังการผลิตอย่างต่อเนื่องทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้งานไม่สามารถบำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพได้ เนื่องจากโครงสร้างของระบบบำบัดที่มีอยู่มีข้อจำกัด แต่คุณภาพของน้ำเสียที่เกิดจากโรงงานมีค่าความสกปรกเพิ่มขึ้น ทำให้คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วไม่ผ่านมาตรฐานที่กำหนด ดังนั้นการหาวิธีในการแก้ไขปัญหาในการลดค่าความสกปรกของน้ำเสียก่อนที่จะนำน้ำเสียเข้าไปในระบบบำบัด ทำให้ผู้ทำวิจัยมีความสนใจที่จะทำการศึกษาในปัญหาดังกล่าว

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการลดค่า COD ของน้ำเสียด้วยโดไลไมท์โดยการตกตะกอน

## 1.3 สมมติฐานของการวิจัย

โดไลไมท์สามารถตกตะกอนน้ำเสียได้และสามารถลดค่า COD ของน้ำเสียได้

## 1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาค่าพีเอชที่เหมาะสมในการตกตะกอนน้ำเสียด้วยโดไลไมท์
2. ศึกษาเวลาสัมผัสที่เหมาะสมต่อการตกตะกอนน้ำเสียด้วยโดไลไมท์
3. ศึกษาหาปริมาณโดไลไมท์ที่เหมาะสมต่อการลดค่า COD ของน้ำเสีย
4. พิจารณาประสิทธิภาพการลดค่า COD ในน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมด้วย

โดไลไมท์

## 1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

BOD (Biochemical Oxygen Demand) หมายถึง ปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในเวลา 5 วัน ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

COD (Chemical Oxygen Demand) หมายถึง ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องการใช้เพื่อออกซิเดชันสารอินทรีย์ในน้ำให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร โดยในตัวอย่งน้ำเสียที่ทำการวิเคราะห์ต้องมีค่ามากกว่า 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาวะที่เหมาะสม หมายถึง การตกตะกอนน้ำเสียซึ่งพิจารณาจากค่าพีเอช เวลาที่ใช้ในการสัมผัสและปริมาณโดโลไมท์ที่ทำให้มีเปอร์เซ็นต์ค่า COD ลดลงจากค่า COD เริ่มต้นมากที่สุด

Coagulation หมายถึง กระบวนการประสานคอลลอยด์ด้วยสารเคมี ทำให้คอลลอยด์เกิดการจับตัวเป็นก้อนและตกตะกอนได้รวดเร็ว

Precipitation หมายถึง กระบวนการที่เปลี่ยนสภาพของสารต่างๆที่ละลายอยู่ในรูปสารละลาย ให้สารอยู่ในรูปที่ไม่ละลายโดยการเติมสารเคมี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยทำการศึกษาในหัวข้อการลดค่า COD ของน้ำเสียโดยวิธีการตกตะกอนด้วยโดโลไมท์ โดยมีหัวข้อของเอกสารดังต่อไปนี้

2.1 การบำบัดน้ำเสียและการออกแบบระบบโครงสร้างระบบบำบัดน้ำเสียชนิดต่างๆ

2.2 สมบัติของโดโลไมท์

2.3 การวิเคราะห์คุณภาพของน้ำเสียที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมก่อนที่จะปล่อยสู่แหล่งน้ำ

สาธารณะ

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การบำบัดน้ำเสียและการออกแบบระบบโครงสร้างระบบบำบัดน้ำเสียชนิดต่างๆ

2.1.1 ความหมายของน้ำเสีย องค์การจัดการน้ำเสีย (2539) [internet] ได้แสดงในเอกสารว่า

น้ำเสีย (Wastewater) ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535 หมายความว่า ของเสียที่อยู่ในสภาพเป็นของเหลว รวมทั้งมวลสารที่ปะปนและปนเปื้อนอยู่ในของเหลวนั้น

แหล่งกำเนิดน้ำเสียแบ่งเป็น 4 ประเภท ใหญ่ ๆ ได้แก่

1. น้ำเสียจากชุมชน (Domestic Wastewater) ได้แก่ น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ของประชาชนที่อยู่อาศัยในชุมชน เช่น น้ำเสียจากบ้านเรือน อาคาร ที่พักอาศัย โรงแรม โรงพยาบาล โรงเรียน ร้านค้า อาคารสำนักงาน เป็นต้น น้ำเสียชุมชนนี้ส่วนมากจะมีสิ่งสกปรกในรูปของสารอินทรีย์ (Organic Matters) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญ และเป็นสาเหตุสำคัญของการทำให้คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำเสื่อมโทรมลง

2. น้ำเสียจากอุตสาหกรรม (Industrial Wastewater) ได้แก่ น้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการ อุตสาหกรรมทุกขั้นตอนตั้งแต่การล้างวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การล้างวัสดุอุปกรณ์และเครื่องจักรกล ตลอดจนการทำความสะอาดโรงงาน ลักษณะของน้ำเสียประเภทนี้จะแตกต่างกันไปตามประเภทของวัตถุดิบ กระบวนการผลิต รวมทั้งระบบควบคุมและบำรุงรักษา องค์ประกอบของน้ำเสียประเภทนี้ส่วนใหญ่จะมีสิ่งสกปรกที่เจือปนอยู่ในรูปสารอินทรีย์ (Organic Matters) สารอนินทรีย์ (Inorganic Matters) อาทิ สารเคมี โลหะหนัก เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. น้ำเสียเกษตรกรรม (Agricultural Wastewater) ได้แก่ น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมทางการเกษตร ครอบคลุมถึงการเพาะปลูกและการเลี้ยงสัตว์ ลักษณะของน้ำเสียประเภทนี้จะมีสิ่งสกปรกที่เจือปนอยู่ ทั้งในรูปของสารอินทรีย์ (Organic Matters) และสารอนินทรีย์ (Inorganic Matters) ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้น้ำ การใช้ปุ๋ย และสารเคมีต่างๆ ถ้าหากเป็นน้ำเสียจากพื้นที่เพาะปลูก จะพบสารอาหารจำพวกไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียมและสารพิษต่างๆ ในปริมาณสูง แต่ถ้าน้ำเสียจากกิจการเลี้ยงสัตว์ จะพบสิ่งสกปรกในรูปของสารอินทรีย์เป็นส่วนมาก

4. น้ำเสียที่ไม่ทราบแหล่งกำเนิด (Nonpoint Source Wastewater) ได้แก่ น้ำฝน และน้ำหลากที่ไหลผ่านและชะล้างความสกปรกต่างๆ อาทิ กองขยะมูลฝอย แหล่งเก็บสารเคมี ฟาร์มเลี้ยงสัตว์ และคลองระบายน้ำเสียต่างๆ แม้ว่าน้ำเสียประเภทนี้จะมีความเข้มข้นของสารปนเปื้อนไม่สูงเหมือนกับน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดอื่นๆ ข้างต้น แต่มักจะเกิดขึ้นพร้อมกัน ปริมาณครั้งละมาก ๆ โดยเฉพาะประเทศไทย ซึ่งตั้งอยู่ในแถบศูนย์สูตร (Tropical Country) ซึ่งมีปริมาณฝนตกชุก ลักษณะของน้ำเสียขึ้นอยู่กับพื้นที่ที่ไหลผ่าน ซึ่งนอกจากจะมีผลต่อการปรับสภาพตามธรรมชาติของแหล่งน้ำแล้ว ยังอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนได้ ปัจจุบันน้ำเสียประเภทนี้ ยังไม่ได้รับความสนใจและการจัดการเท่าที่ควร ดังนั้นจึงควรมีมาตรการจัดการที่เหมาะสม และถูกต้องตามหลักวิชาการต่อไป

### 2.1.2 ลักษณะของน้ำเสีย

สิ่งสกปรกต่าง ๆ ที่เจือปนอยู่ในน้ำและทำให้เกิดน้ำเสียนั้นเรียกว่า มวลสาร (Pollutants) และสภาพการเปลี่ยนแปลงจากภาวะน้ำดีเป็นน้ำเสีย เรียกว่า ภาวะมลพิษ (Pollution) ดังนั้นการวิเคราะห์หาลักษณะของน้ำเสียทำให้ทราบถึงมลสารที่เป็นองค์ประกอบของน้ำเสียนั้น เป็นผลให้สามารถหาวิธีการบำบัดและควบคุมได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม ลักษณะของน้ำเสียมีองค์ประกอบต่าง ๆ ดังนี้

1. สารอินทรีย์ หมายถึง สารซึ่งมาจากสิ่งมีชีวิต ทั้งสัตว์และพืช มีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ และอาจมีธาตุไฮโดรเจน และสารอนุพันธ์ของไฮโดรเจน-คาร์บอน เป็นองค์ประกอบร่วมอยู่ด้วย ตัวอย่างของสารอินทรีย์ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมันซึ่งสามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ ปริมาณของสารอินทรีย์ในน้ำนิยมวัดด้วยค่า BOD (Biochemical Oxygen Demand) BOD หมายถึง ปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายได้ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน โดยจุลินทรีย์จะใช้ออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำเพื่อการเจริญเติบโต หากมีค่า BOD สูง แสดงว่าปริมาณออกซิเจนจะถูกใช้ไปมาก และแสดงว่ามีปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำมากด้วย น้ำจึงมีความสกปรกสูง ดังนั้นการตรวจวัดค่า BOD จึงต้องกระทำภายใต้สภาวะที่เหมือนกับเกิดขึ้นในธรรมชาติมากที่สุด นั่นคือ ต้องทำการอบ (Incubate) ที่อุณหภูมิประมาณ 20 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับน้ำทั่วไป และใช้เวลาในการอบ 5 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบให้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากเป็นระยะที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายของแบคทีเรีย หากใช้เวลาน้อยกว่านี้จะมีการใช้ออกซิเจนน้อย แต่ถ้าให้ระยะเวลาสั้นเกินไปไปปฏิริยาย่อยสลายจะเกิดในทิศทางย้อนกลับ ทำให้ไม่ได้ค่าที่แท้จริง ดังนั้นจึงเรียกค่า BOD มาตรฐานนี้ว่า BOD<sub>5</sub>

2. สารอนินทรีย์ ได้แก่ แร่ธาตุต่าง ๆ ที่อาจจะไม่ทำให้น้ำเน่าเหม็น แต่อาจจะเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต สารอนินทรีย์ที่จำเป็นต้องได้รับการบำบัดในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ ซัลไฟด์ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส เป็นต้น ซัลไฟด์ (Sulfide) เกิดจากปฏิริยารีดักชันของซัลเฟต ซึ่งพบได้ทั่วไปในแหล่งน้ำธรรมชาติและ น้ำเสียต่าง ๆ นอกจากจะทำให้เกิดกลิ่นเหม็นแล้ว ยังก่อให้เกิดปัญหาการกัดกร่อนของท่อส่งน้ำส่วนบนที่เรียกว่า Crown Corrosion แต่หากผนังท่อแห้งและมีการระบายอากาศที่ดีความเสียหายดังกล่าวก็จะไม่เกิดขึ้น ไนโตรเจน (Nitrogen) มีความเกี่ยวข้องกับน้ำเสียเพราะไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่สำคัญในวงจรชีวิตของพืชและสัตว์ เพราะเป็นธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต ดังนั้นหากมีการปล่อยน้ำเสียที่มีปริมาณไนโตรเจนมากเกินไปลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ จะทำให้พืชน้ำในแหล่งน้ำนั้นเจริญเติบโตจนเสียภาวะสมดุลทางธรรมชาติ และในที่สุดก็จะตายทับถมกัน ทำให้แหล่งน้ำนั้นเสื่อมคุณภาพลง อันจะมีผลต่อความหลากหลายทางชีวภาพ (Biodiversity) ระบบนิเวศ (Ecological System) และสัตว์น้ำที่อยู่ในห่วงโซ่อาหาร (Food Chain) การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของไนโตรเจนค่อนข้างจะยุ่งยาก เนื่องจากสามารถอยู่ในสารประกอบต่าง ๆ ได้ถึง 7 รูปแบบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาวะที่มีออกซิเจนหรือไม่มี และขั้นตอนการเกิดปฏิริยาต่าง ๆ เป็นอย่างไร

3. โลหะหนักและสารพิษอื่น ๆ อาจอยู่ในรูปของสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ก็ได้ นอกจากนี้ยังสามารถสะสมอยู่ในห่วงโซ่อาหาร จนเกิดเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต เช่น ปรอท โคโรเมียม ทองแดง ปกติจะอยู่ในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม และสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดศัตรูพืชที่ปนมากับน้ำทิ้งจากการเกษตร สำหรับในเขตชุมชนอาจมีสารพิษ มาจากอุตสาหกรรมในครัวเรือนบางประเภท เช่น ร้านชุบโลหะ ชูซ่อมรถ เป็นต้น

4. ไขมัน น้ำมันและกรีส (Fat Oil and Grease) สารประกอบนี้เกิดจากการใช้น้ำมัน ไขมัน ขี้ผึ้ง จนกระทั่งถึงน้ำมันหล่อลื่น ซึ่งยังไม่มีกรรมวิธีการเก็บรวบรวมน้ำมันหล่อลื่นเหล่านี้สำหรับการขนส่งและการกำจัดอย่างถูกวิธีส่วนน้ำมันและไขมันที่เกิดจากบ้านเรือนร้านอาหารและภัตตาคารต่าง ๆ จำเป็นต้องมีการสร้างบ่อดักไขมันเพื่อกำจัดไขมันในเบื้องต้นก่อน สำหรับประเทศที่อากาศหนาว หากไม่มีการกำจัดไขมันในเบื้องต้น อาจก่อให้เกิดปัญหาท่ออุดตันและทำให้ท่อแตกได้ในที่สุด วิธีการวิเคราะห์ส่วนใหญ่จะสกัดด้วย เฮกเซน แต่ รายละเอียดของการวิเคราะห์จะแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับตัวอย่างที่ต้องการตรวจวัด สารประกอบเหล่านี้เมื่อ ปนเปื้อนกับน้ำ

จะลอยอยู่ตามผิวน้ำ ทำให้เป็นอุปสรรคต่อการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำ พร้อมทั้งกีดขวาง การถ่ายเทของออกซิเจนลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำลดลงในที่สุด

5. ความร้อน ทำให้เกิดการแบ่งชั้น (Stratification) ของน้ำ เร่งปฏิกิริยาการใช้ออกซิเจนของ จุลินทรีย์ และลดระดับการละลายของออกซิเจนในน้ำ ทำให้เกิดสภาพเน่าเหม็นขึ้นได้ อุณหภูมิของน้ำที่เหมาะสม สำหรับในกระบวนการบำบัดน้ำเสียควรอยู่ประมาณ 25-35 องศาเซลเซียส ความร้อนของน้ำเสียทำให้จุลินทรีย์บางชนิดในถังย่อยสลายตายหรือเจริญเติบโตช้าลง และมีผลต่อประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียได้ ความร้อนของน้ำเสียเกิดจาก Condenser Boiler และขบวนการทำความร้อนอื่น ๆ ดังนั้นจึงควรปรับอุณหภูมิของน้ำเสียให้เหมาะสมก่อนปล่อยสู่ระบบบำบัด

6. ของแข็ง (Solids) หมายถึง สารที่เหลืออยู่เป็นตะกอนภายหลังจากที่ผ่านการระเหยด้วยไอน้ำ และทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียสตะกอนที่เกิดขึ้นมีทั้งสารอินทรีย์และอนินทรีย์ การตรวจวัดหา ค่าของแข็งนี้ทำทั้งในน้ำดิบที่นำมาทำน้ำประปา น้ำทิ้งจากบ้านเรือน และจากแหล่งอื่น ๆ ดังนั้นการตรวจวัดค่าของแข็งจึงมีหลายชนิด ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้ สำหรับน้ำเสียจากแหล่งน้ำต่าง ๆ นั้น มักจะหาค่าของแข็งดังนี้

ของแข็งตกตะกอน (Settle able Solids) หมายถึง ของแข็งซึ่งจะนอนก้นเนื่องจากแรงโน้มถ่วงจำเพาะสูงกว่าน้ำเท่านั้น ค่าของแข็งตกตะกอนนั้นนอกจากจะบอกค่าความสกปรกของน้ำแล้ว ยังใช้ประโยชน์ในการออกแบบถังตกตะกอน (Sedimentation Tank) ในระบบบำบัดน้ำเสียอีกด้วย

ของแข็งทั้งหมด (Total Solids) สำหรับการวิเคราะห์น้ำเสียประเภทต่าง ๆ นั้นค่าของแข็ง ทั้งหมดมีความสำคัญน้อยมากเพราะยากที่จะแปรผลให้ได้ค่าที่แน่นอน ดังนั้นจึงนิยมบอกค่าความสกปรกของ น้ำเสียด้วยค่า BOD และ COD อย่างไรก็ตาม ค่าของแข็งทั้งหมดสามารถใช้ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของน้ำเสียที่มีผลต่อการตกตะกอนได้

ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids) หมายถึง สารแขวนลอยในของเหลวซึ่งมีประโยชน์มากสำหรับการวิเคราะห์น้ำเสีย และเป็นค่าหนึ่ง que บอกถึงค่าความสกปรกของน้ำเสียนั้น ตลอดจนบอกถึงประสิทธิภาพของขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียต่าง ๆ การหาค่าของแข็งแขวนลอยจึงมีความสำคัญเท่ากับค่า BOD

7. สีและความขุ่น เกิดจากอุตสาหกรรมประเภทสิ่งทอ กระดาษ ฟอกหนัง และโรงฆ่าสัตว์ สีและความขุ่นจะขัดขวางกระบวนการสังเคราะห์แสงในน้ำ

ความขุ่น (Turbidity) เกิดจากสิ่งแขวนลอยในน้ำ เช่น ตะกอนแขวนลอย แพลงค์ตอน (Plankton) และสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ สารพวกนี้จะทำให้เกิดการกระจัดกระจายและดูดซึมของแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนที่จะปล่อยให้แสงทะลุผ่าน ทำให้มีผลต่อขบวนการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำ นอกจากนี้สารเคมีบางอย่างก็เป็นบ่อเกิดของความขุ่นได้เช่นกันเมื่อสัมผัสกับอากาศ เช่น เหล็ก และแมงกานีส หรืออาจจะเป็นแหล่งเจริญเติบโตของแบคทีเรียบางชนิด

สี (Color) สีของน้ำตามธรรมชาติเกิดจากสารอินทรีย์ต่างๆ เช่น ไบโอม ไบโอบีโอม และ ซากสัตว์ ซึ่งมี ลิกนินเป็นองค์ประกอบ ส่วนสีของน้ำเสียจะใช้วัดระยะเวลาของน้ำเสียที่อยู่ในบ่อบำบัด (อายุของน้ำเสีย) โดยน้ำเสียที่เกิดขึ้นใหม่ ๆ ส่วนใหญ่จะมีสีเทาปนน้ำตาลอ่อน (Light Brownish Gray) แล้วจะค่อยๆ เปลี่ยนเป็นสีเทาแก่ และสีดำในที่สุด แต่บางอุตสาหกรรมมีการเติมสีลงในน้ำเสีย กรณีนี้สีของน้ำเสียจะขึ้นอยู่กับชนิดของโลหะหนักที่มีอยู่ในสีเหล่านั้น

