

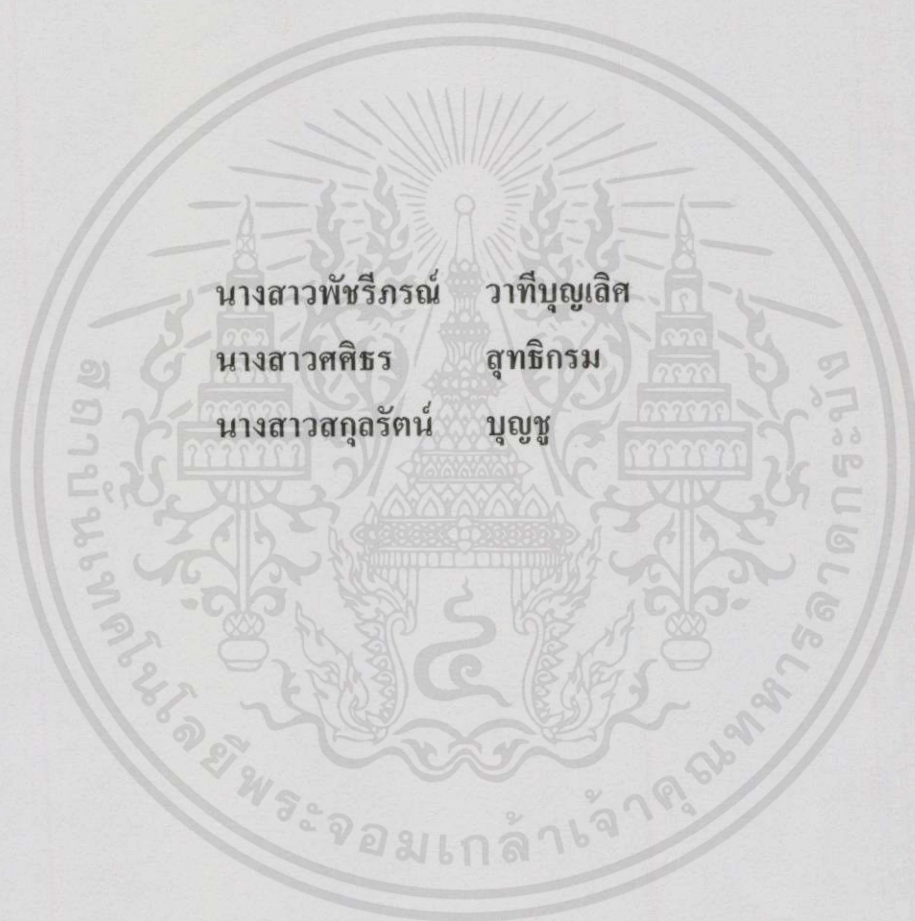
การตรวจวิเคราะห์สารปนเปื้อนในเส้นท่อน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม
ANALYSIS OF IMPURITIES IN DRAIN PIPE OF WASTEWATER
FROM INDUSTRY



นางสาวพิชวิภรณ์ วาทีบุญเลิศ
นางสาวศศิธร สุทธิกรม
นางสาวสกุสรณ์ บุญชู

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา เคมีสิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2557

การตรวจวิเคราะห์สารปนเปื้อนในเส้นท่อน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม
ANALYSIS OF IMPURITIES IN DRAIN PIPE OF WASTEWATER
FROM INDUSTRY



นางสาวพัชรภรณ์ วาทีบุญเลิศ
นางสาวศศิธร สุทธิกรม
นางสาวสกุลรัตน์ บุญชู

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา เคมีสิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงนี้เพื่อการศึกษ 2557 ถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ANALYSIS OF IMPURITIES IN DRAIN PIPE OF WASTEWATER
FROM INDUSTRY**



**A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIRMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE
IN ENVIRONMENTAL CHEMISTRY
FACULTY OF SCIENCE**

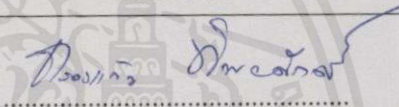
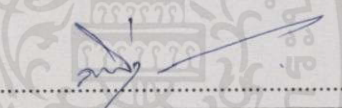
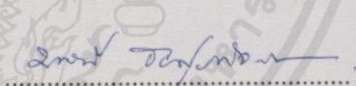
เอกสารนี้เป็น **KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG** ด้านการค้ำ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอก **ACADEMIC YEAR 2557** ของเอกสารทุกครั้งที่มีมีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ การตรวจวิเคราะห์สารปนเปื้อนในเส้นท่อน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

ชื่อนักศึกษา นางสาวพัชรภรณ์ วาทีบุญเลิศ รหัส 54051099
 นางสาวศศิธร สุทธิกรม รหัส 54051123
 นางสาวสกุลรัตน์ บุญชู รหัส 54051130

ปริญญา วิทยาศาสตร์บัณฑิต
 สาขาวิชา เคมีสิ่งแวดล้อม
 อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย
 อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รศ.ดร.มาลินี ชัยศุกกิจสินธ์

คณะวิทยาศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังอนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิตสาขาวิชาเคมีสิ่งแวดล้อมประจำปีการศึกษา 2557

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ.กรองแก้ว ทิพย์ศักดิ์	
อ.กลั่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์	
ผศ.พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย	
รศ.ดร. มาลินี ชัยศุกกิจสินธ์	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครู ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ การตรวจวิเคราะห์สารปนเปื้อนในเส้นท่อน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

ชื่อนักศึกษา นางสาวพัชรภรณ์ วาทีบุญเลิศ รหัส 54051099

 นางสาวศศิธร สุทธิกรม รหัส 54051123

 นางสาวสกุลรัตน์ บุญชู รหัส 54051130

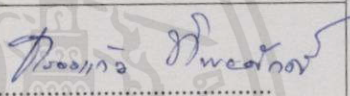
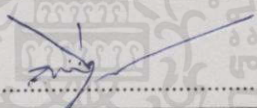
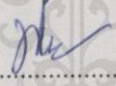
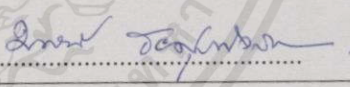
ปริญญา วิทยาศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชา เคมีสิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รศ.ดร.มาลินี ชัยสุภกิจสินธุ์

คณะวิทยาศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังอนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิตสาขาวิชาเคมีสิ่งแวดล้อมประจำปีการศึกษา 2557

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ.กรองแก้ว ทิพย์ศักดิ์	
อ.กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์	
ผศ.พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย	
รศ.ดร. มาลินี ชัยสุภกิจสินธุ์	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานานาชาติ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การตรวจวิเคราะห์สารปนเปื้อนในเส้นท่อน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม		
ชื่อนักศึกษา	นางสาวพัชรภรณ์	วาทีบุญเลิศ	รหัส 54051099
	นางสาวศศิธร	สุทธิกรม	รหัส 54051123
	นางสาวสกุลรัตน์	บุญชู	รหัส 54051130
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต		
สาขาวิชา	เคมีสิ่งแวดล้อม		
ปีการศึกษา	2557		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย		
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รศ.ดร.มาลินี ชัยสุภกิจสินธุ์		

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้เป็นการศึกษาสารปนเปื้อนในท่อน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมโดยการนำตะกอนมาศึกษาชนิด และ องค์ประกอบหลักด้วยการทดสอบการละลาย การสลายตัวของสารอินทรีย์ วิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของสารในตะกอนด้วยเครื่อง FT-IR วิเคราะห์ธาตุด้วย XRF และ วิเคราะห์โครงสร้างผลึกด้วย XRD ศึกษา น้ำทิ้งจากท่อน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมแต่ละกลุ่ม และในบ่อรวม (Lift Station) เพื่อวิเคราะห์ชนิดของสารปนเปื้อน ผลการศึกษาพบว่า ในตะกอนมี CaCO_3 เป็นองค์ประกอบหลัก สำหรับชนิดของสารในน้ำทิ้งของกลุ่มโรงงานประเภทฟอกย้อม มีปริมาณซัลเฟตที่สูงมาก น้ำทิ้งของกลุ่มโรงงานประเภทแปรรูปอาหารตามฤดูกาล มีฟอสเฟต เหล็ก และสังกะสีในปริมาณค่อนข้างสูง น้ำทิ้งของกลุ่มโรงงานประเภทอิเล็กทรอนิกส์สารหลักที่พบคือ คอปเปอร์ ขณะที่บ่อรวมสารหลักที่พบคือ ซัลเฟต และแคลเซียม

คำสำคัญ : ตะกอน, แคลเซียมคาร์บอเนต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Analysis of impurities in drain pipe of wastewater from industry		
Students	Miss Phatchareeporn	Wateeboonlert	ID 54051099
	Miss Sasithon	Sutthigrom	ID 54051123
	Miss Sakunrat	Boonchoo	ID 54051130
Degree	Bachelor of Science		
Major Program	Environmental Resource Chemistry		
Academic Year	2014		
Advisor	Asst. Prof. Pitsamai	Chairatu-tai	
Co-Advisor	Assoc. Prof. Dr.Malinee	Chaisupakitsin	

ABSTARCT

This special project aims to analysis of impurities in drain pipe of wastewater from industry. Type and major composition of slag were studied by using solubility test, decomposition of organic matter by burning in furnace, functional group of existent compounds by FT-IR. Elemental analysis was characterized by XRF technique and crystal structure of slag was analyzed by XRD technique. Impurities of wastewater form each groups of industry and in Lift station, also, were investigated. The result of study founded that CaCO_3 is the main component in slag. Effluent from bleaching-drying factories show the highest sulfate ion, on the other hand, effluent of seasonal food processing factories show high phosphate ion, iron and zinc. Copper ion was found as major ion in effluent wastewater from electronic factories. In case of Lift station, sulfate and calcium ion were found as main component.

Keywords: Slag, Calcium Carbonate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น "ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้"

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษทางวิทยาศาสตร์นี้จะสำเร็จลุล่วงได้ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รศ.ดร. มาลินี ชัยสุภกิจสินธุ์ ซึ่งเป็นผู้ดูแล ตลอดทั้งโครงการให้ทั้งความรู้คำปรึกษาแนะนำตลอดจนเสนอแนวความคิดอันเป็นประโยชน์ต่อการทำการศึกษาโครงการพิเศษรวมทั้งได้กรุณาเสียสละเวลาตรวจโครงการพิเศษ และแก้ไขมาตั้งแต่ต้นจนแล้วเสร็จผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ ผศ.กรองแก้ว ทิพย์ศักดิ์ และอ.กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ อาจารย์ภาควิชาเคมี สาขาเคมีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งกรุณาเป็นกรรมการสอบโครงการพิเศษ และให้คำปรึกษาแนะนำรวมทั้งคณาจารย์ทุกท่านที่ให้คำแนะนำต่างๆ

ขอขอบพระคุณ คุณศิริพรรณ ชำรงคุณากร เจ้าหน้าที่โรงงานบำบัดน้ำเสีย ที่คอยช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกด้านอุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ ในการเก็บตัวอย่างตะกอนและน้ำ

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ เจ้าหน้าที่ฝ่ายธุรการ หน่วยงานสนับสนุนโครงการพิเศษในครั้งนี้ประกอบด้วยงานพัสดุ งานการเงินสังกัดฝ่ายบริหารและวางแผนคณะวิทยาศาสตร์ สำหรับการสนับสนุนด้านการจัดซื้อวัสดุและเบิกจ่ายเงินให้ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกในทุกๆด้านอย่างเต็มที่ และขอขอบคุณเพื่อนๆ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ทุกคนที่มีส่วนร่วมในการให้ความรู้และให้กำลังใจตลอดมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาและบุคคลในครอบครัว ที่คอยให้กำลังใจเสมอมา ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่งจึงใคร่ขอขอบคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VIII
คำย่อและสัญลักษณ์	X
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 คำจำกัดความหรือนิยามศัพท์ที่ควรทราบ	3
2.2 กลุ่มโรงงานภายในนิคมอุตสาหกรรมสมุทรสาคร	3
2.3 ลักษณะน้ำเสียของกลุ่มอุตสาหกรรม	4
2.4 การเกิดตะกอน	9
2.5 ประเภทของตะกอนชนิดต่างๆ	9
2.6 การป้องกันตะกอนจากสารแขวนลอย	12
2.7 หลักการป้องกันและควบคุมการเกิดตะกอน	12
2.8 กระบวนการลดความกระด้าง	16
2.9 การปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการลดความกระด้าง	17
2.10 การตรวจสอบเพื่อวิเคราะห์คุณภาพของน้ำในด้านการ	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับเอาไว้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.11 ครรชนี Langelier และ Ryznar	20
2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	20
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	22
3.1 สารเคมีและอุปกรณ์	22
3.2 ขั้นตอนการศึกษาสารปนเปื้อนที่มีอยู่ในตะกอน	24
3.3 การตรวจวิเคราะห์สารปนเปื้อนในน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม	26
3.4 วิธีวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆในการตรวจสอบตะกอนและน้ำทิ้ง	26
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	29
4.1 ผลการศึกษาลักษณะของสารปนเปื้อนในตะกอน	29
4.2 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของน้ำทิ้งที่ไหลผ่านเส้นท่อ	35
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	41
5.1 สรุปผลการวิจัย	41
5.2 ข้อเสนอแนะ	42
เอกสารอ้างอิง	43
ภาคผนวก ก	47
ภาคผนวก ข	51
ภาคผนวก ค	80
ภาคผนวก ง	83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ลักษณะของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตของโรงงานฟอกย้อม	5
2.2 ลักษณะของน้ำเสียจากกลุ่มอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์	8
2.3 Summary of chemical and non-chemical treatment options	13
2.4 ตารางแสดงปฏิกิริยาการเกิดเกลือที่ไม่ละลายน้ำ	15
2.5 ความหมายของดรรรชนีแลงเกียร์และไรซ์นาร์	19
3.1 พารามิเตอร์ที่ทำการศึกษาตะกอน	26
3.2 พารามิเตอร์ที่ทำการศึกษาน้ำทิ้ง	27
4.1 ผลการละลายตะกอนในตัวทำละลายต่างๆ	29
4.2 ผลของน้ำหนักตะกอนก่อนเผาและหลังเผาที่อุณหภูมิ 900 °C	30
4.3 ผลของอุณหภูมิและน้ำหนักของตะกอนที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง TGA	33
4.4 ผลของธาตุที่พบอยู่ในตะกอนก่อนเผาและตะกอนที่ผ่านการเผา ด้วยอุณหภูมิ 900 °C ที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง XRF	34
4.5 ผลของลักษณะทางกายภาพและทางเคมี (จุดเก็บตัวอย่าง 9 จุด)	35
4.6 ผลของลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของน้ำทิ้ง (บ่อรวม)	39
4.7 ผลของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของน้ำทิ้ง (บ่อรวม)	40
4.8 ค่าดรรรชนี Langelier และ Ryznar	40
ข-1 แสดงผลน้ำหนักตะกอนก่อนเผาและหลังเผา	51
ข-2 แสดงการเปลี่ยนแปลงที่อุณหภูมิ 900 °C	51
ข-3 ผลการทดลองด้วยเครื่อง TGA ของตัวอย่างก่อนเผา	57
ข-4 ผลการทดลองด้วยเครื่อง TGA ของตัวอย่างที่เผาด้วยอุณหภูมิ 900 °C	57
ข-5 ผลค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานซัลเฟต (จุดเก็บตัวอย่าง 9 จุด)	59
ข-6 ผลค่าความขุ่นของแบลงค์ (จุดเก็บตัวอย่าง 9 จุด)	60
ข-7 ผลค่าความขุ่น ครั้งที่ 1 (จุดเก็บตัวอย่าง 9 จุด)	60
ข-8 ผลค่าความขุ่น ครั้งที่ 2 (จุดเก็บตัวอย่าง 9 จุด)	61
ข-9 ผลค่าความขุ่น ครั้งที่ 3 (จุดเก็บตัวอย่าง 9 จุด)	61
ข-10 ผลค่าความเข้มข้นของซัลเฟต (จุดเก็บตัวอย่าง 9 จุด)	62
ข-11 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานซัลเฟต	

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ข-12 ค่าความขุ่นของเบลงค์ (บ่อรวม)	63
ข-13 ค่าความขุ่น ครั้งที่ 1 (บ่อรวม)	63
ข-14 ค่าความขุ่น ครั้งที่ 2 (บ่อรวม)	64
ข-15 ค่าความขุ่น ครั้งที่ 3 (บ่อรวม)	64
ข-16 ค่าความเข้มข้นของซัลเฟต (บ่อรวม)	64
ข-17 ค่าการดูดกลืนแสงของกราฟมาตรฐานฟอสเฟต (จุดเก็บตัวอย่าง 9 จุด)	65
ข-18 ค่าการดูดกลืนแสงของการวิเคราะห์ห่อรีฟอสเฟต (จุดเก็บตัวอย่าง 9 จุด)	66
ข-19 ค่าการดูดกลืนแสงของกราฟมาตรฐานฟอสเฟต (บ่อรวม)	66
ข-20 ค่าการดูดกลืนแสงของการวิเคราะห์ห่อรีฟอสเฟต (บ่อรวม)	67
ข-21 ผลค่าการดูดกลืนแสงของกราฟมาตรฐานเหล็ก (จุดเก็บตัวอย่าง 9 จุด)	68
ข-22 ค่าการดูดกลืนแสงของการวิเคราะห์เหล็ก (จุดเก็บตัวอย่าง 9 จุด)	69
ข-23 ค่าการดูดกลืนแสงของกราฟมาตรฐานเหล็ก (บ่อรวม)	69
ข-24 ค่าการดูดกลืนแสงของการวิเคราะห์เหล็ก (บ่อรวม)	70
ข-25 ค่าการดูดกลืนแสงของกราฟมาตรฐานคอปเปอร์ (จุดเก็บตัวอย่าง 9 จุด)	71
ข-26 ค่าการดูดกลืนแสงของการวิเคราะห์คอปเปอร์ (จุดเก็บตัวอย่าง 9 จุด)	72
ข-27 ค่าการดูดกลืนแสงของกราฟมาตรฐานคอปเปอร์ (บ่อรวม)	72
ข-28 ค่าการดูดกลืนแสงของการวิเคราะห์คอปเปอร์ (บ่อรวม)	73
ข-29 ค่าการดูดกลืนแสงของกราฟมาตรฐานสังกะสี (จุดเก็บตัวอย่าง 9 จุด)	74
ข-30 ค่าการดูดกลืนแสงของการวิเคราะห์สังกะสี (จุดเก็บตัวอย่าง 9 จุด)	75
ข-31 ค่าการดูดกลืนแสงของกราฟมาตรฐานสังกะสี (บ่อรวม)	75
ข-32 ค่าการดูดกลืนแสงของการวิเคราะห์สังกะสี (บ่อรวม)	76
ข-33 ค่าการดูดกลืนแสงของกราฟมาตรฐานแคลเซียม (บ่อรวม)	77
ข-34 ค่าการดูดกลืนแสงของการวิเคราะห์แคลเซียม (บ่อรวม)	78
ข-35 ปริมาตร NaOH ที่ใช้ในการเทียบค่ามาตรฐาน Standardization ของ H_2SO_4 0.02 N (บ่อรวม)	78
ข-36 ปริมาตรของน้ำ และ 0.02 N H_2SO_4 ที่ใช้ไทเทรต	79
ข-37 ค่า Alkalinity (mg/L as $CaCO_3$)	79
ค-1 ตารางความสัมพันธ์ Alkalinity	80

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
3.1 แผนผังเส้นท่อน้ำทิ้งของกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรม	28
4.1 ลักษณะตะกรันก่อนเผา	30
4.2 ลักษณะตะกรันหลังเผา	30
4.3 ตัวอย่างผลที่ได้จากการวิเคราะห์ตะกรันก่อนเผาด้วยเครื่อง FT-IR	31
4.4 ตัวอย่างผลที่ได้จากการวิเคราะห์ตะกรันหลังเผาด้วยเครื่อง FT-IR	32
4.5 ผลการวิเคราะห์ตะกรันก่อนและหลังเผาด้วยอุณหภูมิ 900 °C ด้วยเครื่อง TGA	33
4.6 ปริมาณซัลเฟต	36
4.7 ปริมาณออร์โทฟอสเฟต	37
4.8 ปริมาณเหล็ก	37
4.9 ปริมาณคอปเปอร์	38
4.10 ปริมาณสังกะสี	38
ข-1 อินฟราเรดสเปกตรัมที่ได้จากการวิเคราะห์ตะกรันก่อนเผาด้วยเครื่อง FT-IR ครั้งที่ 1	52
ข-2 อินฟราเรดสเปกตรัมที่ได้จากการวิเคราะห์ตะกรันก่อนเผาด้วยเครื่อง FT-IR ครั้งที่ 2	52
ข-3 อินฟราเรดสเปกตรัมที่ได้จากการวิเคราะห์ตะกรันหลังเผาที่ อุณหภูมิ 900 °C ด้วยเครื่อง FT-IR ครั้งที่ 1	53
ข-4 อินฟราเรดสเปกตรัมที่ได้จากการวิเคราะห์ตะกรันหลังเผาที่ อุณหภูมิ 900 °C ด้วยเครื่อง FT-IR ครั้งที่ 2	53
ข-5 อินฟราเรดสเปกตรัมของ Calcium Carbonate	54
ข-6 ผลการวิเคราะห์ตะกรันก่อนเผาด้วยเครื่อง TGA ครั้งที่ 1	54
ข-7 ผลการวิเคราะห์ตะกรันก่อนเผาด้วยเครื่อง TGA ครั้งที่ 2	55
ข-8 ผลการวิเคราะห์ตะกรันก่อนเผาด้วยเครื่อง TGA ครั้งที่ 3	55
ข-9 ผลการวิเคราะห์ตะกรันหลังเผาที่อุณหภูมิ 900 °C ด้วยเครื่อง TGA ครั้งที่ 1	56
ข-10 ผลการวิเคราะห์ตะกรันหลังเผาที่อุณหภูมิ 900 °C ด้วยเครื่อง TGA ครั้งที่ 2	56
ข-11 ผลการวิเคราะห์ตะกรันหลังเผาที่อุณหภูมิ 900 °C ด้วยเครื่อง TGA ครั้งที่ 3	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การเรียงพิมพ์การศึกษาค้นคว้า โดยอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

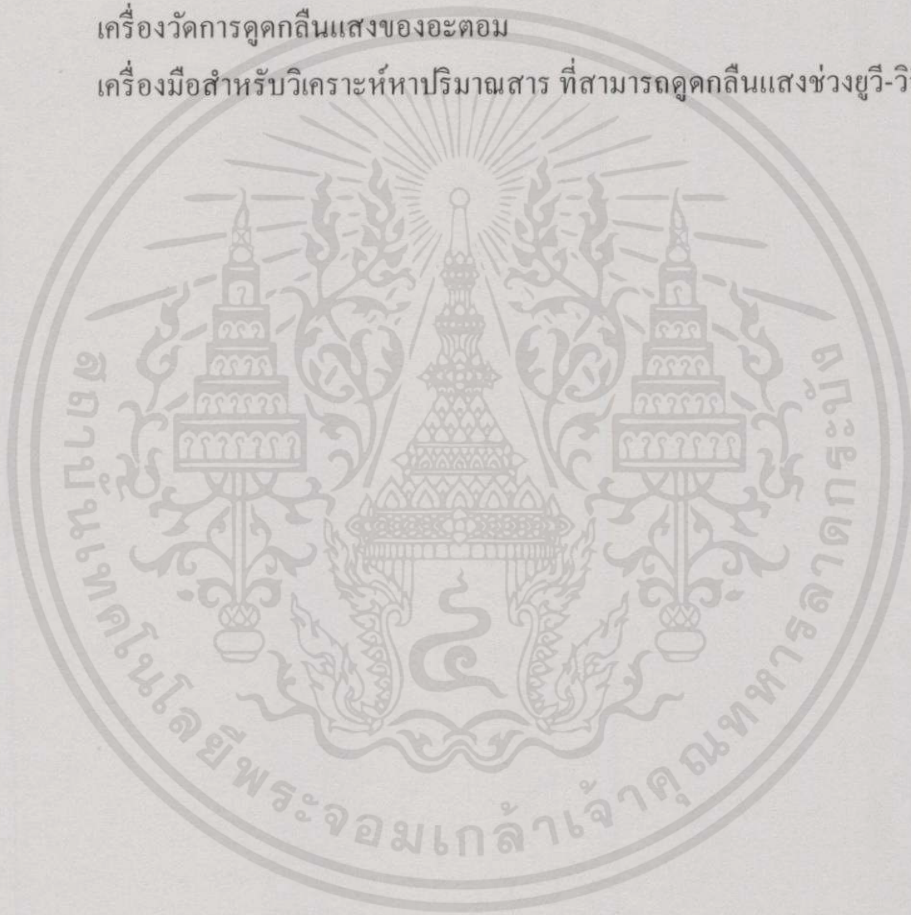
สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ข-12 เทอร์โมแกรมแสดงผลการวิเคราะห์ตะกักรันก่อนเผาด้วยเครื่อง XRD	58
ข-13 เทอร์โมแกรมแสดงผลการวิเคราะห์ตะกักรันที่ผ่านการเผาด้วยอุณหภูมิ 900 °C ด้วยเครื่อง XRD	58
ข-14 กราฟมาตรฐานซัลเฟต (จุดเก็บตัวอย่าง 9 จุด)	59
ข-15 กราฟมาตรฐานซัลเฟต (บ่อรวม)	63
ข-16 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของสารมาตรฐานฟอสเฟต (จุดเก็บตัวอย่าง 9 จุด)	65
ข-17 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของสารมาตรฐานฟอสเฟต (บ่อรวม)	67
ข-18 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของสารมาตรฐานเหล็ก(จุดเก็บตัวอย่าง 9 จุด)	68
ข-19 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของสารมาตรฐานเหล็ก (บ่อรวม)	70
ข-20 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของสารมาตรฐานคอปเปอร์ (จุดเก็บตัวอย่าง 9 จุด)	71
ข-21 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของสารมาตรฐาน คอปเปอร์ (บ่อรวม)	73
ข-22 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของสารมาตรฐานสังกะสี (จุดเก็บตัวอย่าง 9 จุด)	74
ข-23 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของสารมาตรฐานสังกะสี (บ่อรวม)	76
ข-24 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของสารมาตรฐานแคลเซียม (บ่อรวม)	77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำย่อและสัญลักษณ์

คำย่อ	ความหมาย
TGA	เครื่องวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของสาร โดยอาศัยคุณสมบัติทางความร้อน
FT-IR	เครื่องมือสำหรับวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณสาร โดยการวัดการดูดกลืนแสงของสารในช่วง Infrared
XRF	เครื่องวิเคราะห์ตัวอย่างโดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ XRF
XRD	เครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์
AAS	เครื่องวัดการดูดกลืนแสงของอะตอม
UV-Vis	เครื่องมือสำหรับวิเคราะห์หาปริมาณสาร ที่สามารถดูดกลืนแสงช่วงยูวี-วิสิเบิล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

นิคมอุตสาหกรรมสมุทรสาครได้พัฒนาพื้นที่ด้านตะวันตก และจัดตั้งเป็น การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย โดยมีจำนวนผู้ประกอบการทั้งหมด 116 ราย มีเนื้อที่ทั้งหมด 1,456 ไร่ แบ่งเป็น เขตอุตสาหกรรมทั่วไป 1,041 ไร่ เขตที่พักอาศัย / พาณิชยกรรม 28 ไร่ พื้นที่สาธารณูปโภค และสิ่งอำนวยความสะดวก 387 ไร่ (การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, 2555) ซึ่งการก่อตั้งนิคมอุตสาหกรรมนั้นทำให้เกิดปัญหามลพิษต่อสิ่งแวดล้อมตามมา น้ำเสียก็เป็นปัญหาอย่างหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ปริมาณและลักษณะน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมแต่ละประเภทมีลักษณะแตกต่างกันออกไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของโรงงานอุตสาหกรรม และขบวนการที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น น้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อม จะมีน้ำเสียที่เกิดจากการย้อมสีผ้า หรือน้ำที่ใช้ในการซักล้างหลังการฟอกย้อม น้ำที่ใช้ในหม้อไอน้ำ น้ำที่ใช้ล้างเครื่อง และทำความสะอาดโรงงาน และน้ำสาธารณูปโภคภายในโรงงาน เป็นต้น ซึ่งน้ำเสียต่างๆจากอุตสาหกรรมเหล่านี้ต้องได้รับการบำบัดอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้ได้ตามมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งที่กำหนด โดยกรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม สำหรับการนิคมอุตสาหกรรมสมุทรสาครมีนโยบายในการแก้ไขปัญหามลพิษทางน้ำ โดยการกำหนดให้แต่ละโรงงานดำเนินการบำบัดน้ำเสียเบื้องต้นก่อนที่จะปล่อยน้ำทิ้งลงสู่ท่อระบายน้ำ และส่งต่อไปยังโรงบำบัดน้ำเสียส่วนกลาง โดยระบบบำบัดน้ำเสียส่วนกลางในปัจจุบันที่ใช้อยู่ คือ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกทีเวเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge Process)

การที่นิคมอุตสาหกรรมสมุทรสาคร ไม่ระบุประเภทของอุตสาหกรรม ทำให้มีกลุ่มอุตสาหกรรมหลากหลาย เช่น ฟอกย้อม อีเล็กทรอนิกส์ อาหารทะเล เป็นต้น และน้ำเสียจากทุกโรงงานจะไหลมารวมกัน ที่ท่อรวบรวมน้ำทิ้ง (Lift Station) จากนั้นจะมีประตูควบคุมการไหลของน้ำเพื่อสูบและส่งต่อไปยังระบบบำบัดส่วนกลาง สารเจือปนที่อยู่ในน้ำทิ้ง ได้จากกลุ่มอุตสาหกรรมที่แตกต่างกันออกไป เมื่อไหลมารวมกันในเส้นท่อน้ำทิ้งทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี หรือรวมตัวกันเป็นตะกอนอุดตันในเส้นท่อ และปั๊มสูบน้ำทำให้น้ำทิ้งไม่สามารถไหลผ่านได้ โดยตะกอนส่วนมากจะเกิดจากสารละลายที่มีเกลือของแร่ธาตุต่างๆ ตกผลึกแยกออกจากน้ำ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นจำพวกหินปูน อาจมีสารอินทรีย์อุดตันรวมอยู่ด้วยจะเกาะและพอกพูนในท่อน้ำหรือถังเก็บน้ำ มีลักษณะเป็นรูปผลึกของแข็งผสมกันคล้ายกับซีเมนต์ พบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน เช่น ตะกอนที่เกาะกันด้านในกาต้มน้ำ โดยตะกอนในกาต้มน้ำ เกิดจากแร่ธาตุต่างๆที่เจือปนอยู่ในน้ำธรรมชาติ อาทิ แคลเซียมคาร์บอเนต แคลเซียมซัลเฟต แคลเซียมฟอสเฟต ซิลิกา ไฮดรอกไซด์ และซัลไฟด์ของเหล็ก และ

แมกนีเซียม รวมตัวกันตกตะกอนอยู่ที่ก้นกาน้ำ (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2557)

โครงการพิเศษนี้จึงสนใจศึกษาชนิด หรือกลุ่มของสารปนเปื้อนในเส้นท่อน้ำทิ้ง ที่ทำให้เกิดปัญหาตะกอน เพื่อลดเวลาในการบำรุงรักษา และลดค่าใช้จ่ายอันเนื่องมาจากผลเสียของตะกอน