8. กรดและด่าง (pH) การอ่านค่าความเป็นกรด-ด่างมีช่วงตั้งแต่ 0 ถึง 14 โดยสารละลายที่มีค่า pH ต่ำกว่า 7 เรียกว่า สารละลายเป็นกรด เท่ากับ 7 เรียกว่า สารละลายเป็นกลาง (Neutral Solution) สูงกว่า 7 เรียกว่า สารละลายเป็นด่าง น้ำที่มีคุณภาพที่ดีจะต้องมีค่า pH ใกล้เคียง หรือเท่ากับ 7 แต่ในทางปฏิบัติได้กำหนดมาตรฐานค่า pH ของน้ำทิ้งอยู่ในช่วง 5-9

9. จุลินทรีย์ (Microorganism) โดยทั่วไปสามารถแบ่งจุลินทรีย์ออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ ได้แก่ Eucaryotes, Eubacteria และ Archaeobacteria โดยสองกลุ่มหลังนี้มักจะเรียกรวมกันว่า กลุ่ม Procaryotic ซึ่งมีแบคทีเรียเป็นองค์ประกอบ และมีบทบาทสำคัญต่อการบำบัดน้ำเสีย ส่วนจุลินทรีย์ในกลุ่ม Eucaryotes ที่มีบทบาทสำคัญต่อการบำบัดน้ำเสียได้แก่ รา (Fungi) โปรโตซัว (Protozoa) Rotifers และสาหร่าย (Algae) ชนิดต่าง ๆ ดังนั้นจึงควรเรียนรู้เกี่ยวกับจุลินทรีย์เหล่านี้ในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. พวกที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย
2. พวกที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัย
3. พวกที่ทำหน้าที่เป็นดัชนีชี้วัดต่าง ๆ
4. วิธีการตรวจวัดหาปริมาณและชนิดของจุลินทรีย์เหล่านี้
5. วิธีตรวจวัดหาความเป็นพิษ (Toxicity) ของจุลินทรีย์บางชนิด

จะเห็นได้ว่ามีจุลินทรีย์มากมายหลายชนิดที่อาจปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสีย ดังนั้นจึงได้มีการกำหนดจุลินทรีย์บางชนิดเป็นดัชนี (Indicator Organisms) ของจุลินทรีย์ทั้งหมด เพื่อแสดงว่าแหล่งน้ำนั้นได้รับการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคทางเดินอาหาร (Waterborne Disease) อันเนื่องมาจากอุจจาระของมนุษย์ หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการกำหนดจุลินทรีย์ที่เป็นดัชนีประกอบด้วย

1. จะต้องเป็นจุลินทรีย์ชนิดที่ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ เพราะจะทำให้ปลอดภัยต่อ

การเพาะเชื้อในห้องปฏิบัติการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. จะต้องตรวจพบได้ในน้ำเมื่อแหล่งน้ำได้รับการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ชนิดที่ทำให้เกิดโรค

3. ปริมาณของจุลินทรีย์ที่เป็นดัชนี จะต้องมีความสัมพันธ์ทางตรงกับปริมาณของจุลินทรีย์ชนิดที่ทำให้เกิดโรค นั่นคือ เมื่อชนิดหนึ่งมีปริมาณเพิ่มขึ้น อีกชนิดหนึ่งจะต้องมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย โดยจุลินทรีย์เป็นดัชนีควรมีปริมาณมากกว่าจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค

4. จะต้องง่ายต่อการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการธรรมดาทั่วไปและสิ้นเปลืองระยะเวลาน้อย

5. จะต้องง่ายต่อการนับจำนวน

6. จะต้องไม่มีการเพิ่มจำนวนขึ้นเมื่ออยู่สภาวะการหมักเดียวกับที่จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคไม่สามารถเพิ่มจำนวนได้

7. จะต้องทนต่อสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ซึ่งส่งผลให้จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคไม่สามารถอยู่รอดได้ อันแสดงถึงสภาวะปลอดเชื้อที่ทำให้เกิดโรค

จากหลักเกณฑ์ดังกล่าวข้างต้น นักวิทยาศาสตร์พบว่า เชื้อแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม (Coliform Bacteria) เข้าข่ายในหลักเกณฑ์ดังกล่าวมากกว่าจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ แต่ยังมีข้อจำกัดบางอย่าง อาทิ โคลิฟอร์มแบคทีเรีย สามารถแบ่งตัวเพื่อเพิ่มปริมาณในน้ำให้มากขึ้นได้ ดังนั้น ปริมาณที่นับได้จากการตรวจวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ จึงอาจจะไม่ใช่ปริมาณที่แท้จริงที่มีความสัมพันธ์ทางตรงกับ จุลินทรีย์ชนิดที่ทำให้เกิดโรคซึ่งไม่ค่อยจะแบ่งตัวเพื่อเพิ่มจำนวนในสภาวะที่คล้ายกัน นอกจากนี้ยังสามารถตรวจพบโคลิฟอร์มแบคทีเรียในอุจจาระของสัตว์ด้วย จึงทำให้ไม่สามารถชี้ชัดได้ว่าเชื้อที่ตรวจพบมาจากอุจจาระของมนุษย์หรือสัตว์กันแน่

อย่างไรก็ตาม นักวิทยาศาสตร์ยังคงใช้ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด (Total Coliform) เป็นดัชนีสำหรับน้ำดื่ม โดยมีหน่วยวัดเป็น เอ็มพีเอ็น (Most Probable Number-MPN) นั่นคือปริมาณที่มีความเป็นไปได้มากที่สุด หรือใกล้เคียงกับค่าความเป็นจริงมากที่สุด สำหรับมาตรฐานน้ำดื่มที่บังคับใช้ในประเทศไทยจะต้องมีจำนวนโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด (Total Coliform) ไม่เกิน 2.2 MPN ต่อปริมาณน้ำ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ส่วนคุณภาพของน้ำทิ้งจากโรงบำบัดน้ำเสีย และคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำทั่วไปจะใช้ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียชนิดที่พบได้ในอุจจาระของมนุษย์เท่านั้น ได้แก่ ฟีคอลลีโคลิฟอร์ม (Coliform) เป็นดัชนี ซึ่งจะต้องมีจำนวนไม่เกิน 1,000 MPN ต่อ 100 มิลลิลิตร สำหรับแหล่งน้ำประเภทที่ 2 ซึ่งใช้ประโยชน์เพื่อการอนุรักษ์สัตว์น้ำ การประมง การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ และมีจำนวนไม่เกิน 4,000 MPN ต่อ 100 มิลลิลิตร สำหรับแหล่งน้ำประเภทที่ 3 ซึ่งใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตรกรรม

10. สารกัมมันตรังสี (Radioactive Waste) หมายถึง สารใด ๆ ที่ไม่สามารถใช้ประโยชน์ต่อไปได้และปนเปื้อนด้วยกัมมันตรังสีในระดับที่มีความเสี่ยงต่ออันตรายของสุขภาพและสิ่งแวดล้อม สารกัมมันตรังสีนอกจากมีอันตรายสูงแล้ว บางชนิดยังคงสภาพได้ในระยะเวลายาวนานนับพันปี ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีวิธีการกักเก็บที่ปลอดภัย และแน่ใจว่าจะไม่รั่วไหลออกสู่สิ่งแวดล้อมภายนอกจนกว่าจะหมดสภาพไปเอง โดยทั่วไปมีการแบ่งสารกัมมันตรังสีแบ่งออกเป็น 3 ชนิดใหญ่ ๆ ได้แก่ High-Level Waste (HLW) Transuranic Waste และ Low-Level Waste (LLW) ตัวอย่างสารกัมมันตรังสีที่สำคัญได้แก่ Uranium Plutonium และ Thorium แหล่งกำเนิดสารกัมมันตรังสีที่สำคัญในปัจจุบันได้แก่ แหล่งผลิตอาวุธนิวเคลียร์ โรงงานผลิตไฟฟ้า นิวเคลียร์เหมืองแร่ยูเรเนียม และกากกัมมันตรังสี ที่เกิดจากกิจกรรมอื่น ๆ อาทิ การแพทย์ การวิจัย และการถนอมอาหาร เป็นต้น

11. ธาตุอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส เมื่อมีปริมาณสูงจะทำให้เกิดการเจริญเติบโตของพืชน้ำมากผิดปกติ ที่เรียกว่า Eutrophication เป็นผลให้ระดับของออกซิเจนในน้ำลดลงช่วงกลางคืน ทำให้เกิดการเจริญเติบโตของวัชพืชน้ำอันอาจก่อให้เกิดปัญหาด้านการสัญจรทางน้ำ และการนำน้ำไปใช้ประโยชน์

12. กลิ่น กลิ่นเหม็นของระบบบำบัดน้ำเสียเกิดจากการที่สารอินทรีย์ สารประกอบซัลเฟอร์ และไนโตรเจน ถูกย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ในสภาวะที่ไม่ใช้ออกซิเจน เป็นผลให้เกิดก๊าซซึ่งมีกลิ่นเหม็น ที่สำคัญได้แก่ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และแอมโมเนีย การตรวจวัดปริมาณก๊าซที่ทำให้เกิดกลิ่นที่ให้ผลอย่างแน่นอนในปัจจุบันใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศแล้วตรวจวัดด้วยเครื่อง Gas Chromatography (GC) Mass Spectrometry (MS) หรือ GC-MS เป็นต้น กลิ่นเป็นปัญหาสำคัญประการหนึ่งของการบำบัดน้ำเสีย หากไม่มีการควบคุมให้ดีอาจก่อให้เกิดกรณีร้องเรียนหรือการต่อต้านจากประชาชนได้

ปัจจัยที่ทำให้เกิดกลิ่นในขั้นตอนต่าง ๆ ที่สำคัญของระบบบำบัดน้ำเสียพอสรุปได้ดังนี้

1. ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เกิดจากความล้มเหลวของถังหมักกากตะกอน (Anaerobic Digesters)
2. การปล่อยกากตะกอนสู่ถังหมักมากเกินไป
3. ก๊าซแอมโมเนียที่เกิดจากขั้นตอนการทำให้ตะกอนจับตัวด้วยการใช้ปูนขาว (Lime Stabilization)
4. กลิ่นตกค้างจากการใช้สารคลอรีน
5. การเติมอากาศไม่เพียงพอหรือไม่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เครื่องควบคุมกลิ่นทำงานได้ไม่ดี

7. การรั่วไหลของก๊าซแอมโมเนียในขั้นตอน Alkaline และ Chemical Fixation แนวทางแก้ไขปัญหาเรื่องกลิ่น ควรดำเนินการทั้งการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าและการสืบหาสาเหตุของปัญหาเพื่อหาทางแก้ไขให้ถูกต้องต่อไป การแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าส่วนใหญ่นิยมใช้สารเคมี โดยควรเลือกใช้ให้ถูกต้อง ตัวอย่างของสารเคมีที่ใช้กำจัดกลิ่นได้แก่ Potassium Permanganate, Sodium Hypo chlorite, Calcium Hypo chlorite และ Hydrogen Peroxide เป็นต้น

### 2.1.3 หลักการออกแบบโครงสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย

การจะให้ได้มาซึ่งระบบบำบัดน้ำเสียที่ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น จำเป็นต้องอาศัยการทำงาน ตามขั้นตอนที่สำคัญได้แก่ การออกแบบ (System Design) การประเมินคุณค่าทางวิศวกรรม (Value Engineering) การก่อสร้าง (Construction) การดำเนินงานบำบัดน้ำเสีย (Start up and Operations) และการเก็บตัวอย่าง/ตรวจวัดคุณภาพน้ำทิ้ง (Sampling and Analysis)

1. การออกแบบ (System Design) การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียเป็นขั้นตอนที่สำคัญสำหรับการบำบัดน้ำเสีย หากตัวแปรต่าง ๆ ที่ใช้ในการออกแบบมีความคลาดเคลื่อนจากสภาพความเป็นจริงมาก อาจก่อปัญหาต่อการทำงานของระบบได้ การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย ประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญดังนี้

1.1 Conceptual Design การออกแบบในขั้นตอนนี้มีความสำคัญอย่างมากต่อการปฏิบัติงานของระบบบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากต้องมีการศึกษาและการระดมความคิดในการออกแบบระบบที่เหมาะสมโดยเริ่มตั้งแต่การตัดสินใจเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้หลักทางวิศวกรรม การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ การวางผังภูมิของอุปกรณ์ (Facilities Layouts) ในขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียต่าง ๆ การศึกษาและสรุปข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นต่อการออกแบบ การวิเคราะห์ระบบไฮดรอลิกของโรงบำบัดน้ำเสีย (Plant Hydraulics) การกำหนดมาตรการด้านการปฏิบัติการและการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย รวมทั้งการสำรวจสภาพภูมิประเทศ และการศึกษาเกี่ยวกับสภาพและชั้นดินซึ่งมีความสำคัญอย่างมากต่อการออกแบบและการก่อสร้างตัวแปรที่สำคัญต่อการออกแบบประกอบด้วย

(1.) อัตราการไหลของน้ำและปริมาณของเสียที่เข้าสู่ระบบ (Flow Rates and Mass Loadings)

(2.) การศึกษาและกำหนดค่าอัตราการไหลที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3.) การศึกษาและกำหนดค่าปริมาณของเสียที่เข้าสู่ระบบอย่างเหมาะสม

(4.) การเลือกระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสม

(5.) องค์ประกอบต่าง ๆ ของการออกแบบขั้นตอน (Conceptual Design)

1.2 การออกแบบขั้นต้น (Preliminary Design) การออกแบบขั้นตอนนี้คิดเป็นปริมาณงานประมาณร้อยละ 20-30 ของโครงการ โดยประกอบด้วยผลสรุปของการวางแผนระบบทั้งหมด กำหนดวัตถุประสงค์ที่ต้องใช้งานทั้งหมดพร้อมทั้งอุปกรณ์ที่ใช้ทดแทน การวางระบบท่อ การกำหนดพื้นที่และงานด้านสถาปัตยกรรม กำหนดระบบสนับสนุน และเครื่องมือที่ต้องใช้ในกรณีฉุกเฉิน เมื่อการออกแบบขั้นต้นแล้วเสร็จ สามารถคำนวณค่าใช้จ่ายเบื้องต้น และค่าใช้จ่ายสำหรับการก่อสร้างได้

1.3 การศึกษากรณีพิเศษ (Special Study) ส่วนใหญ่จะดำเนินการในช่วงก่อน หรือระหว่างขั้นตอนการออกแบบเบื้องต้น โดยอาจจะกระทำในรูปโรงงานตัวอย่าง (Pilot Plant) เพื่อทดสอบอุปกรณ์ชนิดใหม่ หรือการทดลองโดยระบบในขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่ง การศึกษาระดับลึกที่มีก่อนการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย (Background) หรือสภาพต่าง ๆ ที่มีอยู่เดิม (Existing Condition) รวมถึงการศึกษาแหล่งรองรับน้ำทิ้ง และการแพร่กระจายของน้ำทิ้งในแหล่งรองรับต่าง ๆ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษาและสำรวจปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องให้แล้วเสร็จสมบูรณ์ก่อนเริ่มดำเนินการออกแบบขั้นสมบูรณ์ (Final Design) ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงความไม่แน่นอน และการออกแบบเพิ่มเติมใหม่ ซึ่งจะต้องสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมากขึ้น

1.4 การออกแบบขั้นสมบูรณ์ (Final Design or Detail Design) เป็นการออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเตรียมการก่อสร้างและการกำหนดรายละเอียด (Specifications) ขั้นตอนนี้จะต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญในด้านต่าง ๆ ได้แก่ วิศวกรโยธา วิศวกรสิ่งแวดล้อม วิศวกรเคมี วิศวกรเครื่องกล วิศวกรไฟฟ้า วิศวกรโครงสร้าง นักธรณีวิทยา ช่างเขียนแบบ และบุคลากรสนับสนุนอื่น ๆ แบบการก่อสร้าง และรายละเอียดต่าง ๆ จะใช้เป็นเอกสารประกอบการประมูลการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย

## 2. การประเมินคุณค่าทางวิศวกรรม (Value Engineering-VE)

เป็นการทบทวนโครงการโดยเฉพาะค่าใช้จ่าย และเทคนิคการควบคุมเพื่อกำหนดค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็นของโครงการ วัตถุประสงค์ของขั้นตอนนี้ ได้แก่ การดำเนินโครงการให้ดีที่สุด สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายให้น้อยที่สุด แต่ยังคงปริมาณและคุณภาพงานเท่าเดิม ในประเทศสหรัฐอเมริกา องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อม (U.S. Environmental Protection Agency-U.S. EPA) เป็นผู้กำหนดว่าโครงการที่ได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาลกลางด้วยวงเงินตั้งแต่ 10 ล้านดอลลาร์ เป็นเอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สหรัฐฯ ขึ้นไป จะต้องมีการประเมินคุณค่าทางวิศวกรรม และการดำเนินงานดังกล่าวจะอาศัยทีมงานมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาด และความซับซ้อนของโครงการ โดยทีมงานเหล่านี้จะต้องไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับงานการออกแบบของโครงการ สำหรับโครงการขนาดใหญ่โดยทั่วไปจะมีการทบทวน 2 ขั้นตอน ใช้เวลาขั้นตอนละประมาณ 1 สัปดาห์ โดยขั้นตอนแรกครอบคลุมเนื้องานร้อยละ 20-30 ของโครงการทั้งหมด ส่วนขั้นตอนที่ 2 จะครอบคลุมเนื้องานร้อยละ 60-75 ของโครงการ

### 3. การก่อสร้าง (Construction)

คุณภาพของงานออกแบบ และการกำหนดรายละเอียด (Specifications) สามารถวัดผลได้จาก

- 3.1. ความยากง่ายในการใช้อุปกรณ์ใหม่ในระบบที่มีอยู่
- 3.2. ข้อกำหนดที่ยินยอมให้ผู้รับเหมาก่อสร้างยื่นการประมูลด้วยข้อจำกัดที่น้อย
- 3.3. รายละเอียดที่กำหนดให้ มีการใช้วัสดุคุณภาพสูงในขั้นตอนการก่อสร้างเพื่อความแน่ใจต่อ การใช้งานในระยะยาว
- 3.4. การทำงานแล้วเสร็จในระยะเวลาอันสั้น
- 3.5. มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นน้อยในขั้นตอนการก่อสร้าง