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์หาสารที่เป็นองค์ประกอบหลักในตะกอนที่เกิดในเส้นท่อน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม
2. เพื่อแก้ไขปัญหาการเกิดตะกอนในเส้นท่อน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1. จำแนกประเภทโรงงานอุตสาหกรรมที่ตั้งอยู่ตามแนวเส้นท่อน้ำทิ้งที่ศึกษาปัญหาตะกอน
2. ทำการวิเคราะห์หาชนิด และประเภทของสารในตะกอนโดยวิธีการทดลองต่างๆ ได้แก่ การละลาย การเผา การหาปริมาณโลหะหนัก และการหาโครมพลีค
3. ตรวจสอบวิเคราะห์สารปนเปื้อนบางชนิดในน้ำทิ้งที่ถูกปล่อยออกมาจากกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมตามแนวท่อน้ำทิ้งที่ศึกษาในนิคมอุตสาหกรรมสมุทรสาคร

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบองค์ประกอบ และชนิดของธาตุที่ทำให้เกิดตะกอนในเส้นท่อน้ำทิ้ง
2. ทราบวิธีการแก้ไขปัญหาตะกอนที่เกิดในเส้นท่อน้ำทิ้งจาก โรงงานอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การเกิดตะกรันในเส้นท่อน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมในนิคมอุตสาหกรรมสมุทรสาครนั้น ก่อให้เกิดความเสียหายกับโครงสร้างและอุดตันภายในเส้นท่อ ทำให้ประสิทธิภาพในการไหลของน้ำเสียผ่านเส้นท่อนี้ลดลง การเกิดตะกรันในเส้นท่อน้ำทิ้งเกิดมาจากการรองรับน้ำเสียของหลายกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมภายในนิคม ทำให้เกิดปฏิกิริยาการรวมตัวกันของสารปนเปื้อนต่างๆและถูกสะสมอยู่ภายในเส้นท่อเป็นเวลานาน สำหรับบทนี้จะกล่าวถึงสาเหตุและวิธีการป้องกันการเกิดตะกรัน เพื่อที่จะให้เส้นท่อน้ำทิ้งสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดและยืดอายุการใช้งาน

2.1 คำจำกัดความหรือนิยามศัพท์ที่ควรทราบ

ตะกรัน (Slag) หมายถึง ธาตุที่มารวมตัวกันเป็นก้อนแข็งยึดเกาะตามผิวของอุปกรณ์ซึ่งมีความร้อน โดยปกติธาตุเหล่านี้จะละลายอยู่ในน้ำ เมื่อผ่านผิวของอุปกรณ์ที่มีความร้อนจะเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะก่อตัวยึดกันแน่นตามผิวของอุปกรณ์เกิดเป็นตะกรันแข็งขึ้นมา (ณัฐ คุ้มภู, 2553)

น้ำเสียจากอุตสาหกรรม (Industrial wastewater) หมายถึง น้ำสกปรกที่เกิดจากขบวนการผลิต ซึ่งอาจจะระบายและกำจัดแยกต่างหาก หรืออาจรวมเข้ากับท่อเดียวกันกับน้ำเสียจากบ้านเรือน หรือน้ำเสียรวม ก็ได้

2.2 กลุ่มโรงงานภายในนิคมอุตสาหกรรมสมุทรสาคร

2.2.1 กลุ่มอุตสาหกรรมสิ่งทอและเส้นใย

อุตสาหกรรมฟอกย้อม ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมขั้นกลางในอุตสาหกรรมสิ่งทอเป็นขั้นตอนที่เปลี่ยนวัสดุสิ่งทอที่อยู่ในรูปเส้นด้ายหรือผ้าดิบให้เป็นวัสดุสำเร็จรูปที่สามารถนำไปผลิตหรือจำหน่ายให้แก่ผู้บริโภคต่อไปได้กระบวนการผลิตที่เกิดขึ้นในอุตสาหกรรมฟอกย้อมนั้นต้องใช้วัตถุดิบที่เป็นสารเคมีไม่ว่าจะเป็นสีย้อมกรดด่าง และสารปรับปรุงคุณภาพต่างๆ เช่น สารตกแต่งสารฟอกขาว เป็นต้น และสิ่งที่ไม่ได้ก็คือน้ำที่ใช้ในกระบวนการฟอกย้อมที่ต้องใช้ในปริมาณที่มากเพื่อให้ได้ผ้าหรือเส้นด้ายที่มีสีสันทนสวยงาม คงทนต่อสภาวะแวดล้อม ตลอดจนความพอใจความรู้สึกรู้สึกของผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 กลุ่มอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม

อุตสาหกรรมที่นำผลิตผลจากภาคเกษตร ได้แก่ ผลิตผลจากพืช ปศุสัตว์ และ ประมง มาใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตอาหาร โดยอาศัยเทคโนโลยีการแปรรูปอาหารและการถนอมอาหาร ตลอดจนเทคโนโลยีเครื่องจักรอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปอาหาร (food processing equipment) บรรจุภัณฑ์อาหาร (packaging) เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์อาหารให้ได้ปริมาณมากๆ มีคุณภาพสม่ำเสมอปลอดภัย และสะดวกต่อการบริโภค หรือการนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป และเป็นการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลจาก พืช ปศุสัตว์ และประมง (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, 2557)

2.2.3 กลุ่มอุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์

อุตสาหกรรมที่ผลิตชิ้นส่วน และส่วนประกอบของสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ เช่น IC, PCB, Capacitor เป็นต้น ซึ่งในประเทศไทยได้มีการลงทุนในอุตสาหกรรมประเภทนี้สูงมาก ไม่ว่าจะเป็นการลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศ การร่วมลงทุน และบริษัทในประเทศเอง ซึ่งบริษัทต่างชาติ และบริษัทร่วมลงทุนจากต่างชาติ จะมีขนาดกลางและขนาดใหญ่ ซึ่งโดยมากแล้วจะใช้เครื่องจักรวัตถุดิบ รวมทั้งเทคโนโลยีจากบริษัทแม่จากต่างประเทศ ส่วนบริษัทที่เป็นของคนไทยเองนั้นส่วนใหญ่แล้วจะเป็นมีขนาดเล็ก หรือไม่ก็เป็นการทำสัญญาการผลิต (Subcontracting) (กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม และกระทรวงอุตสาหกรรม, 2543)

2.3 ลักษณะน้ำเสียของกลุ่มอุตสาหกรรม

2.3.1 น้ำเสียจากกลุ่มอุตสาหกรรมฟอกย้อม (กรมควบคุมมลพิษ ก, 2548)

กระบวนการฟอกย้อมเป็นการใช้สารเคมีและสีย้อมที่อาศัยน้ำเป็นตัวกลางตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมผ้า การย้อมสี การตกแต่งสำเร็จ และการชำระล้างทำความสะอาดเครื่องจักร อุปกรณ์ของแต่ละขั้นตอน นอกจากนี้ยังต้องการน้ำสำหรับใช้ในหม้อไอน้ำและน้ำหล่อเย็น แต่ละกระบวนการจะมีความเข้มข้นของมลสารในน้ำเสียที่สูง ดังนั้นน้ำที่ใช้ในกระบวนการฟอกย้อมเกือบทั้งหมดจะกลายเป็นน้ำเสียที่แตกต่างกันทั้งในด้านปริมาณและลักษณะสมบัติของน้ำสามารถจำแนกการใช้น้ำตามวัตถุประสงค์ดังนี้

1. การใช้น้ำในกระบวนการฟอกย้อม
2. การใช้น้ำในหม้อไอน้ำ
3. การใช้น้ำในการหล่อเย็น
4. การใช้น้ำในการทำความสะอาดเครื่องจักร
5. การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ลักษณะของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตของโรงงานฟอกย้อม

กระบวนการ	มลสารในน้ำทิ้ง	ปริมาณน้ำทิ้ง	ลักษณะของน้ำทิ้ง
ลอกแป้ง	แป้ง กลูโคส ซีเอ็มซี พีวีเอ เรซิน ไขมันและขี้ผึ้ง ธรรมชาติหรือสังเคราะห์	น้อย	บีโอดีสูง
ขจัดสิ่งสกปรก	โซดาไฟ ขี้ผึ้งและกรีซ โซดาแอส โซเดียม ซัลเฟต เศษเส้นใย	น้อยมาก	เป็นด่างแรง สีดำ บีโอดีสูง
ฟอกขาว	ไฮโปคลอไรท์ คลอรีน โซดาไฟ กรดไฮโดรเจน เปอร์ออกไซด์	น้อย	สารประกอบพวกด่าง บีโอดีประมาณ 5%
ชุบมัน	โซดาไฟ	น้อย	เป็นด่างแรง บีโอดีต่ำ
ย้อมสี	สีย้อมชนิดต่างๆเกลือและ สารรีดิวซิ่ง เช่น ซัลไฟด์	มาก	สีเข้ม บีโอดีค่อนข้างสูง ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ซีโอดีต่ำและเกิดฟอง
การพิมพ์	สี แป้งพิมพ์ กาว ไขมัน สารที่ทำให้เกิดกรดและ เกลือโลหะ	น้อยมาก	สีเข้ม บีโอดีค่อนข้างสูง มีไขมัน
การตกแต่งสำเร็จ	แป้งเล็กน้อย สารตกแต่ง ที่เหลือ เกลือ	น้อยมาก	เป็นด่างเล็กน้อย บีโอดีต่ำ ซีโอดีสูง

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ (2548)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 นำเสียจากกลุ่มอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร

2.3.2.1 นำเสียจากอุตสาหกรรมปลากระป๋อง เป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปจาก ปลาเป็นวัตถุดิบหลัก ปลาที่ใช้ผลิตปลากระป๋อง ได้แก่ ปลาซาร์ดีน ปลาทูน่า ปลาแซลมอน ปลาแมกเคอเรล เป็นต้น อาจะบรรจุในน้ำเกลือ น้ำมันพืช ซอสมะเขือเทศ น้ำแร่ หรืออื่น ๆ การผลิตปลากระป๋อง ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

1. การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบ
2. การตัดแต่ง
3. การล้างทำความสะอาด (washing)
4. การบรรจุ (can filling)
5. การเติมของเหลว
6. การไล่อากาศ (exhausting)
7. การฆ่าเชื้อ (sterilization)
8. การลดอุณหภูมิกระป๋อง (cooling)
9. การปิดฉลากและบรรจุกล่อง

แต่ละขั้นตอนการผลิตจะมีปริมาณน้ำเสียรวมที่มีความสกปรกในรูปสารอินทรีย์สูงมาก

การเตรียมวัตถุดิบ หลังจากคัดเลือกปลาแล้ว ปลาจะถูกนำไปล้างทำความสะอาด เพื่อกำจัดสิ่งสกปรก จากนั้นนำไปตัดตกแต่งส่วนที่ไม่ต้องการออก โดยในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบจะมีน้ำเสียเกิดขึ้นในปริมาณมากรวมทั้งมีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์

การนึ่งปลา น้ำเสียจากการนึ่งปลามีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำเสียที่เกิดจากขั้นตอนอื่นๆ แต่มีองค์ประกอบของมลสารต่างๆที่มีความเข้มข้นสูง ซึ่งหากทิ้งลงสู่ระบบบำบัดรวมของโรงงาน มีผลทำให้ค่าบีโอดี ของน้ำเสียรวมของ โรงงานสูงขึ้น ควรมีการจัดการน้ำเสียส่วนนี้แยกออกจากรน้ำเสียอื่นๆ

การลดอุณหภูมิกระป๋องหลังจากการนึ่งฆ่าเชื้อ โดยจะมีการหล่อเย็นภายในหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ ดังนั้นน้ำเสียที่เกิดขึ้นมีความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ต่ำแต่จะมีอุณหภูมิสูง

(กรมควบคุมมลพิษ, 2548)

2.3.2.2 นำเสียจากอุตสาหกรรมผักและผลไม้กระป๋อง ได้แก่ น้ำสกปรกจากอุตสาหกรรมน้ำตาล แป้ง ข้าวโพด ผลกระป๋อง น้ำผลไม้กระป๋อง และผักกระป๋องต่าง ๆ รวมถึงการถนอมอาหารในลักษณะต่าง ๆ เช่น การตากแห้ง การดอง และการแช่แข็ง เป็นต้น

น้ำสกปรกประเภทนี้จะมีความเข้มข้นและสารต่างๆปริมาณมากมี BOD สูง โรงงานอุตสาหกรรมมักจะตั้งอยู่ในชนบทห่างไกลและอาจมีการดำเนินการผลิตเป็นไปตามฤดูกาลของวัตถุดิบที่ป้อนเข้าสู่โรงงาน

วิธีบำบัดน้ำสกปรกประเภทนี้ เนื่องจากมี ปริมาณสารแขวนลอย สารละลาย มีอุณหภูมิ และ BOD สูงมาก ขบวนการบำบัดประกอบด้วย การดักตะแกรง การแยกตะกอนหนัก ดินทราย ในถังตกตะกอน การใส่ปูนขาวและการทำให้เกิดการรวมตะกอนและตกตะกอน การบำบัดช่วงหลังจะสามารถลดสารแขวนลอยได้ร้อยละ 90 และลด BOD ได้ร้อยละ 40 วิธีการดักน้ำสกปรกไว้ในสระมักใช้ไม่ได้ผล เพราะจะเกิดการเน่าเสียอย่างรุนแรง ต้องแก้ไขโดยการใส่ปูนขาว ตะกอนที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยได้ต่อไป กากข้าวโพด หลังจากการทำแป้ง น้ำมัน น้ำตาล และน้ำเชื่อม แล้วสามารถเป็นอาหารสัตว์ เช่น วัวได้

น้ำสกปรกจะได้รับการบำบัดประณภูมิก่อน แล้วจึงส่งเข้าที่ระบายน้ำสกปรก ชุมชนนำไปบำบัดรวมกันกับน้ำทิ้งชุมชนได้เลย แต่ถ้าไม่ส่งเข้าที่ระบายน้ำสกปรกชุมชน การบำบัดทุกขบวนการจะประกอบด้วย การทำให้ตกตะกอนโดยสารเคมี เช่น ปูนขาว หรือ เฟอริคซัลเฟต หรือ เฟอริกซัลเฟต หลังจากตกตะกอนแล้วจึงนำไปยังเครื่องกรองไหลหยด และต้องมีการแบ่งตะกอนเวียนกลับมาเติมตรงทางเข้าถังกรองใหม่อีกด้วย และทำการตกตะกอนน้ำสกปรกที่ออกจากถังกรองไหลหยดอีกครั้งหนึ่ง ตะกอนที่ได้จากถังตกตะกอนทั้ง 2 ถัง จะต้องนำมาหมักในถังหมักจะเกิดการคายเป็นรวดเร็ว ต้องควบคุมให้อยู่ในสภาพด่าง เพื่อเป็นการเร่งให้เกิดปฏิกิริยาหมักได้เร็วดีขึ้น ก๊าซที่ได้เป็นก๊าซมีเทน ซึ่งสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ (วรรณศรี บุญยรัตพันธุ์, 2536)

2.3.3 น้ำเสียจากกลุ่มอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2551)

เป็นการนำเอาแผ่นวงจรพิมพ์ (PCB) และชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ เช่น แผงวงจรไฟฟ้ารวม (IC) ทรานซิสเตอร์ (Transistor) คาปาซิเตอร์ (Capacitor) ไดโอด (Diode) ความต้านทาน (Resistor) และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ มาประกอบรวมกันตามตำแหน่งที่ได้กำหนด ให้ได้แผ่นวงจรสำเร็จรูป (Printed circuit board assembly: PCBA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ลักษณะของน้ำเสียจากกลุ่มอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์

กระบวนการ	ลักษณะของน้ำเสีย
ถ่ายภาพภายใน	สมบัติเป็นด่าง
กัดทองแดง	สมบัติเป็นกรด
ชุบทองแดง (Black/Brown oxide)	สมบัติเป็นกรดหรือด่างและมีทองแดงเจือปน
ขัดผิวทองแดง	มีฝุ่นทองแดงเจือปน
สร้างผิวทองแดงที่ผนังของรู	สมบัติเป็นกรด และมีทองแดงเจือปน
ชุบทองแดงด้วยไฟฟ้า	สมบัติเป็นกรดและมีทองแดงเจือปน
ถ่ายภาพชั้นนอก	สมบัติเป็นด่าง
ชุบเพิ่มความหนาของทองแดงและชุบดีบุก	สมบัติเป็นกรดและมีทองแดงเจือปน
กัดทองแดง และดีบุก	สมบัติเป็นกรดและมีทองแดงและดีบุกเจือปน
เคลือบผิวบอร์ดด้วยสี	สมบัติเป็นกรด
ชุบโลหะชนิดต่าง ๆ ต่อจาก กระบวนการพิมพ์สัญลักษณ์	สมบัติเป็นกรดซึ่งมีโลหะชนิดต่างๆ เจือปน เช่น ทองคำ นิกเกิล ดีบุก เงิน เป็นต้น
สลักบอร์ดแบบบรรจุวัสดุ	น้ำใช้หมุนเวียนในสลักบอร์ดที่ หมดสภาพการใช้งาน

ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2551)

ลักษณะเฉพาะของน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ สามารถอธิบายได้ดังนี้

น้ำเสียที่มีลักษณะสมบัติเป็นด่าง หมายถึง สารละลายที่มีฤทธิ์เป็นด่างที่ใช้แล้วทั้งหมด ที่มีสารแขวนลอยประเภทไขมัน และอนุเล็ก ๆ ของน้ำมัน อาจมีค่าพีเอช ประมาณ 9 หรือมากกว่า

น้ำเสียที่มีลักษณะสมบัติเป็นกรด เกิดจากกระบวนการชุบโลหะต่าง ๆ และน้ำที่หมดสภาพการใช้งานจากสลักบอร์ดที่ใช้กำจัดไอกรด อาจมีค่าพีเอช ประมาณ 3 หรือน้อยกว่า

โลหะหนักส่วนใหญ่มาจากกระบวนการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า เช่น ทองแดง ตะกั่ว นิกเกิล
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
เป็นต้น
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การเกิดตะกอน

สาเหตุใหญ่ที่ทำให้เกิดตะกอนมีดังนี้ (ปริญาญา ประโลมรัมย์, 2553)

2.4.1 ของแข็งแขวนลอยในน้ำ (Suspended Solids)

ส่วนใหญ่สารพวกนี้ ได้แก่ ทราย โคลน และเศษวัสดุที่เจือปนอยู่ในน้ำ น้ำที่ไม่ได้รับการปรับปรุงคุณภาพให้ถูกต้องก็จะมีสารแขวนลอยหลุดเข้ามาในระบบการใช้งาน ซึ่งจะเกาะติดตามผิวโลหะต่างๆ

2.4.2 ของแข็งละลาย (Dissolved Solids)

ตะกอนส่วนใหญ่ที่เกิดจากสารละลาย ได้แก่ สารพวกคาร์บอนเนต (CO_3) และ ซัลเฟต (SO_4) และซิลิกา (SiO_2) โดยที่ความเข้มข้นของสารละลายและอุณหภูมิของน้ำจะมีผลให้เกิดตะกอนมากหรือน้อย เช่น การตกตะกอนของ CaCO_3 คือ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิ CaCO_3 จะตกตะกอนแทนที่จะละลายน้ำมากขึ้น

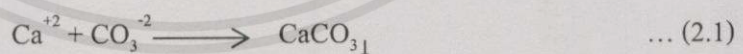
2.4.3 จุลินทรีย์ (Microorganism)

ซึ่งส่วนใหญ่ ได้แก่ พวกแบคทีเรีย เชื้อรา (Fungi) และสาหร่าย (Algae) พวกแบคทีเรียทำให้เกิดเมือกหนาเกาะติดทั้งภายนอกและภายในท่อ แบคทีเรีย เช่น พวก Nitrifiers และ Sulfate Reducers เป็นสาเหตุทำให้เกิดสนิมได้ด้วย พวกเชื้อราทำให้เกิดสีต่างๆ ตามผิวโลหะ พวกสาหร่ายจะจับเกาะกันเป็นแผ่นและทำให้เกิดการอุดตัน

2.5 ประเภทของตะกอนชนิดต่างๆ

2.5.1 แคลเซียมคาร์บอเนต (ณรงค์ วุทธเสถียร, 2548)

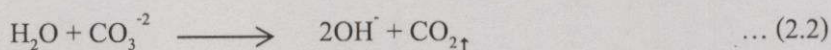
แคลเซียมคาร์บอเนตหรือแคลไซต์ เป็นตะกอนที่เป็นผลึกเม็ดใหญ่ แต่ถ้ามีสิ่งเจือปน (Impurities) อยู่ในผลึกแล้ว ผลึกจะมีรูปร่างเป็นเม็ดเล็กๆ ขนาดใกล้เคียงกัน ตะกอนหรือตะกอนแคลเซียมคาร์บอเนตเกิดจากการจับตัวตกตะกอนเป็นแคลเซียมคาร์บอเนตตามสมการ



ที่ 25 °C (77°F) แคลเซียมคาร์บอเนตละลายในน้ำกลั่นที่มีความดันย่อย (Partial Pressure) ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 3.2×10^{-4} บรรยากาศ (atm) ได้ 0.053 กรัมต่อลิตร จะเห็นได้ว่าแคลเซียมคาร์บอเนตจะละลายน้ำเพียงเล็กน้อย แต่การละลายนี้ขึ้นกับค่าความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อุณหภูมิ และปริมาณสารบางชนิดในน้ำ เช่น เกลือ (NaCl)

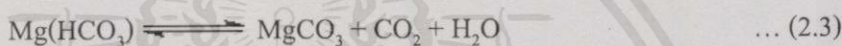
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า การที่ตะกอนหรือตะกอนแคลเซียมคาร์บอเนตเกิดขึ้นได้ง่ายเนื่องจากในน้ำทุกประเภทจะมีความเป็นด่างอยู่เสมอ และความเป็นด่างนี้จะอยู่ในรูปไบคาร์บอเนต เมื่อได้รับความร้อนก็จะสลายตัวให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และคาร์บอเนตไอออนออกมา คาร์บอเนตไอออนจะจับกับ

แคลเซียมไอออนเป็นแคลเซียมคาร์บอเนตตามสมการข้างต้น จนกระทั่งในน้ำนั้นก็มีแคลเซียมคาร์บอเนตละลายอยู่มากจนทำให้ผลคูณของการละลาย (Solubility Product) ของ CaCO_3 มีค่าเกินกว่าค่าที่สามารถมีอยู่ในน้ำโดยไม่ตกผลึกออกมา ก็จะทำให้เกิดการตะกอนหรือตกผลึกออกมาได้ และในขณะเดียวกันคาร์บอเนตไอออนบางส่วนจะให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นอีกด้วย



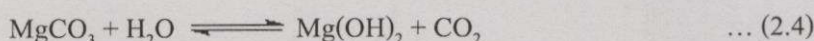
2.5.2 แมกนีเซียมคาร์บอเนตและไฮดรอกไซด์

ตะกอนและตะกรันแมกนีเซียมที่พบเห็นปกติจะเป็นแมกนีเซียมคาร์บอเนต (MgCO_3) การละลายของแมกนีเซียมคาร์บอเนตในน้ำก็ขึ้นกับปัจจัยต่างๆ เช่นเดียวกับในกรณีแคลเซียมคาร์บอเนต แมกนีเซียมคาร์บอเนตเกิดจากการสลายตัวของแมกนีเซียมไบคาร์บอเนตดังสมการ



แมกนีเซียมคาร์บอเนตละลายในน้ำกลั่นได้ 0.223 กรัมต่อลิตร ซึ่งละลายได้มากกว่าแคลเซียมคาร์บอเนต 4 เท่า จึงเห็นได้ว่าตะกรันแมกนีเซียมคาร์บอเนตจะก่อให้เกิดปัญหาน้อยกว่าแคลเซียมคาร์บอเนตโดยปกติแล้วในน้ำที่มีแมกนีเซียม ก็จะมีแคลเซียมอยู่ด้วย ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงใดๆ ที่จะทำให้แมกนีเซียมคาร์บอเนตละลายในน้ำได้น้อยลงก็จะทำให้การละลายของแคลเซียมคาร์บอเนตลดลงได้เช่นกัน ซึ่งจะทำให้แคลเซียมคาร์บอเนตแยกตัวตกตะกอนออกมา จะทำให้ปริมาณคาร์บอเนตไอออนในน้ำลดลงเช่นกัน มีข้อยกเว้นในกรณีที่น้ำจากสองแหล่งมาผสมกัน ถ้าหากน้ำชนิดหนึ่งมีแมกนีเซียม แคลเซียม และคาร์บอเนตไอออนอยู่ในสมดุลกันดีแล้ว ไปผสมกับน้ำอีกชนิดหนึ่งที่มีปริมาณแมกนีเซียมสูง ก็จะทำให้แมกนีเซียมคาร์บอเนตแยกตัวมาตกตะกอนแคลเซียมคาร์บอเนต

ปกติแล้วน้ำที่มีแคลเซียม แมกนีเซียม และคาร์บอเนต แคลเซียมคาร์บอเนตจะจับตัวตกตะกอนได้จนกระทั่งถึงอุณหภูมิ 82 °C ถ้าหากอุณหภูมิสูงกว่านี้จนกระทั่งใกล้จุดเดือดของน้ำ แมกนีเซียมคาร์บอเนตที่เกิดขึ้นจะสลายตัวเป็นตะกรันแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ หรือ Brucite ดังสมการ

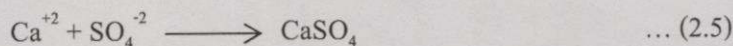


การละลายของแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์จะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 แคลเซียมซัลเฟต

แคลเซียมซัลเฟตหรือยิปซัมมักจะเกาะบนพื้นผิวโลหะในท่อเป็นตะกรันมากกว่าที่จะเกิดเป็นตะกอนหรือสลัดจ์ ผลึกของแคลเซียมซัลเฟตมีขนาดเล็กกว่าของแคลเซียมคาร์บอเนต ตะกรันจึงมีเนื้อแน่นและแข็งกว่าตะกรันแคลเซียมคาร์บอเนต ปฏิกริยาจับตัวตกตะกอนมีดังนี้



แคลเซียมซัลเฟตละลายในน้ำกลั่นได้ 2.09 กรัมต่อลิตรที่ 25 °C ดังนั้นตะกรันแคลเซียมซัลเฟตจะตกตะกอนหลังตะกรันแคลเซียมคาร์บอเนตเพราะการละลายในน้ำแตกต่างกันมาก แคลเซียมซัลเฟตพบได้ใน 3 รูปแบบ คือ

1. Gypsum, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
2. Hemi-hydrate, $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$
3. Anhydrite, CaSO_4

ที่พบในธรรมชาติอยู่ในรูปยิปซัมและแอนไฮไดรต์เท่านั้น

2.5.4 เหล็ก

ตะกรันเหล็กเกิดได้จากสองแหล่งคือ ในแหล่งน้ำที่มีเหล็กละลายอยู่อีกแหล่งเกิดจากการกัดกร่อนของเหล็ก เหล็กที่ตกตะกอนจากสาเหตุทั้งสองนี้จะไปเกาะเป็นตะกรันบนโลหะอยู่ในน้ำ ในรูปของสารคอลลอยด์น้ำที่มีเหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) ในสภาพคอลลอยด์ จะมีสีแดงของสนิมเหล็ก แต่ถ้าเป็นน้ำที่มีเหล็กซัลไฟด์ (FeS) ในสภาพคอลลอยด์จะมีสีดำ ตะกรันเหล็กซัลไฟด์อาจจะอยู่ในรูป Kansite (Fe_9S_8), Pyrrhotite ($\text{Fe}_{0.875}\text{S}$) และ Pyrite (FeS_2)

น้ำที่มีก๊าซออกซิเจนละลายอยู่จะกัดกร่อนเหล็กทำให้เกิดตะกรันเฟอร์รัสไฮดรอกไซด์ และเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์ ถ้าน้ำมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ละลายอยู่เมื่อกัดกร่อนเหล็กจะเกิดตะกรันเฟอร์รัสคาร์บอเนตในแหล่งน้ำธรรมชาติเหล็กที่ละลายอยู่ในน้ำจะอยู่ในรูปเฟอร์รัส (Fe^{2+}) หรือ เฟอร์ริก (Fe^{3+}) อีออนตะกรันที่เกิดจากเหล็กละลายอยู่ในน้ำมีดังนี้ เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3), เฟอร์รัสคาร์บอเนต (FeCO_3), เฟอร์รัสซัลไฟด์ (FeS), เฟอร์รัสไฮดรอกไซด์ (Fe(OH)_2) และ เฟอร์ริกไฮดรอกไซด์ (Fe(OH)_3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การป้องกันตะกรันเกิดจากสารแขวนลอย

การป้องกันตะกรันที่เกิดจากรสารแขวนลอย ทำได้ด้วยการกำจัดสารแขวนลอยต่างๆ ออกจากน้ำ เช่น การเติมเคมีกวนผสมกับน้ำ และทำให้ตกตะกอนแล้วจึงผ่านกระบวนการกรองน้ำ (Filtration) เพื่อกำจัดสารแขวนลอยในน้ำ

2.7 หลักการป้องกันและควบคุมการเกิดตะกรัน

ตะกรันเป็นผลที่เกิดขึ้นจากการตกผลึกของสารประกอบที่ละลายอยู่ในน้ำ การหมุนเวียนน้ำในลักษณะที่ทำให้มีความเข้มข้นสูงขึ้นดังเช่นที่เกิดขึ้นกับระบบหม้อไอน้ำหรือระบบหล่อเย็น เป็นเหตุให้มีการตกผลึกเกิดขึ้นเสมอ สารที่มีความสามารถในการละลายน้ำได้น้อยที่สุดจะตกผลึกก่อน สารประกอบใดที่มีผลคูณของความเข้มข้นของไอออนที่เกิดจากการแตกตัวสูงกว่าค่า Solubility Product (ผลคูณของการละลาย) สารนั้นจะเกิดการตกผลึก ยกตัวอย่างเช่น แคลเซียมคาร์บอเนตมีผลคูณของการละลายเท่ากับ 4.82×10^{-9} หมายความว่า ถ้าค่าของ $[Ca^{2+}] \times [CO_3^{2-}]$ สูงกว่า 4.82×10^{-9} แคลเซียมคาร์บอเนตจะเกิดการตกผลึก เป็นต้น สารประกอบต่างๆ จะมีค่าผลคูณของการละลายแตกต่างกันไป ทั้งนี้หากต้องการป้องกันการเกิดตะกรันควรทำให้ค่าผลคูณของความเข้มข้นของไอออนที่แตกตัวน้อยกว่าค่า Solubility Product ซึ่งก็จะช่วยลดการเกิดผลึกของสารละลายได้ หรือแม้แต่การควบคุมระดับของไอออนและสารประกอบ หรือการเลือกใช้สารเคมีที่มีความสามารถละลายน้ำสูง (ค่า Solubility Product สูง) ก็อาจช่วยป้องกันการตกผลึกได้เช่นกัน นอกจากนี้ตะกรันที่เกิดขึ้นอาจเป็นตะกรันแข็งหรือเหลวก็ได้ ยกตัวอย่างเช่น ตะกรันของซิลิกาเป็นตะกรันแข็งที่จับแน่นบนผิวโลหะ ส่วนตะกรันของแคลเซียมไฮดรอกซีแอฟฟาไทต์ (Calcium Hydroxy Apatite) นั้นเป็นตะกรันหรือตะกอนเหลวซึ่งไม่จับแน่นบนโลหะ เป็นต้น (มันสิน ตันจุลเวสม์ ก, 2545) หากสามารถสร้างตะกรันเหลวให้เกิดขึ้นแทนตะกรันแข็งได้ ตะกรันก็ไม่ก่อความยุ่งยากแก่ระบบหม้อไอน้ำ ระบบหล่อเย็น หรือแม้ระบบการหมุนเวียนน้ำในท่ วิธีการในการควบคุมและป้องกันตะกรันแสดงในตารางที่ 2.3 และสรุปได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 Summary of chemical and non-chemical treatment options

Option	Mechanism	Reported effectiveness
Ion exchange softening	Removes scale forming calcium species	100% scale control
Acid dosing	Changes calcium carbonate solubility	100% scale control, although corrosion issues
Chemical inhibitors	Block growth sites stopping crystal formation	Up to 100% achievable but dependent on chemical type, water quality and dose
Metal ions	Block growth sites or react with carbonate	80% reduction
Magnetic conditioners	None agreed	80% reduction
Electronic conditioners	Preferential formation of particles in bulk	40% reduction
Electrolytic	Release inhibitory metal ions in to solution	30% reduction
Ultrasound	Local pH changes induce precipitation	65% reduction
Surface modification	Produce lower fouling surface	90% achievable

ที่มา : MacAdarn and Parsons, 2004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1 การระบายน้ำเข้มข้นออกทิ้ง

หลักการข้อแรกในการป้องกันตะกรันไม่ว่าจะเป็นในระบบใดก็ตาม คือ จะต้องมีการระบายน้ำเข้มข้นออกทิ้งบ้างเพื่อเป็นการลดปริมาณสารต่างๆ ในน้ำของระบบหมุนเวียนการกระทำดังกล่าวจะช่วยให้โอกาสและแนวโน้มในการตกผลึกลดลง

2.7.2 การกำจัดต้นเหตุของตะกรัน

ต้นเหตุที่สำคัญอย่างหนึ่งของตะกรัน คือ ความกระด้างในน้ำซึ่งส่วนใหญ่จะเกิดจากแคลเซียมและแมกนีเซียม การเปลี่ยนแปลงสมดุลของน้ำทำให้สารประกอบแคลเซียมและแมกนีเซียมตกผลึกได้อย่างรวดเร็วกว่าสารตัวอื่น ดังนั้นการกำจัดความกระด้างจึงเท่ากับเป็นการป้องกันการตกผลึกอันเป็นทางนำไปสู่การสร้างตะกรัน อย่างไรก็ตาม การกำจัดความกระด้างมักเป็นวิธีที่ใช้ค่าใช้จ่ายสูงสำหรับการควบคุมตะกรันของระบบหล่อเย็น โดยเฉพาะระบบแบบเปิดที่ใช้น้ำเพียงครั้งเดียว ทั้งนี้เนื่องจากระบบดังกล่าวต้องใช้น้ำเป็นจำนวนมาก แต่สำหรับระบบหม้อไอน้ำ การกำจัดความกระด้างมักเป็นวิธีปรุงแต่งน้ำภายนอกระบบหม้อไอน้ำที่นิยมปฏิบัติกันโดยทั่วไป

2.7.3 การสร้างสารประกอบที่ตกผลึกได้ยาก

เนื่องจากแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นสารประกอบที่ตกผลึกได้ง่ายที่สุด ดังนั้นการห้ามไม่ให้สารแคลเซียมคาร์บอเนตเกิดขึ้นจึงเป็นการทำให้การตกผลึกเกิดขึ้นได้ช้าการเติมกรดกำมะถันสามารถเปลี่ยนแคลเซียมคาร์บอเนต(ซึ่งจะสลายตัวกลายเป็นแคลเซียมไบคาร์บอเนตได้)ให้กลายเป็นแคลเซียมซัลเฟตซึ่งมีความสามารถในการละลายน้ำได้ดีกว่าแคลเซียมคาร์บอเนตไม่ต่ำกว่า 100 เท่าที่อุณหภูมิ ดังนั้น แนวโน้มในการตกผลึกจึงลดลง

2.7.4 การห้ามผลึกมิให้จับเป็นตะกรัน

การเติมสารโพลีเมอร์บางอย่างสามารถป้องกันมิให้ผลึกที่เกิดขึ้นไปเกาะผิววัสดุกลายเป็นตะกรันแข็ง สารโพลีเมอร์เหล่านี้อาจมีกลไกแตกต่างกันในการป้องกันตะกรัน สารประกอบโพลีเมอร์ ในที่นี้หมายถึงสารอินทรีย์สังเคราะห์ที่ประกอบด้วย โมเลกุลชนิดเดียวกันต่อกันยาวๆ สารโพลีเมอร์บางชนิดเป็นสารห้ามตะกรันที่ดีกว่าสารออร์แกนิก ตัวอย่างของสารโพลีเมอร์ได้แก่ Polyacrylic acid, Polymethacrylic acid และ Polymaleic anhydride ความสามารถในการป้องกันการเกิดตะกรันของสารโพลีเมอร์ เกิดขึ้นเนื่องจากมันสามารถให้ผลึกของสารตะกรันบิดเบี้ยวไปจากสภาพปกติ จนไม่อาจจับเป็นตะกรันได้อีก ด้วยเหตุนี้ สารโพลีเมอร์จึงทำให้ผลึกสารตะกรันกระจายตัวเป็นตะกอนแขวนลอยอยู่ในน้ำ สารประกอบฟอสเฟต มีความสามารถคล้ายกับสารโพลีเมอร์ที่กล่าวไปแล้วเพราะสามารถสร้างตะกรันของเหล็กได้โดยทำให้เหล็กกระจายตัวอยู่ในน้ำ โดยไม่เกิดผลึกหรือตะกรัน

2.7.5 การทำให้ผลึกละลายน้ำ

สารที่เรียกว่า คีเลนต์ (Chelant) มีความสามารถในการแย่งทำปฏิกิริยากับไอออนของโลหะ เช่น แคลเซียม แมกนีเซียมเหล็กและทองแดง ทำให้เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่ละลายน้ำได้สูงเมื่อไอออนของโลหะถูกแย่งไปทำปฏิกิริยาแล้ว ผลึกธรรมชาติจึงไม่อาจเกิดขึ้นทำให้ปริมาณการเกิดตะกรันลดลง

2.7.6 การสร้างตะกรันเหลว (หรือตะกอน)

เนื่องจากตะกรันเป็นสิ่งที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ แต่อาจเลือกชนิดให้เกิดได้โดยการเติมสารเคมีบางอย่าง ดังนั้นวิธีควบคุมตะกรันแบบหนึ่งคือปล่อยให้ตะกอนเหลวเกิดขึ้น แทนตะกรันแข็งซึ่งกำจัดได้ยาก ตัวอย่างของวิธีนี้คือ การเติมฟอสเฟตเพื่อสร้างตะกรันของแคลเซียมไฮดรอกซีแอสพาไตต์ (Calcium Hydroxy Apatite) ซึ่งเป็นตะกอนเหลวที่อาจระบายออกจากกันหม้อไอน้ำได้โดยง่าย นอกจากนี้การเติมสารอินทรีย์ธรรมชาติบางอย่าง เช่น ลิกนิน แทนนิน แป้ง สามารถช่วยทำให้ผลึกไม่รวมตัวและไม่เกาะผิววัสดุ (มันสิน ตันฑุลเวศม์ ข, 2545)

การเกิดตะกรันมักหลีกเลี่ยงได้ยาก เพราะน้ำในธรรมชาติมีส่วนประกอบที่เอื้ออำนวยต่อการตกผลึกและสร้างตะกรัน ตะกรันส่วนใหญ่เกิดจากแคลเซียมและแมกนีเซียมซึ่งมีความสามารถในการละลายน้ำได้น้อยอันที่จริงแล้ว การตกผลึกไม่นับเป็นปัญหาที่แท้จริงถ้าผลึกดังกล่าวแขวนลอยอยู่ในน้ำนั้นได้โดยไม่จับผิวโลหะ และสร้างเป็นตะกรัน ปัญหาเรื่องตะกรันในหม้อไอน้ำหรือในที่อื่น ๆ เกิดขึ้นเพราะแคลเซียมและแมกนีเซียมรวมตัวกับคาร์บอเนต และซัลเฟตทำให้เกิดการตกผลึกเป็นเกลือที่ไม่ละลายน้ำ (ดูปฏิกิริยาที่แสดงข้างล่างในตารางที่ 2.4) ซึ่งรวมถึงซิลิเกตก็สามารถสร้างตะกรันได้ เช่นกัน ถ้ามีซิลิกาอยู่ในน้ำในระดับที่เกินกว่าความสามารถในการละลาย ตะกรันจะที่เกิดจากซิลิกาและซิลิเกตจะก่อให้เกิดปัญหามากกว่าตะกรันคาร์บอเนตและซัลเฟตเพราะเป็นตะกรันที่แข็งและจับตัวกันแน่น

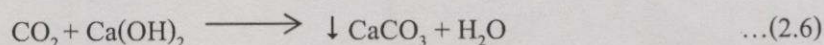
ตารางที่ 2.4 ตารางแสดงปฏิกิริยาการเกิดเกลือที่ไม่ละลายน้ำ

ไอออนบวกที่ละลายน้ำ	+	ไอออนลบที่ละลายน้ำ	เกลือที่ไม่ละลายน้ำ
Ca ²⁺	+	CO ₃ ²⁻	CaCO ₃
Ca ²⁺	+	SO ₄ ²⁻	CaSO ₄
Mg ²⁺	+	CO ₃ ²⁻	MgCO ₃

ที่มา: มันสิน ตันฑุลเวศม์ (2545)

2.8 กระบวนการลดความกระด้าง (ไพศาล วีรกิจ, 2545)

กระบวนการลดความกระด้างโดยการเติมเคมี มีอยู่ด้วยกัน 4 วิธี ขึ้นอยู่กับความต้องการว่า ต้องการลดความกระด้างประเภทใด และลดความกระด้างลงให้เหลืออยู่เท่าไร การเติมเคมีเพื่อลดความกระด้างจะกำจัดก๊าซ CO_2 ที่ละลายน้ำออกไปดังปฏิกิริยา



2.8.1 กระบวนการ Straight Lime

เป็นวิธีการเติมเคมีให้พอเหมาะกับความกระด้างที่ต้องการกำจัด ใช้กับน้ำที่มี Calcium Carbonate Hardness สูง Magnesium Carbonate Hardness ต่ำ (น้อยกว่า 40 มก./ล. as CaCO_3) และไม่มี Non-Carbonate Hardness (ถ้ามี Non-Carbonate Hardness ก็จะไม่ถูกกำจัดออกไป) กระบวนการนี้จะใช้ในการลด Calcium Hardness และกำจัด CO_2 เป็นหลักสำคัญ

2.8.2 กระบวนการ Excess Lime

เป็นวิธีการใช้สำหรับน้ำที่มีทั้ง Calcium และ Magnesium Carbonate Hardness สูง และไม่มี Non-Carbonate Hardness (ถ้ามี Non-Carbonate Hardness ก็จะไม่ถูกกำจัดออกไป) ก๊าซ CO_2 ที่ละลายอยู่ในน้ำก็จะถูกกำจัดออกไป

2.8.3 กระบวนการ Straight Lime-Soda Ash

เป็นวิธีการที่ใช้สำหรับน้ำที่มี Calcium Carbonate Hardness สูง Magnesium Carbonate Hardness ต่ำ (น้อยกว่า 40 มก. /ล.as CaCO_3) และมี Non-Carbonate Hardness อยู่ด้วย และกำจัดก๊าซ CO_2

2.8.4 กระบวนการ Excess Lime-Soda Ash

เป็นวิธีการใช้สำหรับน้ำที่มีทั้ง Calcium และ Magnesium Carbonate Hardness สูง และมี Non-Carbonate Hardness อยู่ด้วย กระบวนการนี้จะลด Hardness ต่างๆ ให้เหลือได้ต่ำประมาณ 40 มก./ล. as CaCO_3 โดยจะเป็น Calcium Hardness ประมาณ 30 มก./ล. as CaCO_3 และ Magnesium Hardness ประมาณ 10 มก./ล. as CaCO_3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 การปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการลดความกระด้าง

มีการปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการลดความกระด้างให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เพื่อที่จะสามารถลดความกระด้างลงให้เหลือน้อยที่สุด การปรับปรุงก็จะเป็นการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำให้สูงขึ้น ซึ่งจะทำให้ความสามารถละลายน้ำ (Solubility) ของความกระด้างลดลง มีวิธีการอยู่ 3 วิธี คือ

2.9.1 Cold Lime Process

คือ กระบวนการที่ใช้ลดความกระด้างที่อุณหภูมิปกติของบรรยากาศล้อมรอบเป็นวิธีการที่ใช้ในกระบวนการทั้ง 4 ที่กล่าวมาในหัวข้อ 2.8

2.9.2 Warm Lime Process

เป็นกระบวนการที่ใช้อุณหภูมิประมาณ 49 – 60 °C จุดประสงค์หลักของกระบวนการนี้ คือ การนำน้ำ Blowdown จากหม้อไอน้ำ (Boiler) หรือคูลลิ่งทาวเวอร์ มาหมุนเวียนใช้ใหม่แทนที่จะทิ้งออกไป อุณหภูมิของน้ำ Blowdown สามารถจะปรับอุณหภูมิของระบบในกระบวนการให้ได้ตามต้องการในอัตราส่วนการผสมที่เหมาะสม และเป็นกรนำพลังงานความร้อนที่มีอยู่ในน้ำมาใช้ประโยชน์ ในกระบวนการ Cold Lime จะไม่สามารถกำจัด SiO_2 (Silica) การปรับอุณหภูมิให้สูงขึ้น จะช่วยในการกำจัด SiO_2 ได้ส่วนหนึ่ง

2.9.3 Hot Lime Process

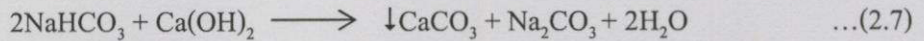
เป็นกระบวนการที่ใช้อุณหภูมิประมาณ 108 – 115 °C ต้องใช้น้ำปรับอุณหภูมิให้สูง วัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ ต้องออกแบบให้ใช้กับความร้อนระดับนี้ได้ และจำเป็นต้องมีฉนวนกันความร้อน (Insulation) ป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นกับคนที่ทำงานในระบบ น้ำอ่อนที่ออกมาถ้าส่งเข้าหม้อไอน้ำโดยตรงก็จะประหยัดพลังงานความร้อนได้ แต่ถ้าต้องใช้ในระบบคูลลิ่งทาวเวอร์หรือระบบ Demineralization และ Reverse Osmosis แล้วก็ต้องทำอุณหภูมิต่ำลงให้เหมาะสม

เมื่อเติม MgO ลงในกระบวนการ Hot Lime ก็จะสามารถลด SiO_2 ลงได้ 90 – 95 % ขณะเดียวกันกระบวนการนี้ก็จะสามารถลด Calcium Hardness ให้เหลือ 15 มก./ล. as CaCO_3 และ Magnesium Hardness ให้เหลือเพียง 5 มก./ล. as CaCO_3 จะใช้กับกระบวนการ Lime-Soda Ash เป็นหลัก เพื่อให้มีการตกตะกอนความกระด้างทั้ง Carbonate และ Non-Carbonate Hardness ให้สูงสุด

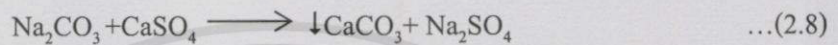
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.4 การลด Sodium Alkalinity

ในน้ำธรรมชาติที่มีค่า Alkalinity มากกว่า Total Hardness นั้นจะมีโซเดียมไบคาร์บอเนต Alkalinity (NaHCO_3) อยู่ การเติม Ca(OH)_2 ของกระบวนการ Straight Lime จะเปลี่ยน NaHCO_3 เป็น Na_2CO_3 ดังปฏิกิริยา



ซึ่งปฏิกิริยาดังกล่าว ค่า Alkalinity เปลี่ยนรูปจากไบคาร์บอเนต Alkalinity ไปเปลี่ยนคาร์บอเนต Alkalinity ถ้าค่า Alkalinity ดังกล่าวมีค่าค่อนข้างสูง ก็จะมีผลต่อค่า TDS ในหม้อน้ำ ดังนั้นจึงอาจจะต้องลดค่า Alkalinity ให้เหลือตามที่ต้องการ โดยการเติม CaSO_4 ดังปฏิกิริยา



2.10 การตรวจสอบเพื่อวิเคราะห์คุณภาพของน้ำในด้านการกัดกร่อนโลหะและการสร้างตะกรัน (ปริญา ประโลมรัมย์, 2553)

สำหรับระบบน้ำประปาภายในอาคาร การกัดกร่อนโลหะและการสร้างตะกรันมีความสัมพันธ์โดยตรงกับธรรมชาติของหินปูน (CaCO_3) คือ

ถ้าน้ำไม่อึดตัวด้วยหินปูนหรือยังสามารถละลายหินปูนได้อีก แสดงว่าน้ำมีแนวโน้มในการกัดกร่อนโลหะ ทั้งนี้เนื่องจากไม่มีการตกผลึกของหินปูนเคลือบผิวโลหะ

ถ้าน้ำอึดตัวมากเกินไปด้วยหินปูน หรือไม่สามารถละลายหินปูนได้อีก เพราะ มีหินปูนมากเกินไป แสดงว่าน้ำมีแนวโน้มในการตกผลึกและสร้างตะกรันเคลือบผิวโลหะได้

ถ้าน้ำพออึดตัวด้วยหินปูน น้ำจะไม่ตกผลึก แต่อาจเกิดการกัดกร่อนโลหะได้บ้างเล็กน้อย ด้วยเหตุนี้ การจัดระดับการอึดตัวของหินปูนในน้ำ จะสามารถบอกได้ว่าคุณสมบัติของน้ำในด้านการกัดกร่อนโลหะหรือสร้างตะกรันเป็นอย่างไร การตรวจสอบแนวโน้มในการตกผลึกหรือกัดกร่อนโลหะสามารถกระทำได้ คือ ดรรชนีแลงเกลียร์และไรซ์นาร์ เป็นวิธีที่มีความแม่นยำ แต่ยุ่งยาก ต้องมีการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อการเกิดตะกรันแล้วนำมาคำนวณค่าดรรชนีทั้งสองแบบรายละเอียดของวิธีการคำนวณค่าดรรชนีทั้งสองกล่าวคือ

2.10.1 ดรรชนีแลงเกลียร์

ในการคำนวณดรรชนีนี้ จะต้องรู้ค่าพีเอชที่แท้จริงจากการวัด (pH) และพีเอชที่จุดอึดตัวพอดีด้วยหินปูน (pH_s) เสียก่อน ค่าพีเอชอึดตัวนั้นสามารถหาได้จากความสัมพันธ์ระหว่างความกระด้างแคลเซียม (calcium Hardness) สภาพต่างของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS) และอุณหภูมิของน้ำในการหาค่าพีเอชที่จุดอึดตัวหรือ pH_s จะต้องใช้พารามิเตอร์ 4 ตัวคือ แคลเซียม สภาพต่างของแข็ง (Alkalinity) ของแข็งสารละลายน้ำทั้งหมด (TDS) และอุณหภูมิของน้ำ ($^{\circ}\text{C}$) ดังสมการข้างต้นนี้ (ม้านสิน ตันฑูเวศน์, 2545) ที่คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$pH_s = (9.3+A+B) - (C+D)$$

โดยที่ $A = (\text{Log}_{10}[\text{TDS}] - 1) / 10$

$B = -13.2 * \text{Log}_{10} (°C+273) + 34.55$

$C = \text{Log}_{10} [\text{Ca}^{2+} \text{ as CaCO}_3] - 0.4$

$D = \text{Log}_{10} [\text{Alkalinity, as CaCO}_3]$

เมื่อหาค่า pH และ pH_s ได้แล้วครรชนีแลงเกลียร์สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{ครรชนีแลงเกลียร์ (LSI)} = \text{pH} - \text{pH}_s$$

ถ้าครรชนีมีค่าเป็นบวกแสดงว่า น้ำมีแนวโน้มในการสร้างตะกอนและไม่กัดกร่อน โลหะ ครรชนีมีค่าเป็นลบแสดงว่า น้ำมีแนวโน้มในการกัดกร่อนโลหะและไม่สร้างตะกอน ถ้าครรชนีมีค่าเป็นศูนย์แสดงว่า น้ำไม่สร้างตะกอนแต่อาจกัดกร่อนโลหะเล็กน้อย

2.10.2 ครรชนีไรซ์นาร์

ขึ้นอยู่กับ pH และ pH_s เช่นเดียวกับครรชนีแลงเกลียร์ และสามารถคำนวณได้จากสูตรดังต่อไปนี้

$$\text{ครรชนีไรซ์นาร์ (RSI)} = 2\text{pH}_s - \text{pH}$$

ถ้าครรชนีมีค่าอยู่ระหว่าง 4-6 แสดงว่า น้ำอาจตกผลึกและสร้างตะกอนได้
ถ้าครรชนีมีค่าอยู่ระหว่าง 6-7 แสดงว่า มีตะกอนหรือกัดกร่อนโลหะได้น้อย
ถ้าครรชนีมีค่ามากกว่า 7 แสดงว่า น้ำอาจกัดกร่อนโลหะได้

ตารางที่ 2.5 ความหมายของครรชนีแลงเกลียร์และไรซ์นาร์

คุณสมบัติของน้ำ	ครรชนีแลงเกลียร์ ($\text{pH} - \text{pH}_s$)	ครรชนีไรซ์นาร์ ($2\text{pH}_s - \text{pH}$)
กัดกร่อนโลหะ	ค่าลบ	มากกว่า 7
สร้างตะกอน	ค่าบวก	น้อยกว่า 6
ไม่สร้างตะกอนแต่อาจกัดกร่อนโลหะได้บ้าง	ศูนย์	6-7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 ดรรชนี Langelier และ Ryznar

ในการป้องกันสนิมและตะกรันในระบบท่อน้ำและระบบหล่อเย็นจากสารละลาย (TDS) และความเป็นกรดต่างนั้น ได้มีการนำเอาดรรชนี Langelier (Langelier Saturation Index, LSI) และ ดรรชนี Ryznar (Ryznar Stability Index, RSI) มาใช้ในการควบคุมและป้องกันดรรชนีทั้งสองตัวนี้ จะชี้บอกว่า น้ำที่ใช้ในระบบนั้น จะก่อให้เกิดสนิมและตะกรันได้ ค่า LSI เป็นลบ (ต่ำกว่าศูนย์) จะทำให้เกิดสนิม ค่า LSI เป็นบวก จะทำให้เกิดตะกรัน ในทางปฏิบัติควรจะรักษาค่า LSI ให้มีค่า ระหว่าง +0.1 ถึง +0.4 สำหรับค่า RSI ควรจะอยู่ระหว่าง 6.5 ถึง 6.9 จะป้องกันการเกิดสนิมและ ตะกรันได้ดี การปรับค่าดรรชนี LSI และ RSI ให้อยู่ในช่วงที่ต้องการนั้น ทำได้โดยการเติมกรดหรือ ด่าง เช่น กรดเกลือ โซดาไฟ หรือ โซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO_3) ลงในน้ำ ซึ่งการเติมกรดหรือ ด่าง จะทำให้ค่า TDS ค่า pH และค่า Alkalinity ของน้ำเปลี่ยนไปและมีผลต่อค่าดรรชนี ในทาง ปฏิบัติอาจจะต้องใช้วิธีค่อยๆเติมกรดหรือด่าง ปรับค่าที่ละน้อย แล้วนำเอาตัวอย่างน้ำมาวิเคราะห์ จนกว่าจะได้ค่าดรรชนีที่ต้องการ

2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปริญญา ประโลมรัมย์ (2553) ศึกษาเสนอแนวทางการแก้ปัญหาตะกรันในท่อน้ำประปา ของโรงอาหารทะเลแซ่แข็งแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรสาคร ในการศึกษาได้ใช้ค่าดรรชนีแลงเกิลียร์ (Langelier Saturation Index, LSI) เพื่อประเมินแนวโน้มการเกิดตะกรันของน้ำ ผลการศึกษาพบว่า น้ำบริเวณจังหวัดสมุทรสาครมีค่าแนวโน้มในการเกิดตะกรัน (LSI) อยู่ในช่วง -0.2 ถึง -0.4 ซึ่งจะมี คุณสมบัติไม่สร้างตะกรันแต่เมื่อทำการพิจารณาน้ำประปา ณ จุดที่อยู่ภายในโรงงานแปรรูปอาหาร ทะเลแซ่แข็ง พบว่าทางโรงงานมีการเติม NaOCl ลงไปในน้ำ จึงทำให้ค่า pH ของน้ำสูงขึ้น และ พบว่าค่า LSI ของน้ำมีค่าเท่ากับ 1.29 โดยค่า LSI นี้ มีแนวโน้มที่จะสร้างตะกรัน และจากการ วิเคราะห์ผลึกตะกรัน พบว่า ผลึกตะกรันมีองค์ประกอบของ Ca^{2+} อยู่ที่ร้อยละ 98.95 ของมวล ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kotbia และ Samira (2555) ศึกษาการขจัดคราบหินปูนจากท่อน้ำใต้ดินของเมือง Ain M'lila ซึ่งตั้งอยู่ทางตะวันออกของประเทศแอลจีเรีย ซึ่งเป็นแหล่งน้ำที่ใช้ในการอุปโภค และบริโภค โดยพบว่าน้ำมีความกระด้างและมีอุณหภูมิ 87 °F ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสม ที่ทำให้เกิดตะกรันในรูปของตะกอนแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) สะสมในเส้นท่อส่งน้ำ ในการศึกษาจะใช้วิธีการเติม Ca(OH)_2 , Na_2CO_3 และ KH_2PO_4 ที่ปริมาณต่าง ๆ กัน และศึกษาที่อุณหภูมิ 30 °C แต่ที่อุณหภูมิ 20 °C ทำการบำบัดด้วยการใช้หลักเคมีไฟฟ้า (Chronoamperometric Method) พบว่า สามารถช่วยแก้ไข ปัญหาในการเกิดตะกรัน (Scaling) ในเส้นท่อได้

Y. Zarga, H. Ben Boubaker, N. Ghaffour และ H. Elfil (2556) ศึกษาการตกตะกอนร่วมกัน (Co-precipitation) ของ CaCO_3 และ CaSO_4 สภาวะที่ศึกษาประกอบด้วย pH สภาพเบส ปริมาณ ไอออนแคลเซียม และใช้แท่งอิเล็กโทรดควอตซ์ ติดตามการเปลี่ยนแปลงของปริมาณตะกอนทั้งสอง ชนิดซึ่งสามารถวัดได้ต่ำถึง 10^{-9} g (quartz crystal microbalance ; QCM) ผลการศึกษาพบว่า เมื่อใดก็ตามที่เกิดผลึกยิปซัม (CaSO_4) ก่อนจะมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการเกิดตะกอน CaCO_3 และเมื่อนำผลึกไปศึกษาด้วย (Scanning Electronic Microscopy) SEM และ IR Spectroscopy พบว่าอยู่ในรูปยิปซัมมากกว่า Calcite ขณะที่ผลึก Vaterite พบน้อยมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 สารเคมีและอุปกรณ์

3.1.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เตาเผาความร้อนสูง (Furnace) รุ่น Nabertherm More than Heat 30 – 3000 °C
เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Balance) ยี่ห้อ Denver Instrument Company
รุ่น TR-403
2. เครื่อง Fourier Transform Infrared Spectrometer (FT-IR) รุ่น Spectrum GX
3. เครื่อง Thermogravimetric Analysis (TGA) ยี่ห้อ PerkinElmer รุ่น Pyris1 TGA
4. เครื่องวัดการดูดแสงของอะตอม (Atomic Absorption Spectrophotometer)
ยี่ห้อ PerkinElmer รุ่น Aanalyst 200
5. เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-Vis spectrophotometer) ยี่ห้อ Thermo
รุ่น Genesys 10s UV-Vis
6. เครื่องให้ความร้อน (Heating mantle) ยี่ห้อ Fisher Scientific
รุ่น Fisher stirring hotplate
7. เครื่องวัดการนำไฟฟ้า (Conductivity meter) ยี่ห้อ Consort รุ่น C860
8. เครื่องวัดพีเอช (pH meter) ยี่ห้อ Metrohm รุ่น 827
9. เครื่องกวนแบบแม่เหล็ก ยี่ห้อ Fisher Scientific รุ่น 230
10. เครื่องวัดความขุ่นเนฟฟีโลมิเตอร์ ยี่ห้อ HACH รุ่น 2100P
11. เครื่องแก้วต่างๆสำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 สารเคมี

1. กรดไฮโดรคลอริก (hydrochloric acid, HCl) เข้มข้น 37%
เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba
2. กรดไนตริก (Nitric acid, HNO₃) เข้มข้น 65% เกรดวิเคราะห์
บริษัท Carlo Erba
3. กรดซัลฟิวริก (Sulfuric acid, H₂SO₄) เข้มข้น 98% เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba
4. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide, NaOH) เข้มข้น 50% เกรดวิเคราะห์ บริษัท
Carlo Erba
5. โพแทสเซียมโบรมไนด์ (Potassium bromine) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba
6. โซเดียมซัลเฟต (Standard sulfate, Na₂SO₄) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba
7. แบเรียมคลอไรด์ (Barium chloride, BaCl₂) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba
8. แอมโมเนียมคลอไรด์ (Ammonium chloride, NH₄Cl) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba
9. สารละลายมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์เหล็ก เกรดวิเคราะห์ บริษัท Ajax
10. สารละลายมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์สังกะสี เกรดวิเคราะห์ บริษัท Ajax
11. สารละลายมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ทองแดง เกรดวิเคราะห์ บริษัท Scharlau
12. สารละลายมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์แคลเซียม เกรดวิเคราะห์ บริษัท Certi PUR
13. แอมโมเนียม โมลิบเดต (Ammonium molybdate, (NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O) เกรดวิเคราะห์
บริษัท Carlo Erba
14. แอนติโมนีโพแทสเซียมทาเตรด (Antimony potassium tartrate, K(SbO)C₄H₄O₆·5H₂O)
เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba
15. กรดแอสคอร์บิก (Ascorbic acid, C₆H₈O₆) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba
16. โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (Potassium hydrogen phosphate, KH₂PO₄)
เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba
17. น้ำ (Deionized water) ปราศจากไอออนเจือปน
18. สารละลายฟีนอล์ฟทาลีน (phenolphthalein indicator, C₂₀H₁₄O₄)
19. สารละลายเมทิลออเรนจ์ (methyl orange, C₁₄H₁₄N₃NaO₃S)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ขั้นตอนการศึกษาสารปนเปื้อนที่มีอยู่ในตะกรัน

3.2.1 ที่มาของตะกรัน

ท่อน้ำทิ้งที่มีปัญหาตะกรันจับอยู่ เป็นเส้นท่อที่รวบรวมน้ำทิ้งจากกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมหลายชนิด ได้แก่ โรงงานอิเล็กทรอนิกส์ โรงงานฟอกย้อม โรงงานแปรรูปอาหารตามฤดูกาล โดยได้ทำการเปลี่ยนเส้นท่อที่อุดตันออก จึงได้นำตะกรันที่เกิดขึ้นนี้มาศึกษา

3.2.2 การศึกษาชนิดหรือองค์ประกอบของสารปนเปื้อนที่มีอยู่ในตะกรัน

วิธีการดำเนินการศึกษาชนิดหรือองค์ประกอบของสารที่มีอยู่ในตะกรัน มีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

1. การละลายของตะกรัน

- 1.1 นำตะกรันจากท่อน้ำภายในบ่อรวมที่เกิดปัญหามาทุบให้ละเอียดแล้วชั่งมา 0.1 g ใส่ลงในบีกเกอร์
- 1.2 บีกเกอร์ที่ 1 เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 10 mL บีกเกอร์ที่ 2 เติมกรดไนตริกเข้มข้น 10 mL บีกเกอร์ที่ 3 เติมกรดซัลฟิวริก 10 mL และบีกเกอร์ที่ 4 เติม 50% โซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 mL
- 1.3 ถ้าตัวอย่างไม่ละลายให้นำไปตั้งบน Hot plate ที่อุณหภูมิ 100 °C ปิดปากบีกเกอร์ด้วยแผ่นฟอยล์
- 1.4 สังเกตการละลายและฟองแก๊สที่เกิดขึ้น