การดำเนินงานก่อสร้างให้แล้วเสร็จตามเวลาที่กำหนดจำเป็นต้องมีแผนการบริหารงานก่อสร้างที่ดี โดยทั่วไปแล้วบริษัทก่อสร้างจะนำข้อเสนอแผนงานก่อสร้างต่อเจ้าของโครงการทำการศึกษา ทบทวน ทั้งนี้โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของเทคนิคที่ใช้ ขั้นตอนการดำเนินงาน และความเป็นไปได้ต่าง ๆ ก่อนเริ่มดำเนินงานก่อสร้าง ตรวจสอบว่าขั้นตอนของงานการก่อสร้างสนองตอบเป้าหมายหรือไม่ และได้ดำเนินงาน อย่างประหยัดหรือไม่ ศึกษาเพื่อให้แน่ใจว่า การดำเนินงานก่อสร้างตรงตามรายละเอียด (Specifications) ที่ กำหนดไว้ หลีกเลี่ยงและควบคุม ความเปลี่ยนแปลงที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในระหว่างการดำเนินงานรวมทั้ง การเรียกร้องความเสียหายต่าง ๆ

### 4. การดำเนินงานบำบัดน้ำเสีย (Start up and Operations)

ปัจจุบันส่วนใหญ่บริษัทผู้ก่อสร้างจะเป็นผู้เริ่มต้นเดินระบบ (Start up) จนกระทั่งแน่ใจแล้วว่าระบบสามารถดำเนินไปได้โดยไม่มีปัญหาจึงส่งมอบให้เจ้าของโครงการดำเนินการต่อไป การดำเนินงานจะประสบผลสำเร็จมากน้อยเพียงใดนั้น ผู้ปฏิบัติงาน (Plant Operator) ควรดำเนินงานตามข้อควรพิจารณาดังต่อไปนี้

- 4.1 ปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ได้มอบหมายไว้หรือดีกว่าอย่างสม่ำเสมอ
- 4.2 ควบคุมค่าใช้จ่ายด้านการปฏิบัติงาน (Operations) และการดูแลรักษา

(Maintenance) ให้ไม่สูงกว่าค่าใช้จ่ายที่ได้กำหนดไว้ในระดับที่ควรจะเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 คู่มือรักษาอุปกรณ์เครื่องจักรกลเพื่อให้ทำงานได้อย่างสม่ำเสมอ

4.4 เพิ่มพูนความรู้แก่เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องอย่างสม่ำเสมอ

การจัดทำหนังสือคู่มือการปฏิบัติงานและการดูแลรักษา (O&M Manual) จึงเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการดำเนินงานบำบัดน้ำเสีย โดยช่วยให้เจ้าหน้าที่เข้าใจเทคนิคและขั้นตอนต่าง ๆ และสามารถปฏิบัติตามได้อย่างถูกต้อง และยังช่วยดูแลรักษาเครื่องมือได้อย่างถูกต้องเพื่อการใช้งานในระยะยาว

#### 2.1.4 แนวทางการเลือกใช้วิธีการบำบัดน้ำเสีย

หลักการบำบัดน้ำเสียโดยทั่วไป เพ็ชร เขาวงกตเจริญ (2538) ได้กล่าวไว้ว่าสามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบ ได้แก่ การบำบัดโดยใช้หลักการทางกายภาพ (Physical Forces) เรียกว่า Unit Operations และการบำบัดโดยใช้หลักการทางเคมีและชีวภาพ (Chemical and Biological Reactions) เรียกว่า Unit Processes แต่ปัจจุบันได้มีการผสมผสานหลักการบำบัดน้ำเสียทั้งสองดังกล่าวเข้าด้วยกัน และสามารถแบ่งออกเป็นการบำบัดขั้นปฐมภูมิ (Primary Treatment) การบำบัดขั้นทุติยภูมิ (Secondary Treatment) และการบำบัดขั้นตติยภูมิ หรือขั้นสูง (Tertiary or Advanced Treatment)

1. การบำบัดขั้นปฐมภูมิ (Primary Treatment) เป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียในขั้นต้น ประกอบด้วยหลักการทางกายภาพที่สำคัญ ได้แก่ การใช้ตะแกรง การกำจัดครวด ทราวย หิน และของแข็งอื่น ๆ การตกตะกอน การกำจัดน้ำมัน และไขมัน การบำบัดขั้นปฐมภูมินี้สามารถลดปริมาณของแข็ง และค่าความสกปรก (BOD) ในน้ำเสียให้ลดน้อยลงได้ประมาณร้อยละ 20-30

2. การบำบัดขั้นทุติยภูมิ (Secondary Treatment) เป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียที่ใช้เทคโนโลยีขั้นสูงขึ้น โดยใช้หลักการทางชีวภาพพร้อมกับการใช้สารเคมีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน และวัตถุประสงค์อื่น เช่น การฆ่าเชื้อโรค เป็นต้น น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดในขั้นตอนนี้จะมีมลสารและค่าความสกปรกลดลงร้อยละ 50-90 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ ระบบบำบัดน้ำเสียที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป ได้แก่ ระบบเอเอส (Activated Sludge Process-AS) สระเติมอากาศ (Aerated Lagoon) ทรिकคิงฟิลเตอร์ (Trickling Filter) แผ่นชีวภาพ (Rotating Biological Contactors-RBC) บ่อย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Pond) บ่อผสม (Facultative Pond) และบ่อย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Pond)

3. การบำบัดขั้นตติยภูมิหรือขั้นสูง (Tertiary or Advanced Treatment) เป็นกระบวนการบำบัดที่มีขั้นตอนเพิ่มเติมขึ้นโดยเฉพาะ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการบำบัดน้ำเสียให้มีคุณภาพดีขึ้นหรือปรับคุณภาพให้เหมาะสมต่อการนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ อาทิ การกำจัด อนิออนที่ละลายอยู่ในน้ำเสียโดยเฉพาะสารอาหารของพืชน้ำ ได้แก่ ไนโตรเจน แอมโมเนียมเป็นแอมโมเนียมไนเตรตสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟอสฟอรัส การกรองด้วยเทคโนโลยีขั้นสูง การแปรสภาพแอมโมเนีย และการกำจัดสารพิษ (Toxic Compounds) ต่าง ๆ โดยส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพในการกำจัดได้ประมาณร้อยละ 90-95 เนื่องจากน้ำเสียวิธีการบำบัดน้ำเสียมีอยู่หลายวิธีการ สิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือ ประเภทของน้ำเสีย ลักษณะของน้ำเสีย สภาพแวดล้อมท้องถิ่น ดังนั้นการเลือกวิธีการบำบัดน้ำเสียจำเป็นที่จะต้องเลือกวิธีการที่มีประสิทธิภาพและประหยัดค่าใช้จ่าย ประเภทของน้ำเสียและลักษณะน้ำเสียเป็นสิ่งที่คำนึงถึงเพราะน้ำเสียที่เกิดจากชุมชน ย่อมมีลักษณะของน้ำที่เป็นสารอินทรีย์สามารถใช้เชื้อแบคทีเรียในการย่อยสลาย สามารถเลือกให้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีววิทยา เช่น Activated Sludge ส่วนน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมอาจจะมีโลหะหนักปนเปื้อนในน้ำเสียและมีความเข้มข้นของน้ำเสียสูงวิธีการในการบำบัดก็ย่อมแตกต่างจากน้ำเสียจากชุมชน อาจจำเป็นต้องใช้สารเคมีในการตกตะกอนเพื่อแยกสารที่เป็นโลหะหนักออกจากน้ำเสียก่อน แล้วจึงส่งน้ำเสียนั้นไปเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียส่วนกลางของนิคมอุตสาหกรรม หรือเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงาน ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมท้องถิ่น เป็นตัวกำหนดในการเลือกวิธีการบำบัดน้ำเสีย เช่น ราคาที่ดินที่จะใช้ในการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นแหล่งชุมชนที่มีประชากรหนาแน่นหรือไม่

### 2.1.5 วิธีการบำบัดน้ำเสียแบบกายภาพ

สิ่งเจือปนที่สามารถบำบัดออกจากน้ำเสียโดยวิธีทางกายภาพได้แก่ ของแข็งขนาดใหญ่ เช่น เศษผ้า, กระดาษ, พลาสติก, เศษอาหาร, กวาด, ทราาย หรือเป็นพวกไขมันและน้ำมันที่ไม่ละลายน้ำ ก็สามารถแยกออกได้โดยใช้อุปกรณ์ พวกตะแกรงหยาบและตะแกรงละเอียด ถึงดัก, กวาด ทราาย, ถังดักไขมัน, ถังดักตะกอน

#### 1. ตะแกรงหยาบและตะแกรงละเอียด

ใช้สำหรับดักสิ่งของที่ลอยน้ำ เช่น เศษขยะ, เศษผ้า, ใบไม้, ถูพลาสติก ซึ่งจะทำให้สามารถดักสิ่งของที่ลอยน้ำออกจากน้ำเสียได้ถึงร้อยละ 40 ของสารแขวนลอยที่อยู่ในน้ำเสียและยังช่วยลดค่า BOD ร้อยละ 30 – 40 และช่วยป้องกันไม่ให้เครื่องสูบน้ำเกิดการอุดตัน

#### 2. ถังดักกวาด ทราาย

เป็นถังขนาดเล็กที่ออกแบบเพื่อให้สามารถดักจับกวาด ทราายในน้ำเสียได้ ซึ่งจะช่วยป้องกันไม่ให้เครื่องสูบน้ำสึกกร่อน เนื่องจากถูกขัดสีของกวาด ทราาย

#### 3. ถังดักไขมันและน้ำมัน

น้ำเสียบางชนิดมีน้ำมันและไขมันปนอยู่ในน้ำเสียด้วย ดังนั้นถังดักไขมันจึงให้หลักการที่ว่าไขมันจะลอยตัวอยู่บนน้ำเพราะเบากว่า ทางออกของถังดักไขมันจึงจมอยู่ใต้น้ำสามารถทำให้ดึงเฉพาะน้ำออกจากถังดักด้วยท่อรูปตัว T ส่วนไขมันและน้ำมันจะสะสมอยู่ในถังดักไขมันและสามารถตักออกไปทิ้งได้ ถังดักไขมันขนาดเล็กเหมาะสมกับน้ำเสียที่เกิดจากการปรุงอาหาร ซึ่งจะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณน้ำเสียต่ำ ส่วนกรณีที่มีปริมาณน้ำเสียสูง ควรใช้ถังดักไขมันที่เรียกว่า API Separator ส่วนไขมันและน้ำมันที่ละลายน้ำไม่สามารถแยกได้ด้วยถังดักไขมันเพราะน้ำมันจะรวมเป็นเนื้อเดียวกับน้ำเสีย วิธีแก้ไขคือต้องทำให้ไขมันแยกตัวจากน้ำเสียโดยการใช้สารเคมีช่วยเพื่อให้เกิดการลอยตัว ( Flotation ) ของไขมัน

#### 4. ถังดักตะกอน

ของแข็งหรือตะกอนขนาดเล็กที่ลอดผ่านตะแกรงมาได้จะถูกบำบัดโดยการพักน้ำเสียไว้ในถังขนาดใหญ่ เป็นเวลาประมาณ 2 – 4 ชั่วโมง ทำให้ตะกอนที่แขวนลอยเกิดการตกตะกอนลงสู่ก้นถัง ดังนั้นน้ำเสียที่เหลือออกไปจึงมีปริมาณตะกอนแขวนลอยเหลือน้อยลง

#### 2.1.6 วิธีบำบัดน้ำเสียแบบเคมี

การบำบัดน้ำเสียด้วยสารเคมีจะใช้กับน้ำเสียที่มีส่วนประกอบอย่างใดอย่างหนึ่งดังนี้

##### 1. มีค่าพีเอช ต่ำ - สูงเกินไป

1.1 น้ำเสียที่มีค่าพีเอช ต่ำ - สูงเกินไปกรณีที่น้ำเสียมีค่าพีเอชต่ำ สามารถทำการบำบัดได้ด้วยการเติมสารเคมีที่เพิ่มค่าความเป็นกรดให้สูงขึ้นได้แก่ Sodium hydroxide, Calcium carbonate ส่วนน้ำเสียที่มีค่าพีเอชสูง สามารถทำการบำบัดได้ด้วยการเติมสารเคมีที่ลดค่าความเป็นด่างให้ต่ำลงได้แก่ Hydrochloric acid , Sulfuric acid

1.2 น้ำเสียที่มีการปนเปื้อนของโลหะหนักและสารอนินทรีย์รวมถึงตะกอนขนาดเล็กและไขมันที่ละลายน้ำสิ่งที่เป็นเปื้อนอยู่ในน้ำเสียทั้งโลหะหนัก สารอนินทรีย์ที่เป็นพิษและตะกอนขนาดเล็ก ไขมัน น้ำมันที่ละลายน้ำสามารถบำบัดด้วยกระบวนการ Precipitation คือ การตกตะกอนสารที่ไม่ละลายน้ำต่างๆที่อยู่ในน้ำโดยใช้สารเคมี Flocculation คือ การรวบรวมตะกอนที่แขวนลอยในน้ำให้เกิดการรวมตัวเป็นก้อนแล้วเกิดตกตะกอน Coagulation คือ การประสานคอลลอยด์ต่างๆที่อยู่ในน้ำให้จับตัวรวมเป็นกลุ่ม เรียกว่า “floc”

2. มีตะกอนแขวนลอยขนาดเล็กที่ตกตะกอนได้ยาก

3. มีสารอนินทรีย์ที่ละลายน้ำและเป็นพิษมีการปนเปื้อนของโลหะหนักที่เป็นพิษ เช่น Cadmium , Copper , Zinc

4. มีไขมันและน้ำมันที่ละลายน้ำ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียด้วยสารเคมีได้แก่ ถังกวนเร็วหรือถังผสมระหว่างสารเคมีกับน้ำเสียพร้อมใบพัดกวน, ถังกวนช้า, ถังตกตะกอน, ถังกรอง

สารเคมีที่ใช้ในการตกตะกอน มีดังนี้

1. สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการโคแอกกูเลชัน ( Inorganic coagulation )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารอินทรีย์ที่ใช้ในการทำโคแอกกูเลชัน อาจเป็นพวก electrolyte หรือ poly electrolytes ขึ้นอยู่กับประจุของไอออนต่างๆที่อยู่ในน้ำว่าเป็นชนิดใด สารอินทรีย์ที่นิยมใช้ในปัจจุบันมีอยู่มากมายซึ่งต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับน้ำเสียโดยอาจจำเป็นต้องทำการทดสอบโดยการทำการทดลอง Jar test ซึ่งจะทำให้ทราบว่าสารเคมีที่นำมาใช้เหมาะสมหรือไม่ TRAMFLOC, INC, (2002) [internet]ได้แนะนำสารเคมีที่ใช้ในการทำโคแอกกูเลชัน ไว้ดังนี้

1.1 Ferric Chloride ( $\text{FeCl}_3$ ) สามารถตกตะกอนสารพวกที่เป็นไอออนฟอสเฟตและพวกโลหะ(Trace metals) ได้ดี ลักษณะที่จำหน่ายเป็นสารละลายที่มีความเข้มข้นร้อยละ 27 – 43 เป็นสารละลายที่มีฤทธิ์เป็นกรดและกัดกร่อน

1.2. Ferrous Chloride ( $\text{FeCl}_2$ ) สามารถตกตะกอนไอออนฟอสเฟตและพวกโลหะหนัก(Heavy Metals) ได้ดีและช่วยควบคุมพิษของ sulfide ให้กับแบคทีเรียและช่วยแยกไขมันและน้ำมันออกจากน้ำได้ดี ลักษณะที่จำหน่ายเป็นสารละลายที่มีความเข้มข้นร้อยละ 8 - 14 เป็นสารละลายที่มีฤทธิ์เป็นกรดและกัดกร่อน

1.3 Ferric Sulfate ( $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ) สามารถตกตะกอนโลหะ(Trace metals) พวก ไอออนฟอสเฟต, ไขมันน้ำมันต่างๆที่อยู่ในน้ำ ลักษณะที่จำหน่ายเป็นสารละลายที่มีความเข้มข้นร้อยละ 10 - 13 เป็นสารละลายที่มีฤทธิ์เป็นกรดและกัดกร่อน

1.4 Hydroxylated ferric sulfate ( $\text{Fe}_5(\text{SO}_4)_7(\text{OH})$ ) มีคุณสมบัติคล้ายกับสารส้ม(Alum) ลักษณะที่จำหน่ายเป็นสารละลายและมีฤทธิ์เป็นกรดและกัดกร่อน

1.5 Ferrous Sulfate ( $\text{FeSO}_4$ ) สามารถตกตะกอนไอออนฟอสเฟตและโลหะ (Trace metals) ได้ดีลักษณะที่จำหน่ายเป็นสารละลายที่มีความเข้มข้นร้อยละ 5 – 12 เป็นสารละลายที่มีฤทธิ์เป็นกรดและกัดกร่อน

1.6 Aluminium Chloride ( $\text{AlCl}_3$ ) ใช้ในการตกตะกอนโลหะ ไขมันน้ำมัน และช่วยทำให้น้ำใสขึ้น โดยทั่วไปจะจำหน่ายเป็นของแข็งและสารละลาย มีฤทธิ์เป็นกรดและกัดกร่อน

1.7 Aluminium Sulfate ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) เป็นสารที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในการตกตะกอนน้ำด้วยสารเคมี โดยทั่วไปจะจำหน่ายในลักษณะที่เป็นของแข็งและสารละลาย มีฤทธิ์เป็นกรดและกัดกร่อน

1.8 Calcium Chloride ( $\text{CaCl}_2$ ) ใช้ในการตกตะกอนสารที่เป็นพวกโลหะ สารอินทรีย์ต่างๆและไอออนฟอสเฟต โดยทั่วไปจำหน่ายในลักษณะเป็นของแข็งและสารละลาย เป็นสารที่ไม่มีอันตราย(non hazardous)

1.9 Magnesium hydroxide ( $Mg(OH)_2$ ) ใช้ในการควบคุมค่าพีเอช ของการตกตะกอนโดยควบคุมค่าพีเอช 9 ได้สูงสุด ลักษณะที่จำหน่ายเป็นสารละลายเข้มข้นร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก

1.10 Polyaluminium chloride (PAC) ใช้ในการตกตะกอนสารที่เป็นสารอินทรีย์ได้ดี จำหน่ายในลักษณะที่เป็นสารละลาย มีฤทธิ์ในเป็นกรดและกักร่อน

1.11 Sodium aluminate ใช้ในการตกตะกอนสารฟอสเฟตและกำจัดสี ใช้ควบคุมค่าพีเอชให้เป็นต่างลักษณะเป็นสารละลายที่มีฤทธิ์กักร่อนมีสภาพเป็นต่าง