2. การเผาตะกรัน

ทำการวิเคราะห์เพื่อหาสารอินทรีย์ที่สลายตัวได้ที่อุณหภูมิสูง โดยการ

- 2.1 นำก้อนตะกรันขนาดประมาณ 1 g ใส่ลงใน Crucible
- 2.2 นำเข้าเตาเผาความร้อนสูงที่อุณหภูมิ 900 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง
- 2.3 สังเกตการเปลี่ยนแปลง

3. การหาหมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์ในตะกรัน

ทำการวิเคราะห์เพื่อหาหมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์ในตะกรันก่อนเผาและหลังเผาด้วย Fourier Transform Infrared Spectrometer (FT-IR) โดยการ

- 3.1 นำตะกรันทุบให้ละเอียด
- 3.2 บดรวมกับ KBr แล้วนำมาอัดเป็นแผ่นใสๆ ด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก
- 3.3 นำแผ่นใสมาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Fourier Transform Infrared Spectrometer (FT-IR)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การสลายตัวของสารอินทรีย์ในตะกอน

ทำการวิเคราะห์เพื่อหาสารอินทรีย์ที่สลายตัวได้ในตะกอนก่อนเผาและหลังเผาด้วยเครื่อง Thermogravimetric Analysis (TGA) โดยการ

4.1 นำตะกอนหลายๆ ส่วนมาทုပ်ให้ละเอียด แล้วนำมารวมกันเพื่อให้ได้ตัวแทนของ ตะกอนทั้งหมด

4.2 นำมาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Thermogravimetric Analysis (TGA) (น้ำหนักไม่เกิน 5 g)

5. การวิเคราะห์หาปริมาณธาตุองค์ประกอบในตะกอน

ทำการวิเคราะห์เพื่อหาองค์ประกอบที่มีอยู่ในตะกอนก่อนเผาและหลังเผาด้วยเครื่อง X-Ray Fluorescence Spectrometer (XRF) โดยการ

5.1 นำตัวอย่างตะกอนส่งวิเคราะห์ที่ศูนย์เครื่องมือคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

5.2 วิเคราะห์ด้วยเครื่อง X-Ray Fluorescence Spectrometer (XRF) ยี่ห้อ BRUKER รุ่น SRS 3400

6. การตรวจวิเคราะห์โครงสร้างผลึกของตะกอนและสารในตะกอน

ทำการวิเคราะห์เพื่อหาโครงสร้างผลึกของตะกอนก่อนเผาและหลังเผาเครื่อง X-Ray Diffractometer (XRD) โดยการ

6.1 นำตัวอย่างตะกอนส่งวิเคราะห์ที่ศูนย์เครื่องมือคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

6.2 วิเคราะห์ด้วยเครื่อง X-Ray Diffractometer (XRD) ยี่ห้อ BRUKER รุ่น P8 ADVANCE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การตรวจวิเคราะห์สารปนเปื้อนในน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

3.3.1 การเก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง

ทำการเก็บตัวอย่างแต่ละจุดตลอดแนวเส้นท่อน้ำทิ้ง โดยใช้วิธีการเก็บแบบจ้วง ปริมาณตัวอย่างน้ำแต่ละจุดที่เก็บประมาณ 2 L แต่ละจุดแบ่งใส่ขวด 2 ขวด โดยขวดที่ 1 ทำการปรับพีเอชให้ต่ำกว่า 2 ด้วยกรดไนตริกสำหรับนำไปวิเคราะห์หาโลหะหนัก และอีก 1 ขวดสำหรับนำไปวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ โดยทำการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำที่อุณหภูมิ 4 °C สำหรับพารามิเตอร์ที่ตรวจวัดในภาคสนาม เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพและทางเคมี ได้แก่ กลิ่น สี อุณหภูมิ ค่าการนำไฟฟ้า พีเอช โดยทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 10 จุด (ดังรูปที่ 3.1) จุดที่ 1, 2, 8 และ 9 เป็นบริเวณที่ตั้งของกลุ่มโรงงานประเภทฟอกย้อม จุดที่ 3, 4, 5 และ 6 เป็นบริเวณที่ตั้งของกลุ่มโรงงานประเภทแปรรูปอาหารตามฤดูกาล และจุดที่ 7 เป็นบริเวณที่ตั้งของกลุ่มโรงงานประเภทอิเล็กทรอนิกส์ ทุกพารามิเตอร์ที่วิเคราะห์จะทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

3.4 วิธีวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในการตรวจสอบตะกอนและน้ำทิ้ง

ตารางที่ 3.1 พารามิเตอร์ที่ทำการศึกษาตะกอน (รายละเอียดการวิเคราะห์ดังภาคผนวก ข)

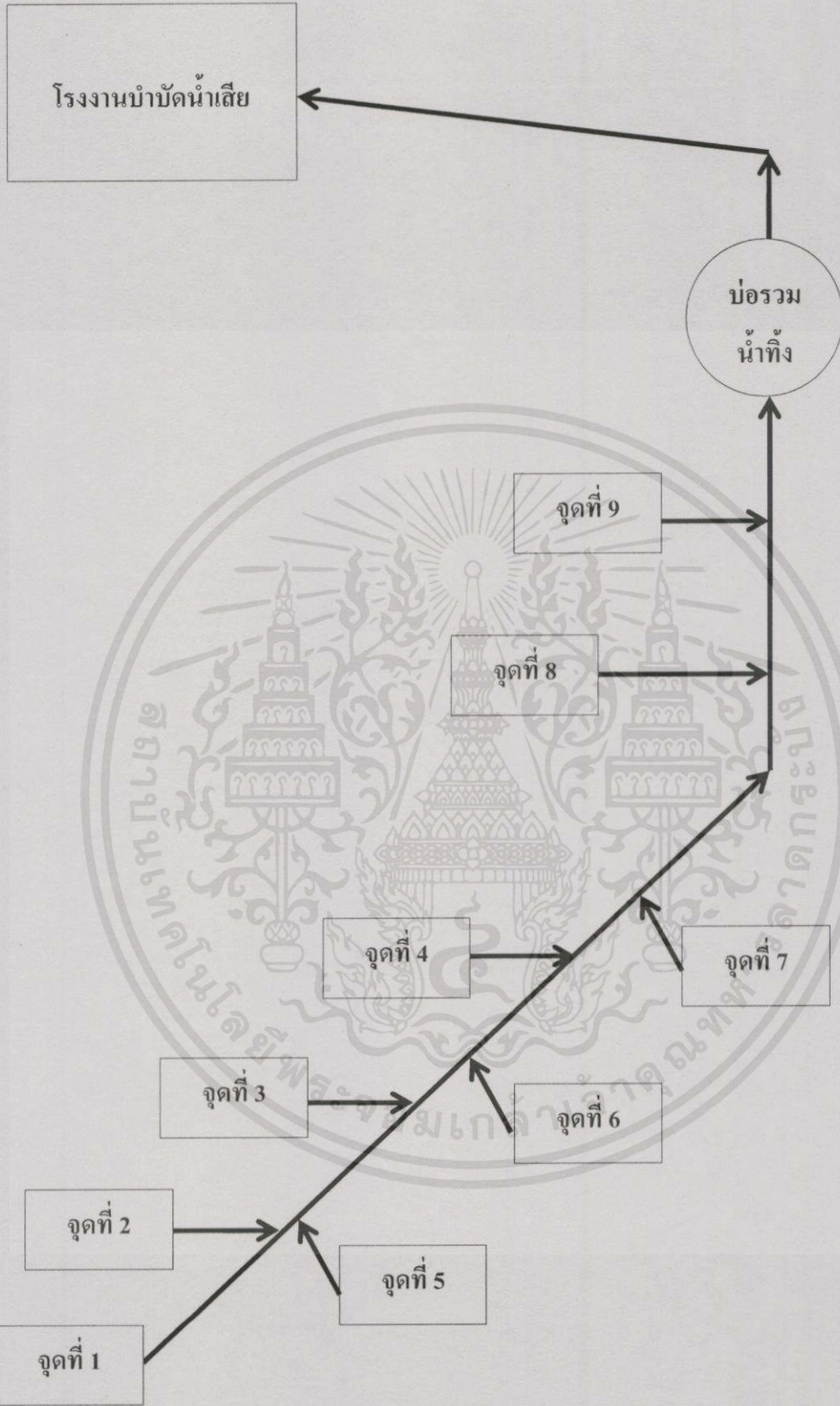
พารามิเตอร์	วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์
- การละลาย	- นำตะกอนมาละลายในกรดแก่และเบสแก่
- การเผา	- นำตะกอนมาเผาในเตาเผาความร้อนสูง (Furnace)
- หมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์	- นำตะกอนมาวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง Fourier Transform Infrared Spectrometer (FT-IR)
- การสลายตัวของสารอินทรีย์	- นำตะกอนมาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Thermogravimetric Analysis (TGA)
- ปริมาณธาตุองค์ประกอบ	- นำตะกอนมาวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง X-Ray Fluorescence Spectrometer (XRF)
- ลักษณะ โครงผลึก	- นำตะกอนมาวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง X-Ray Diffractometry (XRD)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 พารามิเตอร์ที่ทำการศึกษาน้ำทิ้ง (รายละเอียดการวิเคราะห์ดังภาคผนวก ข)

พารามิเตอร์	วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์
- พีเอช (ภาคสนาม)	- นำน้ำมาวัดด้วยเครื่องวัดพีเอช (pH meter)
- อุณหภูมิ (ภาคสนาม)	- นำน้ำมาวัดด้วยเครื่องเทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer) แบบกระเปาะ
- ค่าการนำไฟฟ้า	- นำน้ำมาวัดด้วยเครื่องวัดการนำไฟฟ้า (Conductivity meter)
- ปริมาณซัลเฟต	- ตกตะกอนด้วย $BaSO_4$ แล้วหาปริมาณด้วยเครื่องวัดความขุ่น (Turbidity Meter)
- ปริมาณออร์โทฟอสเฟต	- ทำให้เกิดสีด้วยกรดแอสคอบิก วัดปริมาณด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-Vis spectrophotometer)
- ปริมาณโลหะเหล็ก คอปเปอร์ สังกะสี และแคลเซียม	- ย่อยด้วยกรดไนตริกเข้มข้น วัดปริมาณด้วยเครื่อง (Atomic Absorption Spectrophotometer)
- ความกระด้างของน้ำ	- ไทเทรตด้วยกรดซัลฟิวริกใช้ Phenolphthalein และ Methyl Orange เป็นอินดิเคเตอร์
- ความเป็นกรดและเบส	- คำนวณจากค่า pH และ pH_s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แผนผังเส้นท่อน้ำทิ้งของกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และสงวนสิทธิ์ในเนื้อหา "ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า" ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

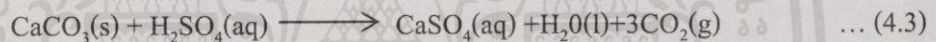
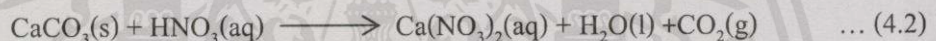
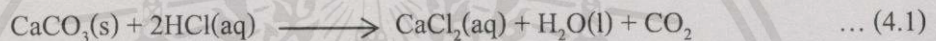
ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 ผลการศึกษาลักษณะของสารปนเปื้อนในตะกรัน

4.1.1 ผลการทดสอบการละลายตัวของตะกรัน

จากการศึกษาการละลายตัวของตะกรัน ตารางที่ 4.1 พบว่า ที่อุณหภูมิห้องตะกรันจะละลายในกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นและกรดไนตริกเข้มข้น โดยเมื่อตะกรันละลายจะเกิดฟองก๊าซละเอียดและจะละลายในกรดซัลฟิวริกเข้มข้นเมื่อมีอุณหภูมิ 100 °C โดยเกิดฟองก๊าซขณะละลาย แต่ตะกรันจะไม่ละลายในสภาวะที่เป็นเบส ดังแสดงในตารางที่ 4.1

จากผลการทดลองแสดงว่า ตะกรันจะมีสารประกอบคาร์บอเนต เพราะเกิดฟองก๊าซกับกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น กรดซัลฟิวริกเข้มข้น และกรดไนตริกเข้มข้น ดังสมการ



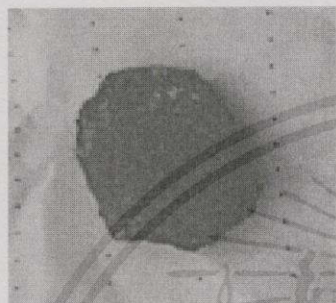
ตารางที่ 4.1 ผลการละลายตะกรันในตัวทำละลายต่างๆ

ตัวทำละลาย	ที่อุณหภูมิปกติ		ที่อุณหภูมิ 100 °C		หมายเหตุ
	ละลาย	ไม่ละลาย	ละลาย	ไม่ละลาย	
1. Conc. HCl	✓				ฟองละเอียด
2. Conc. HNO ₃	✓				ฟองละเอียด
3. Conc. H ₂ SO ₄		✓	✓		เกิดฟอง
4. 50% NaOH		✓		✓	-

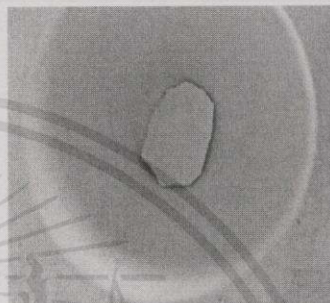
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ผลการทดสอบการเผาตะกรัน

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของก้อนตะกรันก่อนเผาและหลังเผาที่อุณหภูมิ 900 °C เพื่อไล่สารอินทรีย์ที่สามารถสลายตัวได้ที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ตารางที่ 4.2 พบว่าก่อนเผาก้อนตะกรันจะมีลักษณะเป็นของแข็งสีเทา (ดังรูปที่ 4.1) แต่เมื่อผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 900 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมงก้อนตะกรันเปลี่ยนเป็นสีขาว (ดังรูปที่ 4.2) แสดงว่า สีเทาที่เห็นเป็นสารอินทรีย์ที่สะสมอยู่ในก้อนตะกรัน และสลายตัวไปหมดเมื่ออุณหภูมิสูงถึง 900 °C



รูปที่ 4.1 ลักษณะตะกรันก่อนเผา



รูปที่ 4.2 ลักษณะตะกรันหลังเผา

ตารางที่ 4.2 ผลของน้ำหนักตะกรันก่อนเผาและหลังเผาที่อุณหภูมิ 900 °C

ข้อมูล	น้ำหนักตะกรัน (g)	การเปลี่ยนแปลง
ก่อนเผา	1.03 ± 0.02	ของแข็งสีเทา
หลังเผา	0.53 ± 0.03	ของแข็งสีขาว

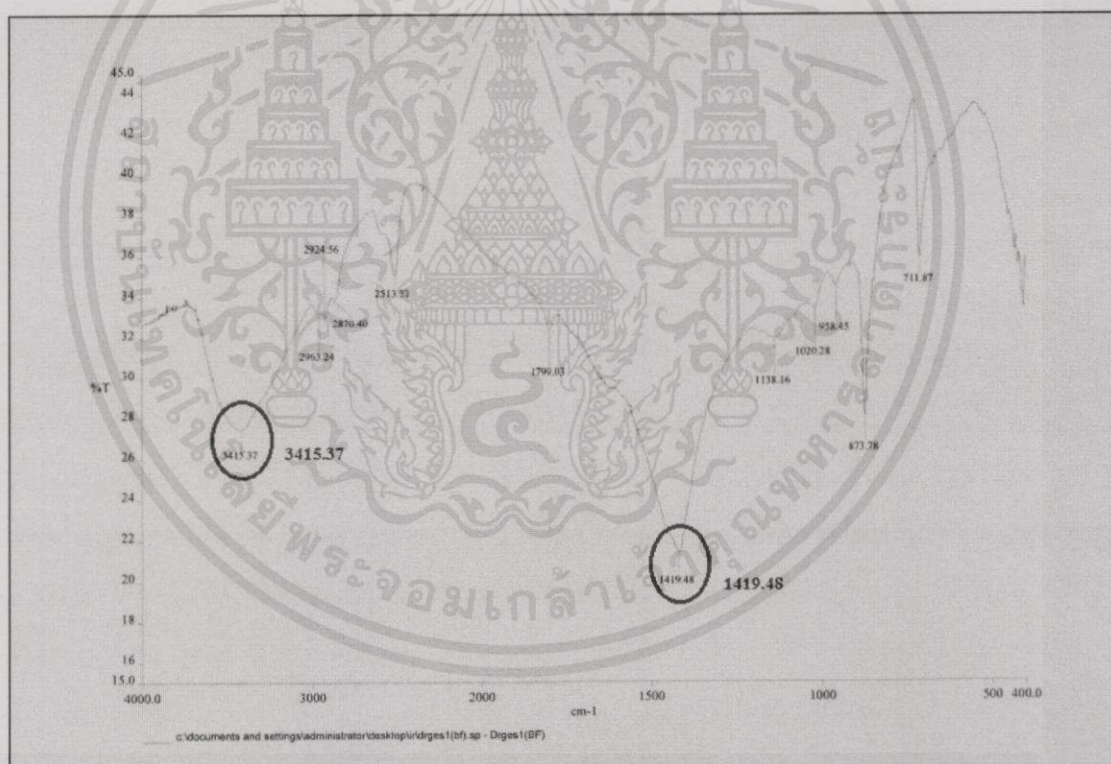
หมายเหตุ : ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง (แสดงในภาคผนวก ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 ผลการวิเคราะห์ตะกอนด้วยเครื่อง Fourier Transform Infrared Spectrometer (FT-IR)

จากการศึกษาหมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์ในตะกอนรูปที่ 4.3 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของตะกอนก่อนเผาซึ่งพิกัดเด่นปรากฏอยู่ในช่วงเลขคลื่นประมาณ 1419.48 cm^{-1} ซึ่งเป็นของแคลเซียมคาร์บอเนต (เทียบกับสเปกตรัมของ CaCO_3 รูปที่ ข-5) และยังพบพิกัดที่อยู่ในช่วงเลขคลื่นประมาณ 3415.37 cm^{-1} ซึ่งเป็นพิกัดของหมู่ไฮดรอกซิล (-OH)

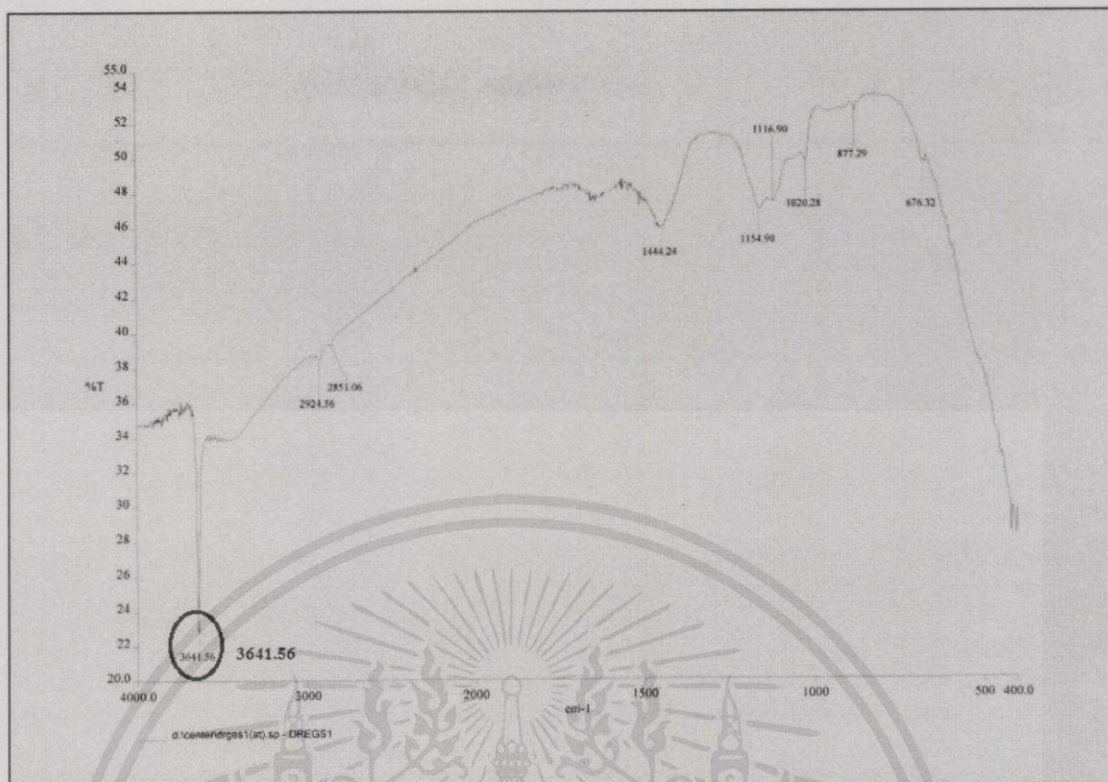
รูปที่ 4.4 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของตะกอนหลังเผาที่อุณหภูมิ 900°C ซึ่งพิกัดเด่นปรากฏอยู่ในช่วงเลขคลื่นประมาณ 3611.56 cm^{-1} ซึ่งเป็นพิกัดของหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) และยังพบพิกัดเด่นของสารประกอบอื่นๆ อีกหลายพิกัดซึ่งไม่ทราบว่าเป็นสารประกอบชนิดใด จึงได้นำตัวอย่างส่งไปยังศูนย์เครื่องมือคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อทำการวิเคราะห์ต่อด้วยเครื่อง X-Ray Fluorescence Spectrometer (XRF) และเครื่อง X-Ray Diffractometer (XRD) (ผลของ XRF และ XRD แสดงในหัวข้อ 4.1.5 และ 4.1.6)



รูปที่ 4.3 ตัวอย่างผลที่ได้จากการวิเคราะห์ตะกอนก่อนเผาด้วยเครื่อง FT-IR

หมายเหตุ: ทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง (แสดงในภาคผนวก ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ตัวอย่างผลที่ได้จากการวิเคราะห์ตะกรันหลังเผาด้วยเครื่อง FT-IR
หมายเหตุ: ทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง (แสดงในภาคผนวก ข)

4.1.4 ผลการวิเคราะห์ตะกรันด้วยเครื่อง Thermogravimetric Analysis (TGA)

จากการศึกษาอุณหภูมิสูงสุดที่สารอินทรีย์ในตะกรันก่อนเผาและหลังเผาใช้ในการสลายตัว ตารางที่ 4.3 พบว่า ตะกรันก่อนเผา มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิเริ่มต้นที่ใช้ในการสลายตัวเท่ากับ 709.32 °C ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุดที่สารสลายตัวเท่ากับ 769.71 °C และมีน้ำหนักเหลือจากการสลายตัวเฉลี่ยเท่ากับ 46.92 % โดยคาดว่าตะกรันน่าจะเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต เนื่องจากอุณหภูมิที่แคลเซียมคาร์บอเนตใช้ในการสลายตัวอยู่ที่ประมาณ 733.30 °C

สำหรับตะกรันที่ผ่านการเผาด้วยอุณหภูมิ 900 °C พบว่า มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิเริ่มต้นที่ใช้ในการสลายตัวเท่ากับ 382.50 °C ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุดในการสลายตัวเท่ากับ 407.34 °C และมีน้ำหนักเหลือจากการสลายตัวเฉลี่ยเท่ากับ 13.45 % โดยคาดว่าน่าจะเป็นการสลายตัวของแคลเซียมออกไซด์และแคลเซียมไฮดรอกไซด์เนื่องจากอุณหภูมิสูงสุดที่แคลเซียมออกไซด์ใช้ในการสลายตัวอยู่ในช่วง 400-460 °C และอุณหภูมิสูงสุดที่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ใช้ในการสลายตัวอยู่ในช่วง 400-450 °C

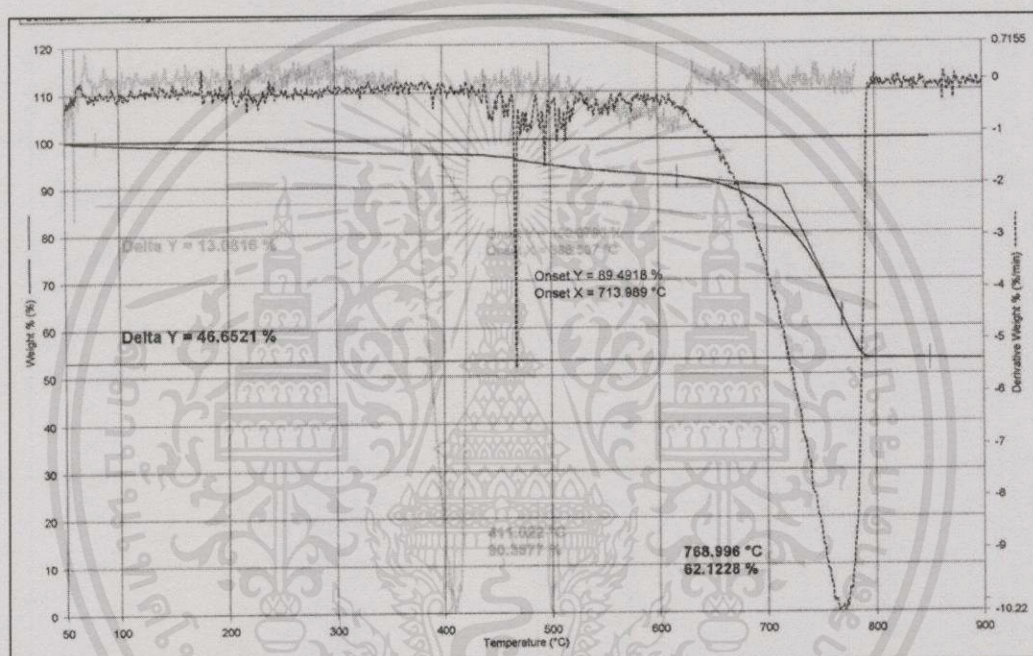
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลของอุณหภูมิและน้ำหนักของตะกรันที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง TGA

ข้อมูล	อุณหภูมิเริ่มต้นในการ สลายตัว (°C)	อุณหภูมิสูงสุดในการ สลายตัว (°C)	น้ำหนักที่เหลือจากการ สลายตัว (%)
ก่อนเผา	709.32 ± 29.03	769.71 ± 44.44	46.92 ± 1.38
หลังเผา	382.50 ± 5.88	407.34 ± 8.54	13.45 ± 5.10

หมายเหตุ: ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

(กราฟที่ได้จากการทดลองก่อนเผา และหลังเผาแสดงในภาคผนวก ข)



รูปที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ตะกรันก่อนและหลังเผาด้วยอุณหภูมิ 900 °C ด้วยเครื่อง TGA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.5 ผลการหาปริมาณของธาตุต่างๆที่ปนเปื้อนอยู่ในตะกรัน ด้วยเครื่อง

X-Ray Fluorescence Spectrometer (XRF)

จากการศึกษาปริมาณธาตุต่างๆของตะกรันก่อนเผาและหลังเผา ด้วยเครื่อง XRF ตารางที่ 4.4 พบว่า แคลเซียม (Ca) เป็นองค์ประกอบหลักของตะกรัน จะเห็นได้ว่ามีค่าถึง 65.8 % และรองลงมาคือ ออกซิเจน (O) ซึ่งมีค่า 29.6 % ส่วนองค์ประกอบอื่นๆ มีค่าน้อยเมื่อเทียบกับค่าแคลเซียม

ตารางที่ 4.4 ผลของธาตุที่พบอยู่ในตะกรันก่อนเผาและตะกรันที่ผ่านการเผาด้วยอุณหภูมิ 900 °C ที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง XRF

ตะกรันก่อนเผา		ตะกรันหลังเผาที่อุณหภูมิ 900 °C	
ธาตุ	ปริมาณ (%)	ธาตุ	ปริมาณ (%)
O	29.6	O	29.5
Mg	1.50	Mg	0.341
Si	0.731	Si	0.161
S	0.748	S	0.971
Ca	65.8	Ca	67.9
Fe	0.317	Fe	0.101
Cu	0.383	Cu	0.270
Zn	0.393	Zn	0.173
Hf	0.180	Na	0.283
Pt	0.113	P	0.112
		Al	0.158
Compton	0.80	Compton	0.98
Norm.	100	Norm.	100

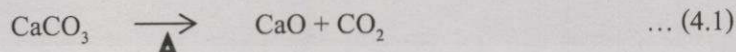
หมายเหตุ: ตะกรันหลังการเผาที่อุณหภูมิ 900 °C พบธาตุ Na, P, Al ซึ่งตรวจไม่พบในตะกรันก่อนเผา แสดงว่าความร้อนที่อุณหภูมิสูง ทำให้ไอเล็กตรอนในระดับพลังงานนอกสุดเกิดการจัดตัวใหม่ และพบว่าธาตุที่พบใหม่นี้อยู่ในคาบเดียวกันของตารางธาตุ ทำนองเดียวกัน ธาตุ Hf และ Pt ซึ่งพบในตะกรันก่อนเผาอาจเปลี่ยนเป็นธาตุอื่นได้ จึงไม่พบในตะกรันหลังเผา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.6 ผลการหาโครงสร้างของสารประกอบที่ปนเปื้อนอยู่ในตะกรัน ด้วยเครื่อง

X-Ray Diffractometer (XRD)

เมื่อนำตะกรันไปหาโครงสร้างของสารประกอบที่ปนเปื้อนอยู่ในตะกรันด้วยเครื่อง XRD พบว่า ตะกรันก่อนเผามีโครงสร้างของ CaCO_3 อย่างชัดเจน และตะกรันหลังเผาด้วยอุณหภูมิ 900°C โดยผลึกที่พบเป็นของ CaO นั่นคือ CaCO_3 สลายตัวเหลือ CaO ส่วนก๊าซ CO_2 จะเข้าสู่บรรยากาศ ดังสมการที่ 4.1



หมายเหตุ: เทอร์โมแกรมแสดงผลการวิเคราะห์ตะกรันก่อนเผาและหลังเผา

(แสดงในภาคผนวก ข)

4.2 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของน้ำทิ้งที่ไหลผ่านเส้นท่อ

ตารางที่ 4.5 ผลของลักษณะทางกายภาพและทางเคมี (จุดเก็บตัวอย่าง 9 จุด)

จุดเก็บตัวอย่าง	ลักษณะ	กลิ่น	อุณหภูมิ ($^\circ\text{C}$)	ค่า pH	ค่าการนำไฟฟ้า ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	TDS* (mg/L)
จุดที่ 1	ใส (ไม่มีสี)	ก๊าซไข่เน่า	32.1	7.32	350	235
จุดที่ 2	ใส (สีฟ้าอ่อน)	ก๊าซไข่เน่า	38.7	7.16	7240	4851
จุดที่ 3	ขุ่น (สีน้ำตาล)	ก๊าซไข่เน่า	30.7	4.70	10700	15970
จุดที่ 4	ใส (ไม่มีสี)	ก๊าซไข่เน่า	28.4	6.52	1310	878
จุดที่ 5	ใส (ไม่มีสี)	ก๊าซไข่เน่า	30.7	4.77	8580	5749
จุดที่ 6	ใส (ไม่มีสี)	ก๊าซไข่เน่า	33.5	7.21	700	469
จุดที่ 7	ใส (ไม่มีสี)	คลอรีน	33.7	8.29	2660	1782
จุดที่ 8	ขุ่น (สีน้ำเงิน)	ตัวทำละลาย	41.0	7.07	2630	1762
จุดที่ 9	ขุ่น (สีน้ำเงิน)	ตัวทำละลาย	46.5	7.19	5130	3437