นอกจากนี้ยังมีการใช้สารอินทรีย์อื่นๆที่ใช้ในการตกตะกอนน้ำเสียและช่วยปรับค่าพีเอช ได้แก่ sodium carbonate, sodium hydroxide, potassium hydroxide, sulfuric acid, calcium oxide magnesium oxide และสารที่ใช้ตกตะกอนโลหะ ได้แก่ sodium sulfide, sodium polymer sulfide di methyl di thiocarbamate (DTC), trimercapto-s-triazine(TMT)

## 2. Polymer ที่ใช้ในการตกตะกอนน้ำเสีย

การใช้ polymer ในการตกตะกอนน้ำเสีย เริ่มมีมาตั้งแต่ ค.ศ. 1960 โดยการสังเคราะห์ขึ้นมาใช้งาน ซึ่งเป็นสารที่มีมวลโมเลกุลสูงและเป็นโมเลกุลยาว มีลักษณะเป็นสารมีขั้วที่เป็น anionic และ cationic มีลักษณะโครงสร้างเป็น linear, branch, cross linked polymer โดยทั่วไปชนิดของ polymer แบ่งออกเป็น

2.1 Powder หรือ Granular Polymer โดยจะมีการผลิตในแถบยุโรปและญี่ปุ่น มีทั้งที่เป็น nonionic, anionic, cationic โดยอัตราการใช้สูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 1 – 2

2.2 Liquid หรือ solution Polymer เป็นสารละลายสามารถใช้งานได้ง่าย โดยความเข้มข้นที่ผลิตจะอยู่ที่ร้อยละ 2 – 70

2.3 Emulsion Polymer เป็น polymer ที่มี oil ผสมอยู่ในสารละลาย โดยความเข้มข้นที่ผลิตจะอยู่ที่ร้อยละ 25 – 50

### 2.1.7 วิธีการบำบัดน้ำเสียแบบชีวเคมี

การบำบัดน้ำเสียโดยอาศัยจุลินทรีย์ในการกำจัดสารอินทรีย์ต่างๆในน้ำเสีย ซึ่งความสกปรกจะถูกใช้เป็นอาหารของจุลินทรีย์ทำให้ค่าความสกปรกในน้ำเสียลดลง จุลินทรีย์มีทั้งที่ใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน เพ็ชร ชาววิกิเจอร์นัล (2538) ได้แบ่งระบบบำบัดน้ำเสียที่อาศัยหลักชีวเคมีในการบำบัดได้แก่

#### 1. ระบบ Activated Sludge

2. ระบบ Fixed Film

3. ระบบ Anaerobic Filter

โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ระบบ Activated Sludge

เป็นระบบที่ใช้มากที่สุดในประเทศไทย ประมาณร้อยละ 80 ของระบบบำบัดแบบชีวเคมี กลไกในการทำงานของกระบวนการตะกอนเร่ง จะอาศัยจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสียและใช้ออกซิเจนในการทำงานด้วยโดยสามารถเขียนเป็นปฏิกิริยาทางชีวเคมีได้ดังนี้



ในการย่อยสลายสาร(Break Down) ของสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์อาจมีทำงานร่วมกันหลายชนิดซึ่งอาจมีกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ซับซ้อน (Complex Organic) ก่อนแล้วจึงย่อยสลายสารอินทรีย์ที่เหลือจนไม่สามารถย่อยสลายต่อไปอีกไม่ได้ (End product) ลักษณะการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ในกระบวนการทำงานแบบเป็นครั้งคราว (Batch Process) การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในถังเติมอากาศของระบบ Activated Sludge จะมีการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์แบ่งออกเป็น 4 ช่วง

ช่วงที่ 1 Lag growth phase มีอัตราการเพิ่มของจุลินทรีย์ต่ำ เนื่องจากจุลินทรีย์ต้องใช้เวลาในการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมใหม่ และมีการสร้างเอนไซม์ ที่ใช้ในการย่อยสลายน้ำเสีย

ช่วงที่ 2 Log growth phase จุลินทรีย์มีการเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว เนื่องจากมีอาหาร การกระจายตัวของเซลล์เป็นอิสระทำให้การเจริญเติบโตได้ดี

ช่วงที่ 3 Declining growth phase การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จะลดลง เพราะอาหารมีอยู่อย่างจำกัด จะมีการรวมตัวกันเป็นฟล็อก ตกตะกอนได้ดี

ช่วงที่ 4 Endogenous growth phase จุลินทรีย์จะขาดอาหารและตาย เพราะอาหารมีอยู่จำกัด ดังนั้น จุลินทรีย์จะใช้อาหารที่สะสมไว้จนหมดและเซลล์จะแตก(Lysis)แล้วก็ตาย ส่วนประกอบที่สำคัญของระบบ Activated Sludge ระบบ Activated Sludge จะมีองค์ประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน คือ ถังเติมอากาศ (Aeration Tank) และถังตะกอนชั้นที่สอง (Secondary Clarifies) และยังมีอุปกรณ์อื่นๆที่สำคัญอีกหลายชนิด เช่น เครื่องเติมอากาศ

1. ถังเติมอากาศ (Aeration Tank)

เป็นส่วนที่สำคัญที่สุด เพราะการบำบัดจะเกิดในถังนี้ ขนาดของถังจะขึ้นอยู่กับแบบที่ เกิดจากการคำนวณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสียและประสิทธิภาพที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วไปจะมีระบบเวลาในการบำบัดหรือระยะเวลาในการกักเก็บในถังนี้ประมาณ 0.5 - 24 ชั่วโมง ซึ่งถังสามารถทำจากวัสดุที่ทนทานแข็งแรง เช่น คอนกรีต หรือถังเหล็ก ถังเติมอากาศมีส่วนที่สำคัญคือ เครื่องเติมอากาศ เพื่อให้ออกซิเจนแก่จุลินทรีย์ ซึ่งมีทั้งที่เติมอากาศแบบใช้เครื่องเป่าอากาศลงไปใต้น้ำ (Diffuse air) หรือเป็นแบบใช้เครื่องเติมอากาศที่ตีน้ำให้สัมผัสกับอากาศ (Mechanical Aeration)

## 2. ถังตกตะกอนขั้นที่สอง (Secondary Clarifies)

น้ำที่เกิดจากถังเติมอากาศ หรือเรียกว่า น้ำตะกอน (MLSS) จะถูกส่งมาที่ถังตกตะกอนขั้นที่สอง เพื่อแยกตะกอนจุลินทรีย์ออกจากน้ำเสียที่ถูกบำบัดแล้ว โดยที่ตะกอนจะไหลในอัตราต่ำ ทำให้สามารถตกตะกอนโดยอาศัยแรงดึงดูดของโลก ทำให้ตะกอนจับตัวเป็นก้อนและตกลงสู่ก้นถัง ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของระบบ Activated Sludge ระบบ Activated Sludge เป็นระบบที่ต้องการลดมวลสารอินทรีย์ในน้ำเสียให้มากที่สุดโดยใช้จุลินทรีย์โดยทั่วไประบบนี้มีประสิทธิภาพในการทำงานถึงร้อยละ 90 และน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วสามารถปล่อยออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้ ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของระบบ Activated Sludge ซึ่งอาจเป็นตัวที่ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของระบบลดลงโดยมีปัจจัยดังต่อไปนี้

### 1. ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย

เนื่องจากสารอินทรีย์ในน้ำเสียเป็นอาหารของจุลินทรีย์ในระบบตะกอนเร่ง ดังนั้นถ้าความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำมีการเปลี่ยนแปลงย่อมมีผลกระทบต่อการทำงานของ จุลินทรีย์ กรณีถ้ามีสารอินทรีย์ในน้ำเสียมากจุลินทรีย์ย่อมเจริญเติบโตกระจายทั่วไป จะไม่เกิดการรวมตัวทำให้ที่ออกจากระบบจะเป็นน้ำขุ่น มีค่า BOD สูง

### 2. อาหารเสริม

อาหารเสริมของจุลินทรีย์ได้แก่ ไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส, เหล็ก น้ำเสียที่เกิดจากชุมชนจะมีอาหารครบตามที่จุลินทรีย์ต้องการ แต่น้ำเสียที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรม จะขาดอาหารเสริมเหล่านี้ ทำให้เติบโตไม่ดี มีปัญหาต่อการควบคุมระบบ โดยปกติถ้ามีค่า BOD 100 กิโลกรัม ต้องมีไนโตรเจน 5 กิโลกรัม, ฟอสฟอรัส 1 กิโลกรัม, เหล็ก 0.5 กิโลกรัม

### 3. ออกซิเจนละลายน้ำ

ในถังเติมอากาศจะต้องมีค่าออกซิเจนละลายน้ำอยู่ประมาณ 1- 2 มิลลิกรัมต่อลิตร การรักษาความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิสูงการละลายอิมตัวต่ำ จึงต้องมีการเติมอากาศในถังเติมอากาศมากขึ้น

### 4. ระยะเวลาในการบำบัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องมีระยะเวลาพักเพียงพอที่จะให้จุลินทรีย์ย่อยสลายสารต่างๆที่มีอยู่ในน้ำเสีย ดังนั้นจึงเติมอากาศควรมีระยะเวลาที่เก็บมากพอสมควร

#### 5. ค่า พีเอช

จุลินทรีย์จะเจริญเติบโตได้ดีในช่วงค่าพีเอช 6.5 – 8.5 ถ้าค่าพีเอช ต่ำกว่า 6.5 จะมีเชื้อรา(Fungi) จะเจริญเติบโตได้ดีกว่าแบคทีเรีย ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของระบบลดลง และถ้าค่าพีเอช สูงจะทำให้ฟอสฟอรัสแยกตัวออกจากน้ำทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

#### 6. สารพิษ

สารพิษทั้งที่เป็นชนิดแบบเฉียบพลัน(Acute Toxicity) ซึ่งทำให้จุลินทรีย์ตายหมดในเวลาไม่กี่ชั่วโมง และแบบออกฤทธิ์ช้า (Chronic Toxicity)

#### 7. อุณหภูมิ

อุณหภูมิมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์โดยอุณหภูมิเพิ่มขึ้นอีก 10 องศาเซลเซียส จะทำให้จุลินทรีย์เพิ่มอีกเท่าตัว โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 37 องศาเซลเซียส

#### 8. การกวน

ภายในถังเติมอากาศต้องมีการกวนอย่างทั่วถึงเพื่อป้องกันไม่ให้จุลินทรีย์ตกตะกอนและ จุลินทรีย์ได้สัมผัสกับอากาศและสารอินทรีย์ในน้ำเสีย

#### 9. อัตราการไหลของน้ำเสีย

อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าระบบมีผลโดยตรงต่อการทำงานของเชื้อจุลินทรีย์ ถ้าหากน้ำมีการไหลเพิ่มขึ้น จะทำให้จุลินทรีย์มีระยะเวลาในการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้น้อย ทำให้ประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียลดลง

การติดตามผลเพื่อใช้ในการควบคุมระบบ Activated Sludge อาจจะทำ การตรวจติดตามได้ 2 วิธี คือ

1. การตรวจติดตามที่มองเห็น คือ ลักษณะทางกายภาพต่างๆที่เกิดขึ้นกับระบบบำบัดซึ่งเป็นตัวบ่งชี้การทำงานของระบบบำบัด เช่น สีของตะกอน, ฟอง, ตะกอนลอย, การเกิดฟองในถังตกตะกอน เป็นต้น

2. การตรวจติดตามโดยการวิเคราะห์ตัวอย่าง ซึ่งถือว่าเป็นสิ่งจำเป็นเพราะจะได้นำผลวิเคราะห์มาใช้ในการประเมินการทำงานของระบบ พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ เช่น ค่า COD, BOD, SS( suspended solid), SV<sub>30</sub> (settle able solid )

## 2. ระบบ Fixed Film

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบจุลินทรีย์ติดตรึงอยู่กับที่ (Fixed Film Bacteria) เป็นระบบที่ได้รับการยอมรับว่าสามารถควบคุมการทำงานได้ง่ายและสิ้นเปลืองพลังงานในการเดินระบบบำบัดน้ำ จึงเหมาะสมสำหรับโรงงานบำบัดน้ำเสียในบางแห่งที่ไม่สามารถก่อสร้างระบบแบบ Activated Sludge ได้ ระบบ Fixed Film ที่มีใช้งานมีอยู่ 2 ชนิดคือ

1. ระบบทรिकคลิงฟิลเตอร์ (Trickling Filter)
2. ระบบจานชีวะหมุน (Rotating Biological Contactor)

โดยแต่ละระบบมีรายละเอียดดังนี้

### 1. ระบบทรिकคลิงฟิลเตอร์ (Trickling Filter)

ระบบทรिकคลิงฟิลเตอร์ ถูกคิดค้นขึ้นครั้งแรกในประเทศอังกฤษเมื่อปี 1893 หลักการคือให้ จุลินทรีย์เจริญเติบโตบนวัสดุที่เกาะติด เช่น ก้อนหิน โดยจุลินทรีย์เหล่านี้จะสัมผัสกับน้ำเสียในช่วงระยะเวลาอันสั้น ประมาณ 12 ชั่วโมง เป็นระยะเวลาทำงาน 6 ชั่วโมง ทำให้ระบบนี้เหมาะสมสำหรับบำบัดน้ำเสียเฉพาะที่มีความเข้มข้นต่ำ และอาจเกิดการอุดตันได้ง่าย แต่ปัจจุบันได้มีการพัฒนาระบบให้มีความเหมาะสม และมีแกนหมุนเพื่อให้มีการหมุนไปรอบๆ พร้อมทั้งมีการใช้วัสดุที่เป็นพลาสติก สำหรับให้จุลินทรีย์ยึดเกาะในการเจริญเติบโต ลึกประมาณ 4-12 เมตร หากต้องการใช้หิน ส่วนใหญ่เป็นหินชนิดกลม ลึกประมาณ 0.9-2.5 เมตร (เฉลี่ย 1.8 เมตร) โดยที่ใช้หินขนาดประมาณ 1-4 นิ้ว นอกจากนี้ยังมีการออกแบบระบบระบายน้ำตรงบริเวณด้านล่างของที่ใส่วัสดุ เพื่อช่วยให้น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วระบายออกจากระบบได้รวดเร็วยิ่งขึ้นและยังเป็นการช่วยให้อากาศไหลผ่านได้สะดวกยิ่งขึ้นด้วย ทำให้ระบบมีประสิทธิภาพมากขึ้น เมื่อจุลินทรีย์เจริญเติบโตบนแผ่นที่ยึดเกาะจะทำให้มีความหนาเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วยแต่จุลินทรีย์ที่สามารถเจริญเติบโตแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Microorganism) จะอยู่ที่บริเวณพื้นผิวชั้นนอก ที่ความหนาประมาณ 0.1 - 0.2 มิลลิเมตร ส่วนจุลินทรีย์ที่อยู่ด้านในจะเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งเป็นบริเวณที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายได้ไม่ดีเท่าที่ควร

### 2. แผ่นหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Contactors - RBC)

เป็นระบบที่ถูกคิดค้นขึ้นครั้งแรกในประเทศเยอรมัน เมื่อปี ค.ศ. 1960 โดยประกอบด้วยอุปกรณ์ที่มีลักษณะเป็นแผ่นแบนและกลมคล้ายจาน (Circular Disk) ขนาดใหญ่ทำด้วยพลาสติก Polystyrene หรือ Polyvinyl Chloride (PVC) วางเรียงใกล้ ๆ กัน และพื้นผิวโดยรอบของแผ่นจานจะมีลักษณะโปร่งเป็นซี่ๆ เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวให้จุลินทรีย์เกาะติด โดยส่วนหนึ่งของแผ่นจานจะจมอยู่ในน้ำประมาณร้อยละ 35-40 แล้วหมุนอย่างช้า ๆ เพื่อผลัดเปลี่ยนให้ส่วนอื่นๆ ของแผ่นจานได้สัมผัสกับน้ำเสียเช่นกัน ในขณะที่แผ่นจานจมอยู่ในน้ำเสีย จุลินทรีย์ที่เกาะติดอยู่จะดึงอาหารซึ่งเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นสารอินทรีย์จากน้ำเสีย และจะเกิดการย่อยสลายขึ้นเมื่อส่วนของแผ่นจานนั้นเคลื่อนตัวขึ้นเหนือน้ำ ทำให้จุลินทรีย์ได้รับออกซิเจนในอากาศซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ดังกล่าว นอกจากนี้การหมุนของแผ่นจานจะเป็นการช่วยเพิ่มออกซิเจนให้กับน้ำเสียไปในตัว ทำให้มีการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

อย่างไรก็ตาม RBC เหมาะสำหรับน้ำเสียที่มีความเข้มข้นไม่สูงมากนัก และต้องผ่านการบำบัดขั้นต้นก่อน เช่น การตกตะกอนเพื่อลดความเข้มข้นของน้ำเสีย ปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่งต่อการเลือกใช้ RBC ได้แก่ สภาพภูมิอากาศที่เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ หากเป็นพื้นที่ที่มีอากาศหนาว จุลินทรีย์ก็อาจจะเจริญเติบโตได้ไม่เต็มที่ จากการศึกษาพบว่า อุณหภูมิต่ำสุดของน้ำเสียที่เหมาะสมต่อการใช้งานของระบบนี้ได้แก่ 55 องศาฟาเรนไฮต์ ปัญหาที่พบบ่อยจากการใช้งานได้แก่ การขำรดของอุปกรณ์ เช่น บริเวณแกนของแผ่นจานหรือแผ่นพลาสติก การขำรดของเครื่องจักรกลที่ทำให้หมุ่น และปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็น การขำรดของอุปกรณ์ ส่วนใหญ่เกิดจากการที่ออกแบบระบบให้น้ำหนักได้ไม่เพียงพอ หรือเกิดจากการที่ได้รับความร้อนหรือแสง อัลตราไวโอเล็ตมากเกินไป

### 3. ระบบบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Filter)

ในช่วงเวลาสิบปีที่ผ่านมาได้มีการพัฒนาขบวนการกำจัดของเสียด้วยการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนขึ้นหลายรูปแบบ โดยถึงแม้ที่ใช้ได้ออกแบบเป็นระบบปิดเพื่อให้สารอินทรีย์ที่เจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่ไร้ออกซิเจนการหมักแบบนี้จะใช้ระยะเวลาประมาณ 30 – 60 วัน ขึ้นอยู่กับระบบที่ใช้ ขบวนการย่อยแบบไร้ออกซิเจนนี้จะก่อให้เกิดก๊าซต่างๆ ที่สำคัญได้แก่ ก๊าซมีเทน และคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนั้นในส่วนบนของถังหมักจึงนิยมต่อท่อระบายอากาศและหากก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นมีคุณภาพดีเพียงพอก็สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการหุงต้มได้

ชีวะเคมีของแบคทีเรียที่ย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน สามารถแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนคือ

1. กระบวนการไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) สารอินทรีย์ในน้ำเสียมีหลายประเภท และมีโครงสร้างซับซ้อนมีทั้งที่ละลายน้ำได้และละลายน้ำไม่ได้ เช่น คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เป็นต้น แบคทีเรียจะย่อยสลายโดยการผลิตเอนไซม์เพื่อย่อยสารอินทรีย์ให้เป็นโมเลกุลเล็กๆและละลายน้ำได้ เช่น น้ำตาลกลูโคส กรดอะมิโน ในกระบวนการนี้ยังไม่มีกรดค่าความสกปรกในน้ำเป็นเพียงการย่อยสารที่มีโมเลกุลใหญ่ให้เป็นโมเลกุลเล็กเท่านั้น

2. กระบวนการอะซิโดเจเนซิส (Acidogenesis) เมื่อสารอินทรีย์มีโครงสร้างที่ซับซ้อนแล้วจะถูกแบคทีเรียที่ดำรงชีพแบบไม่ใช้ออกซิเจนนำสารอินทรีย์เหล่านี้เป็นแหล่งพลังงานโดยกระบวนการหมัก (Fermentation) ซึ่งผลของกระบวนการนี้จะก่อให้เกิดมีกรดโวลาทิลที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



6. ถังกรองแบบไร้ออกซิเจน (Anaerobic Filter) ในถังจะบรรจุตัวกรอง (Filter Media) เช่น กรวด หินขนาดเล็ก พลาสติก ที่มีความพรุนของผิว ขนาดความจุของถังกรองไร้อากาศ จะต้องกักเก็บน้ำเสียได้ไม่น้อยกว่า 72 ชั่วโมง

7. ระบบ Anaerobic Fluidized Bed ในถังจะบรรจุตัวกลางที่ลอยอยู่ในน้ำ เมื่อมีน้ำไหลผ่านตัวกลางแบบที่เรียกว่าเกาะอยู่บนตัวกลางจะบำบัดน้ำเสีย

8. ระบบ Up flow anaerobic sludge blanket (UASB) จะมีลักษณะการบำบัดโดยแบบที่เรียกจับตัวเป็นฟล็อก แทนการใช้ตัวกลาง

9. ระบบจานหมุนแบบไร้ออกซิเจน (Anaerobic Rotation Bio) มีลักษณะคล้ายจานซีวให้แบคทีเรียจับตัวอยู่บนจานแล้วหมุนจานไปสัมผัสกับน้ำเสีย โดยจานจะอยู่ในถังปิดเพื่อไม่ให้สัมผัสกับอากาศ

10. ระบบแผ่นกั้นไร้ออกซิเจน (Anaerobic Baffled Reactor, ABR) จะมีแผ่นกั้นเพื่อบังคับให้น้ำไหลไปในลักษณะแวนอน มีพื้นที่ผิวน้ำมากทำให้แบคทีเรียทำงานได้ดีสัญญาณที่เตือนถึงปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในระบบบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน เมื่อปฏิกิริยาของแบคทีเรียไม่ใช้ออกซิเจนเสียสมดุล จะต้องรีบดำเนินการแก้ไขทันที มิฉะนั้นแล้วจะทำการแก้ไขได้ยากและใช้เวลานาน มีสัญญาณที่จะเตือน ให้วิศวกรรู้ว่าเริ่มเกิดภาวะเสียสมดุล มีดังนี้

10.1 ความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ ความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ควรอยู่ที่ 200- 400 มิลลิกรัมต่อลิตร กรณีถ้ามีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของกรดอินทรีย์อย่างรวดเร็ว แสดงว่าการทำงานของแบคทีเรียที่สร้างมีเทนมีปัญหา ทำให้เกิดกรดอินทรีย์สะสมความเข้มข้นสูงขึ้น แสดงให้เห็นว่าขาดสมดุลระหว่างแบคทีเรียสร้างกรดและแบคทีเรียสร้างมีเทน

10.2 ระดับความเป็นด่างในรูปคาร์บอเนต (Bicarbonate Alkalinity) สภาพความเป็นด่างจะบอกให้ทราบถึง กำลังบัฟเฟอร์ (Buffer Capacity) กำลังบัฟเฟอร์ต่ำปริมาณกรดที่เกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยจะทำให้ค่าพีเอช ลดลงอย่างรวดเร็วโดยทั่วไปสภาพความเป็นด่างควรอยู่ที่ 1,500 – 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

10.3 ระดับค่าพีเอช ไม่ใช่ดัชนีบ่งชี้ถึงความผิดปกติของแบบไร้ออกซิเจน โดยทันที แต่ก็จำเป็นต้องควบคุมให้เป็นกลางเพื่อการทำงานของแบคทีเรียทั้งสองชนิดให้ทำงานอย่างสมดุล

10.4 อัตราการผลิตมีเทน เป็นตัววัดการทำงานของแบคทีเรียที่สร้างมีเทน (Metabolic Activity)

## 2.2 สมบัติของโดโลไมท์ (Dolomite)

ในอุตสาหกรรมต่างๆไป Limestone และ Dolomite ซึ่งพอจะเรียกรวมว่าหินคาร์บอเนต (Carbonate Rock) จัดว่าเป็นหินที่มีประโยชน์มากที่สุด เมื่อเทียบกับหินและแร่อุตสาหกรรมอื่น ๆ ใน

อุตสาหกรรมก่อสร้างนำหินคาร์บอเนตมาใช้ในการทำเป็นหินย่อย เมื่อมาผสมกับซีเมนต์ทำคอนกรีตและใช้ทำถนน ใช้เป็นวัตถุดิบในการทำซีเมนต์ (Portland Cement), ปูนขาวและหินประดับในการก่อสร้าง นอกจากนี้ยังใช้ในอุตสาหกรรมแก้ว, กระจก, วัสดุทนไฟ, ผงขัดตลอดจนนำมาใช้ด้านการเกษตร เช่นใช้ในการปรับปรุงคุณภาพดิน (Soil Conditioner)

สำหรับแร่โดโลไมท์ เป็นการยากยิ่งที่จะแยกลักษณะพิเศษเกี่ยวกับคุณสมบัติและคุณประโยชน์ของมันออกมาจาก Carbonate Rock โดยเฉพาะอย่างยิ่ง หินปูนเนื่องจากโดยมากมักจะกล่าวรวมกันเป็น Carbonate Rock เมื่อกล่าวถึงคำว่าโดโลไมท์ จะมีความหมายอยู่ 2 ประการ คือ กล่าวถึงชื่อแร่โดยตรงซึ่งมีสูตรเคมีเป็น  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  และกล่าวถึงหินคาร์บอเนตที่มีองค์ประกอบของแร่ Dolomite มากกว่าร้อยละ 50

### 2.2.1 การกำเนิดและสมบัติของแร่โดโลไมท์

แร่โดโลไมท์เป็นผลทางอนินทรีย์เคมี (Inorganic Product) ที่เกิดขึ้นในระดับน้ำขึ้นน้ำลงของทะเลในโซนร้อน (Superheated inertial Localities) โดยมีการเกิดเป็นผลึกเล็กๆกระจายอยู่ตามเขตน้ำลึกได้เช่นกันแต่พบได้น้อยมาก จากสูตรทางเคมีของโดโลไมท์  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  ปริมาณ Mg ที่อยู่ในโครงสร้างของผลึก calcite นั้นมากน้อยแตกต่างกัน พอแยกได้ดังนี้

1. High – Mg Calcite ที่จะมีปริมาณ  $\text{MgCO}_3$  มากกว่าร้อยละ 8 mole
  2. Low – Mg Calcite ที่จะมีปริมาณ  $\text{MgCO}_3$  น้อยกว่าร้อยละ 8 mole
- $\text{MgCO}_3$  เหล่านี้จะอยู่ใน Calcite lattice ที่มีปริมาณของ Mg ที่แทนที่ Ca โครงสร้างของแร่ calcite แร่โดโลไมท์โดยทั่วไปจะมี  $\text{MgCO}_3$  อยู่มากกว่าร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก และแร่ High – Mg calcite จะมี  $\text{MgCO}_3$  อยู่มากกว่าร้อยละ 20-30 โดยน้ำหนัก

### 2.2.2. สมบัติทางกายภาพ

รูผลึกอยู่ในระบบ Hexagonal ปกติพบอยู่ในรูปผลึกของ Rhombohedral ที่ผิวหน้าโค้ง มีความแข็งตามมาตรฐานของ Mohs' scale ประมาณ 3.5 – 4 มีความถ่วงจำเพาะ 2.82 มีสีเป็นสีขาวหรือสีชมพู ธาตุที่เจือปนที่พบอยู่เสมอมี Fe, Mn, Co, Zn, Pb คุณสมบัติบาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประการที่ใช้แยกโดโลไมท์ ซึ่งเกิดอยู่กับ Calcite ได้ คือ คุณสมบัติเกี่ยวกับการละลายในกรดเกลือ เจือจาง โดโลไมท์จะละลายในกรดเกลือที่เจือจางได้ไม่ดีเท่า Calcite วิธีแยกโดโลไมท์ ออกจาก Calcite และแร่คาร์บอเนตอื่นๆที่นิยมใช้กันมากที่สุดคือการย้อมสี (Staining method) ที่ผิวของคาร์บอเนต โดยผิวที่ทำกราย้อมต้องเป็นผิวสดตัวโดโลไมท์และแร่คาร์บอเนตอื่นๆจะต้องมีคุณสมบัติในการติดสีย้อมแตกต่างกันออกไปตามชนิดของสารที่ใช้

### 2.2.3. สมบัติทางเคมี

คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของหินคาร์บอเนต โดยทั่วไปแล้วจะมีผลกระทบต่อกัน และกัน บางครั้งมีองค์ประกอบทางเคมีเหมือนกัน แต่ลักษณะทางกายภาพต่างกันออกไปทำให้ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นต่างกันออกไปได้ คุณสมบัติทางกายภาพและลักษณะแร่ (Mineralogy) จึงเป็นสิ่งที่จะนำมาประกอบรวมในการศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติทางเคมีของโดโลไมท์จะเน้นหนักไปทางใดก็ขึ้นอยู่กับว่า ผู้ที่จะนำโดโลไมท์ไปใช้ในการทราบองค์ประกอบทางเคมีตัวใด ในอุตสาหกรรมบางประเภทจะมีการกำหนดมาตรฐานไว้ในสภาพต่างๆไปว่าต้องการองค์ประกอบอย่างไร เท่าใด เช่น ระบุปริมาณ MgO, CaO เป็นหลักตลอดจนถึงมีการกำจัดปริมาณของแร่ธาตุที่เจือปน (Impurities) อื่นๆ เช่น  $Fe_2O_3$ , S,

### 2.2.4. ประโยชน์ของโดโลไมท์

#### 1. ใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง ใช้เป็นตัวให้ประสานก้อน (Aggregate)

สำหรับสร้างถนนและคอนกรีต การใช้ประโยชน์ในลักษณะนี้ต้องการหินที่มีความทนทานต่อการขัดสี การผุกร่อนสลายตัว มี Roundness สูงขนาดของวัสดุแตกต่างกันไปตามลักษณะงาน และในทางเคมีแล้วโดโลไมท์จะต้องไม่มีสารที่ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของตัวมันเอง สารพวกนี้ได้แก่ Shale, Clay, Chert, Pyrite

#### 2. ใช้ทำหินประดับ (Dimension Stone) หินที่ใช้ต้องเป็นหินที่ทนทานต่อการผุกร่อน (Weathering) และไม่มีสารเจือจางที่จะเกิดปฏิกิริยากับภายนอกแล้วทำให้ความทนทานและคงรูปของหินเสียไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งองค์ประกอบของเหล็กจะต้องมีน้อยที่สุด นอกจากนี้ในการที่จะใช้เป็นหินเกล็ดจะต้องมีสีสันเป็นที่ดึงดูดใจอีกด้วย

#### 3. ใช้ในอุตสาหกรรมแก้ว ใช้เป็นตัวผสมทำให้เป็นแก้วชนิดพิเศษ

#### 4. ใช้ประโยชน์ทางเคมี ใช้ในการร่อนน้ำให้บริสุทธิ์ ใช้ในการทำกระดาษ

โดยใช้สารละลายของ Magnesium และ Calcium bisulphate ซึ่งเตรียมจากโดโลไมท์ใน Sulphite process และยังใช้ในการเตรียม Magnesium salt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ใช้ในทาง Ceramic และ Refractoriness ถ้าใช้ทาง Refractories และ การทำ Calcined dolomite ต้องการโดโลไมท์ที่มีขนาดผ่านตะแกรง 0.75 นิ้ว และพวกขนาด ละเอียดถูกแยกออกไปเมื่อเผาแล้วไม่แตกหลุดออกเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อยองค์ประกอบทางเคมีต้องมี MgO มากกว่าร้อยละ 20 Surfer น้อยกว่าร้อยละ 0.05, Silica น้อยกว่าร้อยละ 2 ส่วนในกรณีที่ทำ Dead burned dolomite ขนาดของหินโดโลไมท์แตกต่างกันไปตามต้องการแต่โดยทั่วไป Diameter ไม่ควรต่ำกว่า 0.5 นิ้ว มี  $MgCO_3$  มากกว่าร้อยละ 35, Silica น้อยกว่าร้อยละ 1,  $Al_2O_3 + Fe_2O_3$  น้อยกว่าร้อยละ 1.5

6. ใช้ในทางการเกษตร โดโลไมท์เป็นปุ๋ยแมกนีเซียมที่มีราคาถูก และช่วยลด ความเป็นกรดในดิน นอกจากนี้ยังใช้เป็นตัวเติมสำหรับปุ๋ยผสม เพื่อลดฤทธิ์ซึ่งเป็นกรดในปุ๋ย และ ยังเพิ่มธาตุแมกนีเซียมในปุ๋ยผสมนั้นด้วยใช้โดโลไมท์ในการเลี้ยงบ่อกุ้ง ซึ่งโดโลไมท์ที่นำมาใช้ จะต้องนำมาเผาก่อนประโยชน์โดโลไมท์ที่ใช้ในนาุ้งคือช่วยปรับสภาพบ่อที่ดินเป็นกรดให้เป็นกลาง (ค่าพี เอช 6.5 – 7.0 ) ซึ่งเหมือนกับปูนทั่วไป แมกนีเซียมที่อยู่ในโดโลไมท์จะเป็นแร่ธาตุรอง ชนิด หนึ่งที่จะช่วยปรับและรักษาสมดุลของกรดต่างในดินและพืชน้ำ เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ เมื่อพืชน้ำมีสีเขียวเข้มขึ้นก็จะทำให้สามารถรับพลังงานจากแสงอาทิตย์มาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ พืชน้ำจะช่วยดึงคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำและยังเป็นอาหารกุ้ง และปลาโดยธรรมชาติอีกต่อหนึ่ง ด้วย

### 2.3 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมก่อนที่จะปล่อยลงสู่แหล่ง น้ำสาธารณะ

น้ำทิ้ง คือ น้ำที่ใช้แล้วและถูกปล่อยทิ้งลงในแหล่งน้ำ ซึ่งอาจได้รับการบำบัดหรืออาจจะ ไม่ต้องอาศัยกรรมวิธีการบำบัดก็ได้ หากน้ำทิ้งนั้นมีคุณภาพตามมาตรฐานน้ำทิ้งปัจจุบันมีหลาย หน่วยงานได้ประกาศใช้มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ เช่น อาคารบางประเภท โรงงาน หรือ เรือ ซึ่งออกตามความในพระราชบัญญัติต่าง ๆ ที่สำคัญได้แก่

พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 พระราชบัญญัติ โรงงาน พ.ศ. 2535 และพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522, พ.ศ. 2535 และ พระราช บัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 อย่างไรก็ตามมาตรฐานใด ๆ ก็จะต้องไม่ด้อยกว่า มาตรฐาน น้ำทิ้งที่ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ถึงแม้จะเคยกำหนดไว้ด้อยกว่านี้ ก็จะต้องปรับปรุง หรือไม่เช่นนั้นก็ต้องถือว่าให้ใช้มาตรฐาน ในพระราชบัญญัตินี้ดังกล่าวแทน คุณภาพน้ำทิ้งที่กำหนดไว้ตามพระราชบัญญัติส่งเสริม และ รักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 ประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ค่าพีเอช หรือ ความเป็นกรด-ด่าง
2. บีโอดี (BOD-Biochemical Oxygen Demand)
3. ปริมาณของแข็ง (Solids) ปริมาณของแข็งแขวนลอย(Suspended Solids) ของแข็งที่ลอยบนผิว หรือลอยในน้ำ ปริมาณของแข็งตกตะกอน (Settle able Solids) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ (Dissolved Solids)
4. ซัลไฟด์ (Sulfide) สารประกอบซัลเฟอร์
5. ไนโตรเจน (Nitrogen) ทีเคเอ็น (TKN) คือ ไนโตรเจนที่เป็นสารอินทรีย์และแอมโมเนียไนโตรเจน Ammonia Nitrogen คือไนโตรเจนที่อยู่ในรูปโปรตีนของพืชหรือสัตว์ หรือที่เกิดจากการย่อย สลายของ Organic Nitrogen มาเป็นแอมโมเนีย

6. ไขมัน น้ำมันและกรีส (Fats, Oil and Grease)

7. ซีโอดี (COD -Chemical Oxygen Demand )

การตรวจวัดคุณภาพน้ำทั้ง (Analysis) ผู้ทำการวิเคราะห์จะต้องเลือกวิธีการตรวจวัดให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ที่มีอยู่ และสัมพันธ์กับปริมาณตัวอย่างที่ ต้องการตรวจวัดในแต่ละวันทั้งนี้ เพื่อ ป้องกันความผิดพลาดและความล่าช้าที่อาจเกิดขึ้น การตรวจวัดค่าตัวแปรแต่ละตัวนั้น สามารถทำได้หลายวิธี โดยสรุปหลักการตรวจวัดของตัวแปรบางชนิดได้ดังนี้

1. ค่าพีเอช หรือ ความเป็นกรด-ด่าง

วิธีการตรวจวัด อาจจะทำได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับงบประมาณ ความถูกต้อง แม่นยำ และความละเอียดของการใช้งาน เริ่มตั้งแต่วิธีการง่ายๆ โดยการเปรียบเทียบสี (Colorimetric Method) จนถึงการตรวจวัดด้วยอิเล็กโทรด (Electrometric Method) ซึ่งเป็นขั้นตอนที่อาศัยเครื่องมือที่มีราคาแพง เช่น พีเอชมิเตอร์ เป็นต้น

2. ค่า BOD

วิธีการตรวจวัด การตรวจวัดค่า BOD สามารถทำได้หลายวิธี แต่ละวิธีจะประกอบด้วยหลายขั้นตอนตั้งแต่การเตรียมน้ำสำหรับเจือจาง วิธีการเจือจาง การทำ Blank เพื่อจะเกิดการเปรียบเทียบให้ได้ทราบค่า BOD ที่หาได้มีความเชื่อถือได้แค่ไหน หลักการของวิธีการตรวจวัด แบ่งออกเป็น 2 วิธีใหญ่ ๆ