หมายเหตุ: จุดที่ 1 2 8 9 เป็นกลุ่มโรงงานประเภทฟอกย้อม

จุดที่ 7 เป็นกลุ่มโรงงานประเภทอิเล็กทรอนิกส์

จุดที่ 3 4 5 6 เป็นกลุ่มโรงงานประเภทแปรรูปอาหารตามฤดูกาล

* TDS จำนวนได้จาก ค่าการนำไฟฟ้า $\times 0.8$ (รายละเอียดการคำนวณดังภาคผนวก ค)

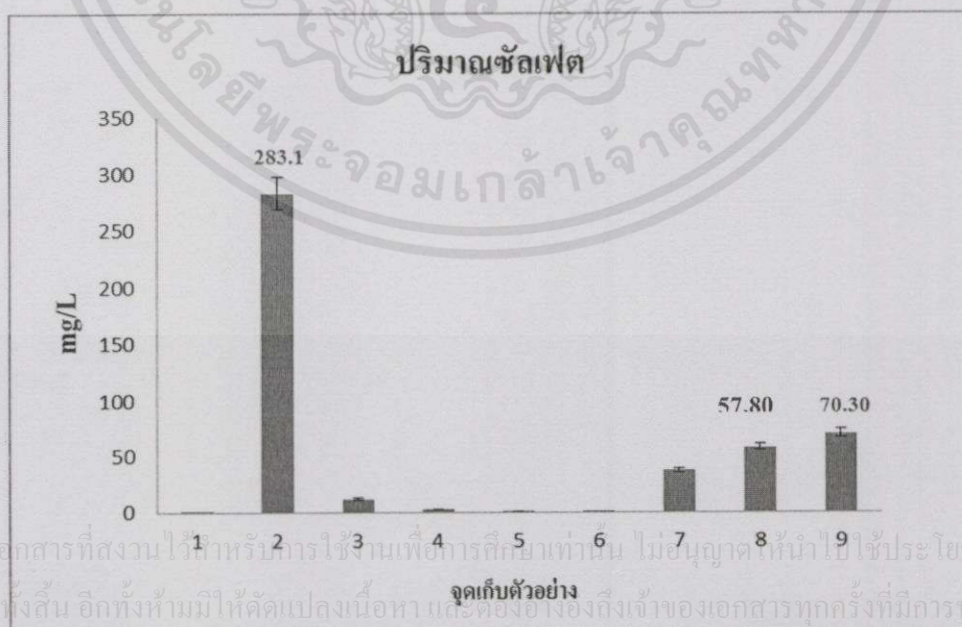
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพและทางเคมี (จุดเก็บตัวอย่าง 9 จุด)

จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของน้ำทิ้งที่ไหลผ่านเส้นท่อ ตารางที่ 4.5 พบว่า สีของน้ำในแต่ละจุดมีลักษณะและกลิ่นแตกต่างกันขึ้นอยู่กับประเภทของกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรม ค่าพีเอชของน้ำในแต่ละจุดอยู่ระหว่าง 4-7 ซึ่งมีค่าเป็นกรด ยกเว้นจุดที่ 7 มีค่าพีเอชมากกว่า 7 ซึ่งมีค่าเป็นเบส

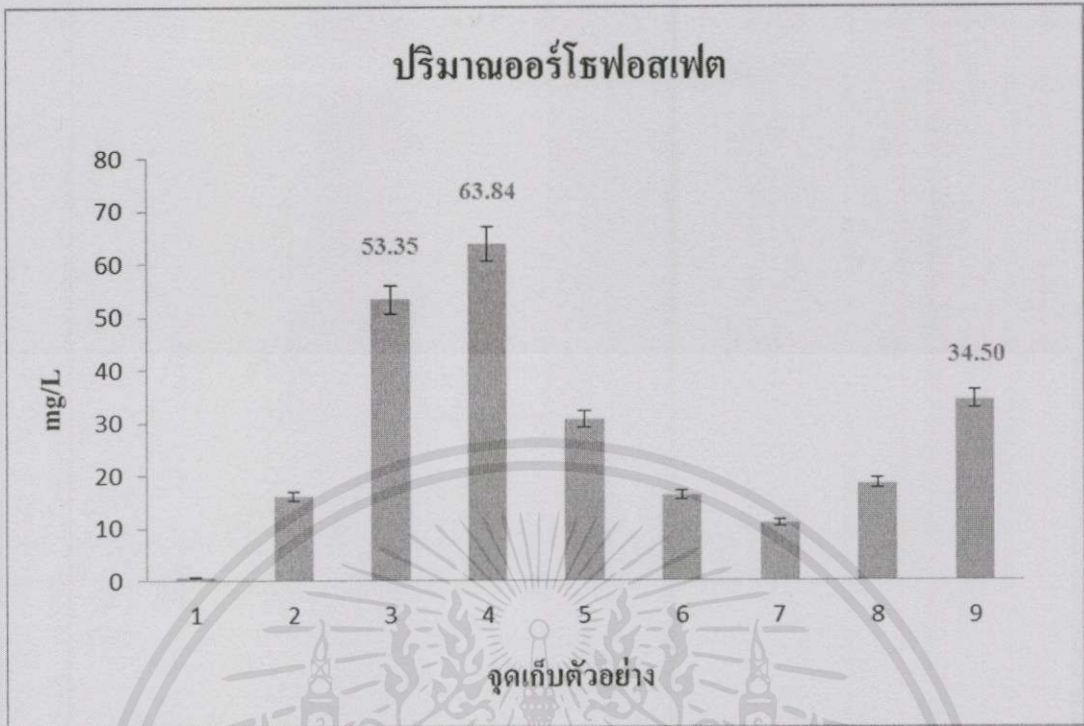
จากรูปที่ 4.6 จุดที่มีปริมาณซัลเฟตสูงเป็น 3 อันดับแรกคือ จุดที่ 2 (283.10 mg/L) จุดที่ 9 (70.30 mg/L) จุดที่ 8 (57.80 mg/L) ซึ่งเป็นกลุ่มโรงงานประเภทฟอกย้อม รูปที่ 4.7 จุดที่มีปริมาณฟอสเฟตสูงเป็น 3 อันดับแรก คือ จุดที่ 4 (63.84 mg/L) จุดที่ 3 (59.35 mg/L) จุดที่ 9 (34.50 mg/L) ซึ่งจุดที่ 3 และ 4 เป็นกลุ่มโรงงานประเภทแปรรูปอาหารตามฤดูกาล รูปที่ 4.8 จุดที่มีปริมาณเหล็กสูง 3 อันดับแรกคือจุดที่ 3 (51.15 mg/L) จุดที่ 5 (29.03 mg/L) จุดที่ 2 (8.68mg/L) ซึ่งจุดที่ 3 และ 5 เป็นกลุ่มโรงงานประเภทอาหารแปรรูปตามฤดูกาล และมีค่าสูงกว่ามาตรฐานน้ำทิ้งในนิคมอุตสาหกรรม (รายละเอียดดังภาคผนวก ง) รูปที่ 4.9 จุดที่มีปริมาณคอปเปอร์สูง 3 อันดับแรกคือ จุดที่ 7 (36.92 mg/L) จุดที่ 8 (2.61 mg/L) จุดที่ 4 (0.39 mg/L) ซึ่งเป็นกลุ่มโรงงานประเภทอิเล็กทรอนิกส์ ฟอกย้อม แปรรูปอาหารตามลำดับ และจุดที่ 7 มีค่าสูงกว่ามาตรฐานน้ำทิ้งในนิคมอุตสาหกรรม (รายละเอียดดังภาคผนวก ง) จากรูปที่ 4.10 จุดที่มีปริมาณสังกะสีสูงเป็น 3 อันดับแรกคือ จุดที่ 3 (1.71 mg/L) จุดที่ 4 (1.44 mg/L) และ จุดที่ 5 (1.08 mg/L) ซึ่งเป็นกลุ่มโรงงานประเภทแปรรูปอาหารตามฤดูกาล โดยทั้ง 3 จุดนี้มีค่าสังกะสีไม่เกินค่ามาตรฐานน้ำทิ้งในนิคมอุตสาหกรรมที่กำหนด

หมายเหตุ : ทุกพารามิเตอร์ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข)



รูปที่ 4.6 ปริมาณซัลเฟต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

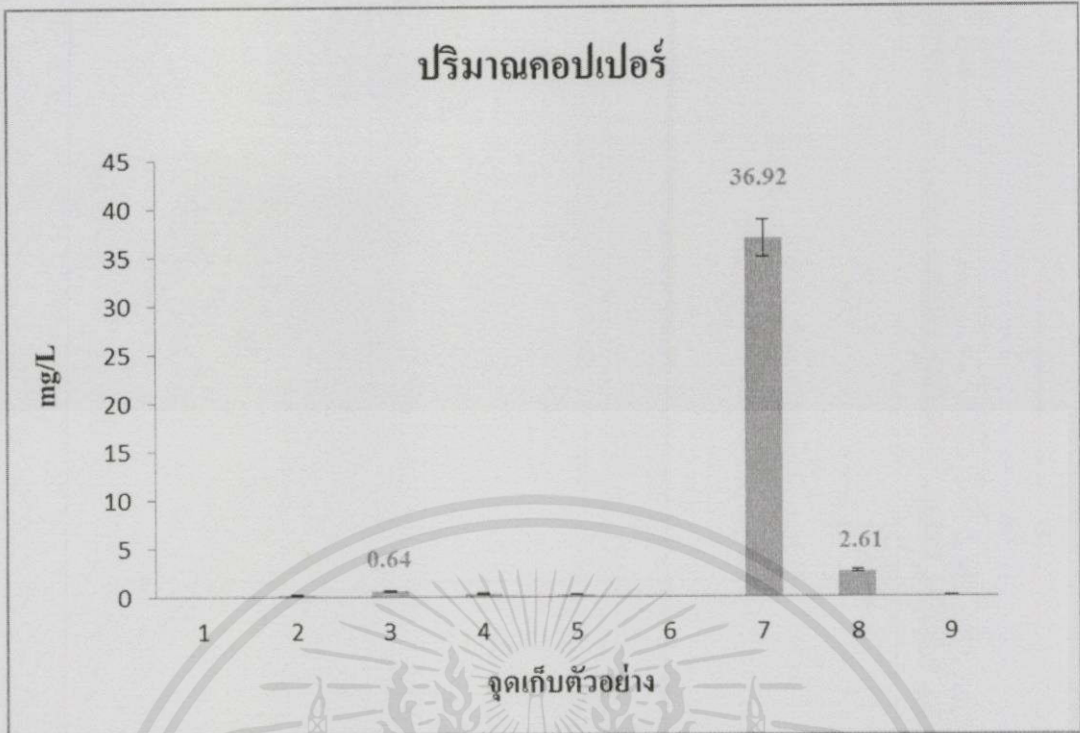


รูปที่ 4.7 ปริมาณออร์โทฟอสเฟต

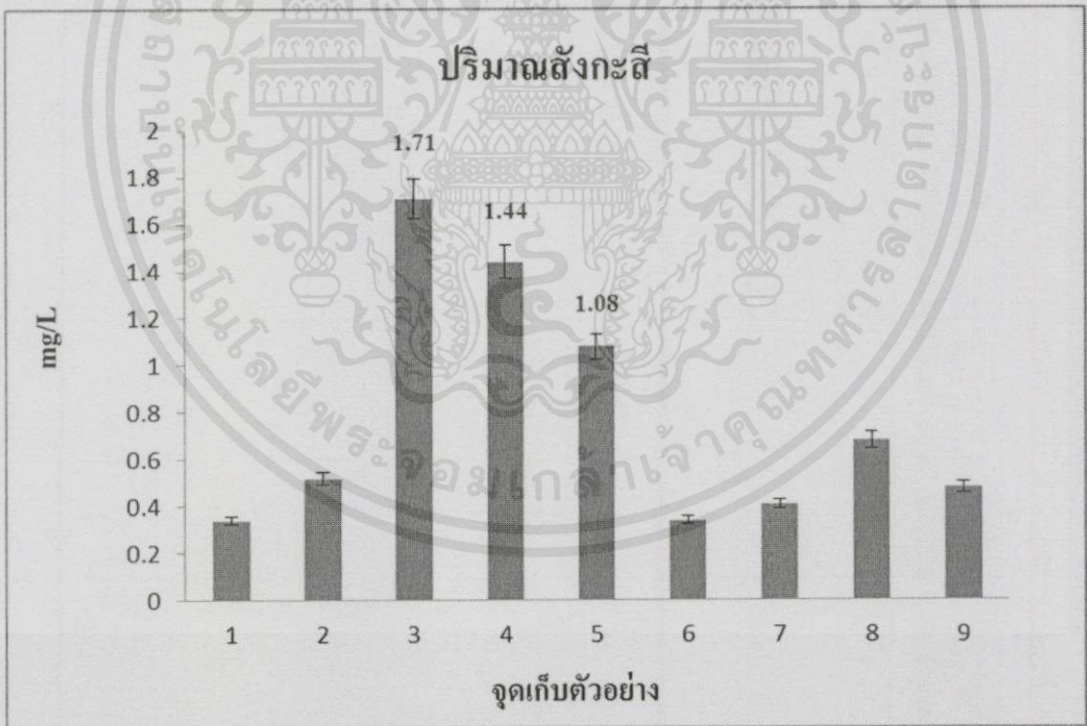


รูปที่ 4.8 ปริมาณเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 ปริมาณคอปเปอร์



รูปที่ 4.10 ปริมาณสังกะสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของน้ำทิ้ง (บ่อรวม)

จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของน้ำทิ้ง (บ่อรวม) ทั้ง 2 ครั้ง พบว่า มีลักษณะและกลิ่นเหมือนกัน คือ ขุ่น และได้กลิ่นของก๊าซไข่เน่า อุณหภูมิอยู่ที่ประมาณ 36 °C ค่าพีเอช มีค่ามากกว่า 7 ซึ่งมีค่าเป็นเบส สำหรับค่าการนำไฟฟ้าเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 และ 2 มีค่าเท่ากับ 3.16 mS/cm, 3.87 mS/cm ตามลำดับดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของบ่อรวมโดยทำการเก็บตัวอย่าง คือ ครั้งที่ 1 ทำการเก็บตัวอย่างในวันที่ 21/10/57 และครั้งที่ 2 ทำการเก็บตัวอย่างในวันที่ 22/10/57 โดยบ่อรวม นี้ได้รับน้ำเสียมาจาก 3 กลุ่มโรงงาน ได้แก่ ฟอกย้อม อิเล็กทรอนิกส์ แปรรูปอาหารตามฤดูกาลพบว่า บ่อรวมครั้งที่ 1 มีปริมาณของซัลเฟตมากที่สุด (729.50 mg/L) รองลงมาคือแคลเซียม (219.02 mg/L) ความกระด้างซึ่งพบอยู่ในรูปไบคาร์บอเนต (172.30 mg/L) ฟอสเฟต (5.19 mg/L) เหล็ก (3.77 mg/L) คอปเปอร์ (1.13 mg/L) และ สังกะสี (1.05 mg/L) ตามลำดับ บ่อรวมครั้งที่ 2 มีปริมาณซัลเฟตมากที่สุดเช่นกัน (1412.77 mg/L) รองลงมาคือ ความกระด้างซึ่งพบอยู่ในรูปไบคาร์บอเนต (288.30 mg/L) แคลเซียม (283.30 mg/L) ฟอสเฟต (5.78 mg/L) เหล็ก (4.18 mg/L) สังกะสี (2.02 mg/L) และคอปเปอร์ (1.30mg/L) ตามลำดับ

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าแนวโน้มการเกิดตะกอนในน้ำทิ้งบ่อรวม ซึ่ง บ่อรวมครั้งที่ 1 มีค่าดรชนี Langelier และ Ryznar เท่ากับ 0.57, 6.06 ตามลำดับ บ่อรวมครั้งที่ 2 มีค่า ดรชนี Langelier และ Ryznar เท่ากับ 0.87, 5.45 ตามลำดับ จากค่าดรชนี Langelier และ Ryznar สรุปได้ว่าน้ำมีแนวโน้มทำให้เกิดการสร้างตะกอน

ตารางที่ 4.6 ผลของลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของน้ำทิ้ง (บ่อรวม)

จุดเก็บตัวอย่าง	ลักษณะ	กลิ่น	อุณหภูมิ (°C)	ค่า pH	ค่าการนำไฟฟ้า (μ S/cm)	TDS (mg/L)
บ่อรวม ครั้งที่ 1	ขุ่น (สีเทา)	ก๊าซไข่เน่า	36.8	7.20	3160	2528
บ่อรวม ครั้งที่ 2	ขุ่น (สีเทา)	ก๊าซไข่เน่า	36.4	7.19	3870	3096

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ผลของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของน้ำทิ้ง (บ่อรวม)

จุดเก็บตัวอย่าง	พารามิเตอร์ที่ศึกษา						
	ซัลเฟต (mg/L)	ออร์โธฟอสเฟต (mg/L)	เหล็ก (mg/L)	คอปเปอร์ (mg/L)	สังกะสี (mg/L)	แคลเซียม (mg/L)	ความกระด้าง (mg/L as CaCO ₃)
บ่อรวมครั้งที่ 1	729.50 ± 2.52	5.19 ± 0.34	3.77 ± 0.01	1.13 ± 0.36	1.05 ± 0.20	219.02 ± 15.20	172.30 ± 0.06
บ่อรวมครั้งที่ 2	1412.77±2.31	5.78±0.02	4.18±0.12	1.30±0.09	2.02 ± 0.10	283.30±12.59	288.30±0.06

หมายเหตุ : ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข)

ตารางที่ 4.8 ค่าดัชนี Langelier และ Ryznar (รายละเอียดการคำนวณดังภาคผนวก ค)

จุดเก็บตัวอย่าง	Langelier	Ryznar
บ่อรวมครั้งที่ 1	0.57	6.06
บ่อรวมครั้งที่ 2	0.87	5.45

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

โครงการพิเศษนี้เป็นการตรวจวิเคราะห์สารปนเปื้อนในเส้นท่อน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. จากการวิเคราะห์ตะกอนด้วยวิธีการละลาย การตรวจด้วยเครื่อง Fourier Transform Infrared Spectrometer (FT-IR) เครื่อง Thermogravimetric Analysis (TGA) และเครื่อง X-Ray Diffractometer (XRD) พบว่าองค์ประกอบหลักของตะกอน คือ CaCO_3
2. จากการนำตะกอนส่งไปตรวจวิเคราะห์ที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ด้วยเครื่อง X-Ray Fluorescence Spectrometer (XRF) พบว่ามีแคลเซียม (Ca) ประมาณ 65.8% ซึ่งถือว่าเป็นองค์ประกอบหลัก
3. จากการนำน้ำทิ้งของกลุ่มโรงงานประเภทต่างๆมาวิเคราะห์ พบว่า น้ำทิ้งที่พบปริมาณซัลเฟตสูงสุด คือ น้ำทิ้งจากกลุ่มโรงงานประเภทฟอกย้อม น้ำทิ้งที่พบปริมาณคอปเปอร์สูงสุด คือ น้ำทิ้งจากกลุ่มโรงงานประเภทอิเล็กทรอนิกส์ และน้ำทิ้งที่พบปริมาณออร์โธฟอสเฟต เหล็ก และสังกะสีในปริมาณสูง คือ น้ำทิ้งจากกลุ่มโรงงานประเภทแปรรูปอาหารตามฤดูกาล
4. จากการวิเคราะห์น้ำทิ้งในบ่อรวม พบว่าในน้ำทิ้งมีปริมาณซัลเฟตและแคลเซียมสูง
5. ความกระด้างของน้ำทิ้งในบ่อรวม จะอยู่ในรูปไบคาร์บอเนต ซึ่งมีค่าเท่ากับ 230.3 mg/L และในการคำนวณครรชนิแลงเกลียร์ มีค่าเป็น บวก และ ครรชนิโรชันาร์ มีค่าเท่ากับ 5.75 ซึ่งน้อยกว่า 6 แสดงว่า น้ำทิ้งมีแนวโน้มที่จะเกิดปฏิกิริยาเคมีรวมตัวกันเป็นตะกอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรกำหนดให้แต่ละโรงงานบำบัดน้ำเสียเบื้องต้นก่อนปล่อยลงสู่เส้นท่ออย่างเคร่งครัด (รายละเอียดค่ามาตรฐานน้ำทิ้งกรมโรงงานอุตสาหกรรม ดังภาคผนวก ง)

2. ทำการลดความเข้มข้นของแคลเซียมไอออนและคาร์บอเนตไอออน เพื่อลดค่าผลคูณ $[Ca^{2+}]$ และ $[CO_3^{2-}]$ ให้น้อยกว่าค่า K_{sp} (3.8×10^{-9}) ด้วยการปล่อยน้ำเข้าไปในท่อน้ำทิ้งให้มากขึ้น หรือเติมสารเคมีที่ใช้ในการลดความกระด้าง ได้แก่ ปูนขาว (CaO) ใช้กำจัด CO_2 และ Carbonate Hardness โซดาแอช (Na_2CO_3) หรือ โซเดียมอลูมิเนต ($Na_2Al_2O_4$) ใช้กำจัด Non-Carbonate Hardness และ สารส้ม $[Al_2(SO_4)_3]$ ซึ่งช่วยในการตกตะกอน

3. จากการศึกษาปัญหาการเกิดตะกอนบริเวณท่อน้ำทิ้งในบ่อรวม ซึ่งเป็นจุดที่รองรับน้ำจากทุกโรงงาน ผู้ศึกษาได้ใช้ดัชนี Langelier และ Ryznar ในการทำนายแนวโน้มการเกิดตะกอน ซึ่งพบว่า ค่า LSI ของน้ำบ่อรวมมีค่าเป็นบวก และค่า RSI มีค่าน้อยกว่า 6 แสดงว่า บริเวณท่อน้ำทิ้งในบ่อรวมมีแนวโน้มการสร้างตะกอน เพื่อลดปัญหานี้แต่ละโรงงานควรตรวจเช็คปริมาณแคลเซียมไอออน และความกระด้างก่อนปล่อยน้ำออกสู่ท่อน้ำทิ้ง เพื่อเฝ้าระวังไม่ให้เกิดปฏิกิริยาเคมีรวมตัวกันเป็นตะกอน

4. ทำการควบคุมการเกิดตะกอนโดยการใส่สารเคมี ซึ่งสารเคมีที่นิยมใช้มี 3 ประเภท คือ

4.1 คีเลนต์ (Chelant) ช่วยควบคุมการเกิดตะกอน โดยการจับแคลเซียมไว้ทำให้ไม่เกิด $CaCO_3$

4.2 Sequesterant สารนี้ทำให้โครงสร้างของ $CaCO_3$ ไม่เกาะจับผิวโลหะ ทำให้ไม่เกิดตะกอนหินปูน

4.3 Dispersant เป็นสารกระจายตะกอน มักเป็นสารพอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำทำให้ผลึกกระจายตัวไปทั่ว และแขวนลอยอยู่ในน้ำโดยไม่เกาะผิววัสดุ ดังนั้นตะกอนเคลือบผิวโลหะจึงไม่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2548. แนวปฏิบัติที่ดีด้านการ

ป้องกันและลดมลพิษอุตสาหกรรมอาหารทะเลแปรรูป. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: หน้า 12.

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2548. แนวปฏิบัติที่ดีด้านการ

ป้องกันและลดมลพิษฟอกย้อม. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: หน้า 18.

ณรงค์ วุทธเสถียร. 2543. การปรับสภาพน้ำสำหรับอุตสาหกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ:

สำนักพิมพ์ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). หน้า 296,379,396

พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย, กรองแก้ว ทิพย์ศักดิ์. 2534. ปฏิบัติการเคมีสิ่งแวดล้อม 1. พิมพ์ครั้งที่ 2.

โครงการตำราภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้า

คุณทหารลาดกระบัง

มันสิน ตันจุลเวศม์ และ มันรัชต์ ตันจุลเวศม์ ก. 2545 " เคมีวิทยาของน้ำและน้ำเสีย "

พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. หน้า 86.

มันสิน ตันจุลเวศม์ และ มันรัชต์ ตันจุลเวศม์ ข. 2545 " การปรุงแต่งคุณภาพน้ำ "

พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. หน้า 2/15.

วรรณศรี บุญยรัตพันธุ์. 2536. เทคนิคการกำจัดน้ำสกปรกจากอุตสาหกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 2.

ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น. หน้า 78.

ไพศาล วิรกิจ. 2545. การผลิตน้ำสำหรับอุตสาหกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์

นำอักษรการพิมพ์. หน้า 99.

การทดลองเรื่องกรด-เบส. 2552. ปฏิกริยาระหว่างกรดหรือเบสกับสารบางชนิด. [Online].

Available: <http://lookpudjuku.blogspot.com/2009/09/2.html>.

(เข้าถึงเมื่อวันที่ 16 ธันวาคม 2557).

การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. 2555. นิคมอุตสาหกรรมสมุทรสาคร. [Online].

Available: <http://www.ieat.go.th>. (เข้าถึงเมื่อวันที่ 2 พฤศจิกายน 2557).

กรมควบคุมมลพิษ ก. 2557. คุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม. [Online]. Available:

http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water04.html#s1.

(เข้าถึงเมื่อวันที่ 24 กันยายน 2557).

กรมควบคุมมลพิษ ข. 2557. ฐานความรู้การจัดการกลิ่น. [Online]. Available:

http://www.pcd.go.th/info_serv/Datasmell/P1.htmhttp://www.pcd.go.th/info_serv/Datasmell/P3.htm.

(เข้าถึงเมื่อวันที่ 30 กันยายน 2557).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (IC และ PCB). [Online].

Available: http://www2.diw.go.th/I_Standard/Web/pane_files/Industry25.asp.

(เข้าถึงเมื่อวันที่ 13 ตุลาคม 2557).

กรมวิทยาศาสตร์ทหารเรือ. 2548. การตรวจวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในน้ำเพื่อการควบคุม

คุณภาพ ตรวจสอบในระบบบำบัดและสิ่งแวดล้อมดิน. [Online]. Available:

http://www.navy.mi.th/science/Webpage/newdocument/doc_water.htm.

(เข้าถึงเมื่อวันที่ 24 กรกฎาคม 2557).

ขบวนการและระบบบำบัดน้ำเสีย. หลักการจัดการน้ำเสีย. [Online]. Available:

<http://www.kmitl.ac.th/~kbkittic/watertreat/wastewatermanagement.html>.

(เข้าถึงเมื่อวันที่ 23 กรกฎาคม 2557).

ณัฐ คุ้มภู. 2553. ความหมายตะกอน วิกฤตโรค วิกฤตโลก. [Online]. Available:

<http://www.thaihealth.or.th/Content/21541.html>. (เข้าถึงเมื่อวันที่ 14 ตุลาคม 2557).

แบบเรียนออนไลน์ วิชาสถิติ. ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean). [Online]. Available:

<http://www.stvc.ac.th/elearning/stat/csu2.html>. (เข้าถึงเมื่อวันที่ 29 ตุลาคม 2557).

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม. พ.ศ. 2539. ฉบับที่ 2. กำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออก

จากโรงงาน. [Online]. Available: <http://www.bsa.or.th>.

(เข้าถึงเมื่อวันที่ 20 ธันวาคม 2557).

ปฏิบัติการทางเคมีวิเคราะห์ (Analytical Chemistry Laboratory). การวิเคราะห์ความกระด้างของน้ำ.

[Online]. Available: <http://e-book.ram.edu/e-book/inside/html/dlbook.asp?code=CH234>.

(เข้าถึงเมื่อวันที่ 24 กรกฎาคม 2557).

ปริญญา ประโลมรัมย์. 2553. การแก้ปัญหาการเกิดตะกอนในเส้นท่อของโรงงานแปรรูปอาหาร

ทะเลแช่แข็ง. [Online]. Available: http://dric.nrct.go.th/bookdetail.php?book_id=240767.

(เข้าถึงเมื่อวันที่ 29 กรกฎาคม 2557).

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. 2557. อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม. [Online].

Available: http://www.foodnetworksolution.com/news_and_articles/category/083/

นวัตกรรมอาหารพระจอมเกล้าลาดกระบัง. (เข้าถึงเมื่อวันที่ 27 กรกฎาคม 2557).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ. ข้อมูลขั้นตอนการเก็บตัวอย่างน้ำ. [Online]. Available:

<http://regis.sskru.ac.th/sskru49/body1.html>. (เข้าถึงเมื่อวันที่ 27 กรกฎาคม 2557).

แม่น อมรสิทธิ์. 2552. หลักการใช้เครื่อง FT-IR Spectrometer (FT-IR). [Online]. Available:

<http://cste.sut.ac.th/articles/?p=294>. (เข้าถึงเมื่อวันที่ 9 ตุลาคม 2557).

วิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยนเรศวร. การเก็บรักษาตัวอย่างน้ำเพื่อนำส่งวิเคราะห์. [Online].

Available: http://civil.eng.nu.ac.th/ceCentre/envService01_02.phphttp.com.

(เข้าถึงเมื่อวันที่ 24 กรกฎาคม 2557).

ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร. อุตสาหกรรมอาหาร. [Online]. Available:

<http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2561> (เข้าถึงเมื่อวันที่ 14 ตุลาคม 2557).

ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งจันทบุรี การวิเคราะห์หาแคลเซียม (EDTA Titrimetric

Method). [Online]. Available: <http://www.fisheries.go.th/cf-chan/visit-water-room/calcium/cal-page.htm>.

(เข้าถึงเมื่อวันที่ 23 กรกฎาคม 2557).

ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง. 2555. หลักการใช้เครื่อง

Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). [Online]. Available:

<http://www.mfu.ac.th/center/stic/index.php/chemical-analysis-instrument-atomic-absorption-spectrophotometer-aas.html>.

(เข้าถึงเมื่อวันที่ 9 ตุลาคม 2557).

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2557. การเกิดตะกอนแคลเซียม

คาร์บอเนต. [Online]. Available: <http://www.tistr.or.th>.

(เข้าถึงเมื่อวันที่ 2 พฤศจิกายน 2557).

สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). อุตสาหกรรมฟอกย้อม. [Online]. Available:

http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php?bookID.

(เข้าถึงเมื่อวันที่ 14 ตุลาคม 2557).

สุภาวดี มุกดาพันธ์. 2553. หลักการใช้เครื่อง X-ray Diffractometer (XRD). [Online].

Available: <http://nuc2010.wordpress.com/2010/04/01/การปฏิบัติการใช้เครื่อง>.

(เข้าถึงเมื่อวันที่ 9 ตุลาคม 2557).

สำนักวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมโรงงาน. การวิเคราะห์น้ำเสีย. [Online]. Available:

<http://www2.diw.go.th/research/file.asp>. (เข้าถึงเมื่อวันที่ 30 กันยายน 2557).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. 2014. หลักการใช้เครื่อง

Thermogravimetric Analysis (TGA). [Online]. Available:

http://www.nanotec.or.th/th/?page_id=569. (เข้าถึงเมื่อวันที่ 9 ตุลาคม 2557)

สำนักงานพัฒนาการวิจัยเกษตร (องค์การมหาชน). กระบวนการแปรรูปผลไม้. [Online]. Available:

http://www.arda.or.th/kasetinfo/north/processing/process_fruit_can.html.

(เข้าถึงเมื่อวันที่ 13 ตุลาคม 2557).

แหล่งเรียนรู้ทางด้านประมง. คุณภาพน้ำและตะกอนดิน. [Online]. Available:

<http://www.aquatoyou.com/index.php/2013-05-16-04-06-08/857-ascorbic-acid>.

(เข้าถึงเมื่อวันที่ 28 กรกฎาคม 2557).

อุตสาหกรรมอาหารทะเลแปรรูป. ปลากระป๋อง. [Online]. Available:

<http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word>. (เข้าถึงเมื่อวันที่ 13 ตุลาคม 2557).

Bayer Material Science. สภาพนำไฟฟ้า (Conductivity). [Online]. Available:

<https://sites.google.com/site/bmsanalyzer/home/analyzer/conductivity>.

(เข้าถึงเมื่อวันที่ 17 ธันวาคม 2557).

Calcium carbonate (precipitated) กราฟมาตรฐานแคลเซียมคาร์บอเนต. [Online].

Available: <http://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?ID=C471341&Mask=80,%202009>

(เข้าถึงเมื่อวันที่ 16 ตุลาคม 2557).

Glasswarechemical. 2555. หลักการใช้เครื่อง UV-VIS Spectrophotometer. Available:

<http://glasswarechemical.com/scientific-instrument/หลักการใช้เครื่อง-uv-vis-spectrophotometer/>.

(เข้าถึงเมื่อวันที่ 9 ตุลาคม 2557).

Kotbia Labioda, Samira Ghizellaoui. 2012. Contribution to the Inhibitors Methods Study of the

Scaling: Chemical, Electrochemical Processes in the Presence of $\text{Ca}(\text{OH})_2$, Na_2CO_3 and

KH_2PO_4 . **Energy Procedia**. 18: 1541 – 1556

Metals in Water by AAS (การวิเคราะห์โลหะในน้ำ). [Online]. Available:

<http://webcache.googleusercontent.com/search>. (เข้าถึงเมื่อวันที่ 27 กรกฎาคม 2557).

Y.Zarga, H.BenBoubaker, N.Ghaffour, H.Elfil. 2013. Study of calcium carbonate and sulfate

co-precipitation . **Chemical Engineering Science**. 96 : 33–41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

วิธีการทดลอง

ก-1 การตรวจวิเคราะห์หาสารที่เป็นองค์ประกอบหลักในตะกรัน

ก-1.1 การละลายตะกรัน

1. ชั่งตัวอย่างมา 0.1 g ใส่ลงในบีกเกอร์
2. บีเปิดตัวทำละลายมา 10 mL ใส่ลงในบีกเกอร์ คนด้วยแท่งคนสาร
3. สังเกตการละลายของตัวอย่าง

หมายเหตุ: ถ้าตัวอย่างไม่ละลายให้ทำการทดลองเหมือนข้อ 1 และ 2 แล้วนำไปตั้งบน Hot plate ที่อุณหภูมิ 100 °C ปิดปากบีกเกอร์ด้วยแผ่นฟอยล์ สังเกตการละลาย

ก-1.2 การเผาตะกรัน

1. ชั่งตัวอย่างมา 1 g ลงใน Crucible นำเข้าเตาเผาความร้อนสูงที่อุณหภูมิ 900 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง สังเกตการเปลี่ยนแปลง

ก-1.3 การวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Fourier Transform Infrared Spectrometer (FT-IR)

1. บดตัวอย่างให้มีความละเอียด
2. ผสมตัวอย่างเข้ากับ KBr ในโถรงบดสาร โดยให้ตัวอย่างมีความเข้มข้น ประมาณ 0.01 เปอร์เซ็นต์ และบดสารให้ละเอียดโดยให้มีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ
3. ใส่ตัวอย่างที่บดแล้วลงในแม่พิมพ์ และนำไปอัดด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก ให้มีความดัน ประมาณ 15000 ทั้งไว้ 1-2 นาที
4. ถอดตัวประกอบแม่พิมพ์ออก ตัวอย่างจะติดอยู่ที่แม่พิมพ์ มีลักษณะเป็นวงกลมใส และตัวอย่างจะกระจายอยู่บน KBr แล้วนำตัวอย่างเข้าเครื่อง FT-IR ได้เลย

ก-1.4 การวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Thermogravimetric Analysis (TGA)

1. นำตะกรันที่บดเป็นผงแล้วมาใส่ในตะกร้า (น้ำหนักห้ามเกิน 100 mg)
2. นำไปแขวนที่เครื่อง
3. ยกเตาเผาขึ้น
4. Go to Temp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น "ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. กด Start

ก-1.5 การหาปริมาณของธาตุต่างๆที่ปนเปื้อนอยู่ในตะกอน ด้วยเครื่อง X-Ray Fluorescence Spectrometer (XRF)

- นำตะกอนก่อนเผาและหลังเผาไปส่งไปทดสอบที่ศูนย์เครื่องมือ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ก-1.6 การหาโครงสร้างผลึกของสารประกอบที่ปนเปื้อนอยู่ในตะกอน ด้วยเครื่อง X-Ray Diffractometer (XRD)

- นำตะกอนก่อนเผาและหลังเผาไปส่งไปทดสอบที่ศูนย์เครื่องมือ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ก-2 การวิเคราะห์สารปนเปื้อนในน้ำทิ้ง

ก-2.1 การวิเคราะห์ซัลเฟต (พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย, กรองแก้ว ทิพย์ศักดิ์. 2534)

- กราฟมาตรฐานความขุ่น
 1. เตรียมอนุกรมมาตรฐานซัลเฟตให้ความเข้มข้นเป็น 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 และ 40 mg/L
 2. โดยปิเปตสารละลายมาตรฐานซัลเฟตความเข้มข้น 100 mg/L มา 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 และ 40 mL ตามลำดับ ใส่ขวดปรับปริมาตร 100 mL แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น
 3. เติสารละลายลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 mL
 4. เติมผลึกแบเรียมคลอไรด์เพื่อให้เกิดสารแขวนลอย
 5. ปิเปตบัฟเฟอร์ลงไป 10 mL
 6. นำไปกวนโดยเครื่องกวนแบบแม่เหล็กปั่นกวน
 7. ขณะเดียวกันค่อยๆเติมผลึกแบเรียมคลอไรด์ลงไป ประมาณ 1 ช้อนเล็ก กวนจนครบ 1 นาที
 8. รีบเทสารลงในหลอดวัดความขุ่นแล้ววัดความขุ่นทุกๆ 30 วินาที จนครบ 4 นาที
 9. บันทึกความขุ่น
- วิเคราะห์ตัวอย่าง
 1. นำน้ำตัวอย่างมา 50 mL ใส่ในขวดรูปชมพู่
 2. เติมผลึกแบเรียมคลอไรด์เพื่อให้เกิดสารแขวนลอย
 3. ปิเปตบัฟเฟอร์ลงไป 10 mL
 4. นำไปกวนโดยเครื่องกวนแบบแม่เหล็กปั่นกวน
 5. ขณะเดียวกันค่อยๆเติมผลึกแบเรียมคลอไรด์ลงไป ประมาณ 1 ช้อนเล็ก กวนจนครบ 1 นาที
 6. รีบเทสารลงในหลอดวัดความขุ่นแล้ววัดความขุ่นทุกๆ 30 วินาที จนครบ 4 นาที
 7. บันทึกความขุ่น

- แปลงค่าของวิธีวิเคราะห์

นำน้ำตัวอย่างมา 50 mL ทำเช่นเดียวกับวิธีวิเคราะห์ตัวอย่างแต่ไม่ต้องเติม BaCl_2

ก-2.2 การวิเคราะห์ออร์โธฟอสเฟตด้วยเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer

(พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย, กรองแก้ว ทิพย์ศักดิ์. 2534)

1. ปิเปิดตัวอย่างน้ำมา 30.0 mL (หรือน้อยกว่าขึ้นอยู่กับปริมาณฟอสเฟตในน้ำ) เติม ฟีนอล์ฟทาลีน 1 หยด ถ้าได้สีแดงให้เติมกรดซัลฟิวริก 5 N ทีละหยดจนสีแดงหายไป
2. เติมน้ำยารวม 8.0 mL และปรับปริมาตรให้ได้ 50 mL เขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 10 นาที
3. วัดค่าทางดูดกลืนสูงที่ 880 nm
4. เตรียมกราฟมาตรฐานให้อยู่ในช่วงความเข้มข้นที่ต้องการ ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 50 mL เติมน้ำยารวม 8.0 mL และเติมน้ำกลั่นให้ถึงขีด เขย่าให้เข้ากัน จะได้สารละลายฟอสเฟตที่มีความเข้มข้น 0, 5, 15, 25, 40 และ 60 mg นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงเช่นเดียวกับ แปลงค่า

ก-2.3 การวิเคราะห์เหล็ก Fe^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Ca^{2+} ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) (พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย, กรองแก้ว ทิพย์ศักดิ์. 2534)

วิธีการเตรียมกราฟมาตรฐาน

1. การเตรียมความเข้มข้นของสารมาตรฐาน
 - การสร้างกราฟมาตรฐาน (Fe^{2+})

เตรียมความเข้มข้นของสารมาตรฐานเป็น 1, 2, 3, 4, 5 mg/L

 - สำหรับบ่อรวมเตรียมความเข้มข้นของสารมาตรฐานเป็น 1, 2, 4 และ 8 mg/L
 - การสร้างกราฟมาตรฐาน (Cu^{2+})

เตรียมความเข้มข้นของสารมาตรฐานเป็น 0.1, 0.5, 1, 5, 10 mg/L

 - สำหรับบ่อรวมเตรียมความเข้มข้นของสารมาตรฐานเป็น 0.1, 0.5, 1, 1.5, 2 และ 3 mg/L
 - การสร้างกราฟมาตรฐาน (Zn^{2+})

เตรียมความเข้มข้นของสารมาตรฐานเป็น 0.01, 0.05, 0.1, 0.2, 0.4 และ 0.8 mg/L

 - สำหรับบ่อรวมเตรียมความเข้มข้นของสารมาตรฐานเป็น 0.1, 0.3, 0.6, 1.2 และ 1.5 mg/L
 - การสร้างกราฟมาตรฐาน (Ca^{2+})

เตรียมความเข้มข้นของสารมาตรฐานเป็น 0.1, 0.5, 1, 2 และ 3 mg/L

 - สำหรับบ่อรวมเตรียมความเข้มข้นของสารมาตรฐานเป็น 0.1, 0.5, 1, 2 และ 3 mg/L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ออกทางนามของศูนย์พัฒนาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดปรับปริมาตรในขวดปรับปริมาตร 100 mL

3. นำไปวัดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

การเตรียมตัวอย่างเพื่อทำการทดสอบ

1. นำตัวอย่างน้ำออกจากตู้เย็น ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เขย่าให้เข้ากัน
2. เปิดน้ำตัวอย่างมา 100 mL
3. เติม Glass bead ประมาณ 5-6 เม็ด
4. เติม conc.HNO₃ 5 mL
5. แกว่งให้เข้ากันเบาๆ แล้วนำไปวางบน Hot plate ปิดด้วยกระจกนาฬิกา (ทำใน Hood)
6. ค่อยๆระเหยจนกระทั่งย่อยสมบูรณ์ สังเกตจากสารละลายจะใสขึ้นจนปริมาตรเหลือประมาณ 10-20 mL
7. ล้างข้างๆบีกเกอร์และกระจกนาฬิกา ด้วย Deionized water 1 ครั้ง
8. นำมากรองด้วย What man เบอร์ 42 ใส่ในขวดปริมาตร 100 mL ปริมาตรด้วย Deionized water
9. ถ่ายใส่ขวดพลาสติกโพลีเอทิลีน
10. นำไปวิเคราะห์หาค่าด้วยเครื่อง AAS

ก-2.4 การวิเคราะห์หาความกระด้างของน้ำด้วยวิธี Phenolphthalein methyl Orange Indicator (ณรงค์ วุฒเสถียร. 2543)

- การเทียบค่ามาตรฐาน Standardization ของ H₂SO₄ 0.02 N

1. นำ H₂SO₄ ที่เตรียมไว้มา 25 mL
2. ไทเทรตด้วย 0.1 N

- วิธี Phenolphthalein Methyl Orange Indicator

1. ตวงตัวอย่างน้ำใส่ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 mL (แบบลค์ใช้น้ำกลั่น)
2. เติม Phenolphthalein 3 หยด เขย่าให้เข้ากัน
3. ถ้าตัวอย่างเป็นสีชมพูอ่อนให้ไทเทรตด้วย 0.02 N H₂SO₄ จนสีจางหายไป (บันทึกปริมาตร)
4. เติม Methyl Orange 3 หยด เขย่าให้เข้ากัน
5. ถ้าตัวอย่างเป็นสีเหลืองไทเทรตด้วย 0.02 N H₂SO₄ จนสังเกตเห็นสีเปลี่ยนแปลงไปจากแบบลค์
6. และค่อยๆ ไทเทรตทีละ 1-2 หยด จนได้ End point สีส้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น การเปลี่ยนแปลงเนื้อหาและข้อมูลของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Methyl Orange ให้สีเหลือง ในสารละลายที่เป็นด่าง
Methyl Orange ให้สีส้ม ในสารละลายที่เป็นกลาง
Methyl Orange ให้สีแดง ในสารละลายที่เป็นกรด

ภาคผนวก ข

ผลการทดลอง

ตารางที่ ข-1 ผลน้ำหนักตะกรันก่อนเผาและหลังเผา

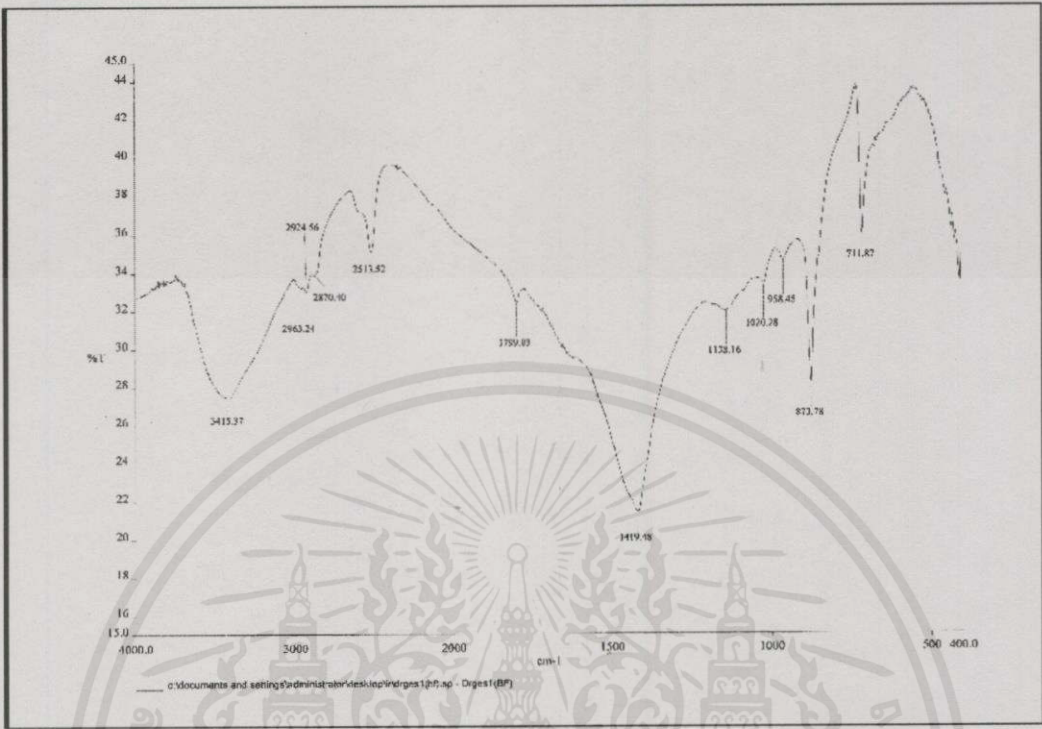
ครั้งที่	ก่อนเผา		หลังเผา	
	น้ำหนักตะกรัน (g)	น้ำหนัก Crucible + ตะกรัน (g)	น้ำหนักตะกรัน (g)	น้ำหนัก Crucible + ตะกรัน (g)
1	1.03	33.74	0.53	33.21
2	1.01	33.36	0.50	32.86
3	1.04	33.09	0.55	32.54

ตารางที่ ข-2 การเปลี่ยนแปลงที่อุณหภูมิ 900 °C

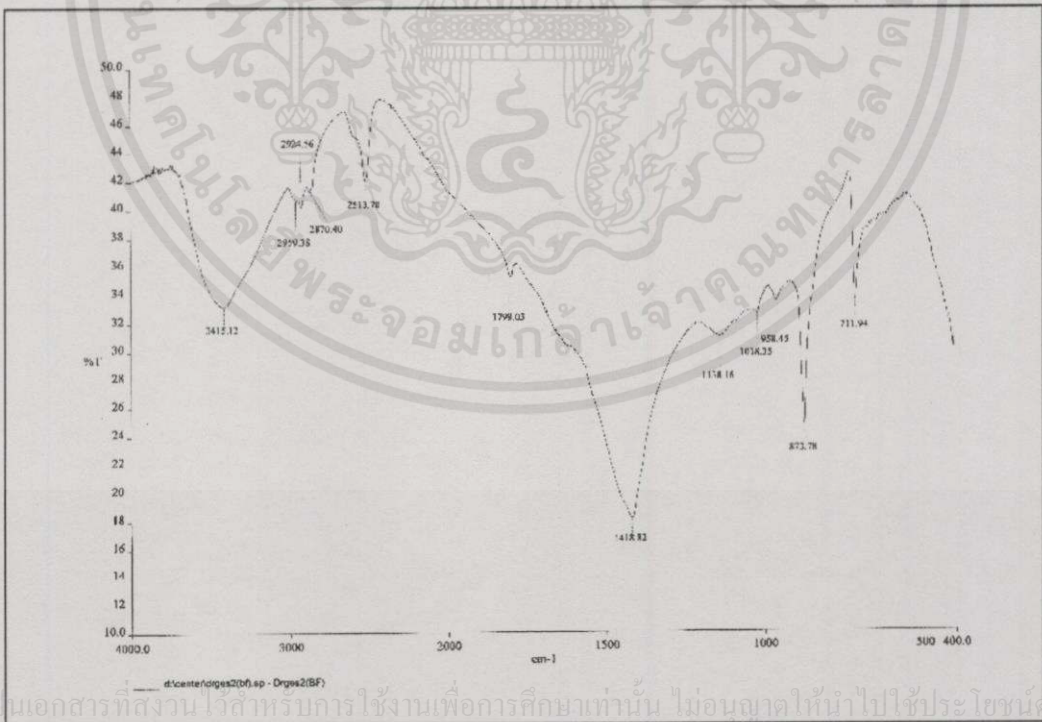
ครั้งที่	การเปลี่ยนแปลง	
	ก่อนเผา	หลังเผา
1	ของแข็งสีเทา	ตะกอนสีขาว
2	ของแข็งสีเทา	ตะกอนสีขาว
3	ของแข็งสีเทา	ตะกอนสีขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

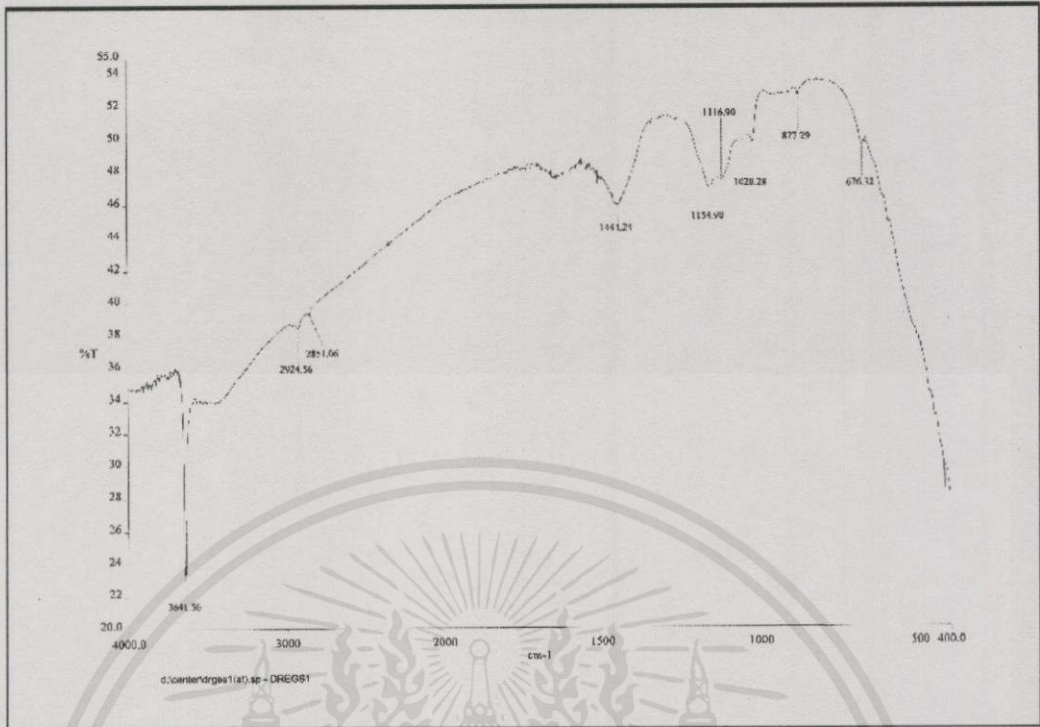
อินฟราเรดสเปกตรัมของ Fourier Transform Infrared Spectrometer (FT-IR)



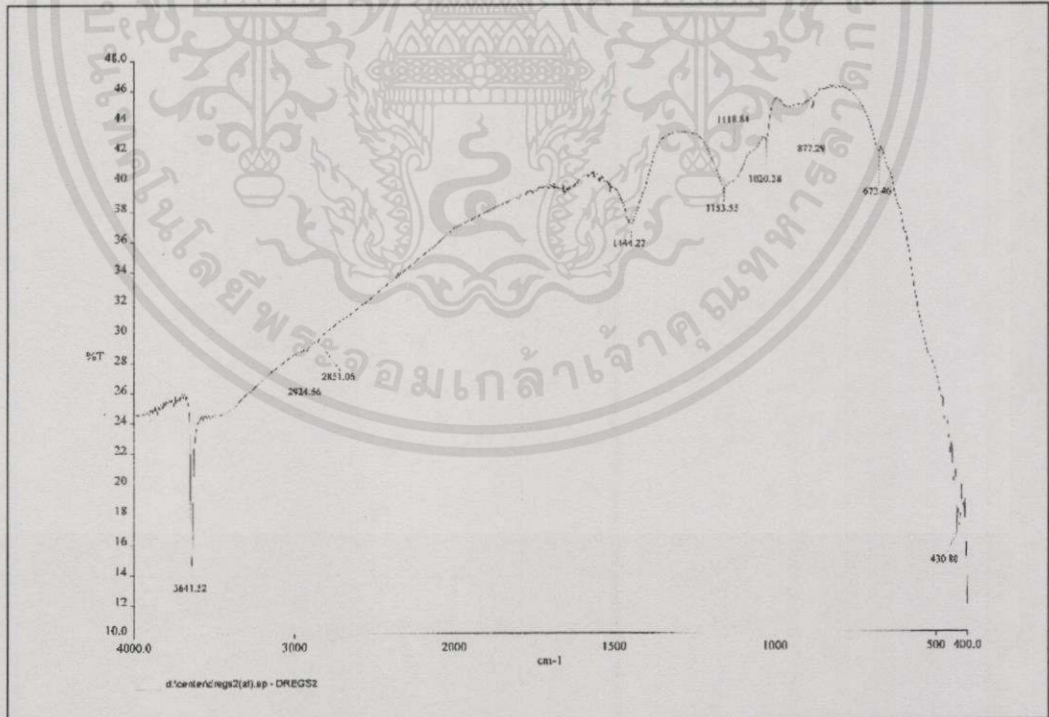
รูปที่ ข-1 อินฟราเรดสเปกตรัมที่ได้จากการวิเคราะห์ตะกรันก่อนเผาด้วยเครื่อง FT-IR ครั้งที่ 1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีรูปที่ ข-2 อินฟราเรดสเปกตรัมที่ได้จากการวิเคราะห์ตะกรันก่อนเผาด้วยเครื่อง FT-IR ครั้งที่ 2

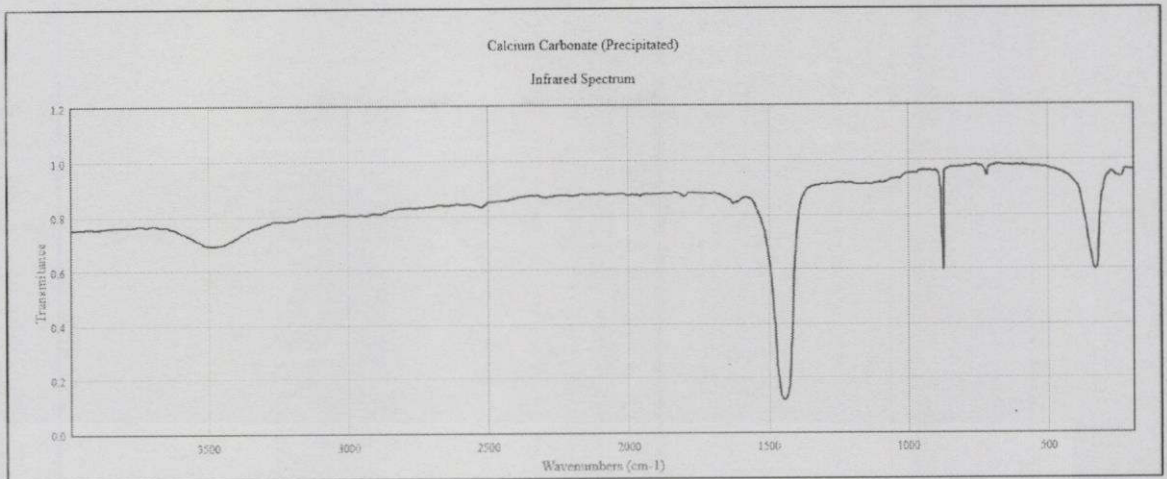


รูปที่ ข-3 อินฟราเรดสเปกตรัมที่ได้จากการวิเคราะห์ตะกรันหลังเผาที่อุณหภูมิ 900 °C
ด้วยเครื่อง FT-IR ครั้งที่ 1



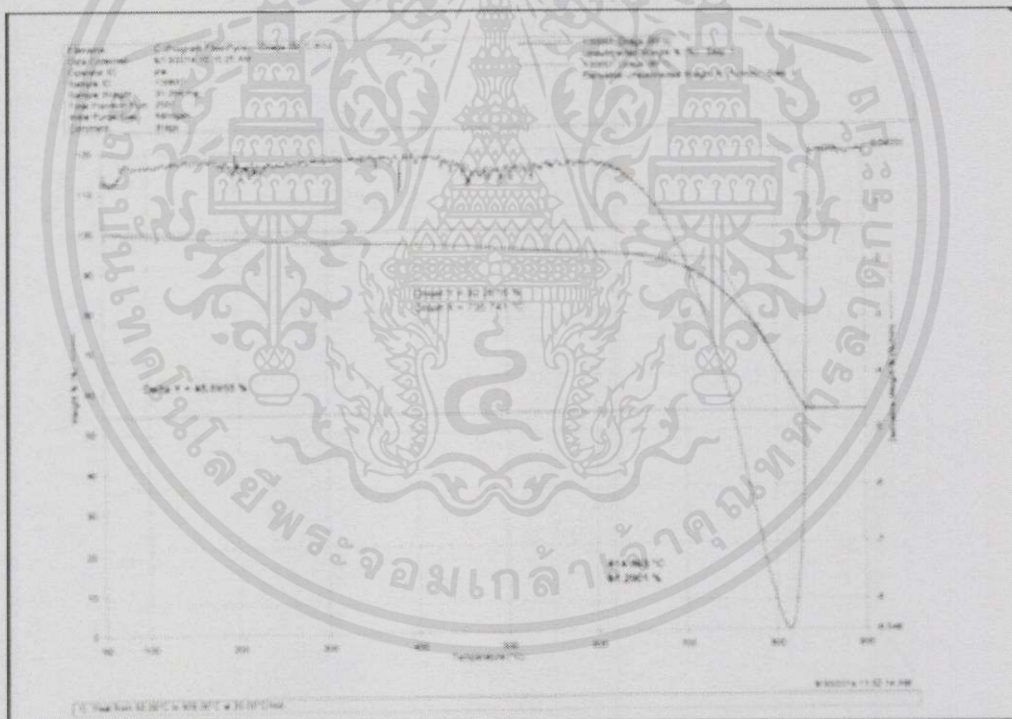
รูปที่ ข-4 อินฟราเรดสเปกตรัมที่ได้จากการวิเคราะห์ตะกรันหลังเผาที่อุณหภูมิ 900 °C
ด้วยเครื่อง FT-IR ครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่งานวิจัยที่ห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและข้อมูลเชิงลึกของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



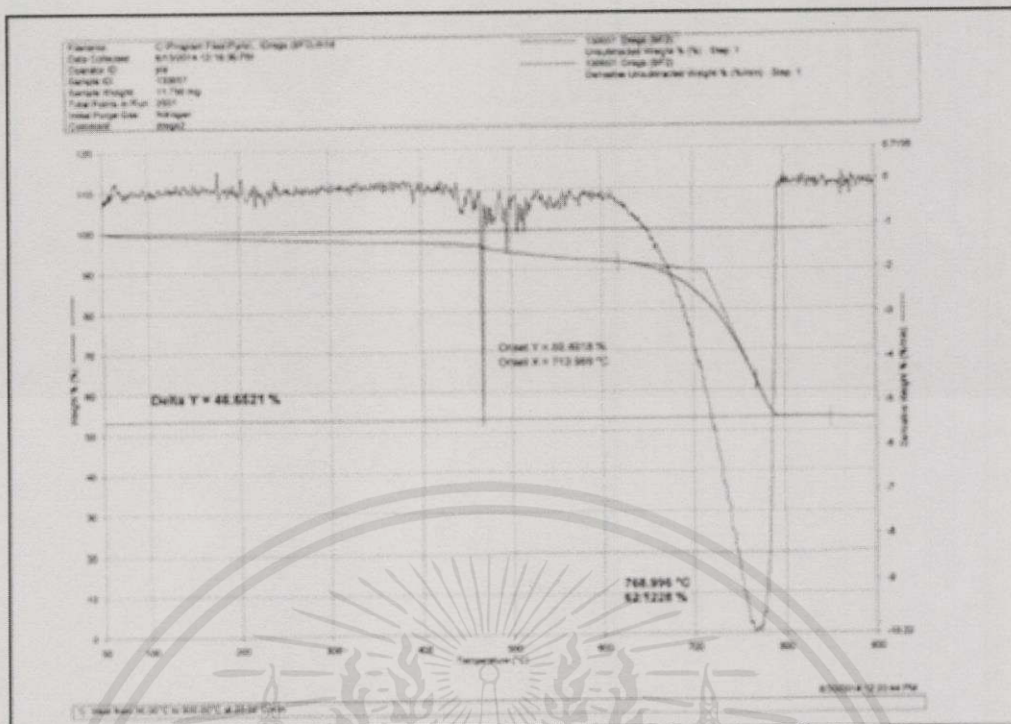
รูปที่ ข-5 อินฟราเรดสเปกตรัมของ Calcium Carbonate
(ที่มา: NIST national institute of standards and technology, 2009)

กราฟของ Thermogravimetric Analysis (TGA)