วิธีการที่ 1

การตรวจวัดโดยตรง (Direct Method) ได้แก่ การนำน้ำเสียมาตรวจวัดตามขั้นตอนโดยตรง ไม่ต้องทำ การเจือจาง โดยทั่วไปจะใช้น้ำที่พิจารณาแล้วเห็นว่ามีควมสกปรกน้อย เช่น น้ำจากแม่น้ำ เป็นต้น

## วิธีการที่ 2

การตรวจวัดโดยการเจือจาง (Dilution Method) เป็นวิธีที่ต้องเตรียมน้ำสำหรับเจือจางเพื่อทำการเจือจางตัวอย่างน้ำ ก่อนที่จะทำการตรวจวัดตามขั้นตอน เนื่องจากตัวอย่างน้ำมีความสกปรกสูง หากไม่ทำการเจือจางลง ปริมาณออกซิเจนในตัวอย่างน้ำจะไม่เพียงพอต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้หมด ทำให้ไม่สามารถตรวจวัดค่าที่แท้จริงได้

### 3. ของแข็ง (Solids)

#### ของแข็งตกตะกอน (Settle able Solids)

วิธีการตรวจวัด ใช้ Imhoff Cone ซึ่งเป็นกรวยขนาดใหญ่ ข้างล่างมีขีดบอกปริมาตรเป็นมิลลิลิตรไว้ เติตัวอย่างใส่ไว้ในกรวยนี้ แล้วตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง ในสภาวะที่สงบผลที่ได้บอกในรูป มิลลิลิตรต่อลิตร ของของแข็งที่ตะกอน

ของแข็งทั้งหมด (Total Solids) สำหรับการวิเคราะห์น้ำเสียประเภทต่าง ๆ นั้นค่าของแข็งทั้งหมด มีความสำคัญน้อยมาก เพราะยากที่จะแปลผลให้ได้ค่าที่แน่นอน ดังนั้นจึงนิยมบอกค่าความสกปรกของน้ำเสียด้วยค่า BOD และ COD อย่างไรก็ตามค่าของแข็งทั้งหมด สามารถใช้ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของน้ำเสียที่มีผลต่อการตกตะกอนได้

ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids) มีประโยชน์มากสำหรับการวิเคราะห์น้ำเสีย และเป็นค่าหนึ่ง que บอกถึงค่าความสกปรกของน้ำเสียนั้น ตลอดจนบอกถึงประสิทธิภาพของขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียต่างๆ การหาค่าของแข็งแขวนลอยจึงมีความสำคัญเท่ากับ ค่า BOD วิธีการตรวจวัด ได้จากการกรองด้วย Membrane Filter ของแข็งตกค้างจากการกรองนี้ เรียกว่าของแข็งแขวนลอยนอกจากนี้ยังมีการหาค่าของแข็งในรูปอื่น ๆ อีก เช่น Volatile Solids และ Fixed Solids ซึ่งเป็นการหาของแข็งที่เป็นสารอินทรีย์ในน้ำด้วยวิธีการเผา เป็นต้น

### 4. ซัลไฟด์ (Sulfide)

วิธีการตรวจวัด สามารถทำได้หลายวิธี อาทิ Gravimetric Method Turbidimetric Method และ Volumetric Method เป็นต้น

### 5. ไนโตรเจน (Nitrogen)

วิธีการตรวจวัด เนื่องจากไนโตรเจนสามารถอยู่ในรูปสารประกอบได้หลายรูปแบบ ดังนั้นการตรวจหาค่าไนโตรเจนจึงสามารถทำได้หลายวิธี วิธีที่นิยมได้แก่ Kjeldahl Method ซึ่งผลรวมที่ได้เรียกว่า Total Kjeldahl Nitrogen (TKN) นอกจากนี้ยังนิยมหาแอมโมเนียไนโตรเจน และผลต่างของค่าทั้งสองคือ อินทรีย์ไนโตรเจน (Organic Nitrogen)

อย่างไรก็ตามปัจจุบันได้มีการพัฒนาเครื่องมือสำหรับการตรวจวัดคุณภาพน้ำที่ให้ผลรวดเร็ว แม่นยำ และสะดวกต่อการใช้งานตามวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกันมากมาย หลายชนิดแต่ก็

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาศัยพื้นฐานตามหลักการต่างๆ ดังนี้ หลักการดูดซับ (Absorption) ได้แก่ Ultraviolet Spectrophotometer, Infrared Spectrophotometer หลักการแตกตัว(Emission) ได้แก่ Flame Photometer ,Atomic Absorption Spectrophotometer, Emission Spectroscopy หลักการกระจาย (Dispersion and Scattering) ได้แก่ Fluori meter

## 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุณี ถนอมวุฒิ และ อรอุมา ทิพย์มงคล. (2543) ได้ทำการศึกษา การกำจัดโลหะหนักในน้ำทิ้งอุตสาหกรรมด้วยโดโลไมท์ ผลการศึกษาการกำจัดตะกั่วและทองแดงในน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้โดโลไมท์ เมื่อทำการศึกษาปัจจัยต่างๆ คือค่าพีเอชที่เหมาะสมในการกำจัดโลหะหนัก ที่มีปริมาณตะกั่วและทองแดงเริ่มต้นที่ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพที่ดีในช่วงค่าพีเอชที่ 2 – 11 โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดอยู่ในช่วงมากกว่าร้อยละ 96 การศึกษาระยะเวลาสัมผัส ประสิทธิภาพการกำจัด ตะกั่วและทองแดงที่ความเข้มข้นเริ่มต้นที่ 10 มิลลิกรัมต่อลิตรจะเข้าสู่สมดุลที่เวลา 30 นาที เท่ากับร้อยละ 96.75 และ 96.82 ตามลำดับ การศึกษาหาปริมาณโดโลไมท์ที่เหมาะสมในการกำจัดตะกั่วและทองแดงที่มีความเข้มข้นเริ่มต้นที่ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร เท่ากับ 7.5 กรัมต่อลิตร และ 5 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วเท่ากับร้อยละ 98.3 และประสิทธิภาพในการกำจัดทองแดงเท่ากับร้อยละ 96.45 การศึกษาความเข้มข้นเริ่มต้นของโลหะหนักและประสิทธิภาพในการกำจัดพบว่าการกำจัดโลหะทั้ง 2 ชนิดมีประสิทธิภาพไม่แตกต่างกันคือเมื่อความเข้มข้นของตะกั่วและทองแดงเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการกำจัดลดลง การศึกษากำจัดโลหะหนักเมื่อมีโลหะหนัก 2 ชนิด ณ ความเข้มข้นของตะกั่วคงที่ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อความเข้มข้นของทองแดงเพิ่มขึ้นเป็น 1, 5, 10, 15 และ 20 กรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการกำจัด ตะกั่วและทองแดงจะลดลงและที่ความเข้มข้นของทองแดงคงที่ 5 กรัมต่อลิตร เมื่อความเข้มข้นของตะกั่วเพิ่มขึ้นเป็น 1, 5, 10, 15 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการกำจัดทองแดงยังคงเหมือนเดิม เท่ากับร้อยละ 100 แต่ประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วลดลง การศึกษาการกำจัดโลหะหนักในน้ำทิ้งอุตสาหกรรมอเล็กโทรนิคส์ จากผลการทดสอบโดโลไมท์มาใช้ในการกำจัดโลหะหนักในน้ำทิ้งของอุตสาหกรรมอเล็กโทรนิคส์มีประสิทธิภาพการกำจัดลดลงจากประสิทธิภาพการกำจัดโลหะหนักในน้ำเสียสังเคราะห์

สุภาภรณ์ จาริวัฒน์ และ สมทิพย์ ด่านธีรวิชัย. (2543) ได้ทำการศึกษาการบำบัดของเสีย COD และของเสีย BOD ด้วยของเสีย TKN จากห้องปฏิบัติการทางสิ่งแวดล้อม ห้องปฏิบัติการทางสิ่งแวดล้อมมีการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมักก่อให้เกิดของเสียอันตรายขึ้น เช่น ของเสียที่เกิดจากการวิเคราะห์ COD, BOD และ TKN โดยของเสียดังกล่าวจะมีลักษณะเป็นกรด เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือต่างสูงและมีโลหะหนักเป็นองค์ประกอบ ภายใต้หลักการบำบัดโดยทำของเสียให้เป็นกลาง และการตกตะกอนเพื่อกำจัดโลหะหนักภายใต้ค่า pH ที่เหมาะสมจะสามารถบำบัดของเสีย อันตรายดังกล่าวได้ รายงานนี้ได้แสดงผลการบำบัดของเสีย COD, BOD ด้วยของเสีย TKN พบว่าการบำบัดของเสีย COD ด้วยของเสีย TKN จะสามารถกำจัด Hg และ Cr ได้ร้อยละ 99.99 และ 99.90 ตามลำดับ ส่วนการบำบัดของเสีย BOD ด้วยของเสีย TKN พบว่ากำจัด Mn ได้ร้อยละ 87.95 และ 92.20 เมื่อผสมกับของเสีย BOD และของเสีย TKN ที่ pH เท่ากับ 4 และ 7 ตามลำดับ

Siriamuntapiboon. et al. (1998) ได้ทำการศึกษาลดความเข้มข้นของสีในน้ำเสียที่เกิดจาก Molasses โดยใช้กระบวนการชีวภาพและกระบวนการทางเคมี โดยการทดลองบำบัดน้ำเสียที่เกิดจาก Molasses บำบัดด้วยระบบแบบ Bi-Act SCBA และการตกตะกอนด้วยสารเคมีเพื่อช่วยลดค่า COD, BOD และสีที่เกิดจากน้ำเสีย ผลวิจัยพบว่าปริมาณเชื้อในระบบชีวภาพมีค่า  $SV_{30}$  จากเดิมมีค่าเท่ากับ 50 มิลลิกรัมต่อลิตรเพิ่มเป็น 350-400 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่า COD ของน้ำที่ผ่านระบบลดลงร้อยละ 22.9 และสีของน้ำเสียลดลงเช่นเดียวกันเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำเสียเริ่มแรกที่เกิดจาก Molasses

Adriaan and Arjen van. (2000) ได้ทำการศึกษาน้ำเสียที่ผ่านการแยกสิ่งสกปรกด้วยกระบวนการทางเคมีและฟิสิกส์ โดยทางฟิสิกส์จะทำการแยกสิ่งสกปรกโดยการใช้อุปกรณ์เพื่อจับและดักชิ้นส่วนเล็กๆออกจากน้ำเสีย หลังจากนั้นทำการตกตะกอนด้วยสารเคมี พบว่าสามารถแยกของแข็งได้เท่ากับร้อยละ 90 และลดค่า COD ได้เท่ากับร้อยละ 50

Semmens. et al. (2003) ได้ทำการศึกษาลดค่า COD และไนโตรเจนด้วยการเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียด้วยการผ่านก๊าซแบบซึมผ่านแผ่นกรองที่ใช้เลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย ถึงปฏิกิริยาที่สร้างขึ้นเพื่อทดลองบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีการปนเปื้อนของ ammonium acetate และธาตุอาหาร โดยใช้เวลาในการหมัก 190 วัน โดยในถึงปฏิกิริยาจะมีการผ่านก๊าซให้ซึมผ่านเข้าไปตามแผ่นกรองเลี้ยงเชื้อในถัง ซึ่งแผ่นกรองมีพื้นที่ผิว เท่ากับ  $422 \text{ m}^2/\text{m}^3$  จะหมุนเวียนก๊าซอยู่ในระบบการเติมอากาศในถัง จากผลการวิจัยพบว่าสามารถลดค่า COD เท่ากับร้อยละ 95 และเกิดปฏิกิริยา Nitrification อย่างสมบูรณ์ในการบำบัดที่ 20 วัน จากการปฏิบัติการทดลองมาเป็นเวลา 3 เดือน พบว่าวิธีการบำบัดน้ำเสียดังกล่าวสามารถลดค่า COD และ Inorganic nitrogen ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Yerushalmi. et al. (1999) ได้ทำการศึกษาผลกระทบของการเจือจางและกำจัดเชื้อราก่อนที่จะบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงเชื้อโดยไม่ใช้ออกซิเจน ได้มีการรวบรวมผลกระทบที่ต่อระบบบำบัดแบบเลี้ยงเชื้อโดยไม่ใช้ออกซิเจน ได้แก่ การเจือจาง, การกำจัดเชื้อรา, การเพิ่มขึ้นของเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hydrogen peroxide ที่เพิ่มขึ้นในระหว่างการบำบัด และการกักกั้นปริมาณของออกซิเจนไม่ให้อยู่ในระบบ กรณีไม่มีการป้องกันผลกระทบที่กล่าวมาจะทำให้การบำบัดน้ำเสียสามารถลดค่า COD ได้เพียงร้อยละ 14 และเกิดสภาวะ acidification เท่ากับร้อยละ 37 หลังจากที่มีการป้องกันพบว่าสามารถลดค่า COD ได้เท่ากับร้อยละ 24 และเกิดสภาวะ acidification เพิ่มขึ้นเท่ากับร้อยละ 70

Soloman. (2003) ได้ทำการศึกษาการบำบัดน้ำเสียที่มี Sulphite เป็นองค์ประกอบโดยใช้วิธีการบำบัดแบบ Up flow Anaerobic Contact Filter เพื่อทำการศึกษาการลดลงของน้ำตาลและค่า COD ของน้ำเสียที่มี Sulphite เป็นองค์ประกอบ โดยมีสารอินทรีย์ในน้ำ 2 – 4 kg COD/m<sup>3</sup> /day มีค่า pH ในดังปฏิกิริยาประมาณ 7.0 น้ำเสียที่เข้าระบบมีค่า COD เริ่มต้นที่ 2150, 3100, 4320 มิลลิกรัมต่อลิตร มีระยะเวลาบำบัด 24 ชม. จากผลการศึกษาพบว่าสามารถลดน้ำตาลได้ถึงร้อยละ 97.96, 98.55, 98.6 ตามลำดับ และลดค่า COD ได้เท่ากับร้อยละ 83.95, 76.2, 69.9 ตามลำดับ และมีการเกิดของ methane เพิ่มขึ้นร้อยละ 70 ในระบบบำบัดดังกล่าว

Sahu. et al. (2002) ได้ทำการศึกษาการลดค่า COD จากน้ำเสียด้วยการใช้ Fly ash น้ำเสียถือว่าเป็นปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญในการศึกษาครั้งนี้ได้นำ Fly ash และ activated carbon มาใช้ ในการลดค่า COD จากน้ำเสีย โดยทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพกันและการศึกษาจะหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการลดค่า COD ได้แก่ค่า pH ที่เหมาะสม, ระยะเวลาสัมผัสของสาร, ความเร็วรอบในการกวน, ขนาดเม็ดของ Fly ash จากผลการทดลองพบว่า Fly ash สามารถลดค่า COD ได้เท่ากับร้อยละ 87.89 และมีราคาถูก แต่มีค่าความจุในการดูดซับน้อยกว่า Activated carbon

## บทที่ 3

### การดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อศึกษาการลดค่า COD ของน้ำเสียโดยวิธีการตกตะกอนด้วยโดไลไมท์ ซึ่งผู้วิจัยจะดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

- 3.1 อุปกรณ์และสารเคมี
- 3.2 ขั้นตอนการทดลอง
- 3.3 สถานที่ทำการทดลอง

#### 3.1 อุปกรณ์และสารเคมี

##### 3.1.1 อุปกรณ์

1. pH meter รุ่น MP20 ผลิตโดย Mettler Teledo
2. Stirrers, magnetic – hotplate รุ่น SP 46920-26 ผลิตโดย Thermolyne
3. เครื่องชั่งน้ำหนักไฟฟ้าแบบละเอียด (Analytical balance) รุ่น AC 210 S ผลิตโดย Sartorius
4. Heating mantel ผลิตโดย Electro mantel
5. ขวดก้นกลม (Round bottom flask) ขนาด 500 ml.
6. Condenser
7. บิวเรต (Burette) class A
8. ปิเปต (Pipette)
9. บีกเกอร์ (Beaker)

##### 3.1.2 สารเคมี

1. ตัวอย่างโดไลไมท์ จากเหมืองโรจน์-รพี อำเภอ วิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์
2. โพแทสเซียมไดโครเมต ( $K_2Cr_2O_7$ ), Analytical reagent grade ของบริษัท Carlo Erba
3. กรดซัลฟูริก ( $H_2SO_4$ ), Analytical reagent grade ของบริษัท Carlo Erba
4. ซิลเวอร์ซัลเฟต ( $Ag_2SO_4$ ), Analytical reagent grade ของบริษัท Merck

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เฟอร์โรอิน อินดิเคเตอร์ ( $C_{12}H_8N_2 \cdot H_2O$ ), Analytical reagent grade ของบริษัท Merck
6. แอมโมเนียเฟอร์รัสซัลเฟต ( $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ ), Analytical reagent grade ของบริษัท Carlo Erba
7. เมอคิวริก ซัลเฟต ( $HgSO_4$ ), Analytical reagent grade ของบริษัท Merck
8. โซเดียมไฮดรอกไซด์ ( $NaOH$ ), Analytical reagent grade ของบริษัท Carlo Erba

### 3.2 ขั้นตอนการทดลอง

#### 3.2.1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการลดค่า COD ของน้ำเสียด้วยโดโลไมท์

##### 3.2.1.1 ศึกษาค่าพีเอช ที่เหมาะสมในการตกตะกอนน้ำเสียด้วยโดโลไมท์

ศึกษามูลของค่าพีเอช ที่มีการตกตะกอนน้ำเสียตัวอย่างที่เก็บจากระบบบำบัดน้ำเสีย โดยทำการวิเคราะห์ค่า COD เริ่มต้นของน้ำตัวอย่าง ตวงน้ำตัวอย่างปริมาตร 250 มิลลิลิตรใส่ในบีกเกอร์ ขนาด 300 มิลลิลิตร แล้วนำไปปรับค่าพีเอชด้วย 1.0 นอร์มัล กรดซัลฟูริก หรือ 1.0 นอร์มัล โซเดียมไฮดรอกไซด์ ในช่วง 1 – 12 นำโดโลไมท์ จำนวน 5 กรัมใส่ลงในน้ำตัวอย่างที่ปรับค่าพีเอชเรียบร้อยแล้ว จากนั้นนำไปกวนที่ความเร็วรอบ 700 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 10 นาที เพื่อให้ตกตะกอน จากนั้นเก็บตัวอย่างส่วนน้ำใสจำนวน 20 มิลลิลิตรไปทำการวิเคราะห์หาปริมาณค่า COD ที่เหลือ

##### 3.2.1.2 ศึกษาเวลาสัมผัสที่ใช้กวนระหว่างการตกตะกอน

ตวงน้ำตัวอย่างปริมาตร 250 มิลลิลิตรใส่ในบีกเกอร์ ขนาด 300 มิลลิลิตร โดยปรับค่าพีเอชที่เหมาะสมจากการศึกษาในข้อ 3.2.1.1 นำโดโลไมท์ จำนวน 5 กรัมใส่ลงในน้ำตัวอย่างที่ปรับค่าพีเอชเรียบร้อยแล้ว จากนั้นนำไปกวนที่ความเร็วรอบ 700 รอบต่อนาที ใช้เวลาในการกวน 5 นาที ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 10 นาที เพื่อให้ตกตะกอน จากนั้นเก็บตัวอย่างส่วนน้ำใสจำนวน 20 มิลลิลิตรไปทำการวิเคราะห์หาปริมาณค่า COD ที่เหลือ

ทำซ้ำตั้งแต่ต้นและให้เปลี่ยนเวลาในการกวนเป็น 10, 15, 30 นาทีตามลำดับ

### 3.2.1.3 ศึกษาหาปริมาณโดโลไมท์ที่เหมาะสมในการลดค่า COD

ตวงน้ำตัวอย่างปริมาตร 250 มิลลิลิตรใส่ในบีกเกอร์ ขนาด 300 มิลลิลิตร โดยปรับค่าพีเอชที่เหมาะสมจากการศึกษาในข้อ 3.2.1.1 นำโดโลไมท์ จำนวน 5 กรัมหรือร้อยละ 2 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ใส่ลงในน้ำตัวอย่างที่ปรับค่าพีเอชเรียบร้อยแล้ว แล้วนำไปกวนที่ความเร็วรอบ 700 รอบต่อนาที และใช้เวลาในการกวนที่เหมาะสมจากการศึกษาในข้อ 3.2.1.2 ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 10 นาที เพื่อให้ตกตะกอนจากนั้นเก็บตัวอย่างส่วนน้ำใสจำนวน 20 มิลลิลิตรไปทำการวิเคราะห์หาปริมาณค่า COD ที่เหลือ

ทำซ้ำตั้งแต่ต้นและเปลี่ยนปริมาณโดโลไมท์ที่ใช้เป็น 10, 20, 25, 50 กรัม หรือร้อยละ 4, 8, 10, 20 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรตามลำดับ

### 3.2.2 ศึกษาการลดค่า COD ในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรม

ทำการศึกษาค่า COD เริ่มต้นของน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง แล้วดำเนินการทดลองตามสภาวะที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองในข้อ 3.2.1

### 3.2.3 วิธีการวิเคราะห์ค่า COD (Chemical Oxygen Demand)

1. ปิเปิดตัวอย่างน้ำเสียที่จะทำการวิเคราะห์ 1.0 มิลลิลิตร ลงในขวดก้นกลม เติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร เติมนีโอคลอโรซัลเฟต 0.2 กรัม ใส่ลูกแก้วขนาดเล็ก 5-6 ลูก แล้วจึงเติมสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต 0.25 นอร์มัล จำนวน 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
2. นำขวดก้นกลมไปต่อกับเครื่องรีฟลักซ์เปิดน้ำหล่อเย็น เติมกรดซัลฟูริก 36 นอร์มัล จำนวน 15 มิลลิลิตร ลงทางปากคอนเดนเซอร์ ทำการรีฟลักซ์เป็นเวลา 2 ชม. หลังจากนั้นนำขวดก้นกลมออกมาและตั้งไว้ให้เย็น
3. นำสารละลายที่รีฟลักซ์แล้วมาไทเทรต หาปริมาณโพแทสเซียมไดโครเมตที่เหลือด้วยสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมเฟอร์ริซัลเฟต 0.20 นอร์มัล โดยใช้เฟอร์โรอินดิเคเตอร์ ประมาณ 3 หยด แล้วทำการไทเทรตจนกระทั่งสีของสารละลายเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีน้ำตาลแดง บันทึกปริมาตรของสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมเฟอร์ริซัลเฟตที่ใช้
4. ทำ Blank โดยใช้ น้ำกลั่นแทนสารตัวอย่าง แล้วดำเนินการทดลองตามข้อ 1 - 3 และกรณีถ้ามีชุดรีฟลักซ์เพียงชุดเดียวให้ทำ Blank ก่อนเพื่อป้องกันการปนเปื้อนสารเคมีจากตัวอย่าง

## การคำนวณ

$$\text{ค่า COD (mg./l)} = \frac{(A - B) \times N \times 8000}{M}$$

เมื่อ

A = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมเพอร์รัสซัลเฟต 0.20 นอร์มัลที่

ไทเทรตกับ Blank

B = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมเพอร์รัสซัลเฟต 0.20 นอร์มัลที่

ไทเทรตกับตัวอย่าง

N = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมเพอร์รัสซัลเฟตเป็น นอร์มัล

M = ปริมาตรของตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

## 3.3 สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการทางเคมี แผนก QA/QC และ Wastewater treatment plant ของบริษัท

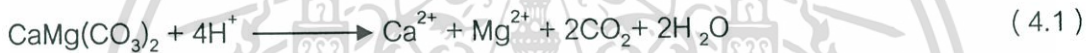
ไบโอแมนูแฟคเจอร์ จำกัด

## บทที่ 4

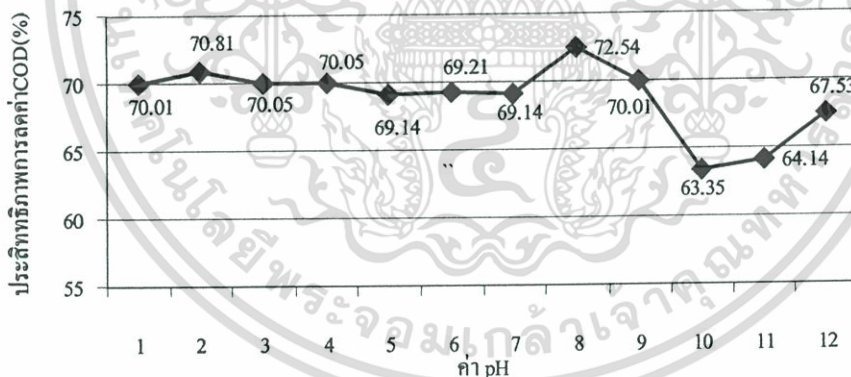
# ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล

### 4.1 ผลการศึกษาค่าพีเอชที่เหมาะสมในการตกตะกอนน้ำเสียของโดโลไมท์

ศึกษาผลของค่าพีเอช ที่มีต่อการตกตะกอนน้ำเสียตัวอย่างที่เก็บจากระบบบำบัดน้ำเสีย โดยทำการวิเคราะห์ค่า COD เริ่มต้นเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 9,616.67 มิลลิกรัม ต่อ ลิตร ได้ผลวิเคราะห์ดังกราฟรูปที่ 4.1 และตารางที่ ก.1 (ภาคผนวก) จากผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพการลดค่า COD ของตัวอย่างน้ำเสียในช่วง พีเอช 1 – 9 มีค่าไม่แตกต่างกันมากนักคือมีประสิทธิภาพการลดค่า COD ไปในทิศทางเดียวกัน แต่ค่าพีเอชที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดอยู่ที่ค่าพีเอช 8 โดยมีประสิทธิภาพร้อยละ 72.54 เมื่อพิจารณาความสามารถในการละลายของโดโลไมท์ตามสมการ



โดยมีค่า  $K_{sp}$  dolomite เท่ากับ  $4.5 \times 10^{-9}$



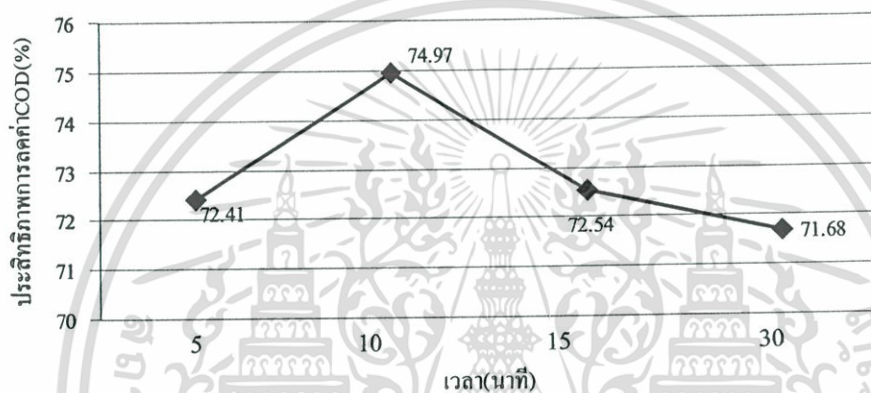
รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการลดค่า COD กับค่าพีเอชต่างๆกันที่มีค่า COD เริ่มต้น เท่ากับ 9,616.67 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากสมการที่ 4.1 แสดงว่าจะมี  $\text{H}^+$  ไอออนที่ได้จากการแตกตัวของกรดทำปฏิกิริยากับโดโลไมท์ ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) แล้วเกิดการแตกตัวเป็น  $\text{Ca}^{2+}$  และ  $\text{Mg}^{2+}$  ดังนั้นเมื่อค่าพีเอชต่ำจะมี  $\text{H}^+$  ไอออนที่ได้จากการแตกตัวเพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้เกิดการดูดซับระหว่าง  $\text{Ca}^{2+}$  และ  $\text{Mg}^{2+}$  กับไอออนของสารอินทรีย์ได้ดียิ่งขึ้น แต่เมื่อค่าพีเอชสูงขึ้นมีสภาวะความเป็นด่างหรือเกิด  $\text{OH}^-$  ไอออน ซึ่งจะไปขัดขวางการแตกตัวของโดโลไมท์ทำให้การดูดซับกับไอออนสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำเสียและเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OH<sup>-</sup> ไอออนยังไปขัดขวางการกระจายตัวของไอออนสารอินทรีย์ในน้ำเสีย (Sahu et al. 2003) จึงส่งผลให้ประสิทธิภาพการลดค่า COD ลดลง

#### 4.2 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ที่ใช้กวนระหว่างการตกตะกอน

ศึกษาประสิทธิภาพในการตกตะกอนของน้ำเสียด้วยโดไลไมท์ โดยปรับค่าพีเอชที่เหมาะสมเท่ากับพีเอช 8 โดยใช้ น้ำเสียที่มีค่า COD เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 9,616.67 มิลลิกรัมต่อลิตร แปรเปลี่ยนเวลาในการกวนต่างๆกัน โดยพบว่าเวลาในการกวนที่ 10 นาที มีประสิทธิภาพในการลดค่า COD เท่ากับร้อยละ 74.97 ดังกราฟรูปที่ 4.2 และตารางที่ ก.2 (ภาคผนวก)

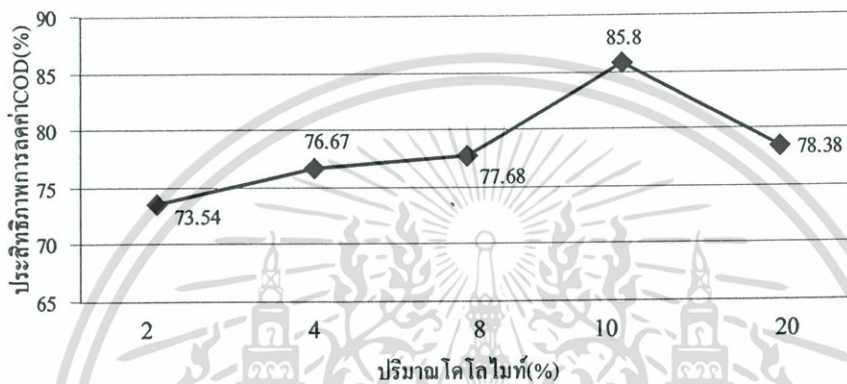


รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการลดค่า COD กับเวลา เมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นเท่ากับ 9616.67 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากผลการทดลองเมื่อใช้เวลาในการกวนน้อยการกระจายตัวของโดไลไมท์ในน้ำเสียเกิดการกระจายตัวไม่ดีทำให้การดูดซับกับไอออนสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำเสียเกิดได้ไม่ดีด้วยเช่นกัน แต่เมื่อใช้เวลาในการกวนนานเกินไปทำให้ตะกอนที่ก่อตัวเพื่อตกตะกอน เกิดการแตกตัวทำให้ไอออนสารอินทรีย์ละลายกลับไปอยู่ในน้ำเสียอย่างเดิม ส่งผลให้ประสิทธิภาพการลดค่า COD ลดลง

### 4.3 ผลการศึกษาหาปริมาณโดไลไมท์ที่เหมาะสมในการลดค่า COD

ทำการวิเคราะห์ค่า COD ของตัวอย่างน้ำเสียซึ่งมีค่า COD เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 9,616.67 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้สภาวะที่เหมาะสมมีค่าพีเอชเท่ากับ 8 เวลาที่เหมาะสมในการสัมผัสในการกวนเท่ากับ 10 นาที พบว่าปริมาณโดไลไมท์ที่ใช้ในการตกตะกอนที่เหมาะสม เท่ากับ 25 กรัมหรือร้อยละ 10 มีประสิทธิภาพในการลดค่า COD เท่ากับร้อยละ 85.80 ดังแสดงในกราฟรูปที่ 4.3 และตารางที่ ก.3 (ภาคผนวก)

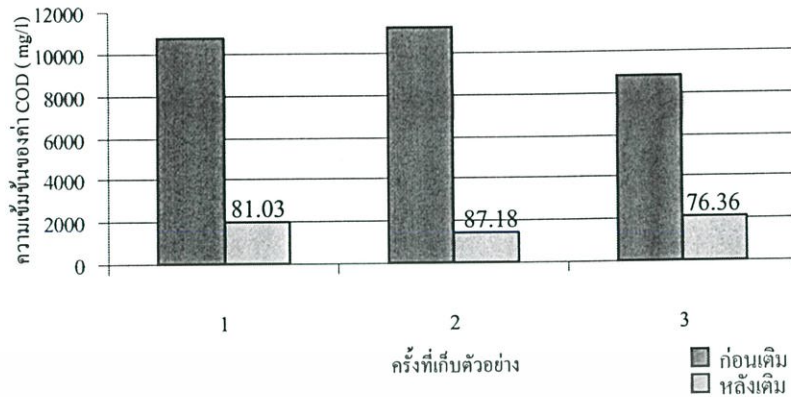


รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการลดค่า COD เมื่อใช้ปริมาณโดไลไมท์ที่ต่างกัน

จากผลการทดลองจะเห็นว่าเมื่อปริมาณโดไลไมท์เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการลดค่า COD ก็เพิ่มขึ้น การที่ปริมาณโดไลไมท์เพิ่มขึ้นเท่ากับเป็นการเพิ่มจำนวน site (Sahu et al. 2003) ที่ใช้ในการดูดซับกับไอออนสารอินทรีย์ ส่งผลให้ประสิทธิภาพการลดค่า COD เพิ่มขึ้น แต่เนื่องจากโดไลไมท์เป็นแร่ธาตุที่มีน้ำหนัก กรณีที่ใช้ปริมาณมากเกินไป แต่กวนที่ความเร็วรอบเท่าเดิม เวลาในการกวนเท่าเดิมทำให้การกระจายตัวของโดไลไมท์เกิดได้ไม่ดีส่งผลให้การดูดซับกับไอออนสารอินทรีย์ลดลง

### 4.4 ผลการศึกษาการลดค่า COD ในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรม

ทำการศึกษาค่า COD เริ่มต้นของน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม แล้วดำเนินการทดลองตามสภาวะที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลอง โดยปรับค่าพีเอช เท่ากับ 8 เวลาสัมผัสในการกวนเท่ากับ 10 นาที ปริมาณโดไลไมท์ที่เหมาะสม 25 กรัมหรือร้อยละ 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ซึ่งมีประสิทธิภาพในการลดค่า COD แสดงได้ดังกราฟรูปที่ 4.4 และตารางที่ ก.4 (ภาคผนวก)



รูปที่ 4.4 ประสิทธิภาพการลดค่า COD ในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรม

จากการทดลองนำโดโลไมท์ไปใช้ในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง จะเห็นว่าความเข้มข้นของค่า COD ของน้ำเสียนั้นลดลง และมีประสิทธิภาพในการลดค่า COD ไม่แตกต่างจากผลการทดลอง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากน้ำเสียที่ศึกษาเป็นน้ำเสียที่เกิดจากแหล่งเดียวกันสารอินทรีย์ต่างๆ ที่มีอยู่ในน้ำเสียจึงมีลักษณะไม่แตกต่างกัน

## บทที่ 5

# สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาการลดค่า COD ของน้ำเสียโดยวิธีการตกตะกอนด้วยโดโลไมท์ เมื่อได้ทำการศึกษาปัจจัยต่างๆ คือ ผลของค่าพีเอช ระยะเวลาสัมผัสในการกวน ปริมาณโดโลไมท์ที่เหมาะสม และการลดค่า COD ของน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง สามารถสรุปผลได้ดังนี้

#### 5.1.1 การศึกษาค่าพีเอช ที่เหมาะสมในการตกตะกอนน้ำเสียด้วยโดโลไมท์

การลดค่า COD ของน้ำเสียที่มีค่า COD เริ่มต้นเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 9,616.67 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพที่ดีในช่วงพีเอช 8 โดยมีประสิทธิภาพการลดค่า COD ร้อยละ 72.54

#### 5.1.2 การศึกษาเวลาสัมผัสที่ใช้ในการกวนระหว่างการตกตะกอน

การลดค่า COD ของน้ำเสียที่มีค่า COD เริ่มต้นเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 9,616.67 มิลลิกรัมต่อลิตร เวลาสัมผัสในการกวนที่มีประสิทธิภาพที่ดีอยู่ที่ระยะเวลา 10 นาที โดยมีประสิทธิภาพการลดค่า COD ร้อยละ 74.97

#### 5.1.3 การศึกษาหาปริมาณโดโลไมท์ที่เหมาะสมในการลดค่า COD

การลดค่า COD ของน้ำเสียที่มีค่า COD เริ่มต้นเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 9,616.67 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณโดโลไมท์ที่สามารถลดค่า COD ที่มีประสิทธิภาพที่ดีอยู่ที่ปริมาณ 25 กรัม หรือร้อยละ 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร มีประสิทธิภาพการลดค่า COD ร้อยละ 85.80

#### 5.1.4 ศึกษาการลดค่า COD ในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง

จากการทดลองนำโดโลไมท์มาใช้ในการลดค่า COD ในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมเครื่องสำอางพบว่า มีประสิทธิภาพการลดค่า COD อยู่ในช่วงร้อยละ 76.36 – 87.18

### 5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ผู้ทำวิจัยได้นำผลการวิจัยไปใช้ในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง ที่มีค่า COD ในการออกแบบโครงสร้างระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่น้ำเสียที่เกิดขึ้นจากโรงงานในปัจจุบันมีค่า COD สูงกว่าค่าที่ใช้ในการออกแบบโครงสร้าง ดังนั้นเมื่อมีการใช้โดโลไมท์มาช่วยลดค่า COD ของน้ำเสียก่อน ทำให้น้ำเสียที่ผ่านการตกตะกอนแล้วมีค่า COD ใกล้เคียงกับค่า COD ที่ใช้ในการออกแบบโครงสร้าง ทำให้ระบบบำบัดสามารถทำการบำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

5.2.2 ควรศึกษาการลดค่า COD ของน้ำเสียด้วยการตกตะกอนด้วยโดโลไมท์โดยใช้ร่วมกับ โพลิเมอร์ซึ่งอาจทำให้ปริมาณการใช้โดโลไมท์ลดลงแต่มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นและทำให้มีปริมาณตะกอนที่เกิดน้อยลง

5.2.3 จากการตรวจวิเคราะห์ตะกอนของโดโลไมท์ไม่เป็นตะกอนที่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นควรทำการศึกษาต่อว่าตะกอนที่เกิดจากการตกตะกอนน้ำเสียด้วยโดโลไมท์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่นได้หรือไม่ เช่น การนำไปทำอิฐทนความร้อน, การนำไปปรับสภาพค่าพีเอชของดิน เป็นต้น



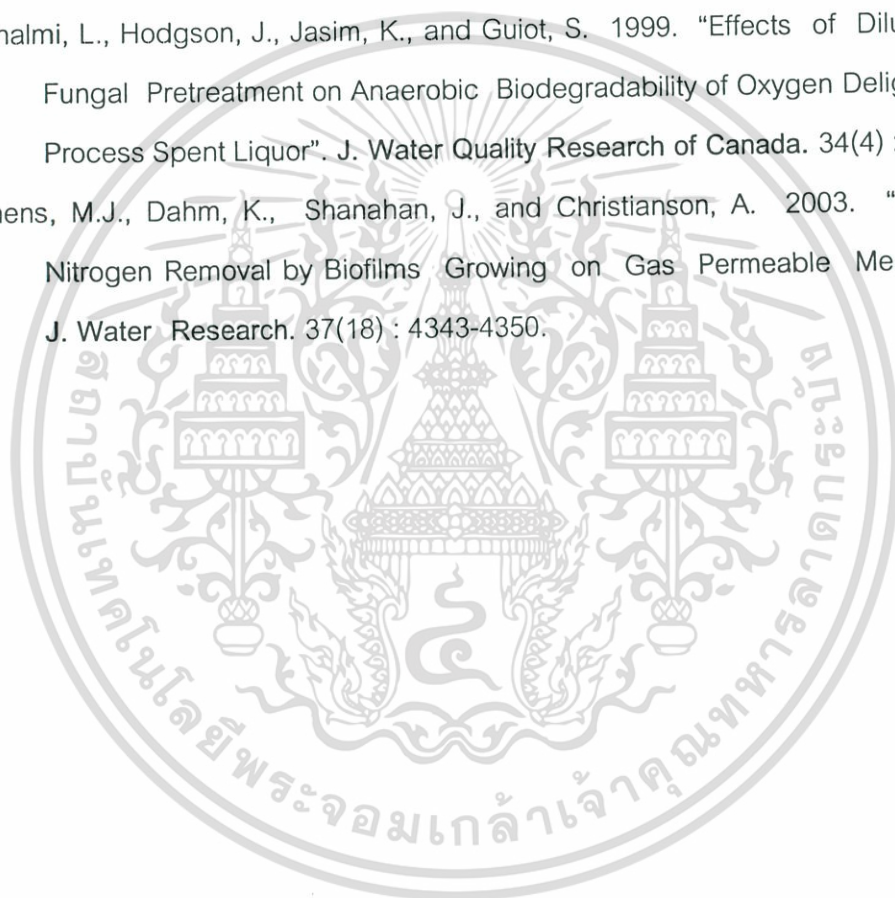
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

- เพชร เขาวกิจเจริญ. และคณะ. 2538. การควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. หน้า 38 - 61
- มันสิน ตันตุลเวศม์. 2538. คู่มือการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. หน้า 116 - 129.
- มุกดา จิรภูมิมนตรี. 2536. เคมีวิเคราะห์ปริมาณ เล่ม 1. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ. หน้า 9.
- สุณี ถนอมวุฒิ และอรอุมา ทิพย์มงคล. 2543. "การกำจัดโลหะหนักในน้ำทิ้งอุตสาหกรรมด้วยไดโลไมท์". ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- สุภาภรณ์ จาริวัฒน์ และ สมทิพย์ ด้านธีรวิชัย. 2543. "การบำบัดของเสีย COD และของเสีย BOD ด้วยของเสีย TKN จากห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม." หน้า 279. ในสมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์. บทความวิชาการประชุมทางวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 26. กรุงเทพฯ : สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์.
- องค์การจัดการน้ำเสีย. 2540. หลักการจัดการน้ำเสีย. กรมควบคุมมลพิษ. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. เอกสารทางวิชาการ.
- กรมควบคุมมลพิษ. 2539. มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม. กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 113 ตอนที่ 13 ลงวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2539.
- Tramfloc, INC. 2002. Flocculants Applications for Precipitation and Dewatering. [online]. Available : <http://www.tramfloc.com/tf27.html>.
- Tramfloc, INC. 2002. Polymer Application Suggestions and Test Procedures. [online]. Available : <http://www.tramfloc.com/tf23.html>.
- Adriaan, M. and Arjen van N. 2000. Identification and Evaluation of Wastewater Treatment Scenarios, Based on Physical - Chemical Pretreatment. [online]. Available : <http://www.ftns.wau.nl/mt/content/t1-feasa.html>.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Sirianutapiboon, S., Chairattanwan, K., and Ohmomo, S. 1998. "Removal of Colored Substances from Molasses Wastewater by Biological Treatment Systems Combined with Chemical Treatment." *JARQ*. 32(3).
- Sahu, V., Dahiya, R.P., and Gadgil, K. 2002. "Fly Ash Based Low Cost Method for COD Removal from Domestic Wastewater." *Map India*. 1-3.
- Soloman, P.A. 2003. *Studies in Treatment of Sulphite Pulping Liquor in Upflow Anaerobic Contact Filter*. [online] Available :<http://www.che.iitm.ac.in/research/mtech/18.php>.
- Yerushalmi, L., Hodgson, J., Jasim, K., and Guiot, S. 1999. "Effects of Dilution and Fungal Pretreatment on Anaerobic Biodegradability of Oxygen Delignification Process Spent Liquor". *J. Water Quality Research of Canada*. 34(4) : 599-613.
- Semmens, M.J., Dahm, K., Shanahan, J., and Christianson, A. 2003. "COD and Nitrogen Removal by Biofilms Growing on Gas Permeable Membranes". *J. Water Research*. 37(18) : 4343-4350.





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก ผลการวิจัย

### ก.1 การศึกษาค่าพีเอชที่เหมาะสมในการตกตะกอนน้ำเสียด้วยโดไลไมท์

ตารางที่ ก.1 แสดงประสิทธิภาพการลดค่า COD เมื่อมีค่าพีเอช ต่างๆกันที่มีค่า COD เริ่มต้นเฉลี่ย เท่ากับ 9,616.67 มิลลิกรัมต่อลิตร

ค่า pH	ปริมาณค่า COD ที่เหลือ ( mg/l)					ประสิทธิภาพการบำบัด (%)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	SD	
1	2880	2880	2880	2880.0	0.00	70.05
2	2880	2800	2810	2803.33	5.77	70.81
3	2970	2880	2880	2876.67	5.77	70.05
4	2870	2880	2880	2876.67	5.77	70.05
5	2970	2960	2960	2963.33	5.77	69.14
6	2960	2950	2960	2956.67	5.77	69.21
7	2960	2970	2960	2963.33	5.77	69.14
8	2630	2640	2640	2636.67	5.77	72.54
9	2880	2880	2880	2880	00	70.01
10	3520	3520	3520	3520.0	0.00	63.35
11	3440	3450	3440	3443.33	5.77	64.14
12	3115	3120	3120	3118.33	2.89	67.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.2 การศึกษาเวลาสัมผัสที่ใช้กวนระหว่างการตกตะกอน

ตารางที่ ก. 2 แสดงประสิทธิภาพการลดค่า COD เมื่อเวลาที่สัมผัสในการกวนต่างๆกันที่มีค่า COD เริ่มต้นเฉลี่ยเท่ากับ 9,616.67 มิลลิกรัม ต่อ ลิตร

เวลา ( นาที )	ปริมาณค่า COD ที่เหลือ ( mg/l )					ประสิทธิภาพ การบำบัด ( % )
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	SD	
5	2650	2560	2640	2650	10.00	72.41
10	2410	2400	2400	2403.33	5.77	74.97
15	2640	2640	2630	2636.67	5.77	72.54
30	2720	2720	2720	2720	00	71.68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ก.3 การศึกษาหาปริมาณโดโลไมท์ที่เหมาะสมในการลดค่า COD

ตารางที่ ก.3 แสดงประสิทธิภาพการลดค่า COD เมื่อใช้ปริมาณต่างๆของโดโลไมท์ในการตกตะกอนที่มีค่า COD เริ่มต้นเฉลี่ยเท่ากับ 9,616.67 มิลลิกรัม ต่อ ลิตร

ปริมาณโดโลไมท์ (%)	ปริมาณค่า COD ที่เหลือ (mg/l)					ประสิทธิภาพการบำบัด (%)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	SD	
2	2550	2640	2560	2550	10.00	73.45
4	2240	2240	2240	2240.00	0.00	76.67
8	2140	2140	2150	2143.33	5.77	77.68
10	1370	1360	1360	1363.33	5.77	85.80
20	2080	2080	2070	2076.67	5.77	78.38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### ก.4 ศึกษาการลดค่า COD ในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรม

ตารางที่ ก.4 แสดงประสิทธิภาพการลดค่า COD ในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรม

น้ำเสียจาก โรงงานไบโอแมนู แฟคเจอร์	ปริมาณค่า COD ที่เหลือ (mg/l)					ประสิทธิภาพ การบำบัด (%)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	SD	
ก่อนเติม	10800	10800	10800	10800	0.00	
หลังเติม	2050	2050	2045	2048.33	2.89	81.03
ก่อนเติม	8800	8800	8800	8800	0.00	
หลังเติม	2080	2080	2080	2080	0.00	76.36
ก่อนเติม	11200	11200	11220	11206.67	11.55	
หลังเติม	1440	1440	1430	1436.66	5.77	87.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข

## มาตรฐานน้ำทิ้งและการเตรียมสารเคมี

## ข.1 มาตรฐานน้ำทิ้ง

ตารางที่ ข.1 ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ.2539)  
วันที่ 3 มกราคม 2539  
เรื่อง การกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงาน  
อุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 113 ตอนที่  
13 ลงวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2539

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
1. ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH value)	5.5-9.0	pH Meter
2. ค่าทีดีเอส (TDS หรือ Total Dissolved Solids)	ไม่เกิน 3,000 มก./ล. หรืออาจแตกต่างกันแต่แต่ละประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษ เห็นสมควรแต่ไม่เกิน 5,000 มก./ล.  น้ำทิ้งที่จะระบายลงแหล่งน้ำกร่อยที่มีค่าความเค็ม (Salinity) เกิน 2,000 มก./ล. หรือลงสู่ทะเลค่าทีดีเอสในน้ำทิ้งจะมีค่ามากกว่าค่าทีดีเอสที่มีอยู่ในแหล่งน้ำกร่อยหรือน้ำทะเลได้ไม่เกิน 5,000 มก.ล.	ระเหยแห้งที่อุณหภูมิ 103-105°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
3. สารแขวนลอย (Suspended Solids)	ไม่เกิน 50 มก./ล. หรืออาจแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม หรือประเภทของระบบบำบัดน้ำเสียตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 150 มก./ล.	กรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fiber Filter Disc)
4. อุณหภูมิ (Temperature)	ไม่เกิน 40°C	เครื่องวัดอุณหภูมิ วัดขณะทำการเก็บตัวอย่างน้ำ
5. สีหรือกลิ่น	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ	ไม่ได้กำหนด
6. ซัลไฟด์ (Sulfide as H <sub>2</sub> S)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	Titrate
7. ไสยาไนด์ (Cyanide as HCN)	ไม่เกิน 0.2 มก./ล.	กลั่นและตามด้วยวิธี Pyridine Barbituric Acid
8. น้ำมันและไขมัน (Fat, Oil and Grease)	ไม่เกิน 5.0 มก./ล. หรืออาจแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือ ประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 15 มก./ล.	สกัดด้วยตัวทำละลาย แล้วแยกหาน้ำหนักของน้ำมันและไขมัน
9. ฟอรัมาลดีไฮด์ (Formaldehyde)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	Spectrophotometry

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
10. สารประกอบฟีนอล (Phenols)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	กลั่นและตามด้วยวิธี 4-Aminoantipyrine
11. คลอรีนอิสระ (Free Chlorine)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	Iodometric Method
12. สารที่ใช้ป้องกันหรือกำจัดศัตรูพืชหรือสัตว์ (Pesticide)	ต้องตรวจไม่พบตามวิธีตรวจสอบที่กำหนด	Gas-Chromatography
13. ค่าบีโอดี (5 วันที่อุณหภูมิ 20 °C (Biochemical Oxygen Demand : BOD)	ไม่เกิน 20 มก./ล. หรือแตกต่างแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษ เห็นสมควร แต่ไม่เกิน 60 มก./ล.	Azide Modification ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นเวลา 5 วัน
14. ค่าทีเคเอ็น (TKN หรือ Total Kjeldahl Nitrogen)	ไม่เกิน 100 มก./ล. หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษ เห็นสมควร แต่ไม่เกิน 200 มก./ล.	Kjeldahl

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ข.2 การเตรียมสารเคมี

### วิธีการเตรียมสารเคมี

#### 1. สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต 0.25 นอร์มัล

อบโพแทสเซียมไดโครเมต ที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง จากนั้นนำไปใส่โถดูดความชื้นจนเย็น แล้วชั่งน้ำหนักมาจำนวน 12.259 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตรละลายด้วยน้ำกลั่น แล้วเติมด้วยกรดซัลฟามิก จำนวน 120 กรัม เทสารละลายลงในขวดวัดปริมาตร ขนาด 1000 มิลลิลิตร ล้างบีกเกอร์ด้วยน้ำกลั่นหลายๆ ครั้ง จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นถ่ายสารละลายลงในขวดเก็บสารเคมีสีขาว ตีฉลากให้เรียบร้อย

#### 2. กรดซัลฟูริก

ซิงซิลเวอร์ซัลเฟต 8.8 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ ขนาด 120 มิลลิลิตร ตวงกรดซัลฟูริก 36 นอร์มัล 1000 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 2000 มิลลิลิตร โดยต้องเตรียมใส่ตู้ดูดควัน นำซิลเวอร์ซัลเฟต ที่ชั่งไว้ใส่ลงในกรดที่เตรียมไว้ กวนด้วยแท่งแก้วจนสารละลายหมดจากนั้นถ่ายสารใส่ขวดเก็บสารเคมีสีขาว ตีฉลากให้เรียบร้อย ต้องตั้งทิ้งไว้ 1 คืน ก่อนนำไปใช้

#### 3. สารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมเฟอร์รัส ซัลเฟต 0.20 นอร์มัล

ซิงแอมโมเนียมเฟอร์รัส ซัลเฟต (Ammonium ferrous sulfate AR : FAS) มา 78.43 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 120 มิลลิลิตร แล้วละลายด้วยน้ำกลั่น กวนด้วยแท่งแก้วจนสารละลายหมด เทสารละลายลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 1000 มิลลิลิตร ล้างบีกเกอร์ด้วยน้ำกลั่นหลายๆครั้ง เติมกรดซัลฟูริก 36 นอร์มัล จำนวน 20 มิลลิลิตรลงในขวดวัดปริมาตร จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น ถ่ายสารละลายลงในขวดเก็บสารเคมีสีขาว แล้วทำการหาความเข้มข้นที่ถูกต้องของสารละลายแอมโมเนียมเฟอร์รัส ซัลเฟต

วิธีการหาความเข้มข้นที่ถูกต้องของสารละลายแอมโมเนียมเฟอร์รัส ซัลเฟต 0.20 นอร์มัล

1. ปิเปตสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต 0.25 นอร์มัล 10 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร
2. จากนั้นค่อยๆ เติมกรดซัลฟูริก 36 นอร์มัล จำนวน 30 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำมาไทเทรตกับสารละลายแอมโมเนียมเฟอร์รัส ซัลเฟต ที่เตรียมไว้ ใช้เฟอร์โรอินอินดิเคเตอร์
- 3 หยด ไทเทรตจนสารละลายเปลี่ยนสีจากสีเหลืองไปเป็นสีน้ำตาลแดง

## การคำนวณ

$$\text{ความเข้มข้นของแอมโมเนียมเพอร์รัสซัลเฟต} = \frac{A \times 0.25}{B}$$

เมื่อ

$A$  = ปริมาตรของโพแทสเซียมไดโครเมต (มิลลิลิตร)

$B$  = ปริมาตรของสารละลายแอมโมเนียมเพอร์รัสซัลเฟตที่ใช้ (มิลลิลิตร)

## 4. สาละลายเฟอโรอินอินดิเคเตอร์

ซึ่ง 1,10-ฟีแนนโธรีนโมโนไฮเดรต 1.485 กรัม และเพอร์รัสซัลเฟต 695 มิลลิกรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร และละลายด้วยน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร กวนจนสารละลายหมด จากนั้นถ่ายใส่ขวดสีชา ปิดขวดให้เรียบร้อย

## ข.3 การคำนวณประสิทธิภาพของค่า COD

$$\text{ปริมาณ COD ที่ถูกกำจัด (P)} = X_0 - X_1$$

$$\text{ประสิทธิภาพของค่า COD} = \frac{P \times 100}{X_0}$$

เมื่อ

$X_0$  = ค่า COD ก่อนตกตะกอน

$X_1$  = ค่า COD หลังตกตะกอน

## ข.4 การหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - สกุล	นางสาวสุพรรณิ จันทสร
วัน เดือน ปี เกิด	28 มีนาคม 2513
สถานที่เกิด	เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	34 / 1 หมู่ 9 แขวงคลองสิบสองเขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร 10530
สถานที่ทำงาน	บริษัท ไบโอแมนูแพคเจอรिंग จำกัด เขตมีนบุรี กรุงเทพมหานคร 10510
ตำแหน่ง	ผู้จัดการแผนกควบคุมและประกันคุณภาพ
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2537 สำเร็จการศึกษาระดับบัณฑิต (เคมี) จากสถาบันราชภัฏจันทรเกษม ปีการศึกษา 2547 สำเร็จการศึกษาระดับมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาศาสตร์ (เคมี) จากสถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้