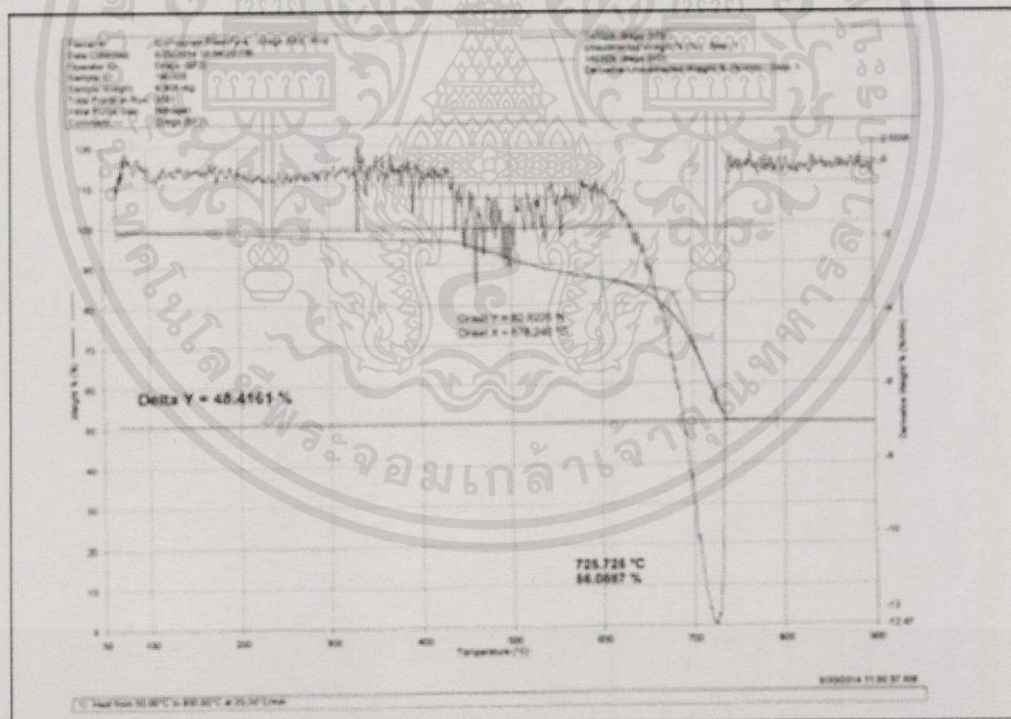


รูปที่ ข-6 ผลการวิเคราะห์ตะกอนก่อนเผาด้วยเครื่อง TGA ครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น 'ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

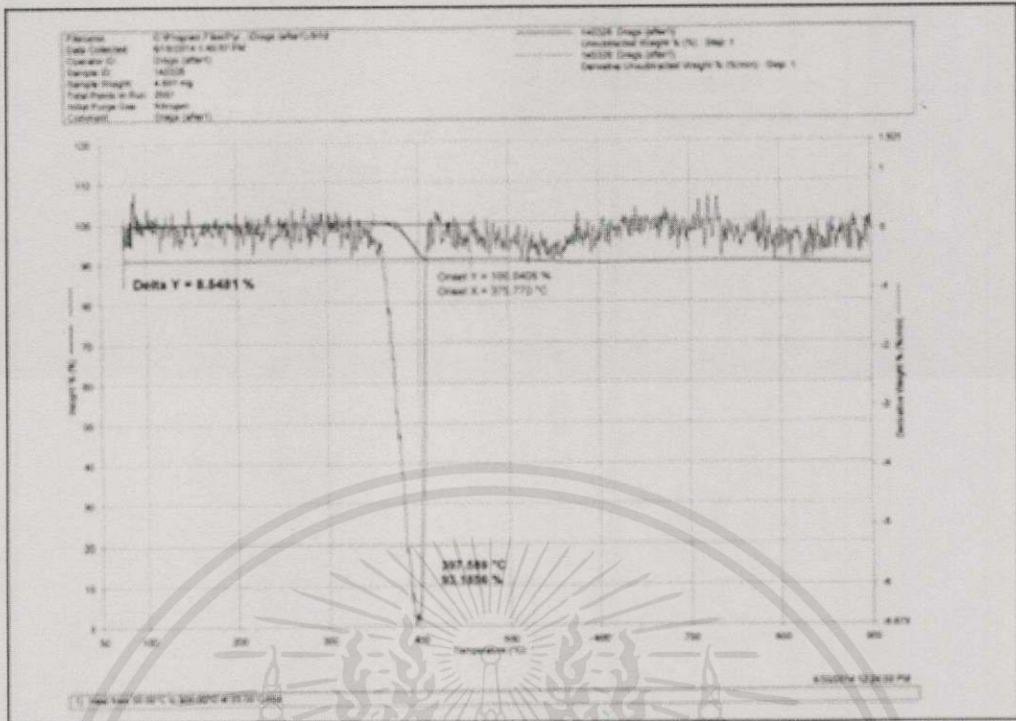


รูปที่ ข-7 ผลการวิเคราะห์ตะกรันก่อนเผาด้วยเครื่อง TGA ครั้งที่ 2

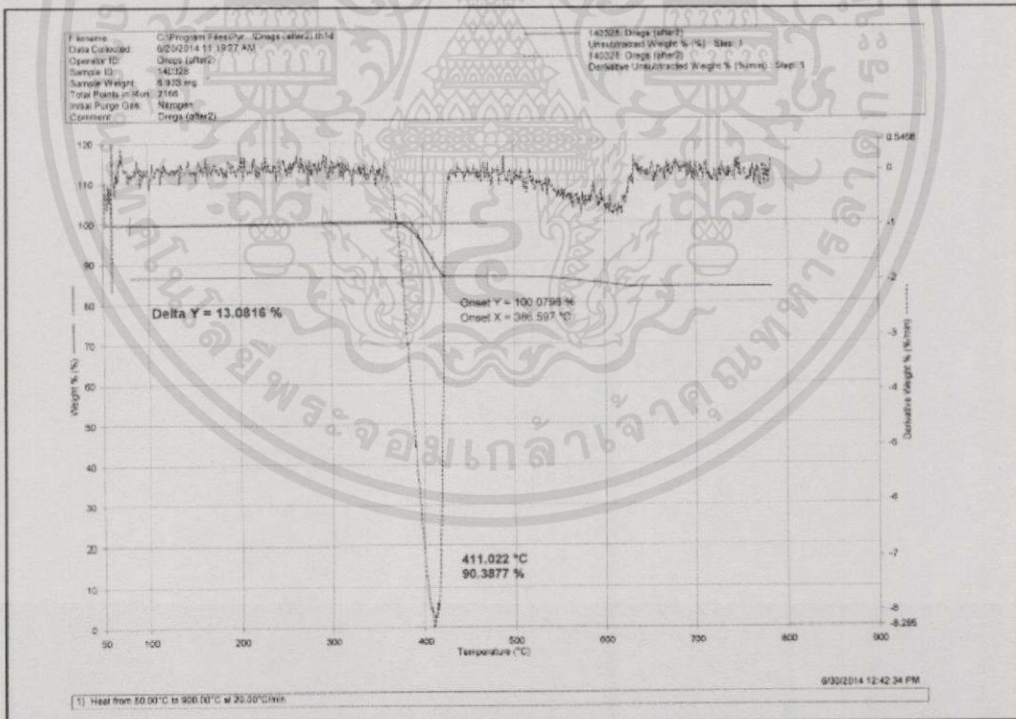


รูปที่ ข-8 ผลการวิเคราะห์ตะกรันก่อนเผาด้วยเครื่อง TGA ครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

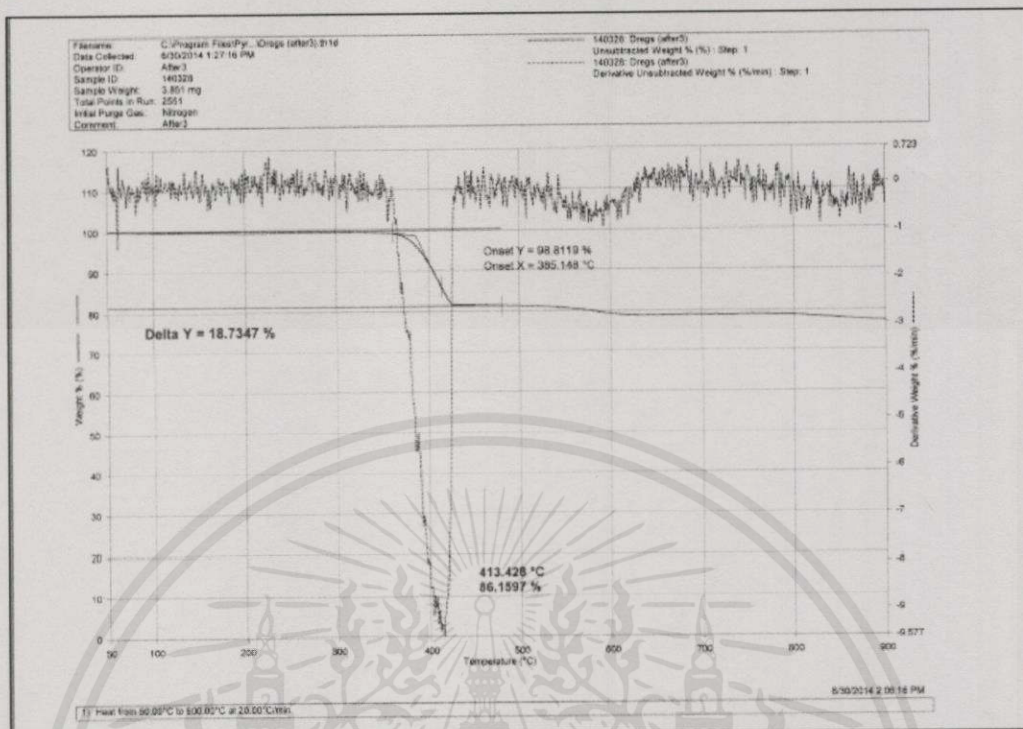


รูปที่ ข-9 ผลการวิเคราะห์ตะกอนหลังเผาที่อุณหภูมิ 900 °C ด้วยเครื่อง TGA ครั้งที่ 1



รูปที่ ข-10 ผลการวิเคราะห์ตะกอนหลังเผาที่อุณหภูมิ 900 °C ด้วยเครื่อง TGA ครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข-11 ผลการวิเคราะห์ตะกรันหลังเผาที่อุณหภูมิ 900 °C ด้วยเครื่อง TGA ครั้งที่ 3

ตารางที่ ข-3 ผลการทดลองด้วยเครื่อง TGA ของตัวอย่างก่อนเผา

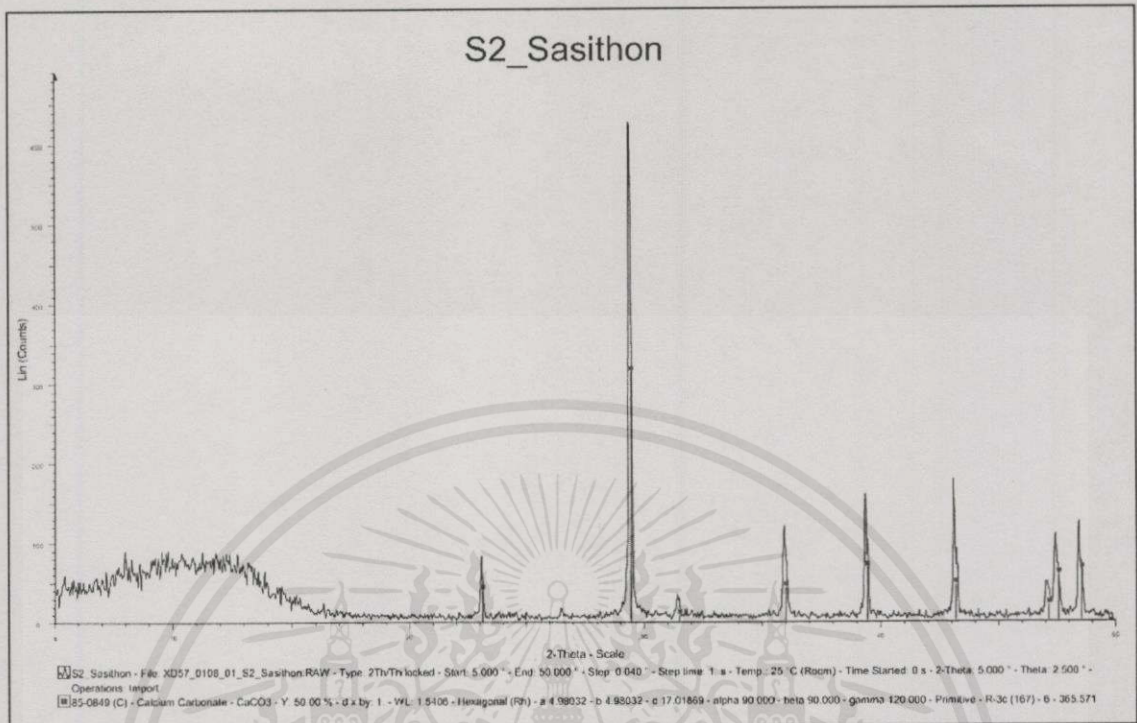
ครั้งที่	อุณหภูมิเริ่มต้นในการ สลายตัว (°C)	อุณหภูมิสูงสุดในการ สลายตัว (°C)	น้ำหนักที่เหลือจากการ สลายตัว (%)
1	735.74	814.59	45.70
2	713.99	798.99	46.65
3	678.24	725.73	48.42

ตารางที่ ข-4 ผลการทดลองด้วยเครื่อง TGA ของตัวอย่างที่เผาด้วยอุณหภูมิ 900 °C

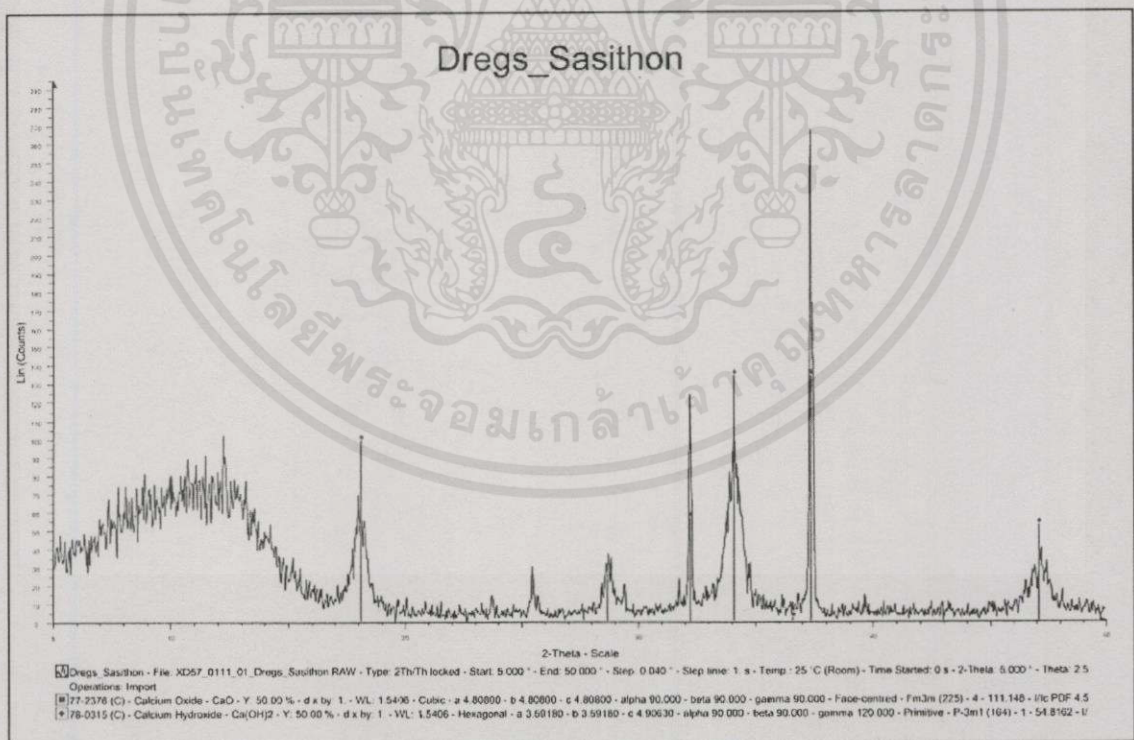
ครั้งที่	อุณหภูมิเริ่มต้นในการ สลายตัว (°C)	อุณหภูมิสูงสุดในการ สลายตัว (°C)	น้ำหนักที่เหลือจากการ สลายตัว (%)
1	375.78	397.59	8.55
2	386.60	411.02	13.08
3	385.15	413.43	18.73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทอร์โมแกรมของ X-Ray Diffractometer (XRD)



รูปที่ ข-12 เทอร์โมแกรมแสดงผลการวิเคราะห์ตะกรันก่อนเผาด้วยเครื่อง XRD

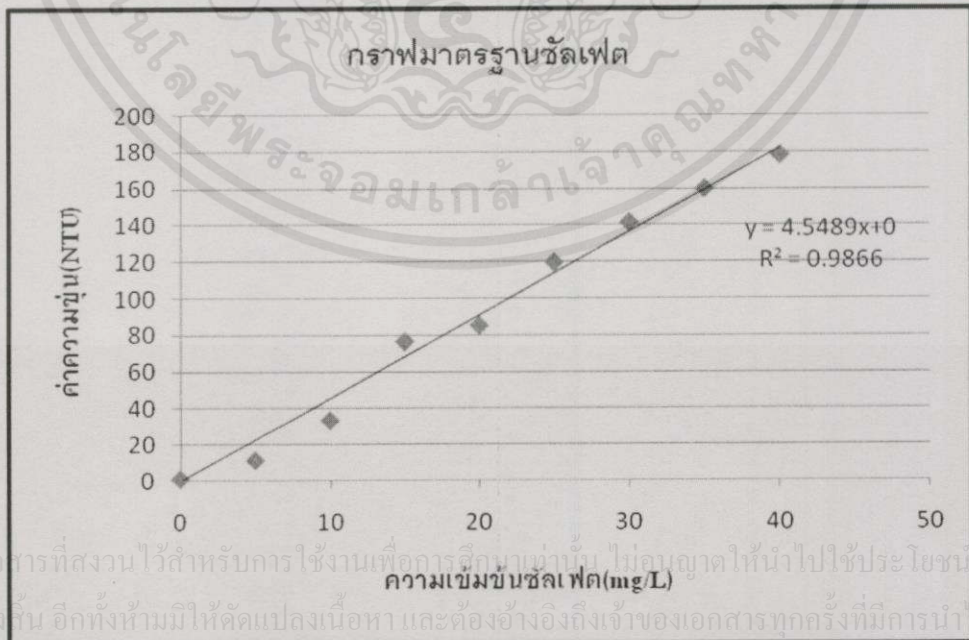


รูปที่ ข-13 เทอร์โมแกรมแสดงผลการวิเคราะห์ตะกรันที่ผ่านการเผาด้วยอุณหภูมิ 900 °C
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นโดยห้องปฏิบัติการวิจัยและพัฒนาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา หรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟต

ตารางที่ ข-5 ผลค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานซัลเฟต (จุดเก็บตัวอย่าง 9 จุด)

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน (mg/L)	ค่าความขุ่น NTU								ค่าความขุ่นสูงสุด
	30	60	90	120	150	180	210	240	
0	0.99	1.00	1.00	1.03	1.03	1.04	0.99	1.04	1.0422
5	9.96	10.0	10.35	10.70	10.74	11.03	11.10	11.28	11.28
10	31.11	30.40	31.11	31.70	32.26	32.76	33.06	33.50	33.50
15	69.44	70.76	73.60	75.51	75.99	76.22	76.39	76.59	76.59
20	83.83	83.78	84.59	84.42	84.87	85.01	85.07	85.31	85.31
25	117.43	117.87	118.07	118.52	118.78	119.04	119.19	119.55	119.55
30	140.01	140.13	140.41	140.69	140.84	141.11	141.21	141.52	141.52
35	153.78	155.10	156.31	157.61	158.11	158.66	159.27	159.85	159.85
40	168.80	170.95	172.62	173.84	175.5	176.35	177.34	178.09	178.09



รูปที่ ข-14 กราฟมาตรฐานซัลเฟต (จุดเก็บตัวอย่าง 9 จุด)

ตารางที่ ข-6 ผลค่าความขุ่นของเบลงค์ (จุดเก็บตัวอย่าง 9 จุด)

จุด ที่	ค่าความขุ่น NTU								ค่าความ ขุ่นสูงสุด
	30	60	90	120	150	180	210	240	
1	1.58	1.29	1.30	1.31	1.25	1.45	1.25	1.25	1.58
2	1.18	1.17	1.14	1.16	1.18	1.11	1.15	1.12	1.18
3	1.69	1.64	1.61	1.61	1.62	1.74	1.57	1.64	1.74
4	2.24	2.25	2.29	2.28	2.49	2.47	2.30	2.70	2.49
5	3.41	3.69	3.25	3.23	4.21	3.80	3.07	2.99	4.21
6	2.31	2.61	2.61	2.22	2.27	2.06	2.09	2.05	2.61
7	1.00	0.93	0.84	0.92	0.91	0.87	0.86	0.84	1.00
8	0.87	0.77	0.76	0.75	0.80	0.76	0.81	1.18	0.87
9	3.57	3.49	3.43	3.64	3.56	3.57	3.55	3.58	3.58

ตารางที่ ข-7 ผลค่าความขุ่น ครั้งที่ 1 (จุดเก็บตัวอย่าง 9 จุด)

จุด ที่	ค่าความขุ่น NTU								ค่าความขุ่น สูงสุด
	30	60	90	120	150	180	210	240	
1	1.42	1.42	1.46	1.51	1.50	1.56	1.55	1.55	1.56
2	144	144	144	145	144	144	145	145	145
3	4.11	4.18	4.20	4.17	4.31	4.37	4.42	4.79	4.79
4	2.30	2.32	2.17	2.51	2.09	2.06	2.04	2.11	2.51
5	3.06	2.40	2.94	2.48	2.55	2.67	2.67	2.78	3.06
6	1.13	1.15	1.16	1.17	1.12	1.15	1.08	1.08	1.17
7	19.8	19.7	19.7	19.7	19.6	19.6	19.8	19.6	19.8
8	27.2	17.3	17.2	27.4	27.3	27.3	27.4	27.4	27.4
9	37.7	37.7	37.7	37.8	37.8	37.6	37.5	37.6	37.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-8 ผลค่าความขุ่น ครั้งที่ 2 (จุดเก็บตัวอย่าง 9 จุด)

จุด ที่	ค่าความขุ่น NTU								ค่าความ ขุ่นสูงสุด
	30	60	90	120	150	180	210	240	
1	1.19	1.19	1.23	1.30	1.29	1.34	1.35	1.32	1.35
2	112	110	109	108	109	106	108	106	112
3	4.67	4.95	5.51	5.51	5.57	5.50	5.58	5.62	5.80
4	3.25	3.17	3.54	2.98	3.30	3.00	2.80	2.93	3.54
5	2.40	2.48	2.58	2.62	2.51	2.54	2.38	2.50	2.62
6	3.52	3.77	3.87	2.96	4.22	4.20	4.31	4.29	4.31
7	15.4	15.4	15.5	15.5	15.5	15.5	15.7	15.6	15.7
8	29.1	27.6	26.3	25.8	24.6	24.5	23.8	23.5	29.1
9	43.7	43.6	43.5	43.4	43.4	43.4	43.4	43.8	43.8

ตารางที่ ข-9 ผลค่าความขุ่น ครั้งที่ 3 (จุดเก็บตัวอย่าง 9 จุด)

จุด ที่	ค่าความขุ่น NTU								ค่าความ ขุ่นสูงสุด
	30	60	90	120	150	180	210	240	
1	1.19	1.31	1.42	1.53	1.52	1.52	1.96	1.65	1.96
2	132	132	134	133	133	133	133	133	134
3	9.97	11.4	11.0	11.2	10.1	10.2	10.5	10.0	11.4
4	5.33	4.90	5.29	4.66	4.62	4.64	4.97	4.49	5.33
5	6.29	6.37	6.72	6.55	6.64	6.74	6.68	6.74	6.74
6	2.17	2.11	2.23	2.20	2.42	2.45	2.48	2.41	2.48
7	18.3	18.3	18.4	18.5	18.3	18.4	18.4	18.4	18.5
8	29.1	29.1	29.4	29.0	29.3	28.8	29.2	28.9	29.4
9	22.8	22.5	25.1	22.4	22.6	22.7	23.5	22.4	25.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

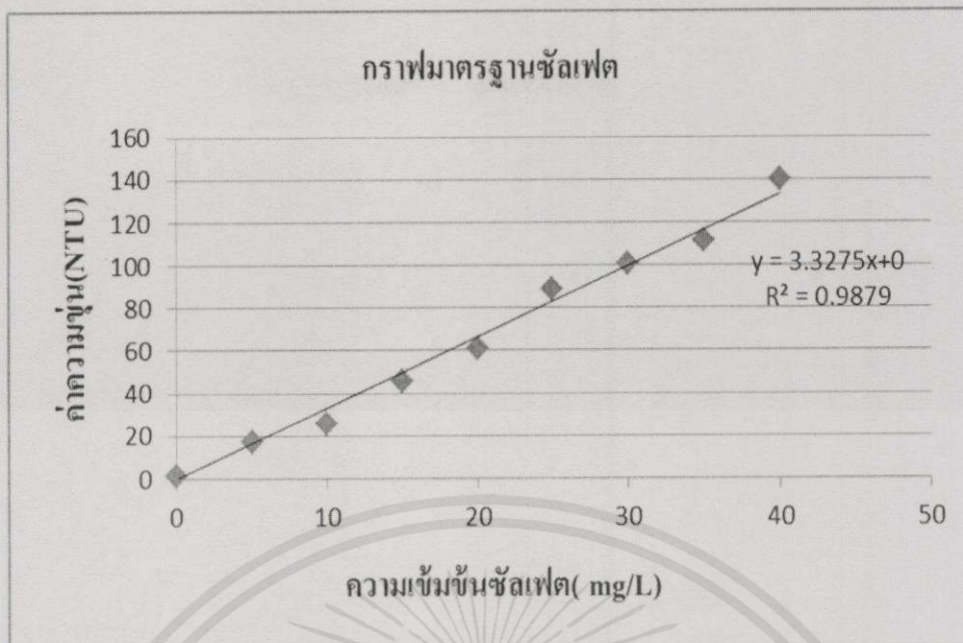
ตารางที่ ข-10 ผลค่าความเข้มข้นของซัลเฟต (จุดเก็บตัวอย่าง 9 จุด)

จุดเก็บตัวอย่าง	ความเข้มข้นของซัลเฟต (mg/L)
จุดที่ 1(เจือจาง 10 เท่า)	0.09
จุดที่ 2(เจือจาง 10 เท่า)	283.10
จุดที่ 3(เจือจาง 10 เท่า)	12.11
จุดที่ 4(เจือจาง 10 เท่า)	2.90
จุดที่ 5(เจือจาง 10 เท่า)	0.40
จุดที่ 6(เจือจาง 10 เท่า)	0.09
จุดที่ 7(เจือจาง 10 เท่า)	37.40
จุดที่ 8(เจือจาง 10 เท่า)	57.80
จุดที่ 9(เจือจาง 10 เท่า)	70.30

ตารางที่ ข-11 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานซัลเฟต (บ่อรวม)

ความเข้มข้นของ สารละลาย มาตรฐาน (mg/L.)	ค่าความขุ่น NTU								ค่าความ ขุ่น สูงสุด
	30	60	90	120	150	180	210	240	
0	1.20	1.22	1.23	1.19	1.20	1.18	1.18	1.25	1.25
5	16.70	16.90	16.90	16.80	16.90	16.90	16.90	16.80	16.90
10	25.70	25.80	25.60	25.60	25.60	25.60	25.60	25.70	25.80
15	45.10	45.10	45.20	45.10	45.40	45.30	45.10	45.20	45.40
20	60.30	60.90	60.80	60.70	60.80	60.90	60.80	60.80	60.90
25	88.20	88.50	88.20	88.10	88.00	87.90	87.90	87.90	88.50
30	101.00	99.80	99.80	99.70	99.60	99.60	100.00	101.00	101.00
35	110.00	110.00	111.00	110.00	110.00	110.00	111.00	110.00	111.00
40	140.00	139.00	140.00	140.00	140.00	139.00	139.00	140.00	140.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข-15 กราฟมาตรฐานซัลเฟต (บ่อรวม)

ตารางที่ ข-12 ค่าความขุ่นของแบลจค์ (บ่อรวม)

วันที่	ค่าความขุ่น NTU								ค่าความขุ่นสูงสุด
	30	60	90	120	150	180	210	240	
21/10/57	5.72	5.81	5.90	5.94	6.24	6.13	5.93	5.70	6.24
22/10/57	14.20	13.90	13.60	13.80	13.70	13.80	13.80	13.90	13.90

ตารางที่ ข-13 ค่าความขุ่น ครั้งที่ 1 (บ่อรวม)

วันที่	ค่าความขุ่น NTU								ค่าความขุ่นสูงสุด
	30	60	90	120	150	180	210	240	
21/10/57	245	247	247	246	245	247	244	246	247
22/10/57	483	485	483	483	484	484	483	485	485

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-14 ค่าความขุ่น ครั้งที่ 2 (บ่อรวม)

วันที่	ค่าความขุ่น NTU								ค่าความขุ่นสูงสุด
	30	60	90	120	150	180	210	240	
21/10/57	246	248	252	250	247	248	252	251	252
22/10/57	480	481	478	480	480	480	481	479	481

ตารางที่ ข-15 ค่าความขุ่น ครั้งที่ 3 (บ่อรวม)

วันที่	ค่าความขุ่น NTU								ค่าความขุ่นสูงสุด
	30	60	90	120	150	180	210	240	
21/10/57	250	250	254	248	247	247	249	250	250
22/10/57	484	480	483	483	484	484	484	485	485

ตารางที่ ข-16 ค่าความเข้มข้นของซัลเฟต (บ่อรวม)

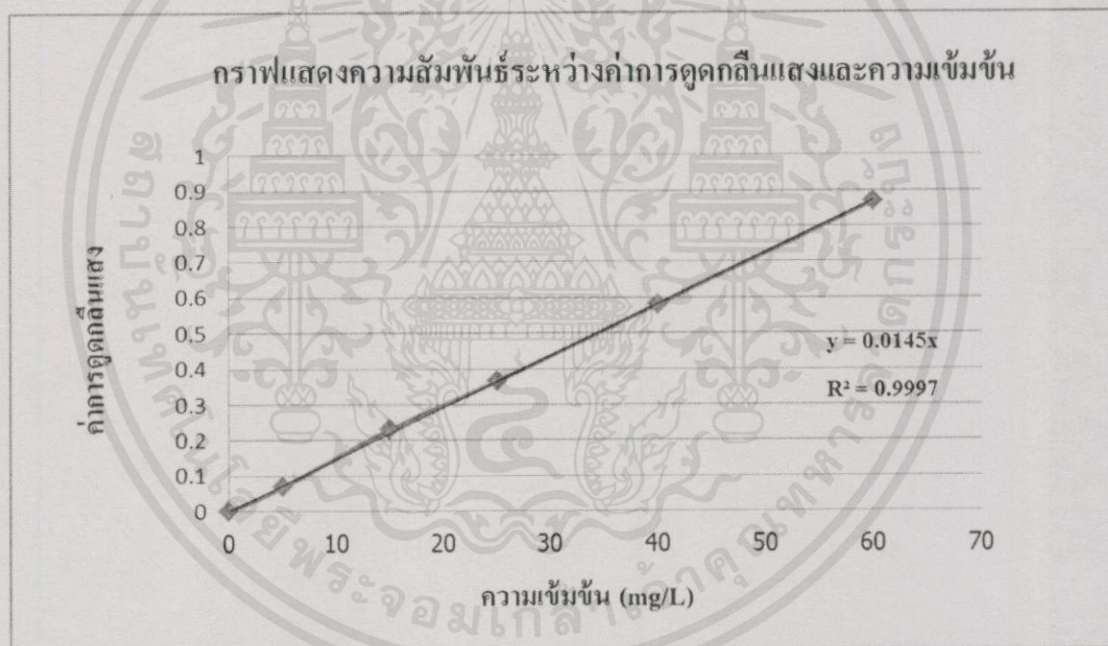
บ่อรวมวันที่	ความเข้มข้นของซัลเฟต (mg/L)
21/10/57(เจือจาง 100 เท่า)	729.50
22/10/57(เจือจาง 100 เท่า)	1412.77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ออร์โธโรสเฟตด้วยเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer

ตารางที่ ข-17 ค่าการดูดกลืนแสงของกราฟมาตรฐานฟอสเฟต (จุดเก็บตัวอย่าง 9 จุด)

ตัวอย่าง	ค่าการดูดกลืนแสง (A)	ความเข้มข้น (mg/L)
STD.1	0.069	5.00
STD.2	0.230	15.00
STD.3	0.365	25.00
STD.4	0.580	40.00
STD.5	0.869	60.00



รูปที่ ข-16 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของสารมาตรฐานฟอสเฟต (จุดเก็บตัวอย่าง 9 จุด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

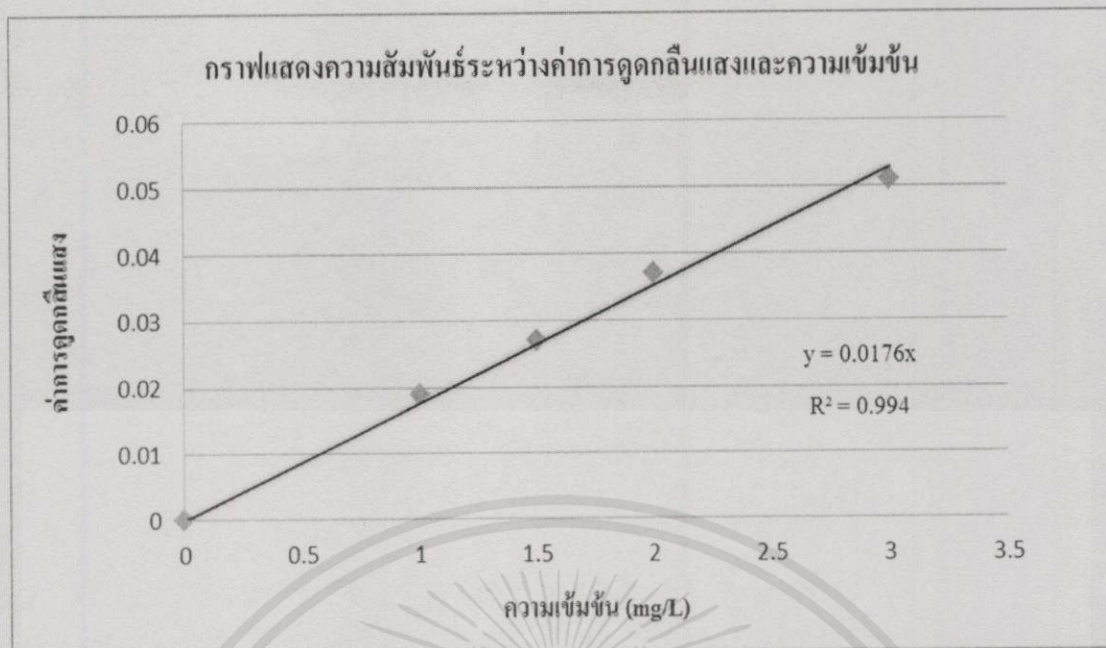
ตารางที่ ข-18 ค่าการดูดกลืนแสงของการวิเคราะห์ออร์โธฟอสเฟต (จุดเก็บตัวอย่าง 9 จุด)

ตัวอย่าง	ค่าการดูดกลืนแสง			ความเข้มข้น (mg/L)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
จุดที่ 1	0.01	0.01	0.01	0.72	0.64	0.68
จุดที่ 2	0.23	0.24	0.23	15.99	16.32	16.02
จุดที่ 3	0.87	0.86	0.86	59.57	58.98	59.58
จุดที่ 4	0.93	0.93	0.92	63.80	63.82	63.90
จุดที่ 5	0.44	0.46	0.44	30.44	31.40	30.45
จุดที่ 6	0.24	0.24	0.23	16.44	16.39	16.43
จุดที่ 7	0.15	0.17	0.16	10.38	11.45	11.20
จุดที่ 8	0.27	0.27	0.28	18.23	18.37	19.20
จุดที่ 9	0.50	0.49	0.51	34.76	34.29	34.39

ตารางที่ ข-19 ค่าการดูดกลืนแสงของกราฟมาตรฐานฟอสเฟต (ป้อนรวม)

ตัวอย่าง	ความเข้มข้น (mg/L)	Ordinate (A)
STD.1	0.50	0.01
STD.2	1.00	0.02
STD.3	1.50	0.03
STD.4	2.00	0.04
STD.5	3.00	0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข-17 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของสารมาตรฐานฟอสเฟต (บ่อรวม)

ตารางที่ ข-20 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของกรววิเคราะห์ออร์โธฟอสเฟต (บ่อรวม)

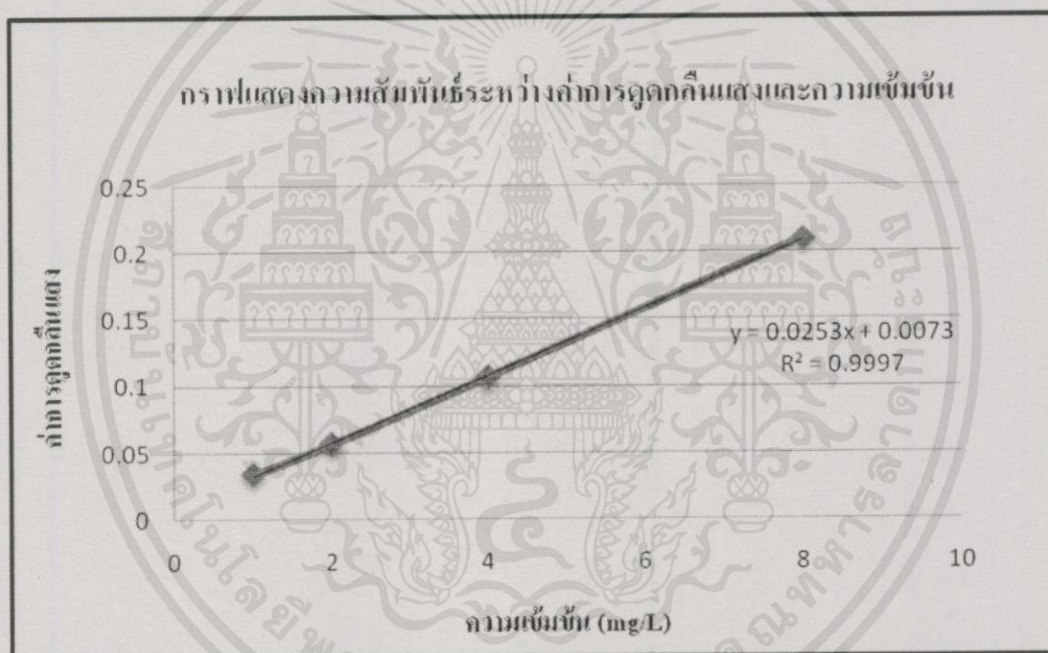
ตัวอย่าง	ค่าการดูดกลืนแสง			ความเข้มข้น (mg/L)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
บ่อรวม (21/10/57) (เจือจาง 2 เท่า)	0.05	0.04	0.04	5.58	5	4.98
บ่อรวม (22/10/57) (เจือจาง 2 เท่า)	0.05	0.05	0.05	5.76	5.8	5.78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์เหล็ก Fe^{2+} ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

ตารางที่ ข-21 ผลค่าการดูดกลืนแสงของกราฟมาตรฐานเหล็ก (จุดเก็บตัวอย่าง 9 จุด)

ตัวอย่าง	ค่าการดูดกลืนแสง	ความเข้มข้น (mg/L)
STD.1	0.034	1
STD.2	0.057	2
STD.3	0.107	4
STD.4	0.210	8



รูปที่ ข-18 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของสารมาตรฐานเหล็ก (จุดเก็บตัวอย่าง 9 จุด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

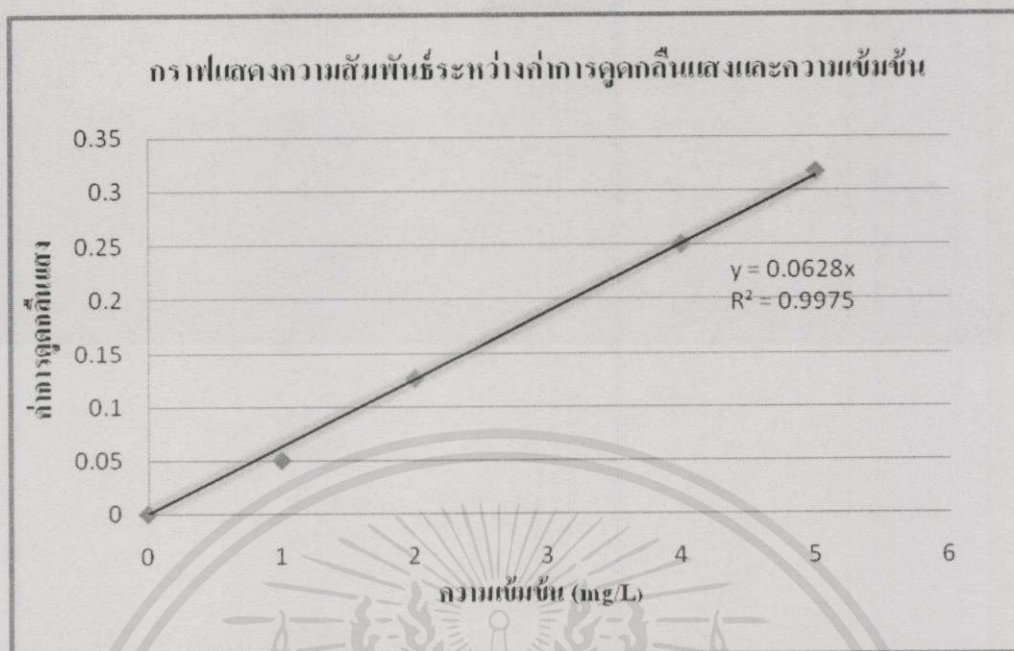
ตารางที่ ข-22 ค่าการดูดกลืนแสงของการวิเคราะห์เหล็ก (จุดเก็บตัวอย่าง 9 จุด)

ตัวอย่าง	ค่าการดูดกลืนแสง			ความเข้มข้น (mg/L)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
จุดที่ 1	0.03	0.044542	0.040064	1.000	1.472	1.295
จุดที่ 2	0.22	0.229889	0.224829	8.647	8.798	8.598
จุดที่ 3 (เจือจาง 10 เท่า)	0.51	1.277436	1.308909	51.790	50.203	51.447
จุดที่ 4	0.20	0.219668	0.195507	7.635	8.394	7.439
จุดที่ 5 (เจือจาง 5 เท่า)	0.34	0.755269	0.734245	28.795	29.564	28.733
จุดที่ 6	0.06	0.079127	0.080139	2.919	2.839	2.879
จุดที่ 7	0.07	0.089778	0.0811	2.598	3.260	2.917
จุดที่ 8	0.12	0.118114	0.120366	4.294	4.380	4.469
จุดที่ 9	0.05	0.06678	0.063643	1.863	2.351	2.227

ตารางที่ ข-23 ค่าการดูดกลืนแสงของกราฟมาตรฐานเหล็ก (บ่อรวม)

ตัวอย่าง	ค่าการดูดกลืนแสง	ความเข้มข้น (mg/L)
STD.1	0.050	1
STD.2	0.126	2
STD.3	0.197	3
STD.4	0.250	4
STD.5	0.317	5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข-19 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของสารมาตรฐานเหล็ก (บ่อรวม)

ตารางที่ ข-24 ค่าการดูดกลืนแสงของการวิเคราะห์เหล็ก (บ่อรวม)

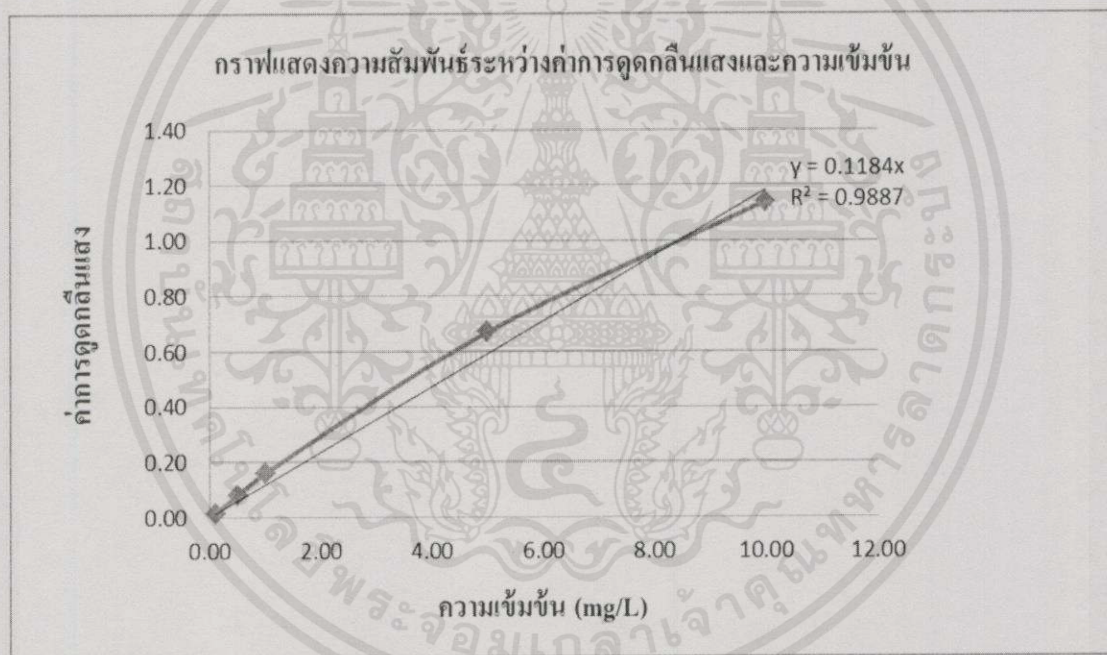
ตัวอย่าง	ค่าการดูดกลืนแสง		ความเข้มข้น (mg/L)	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
บ่อรวม (21/10/57)	0.246	0.244	3.779	3.759
บ่อรวม (22/10/57)	0.281	0.267	4.235	4.060

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์คอปเปอร์ Cu^{2+} ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

ตารางที่ ข-25 ค่าการดูดกลืนแสงของกราฟมาตรฐานคอปเปอร์ (จุดเก็บตัวอย่าง 9 จุด)

ตัวอย่าง	ค่าการดูดกลืนแสง	ความเข้มข้น (mg/L)
STD.1	0.02	0.10
STD.2	0.08	0.50
STD.3	0.16	1.00
STD.4	0.67	5.00
STD.5	1.14	10.00



รูปที่ ข-20 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของสารมาตรฐานคอปเปอร์ (จุดเก็บตัวอย่าง 9 จุด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

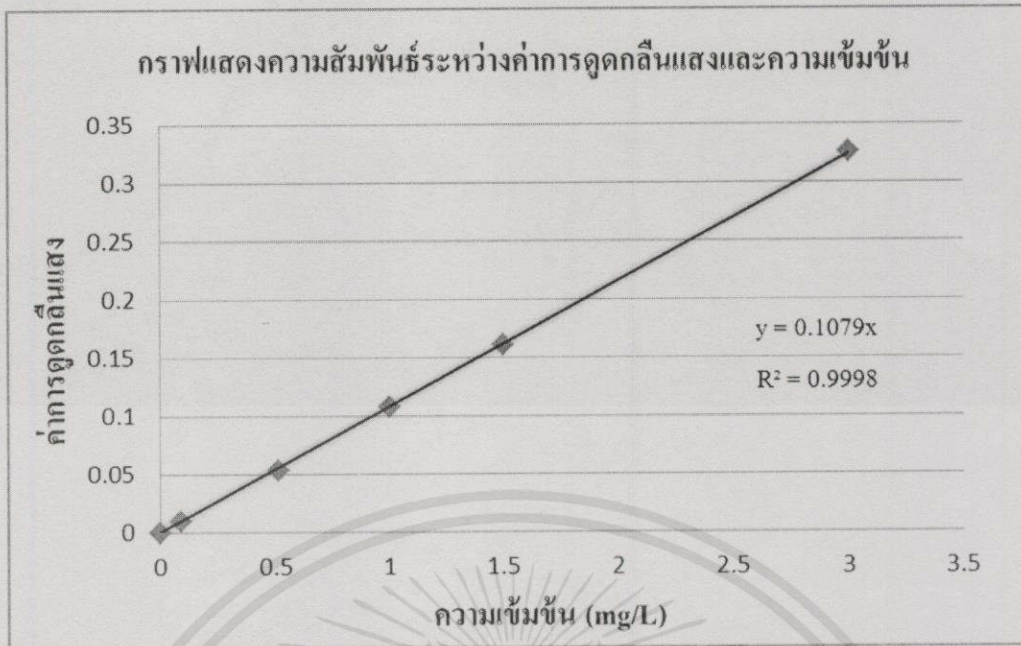
ตารางที่ ข-26 ค่าการดูดกลืนแสงของการวิเคราะห์คอปเปอร์ (จุดเก็บตัวอย่าง 9 จุด)

ตัวอย่าง	ค่าการดูดกลืนแสง			ความเข้มข้น (mg/L)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
จุดที่ 1	0.01	0.01	0.01	0.003	0.004	0.003
จุดที่ 2	0.04	0.03	0.03	0.20	0.28	0.24
จุดที่ 3	0.09	0.09	0.07	0.57	0.75	0.59
จุดที่ 4	0.05	0.06	0.04	0.31	0.48	0.38
จุดที่ 5	0.04	0.04	0.03	0.24	0.31	0.27
จุดที่ 6	0.01	0.01	0.01	0.06	0.06	0.06
จุดที่ 7 (เจือจาง 4 เท่า)	1.08	1.09	1.08	36.99	37.142	36.634
จุดที่ 8	0.40	0.34	0.28	2.67	2.84	2.33
จุดที่ 9	0.02	0.02	0.01	0.14	0.15	0.12

ตารางที่ ข-27 ค่าการดูดกลืนแสงของกราฟมาตรฐานคอปเปอร์ (บ่อรวม)

ตัวอย่าง	ค่าการดูดกลืนแสง	ความเข้มข้น (mg/L)
STD.1	0.009	0.1
STD.2	0.053	0.5
STD.3	0.107	1.0
STD.4	0.161	1.5
STD.5	0.225	2.0
STD.6	0.325	3.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สําหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาดูเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข-21 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของสารมาตรฐาน
คอปเปอร์ (บ่อรวม)

ตารางที่ ข-28 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของการวิเคราะห์คอปเปอร์ (บ่อรวม)

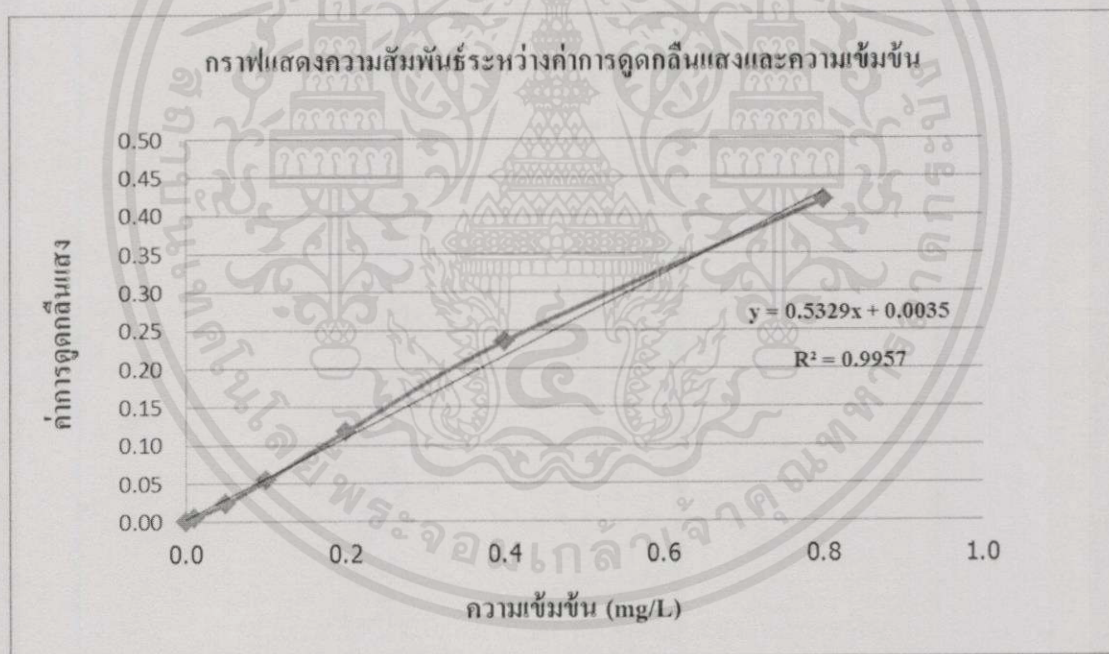
ตัวอย่าง	ค่าการดูดกลืนแสง		ความเข้มข้น (mg/L)	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
บ่อรวม (21/10/57)	0.02	0.02	1.39	0.88
บ่อรวม (22/10/57)	0.02	0.02	1.36	1.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์สังกะสี Zn^{2+} ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

ตารางที่ ข-29 ค่าการดูดกลืนแสงของกราฟมาตรฐานสังกะสี (จุดเก็บตัวอย่าง 9 จุด)

ตัวอย่าง	ค่าการดูดกลืนแสง	ความเข้มข้น (mg/L)
STD.1	0.005	0.01
STD.2	0.02	0.05
STD.3	0.05	0.10
STD.4	0.12	0.20
STD.5	0.24	0.40
STD.6	0.42	0.80



รูปที่ ข-22 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของสารมาตรฐานสังกะสี (จุดเก็บตัวอย่าง 9 จุด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

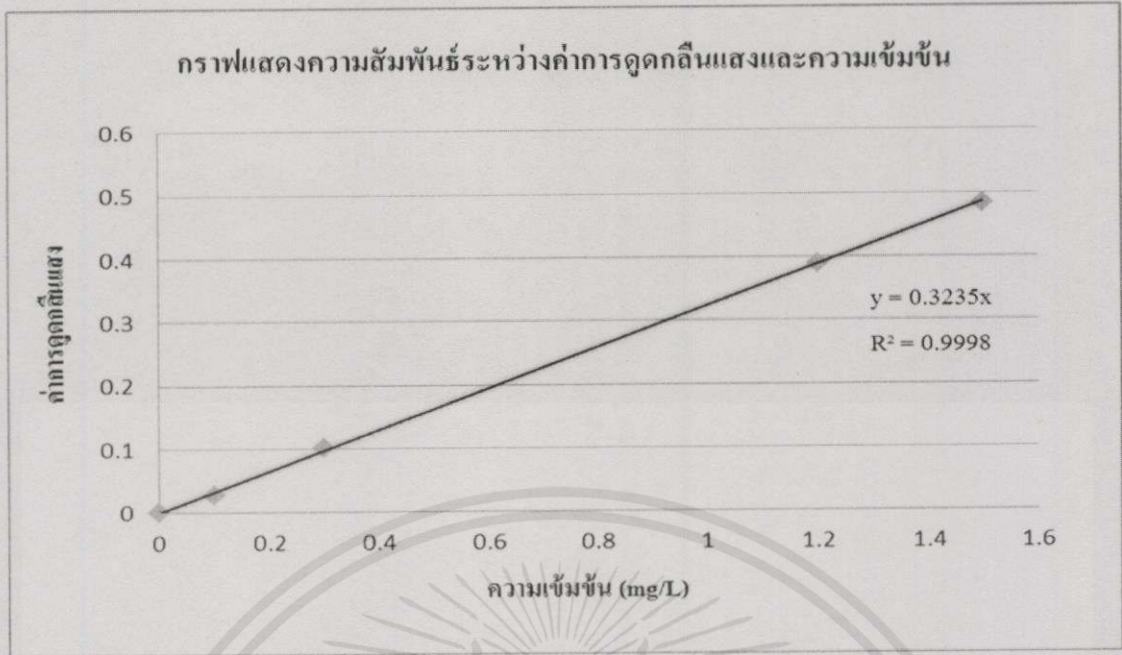
ตารางที่ ข-30 ค่าการดูดกลืนแสงของการวิเคราะห์สังกะสี (จุดเก็บตัวอย่าง 9 จุด)

ตัวอย่าง	ค่าการดูดกลืนแสง			ความเข้มข้น (mg/L)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
จุดที่ 1 (เจือจาง 2 เท่า)	0.07	0.12	0.11	0.22	0.41	0.38
จุดที่ 2 (เจือจาง 2 เท่า)	0.15	0.15	0.16	0.50	0.51	0.55
จุดที่ 3 (เจือจาง 2 เท่า)	0.50	0.59	0.53	1.55	1.90	1.67
จุดที่ 4 (เจือจาง 2 เท่า)	0.38	0.49	0.44	1.23	1.64	1.44
จุดที่ 5 (เจือจาง 2 เท่า)	0.28	0.39	0.30	0.92	1.32	1.00
จุดที่ 16 (เจือจาง 2 เท่า)	0.08	0.12	0.10	0.26	0.41	0.36
จุดที่ 7 (เจือจาง 2 เท่า)	0.11	0.13	0.12	0.39	0.43	0.42
จุดที่ 8 (เจือจาง 2 เท่า)	0.18	0.23	0.20	0.60	0.78	0.68
จุดที่ 9 (เจือจาง 2 เท่า)	0.14	0.15	0.13	0.48	0.52	0.45

ตารางที่ ข-31 ค่าการดูดกลืนแสงของกราฟมาตรฐานสังกะสี (บ่อรวม)

ตัวอย่าง	ค่าการดูดกลืนแสง	ความเข้มข้น (mg/L)
STD.1	0.028	0.1
STD.2	0.102	0.3
STD.3	0.226	0.6
STD.4	0.389	1.2
STD.5	0.484	1.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการใช้งานเพื่อการศึกษาดูเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข-23 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของสารมาตรฐานสังกะสี (บ่อรวม)

ตารางที่ ข-32 ค่าการดูดกลืนแสงของการวิเคราะห์สังกะสี (บ่อรวม)

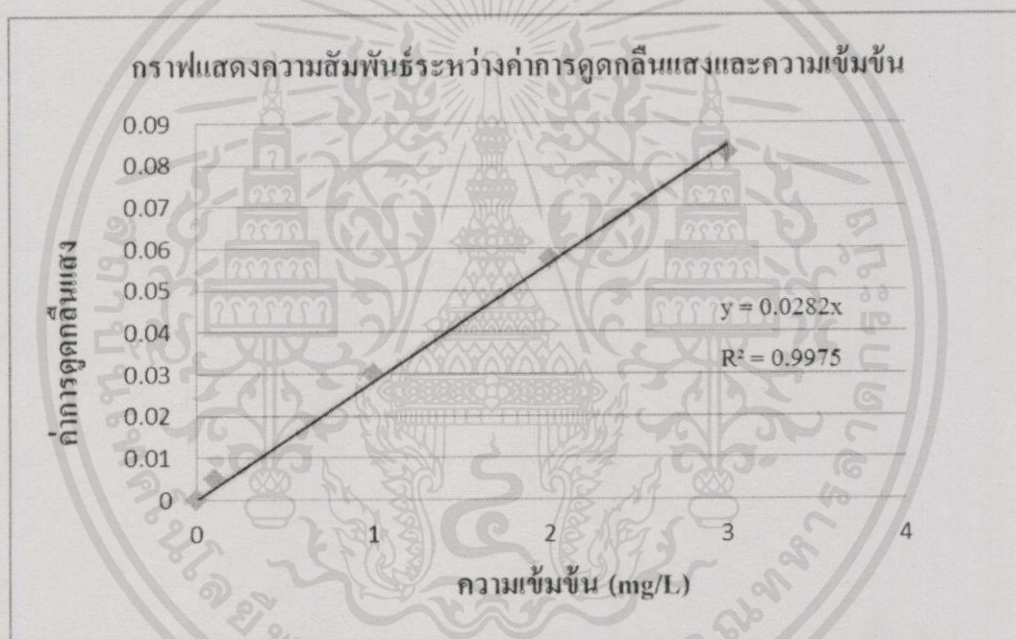
ตัวอย่าง	ค่าการดูดกลืนแสง		ความเข้มข้น (mg/L)	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
บ่อรวม (21/10/57) (เจือจาง 2 เท่า)	0.19	0.14	1.19	0.91
บ่อรวม (22/10/57) (เจือจาง 2 เท่า)	0.33	0.31	2.08	1.95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์แคลเซียม Ca^{2+} ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

ตารางที่ ข-33 ค่าการดูดกลืนแสงของกราฟมาตรฐานแคลเซียม (บ่อรวม)

ตัวอย่าง	ค่าการดูดกลืนแสง	ความเข้มข้น (mg/L)
STD.1	0.005	0.1
STD.2	0.014	0.5
STD.3	0.030	1
STD.4	0.058	2
STD.5	0.083	3



รูปที่ ข-24 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของสารมาตรฐานแคลเซียม (บ่อรวม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-34 ค่าการดูดกลืนแสงของการวิเคราะห์แคลเซียม (บ่อรวม)

ตัวอย่าง	ค่าการดูดกลืนแสง		ความเข้มข้น (mg/L)	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
บ่อรวม (21/10/57) (เจือจาง 100 เท่า)	0.06	0.07	207.90	230.10
บ่อรวม (22/10/57) (เจือจาง 100 เท่า)	0.08	0.07	292.20	274.40

การวิเคราะห์หาความกระด้างของน้ำด้วยวิธี Phenolphthalein methyl Orange Indicator

ตารางที่ ข-35 ปริมาตร NaOH ที่ใช้ในการเทียบค่ามาตรฐาน Standardization ของ H_2SO_4 0.02 N (บ่อรวม)

ครั้งที่	ปริมาตร (NaOH mL)
1	4.5
2	4.5
3	4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-36 ปริมาตรของน้ำ และ 0.02 N H₂SO₄ ที่ใช้ไทเทรต

ตัวอย่าง		ปริมาตรน้ำ (mL)	0.02 N H ₂ SO ₄ (mL) เมื่อหยด Phenolphthalein	0.02 N H ₂ SO ₄ (mL) เมื่อหยด Methyl Orange
Blank	1	50	0	0.3
	2		0	0.3
	3		0	0.3
	เฉลี่ย		0	0.3
บ่อรวม (21/10/57)	1	50	0	17.3
	2		0	17.2
	3		0	17.2
	เฉลี่ย		0	17.23
บ่อรวม (22/10/57)	1	50	0	23.8
	2		0	23.8
	3		0	23.9
	เฉลี่ย		0	23.83

ตารางที่ ข-37 ค่า Alkalinity (mg/L as CaCO₃)

ตัวอย่าง	Alkalinity (mg/L as CaCO ₃)		
	Carbonate	Bicarbonate	Hydroxide
Blank	0	3	0
บ่อรวม (21/10/57)	0	172.3	0
บ่อรวม (22/10/57)	0	288.3	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

วิธีการคำนวณ

1. คำนวณปริมาณซัลเฟต

ความขุ่นสุทธิต่อโรงงาน

$$= \text{Max Turbidity (ของแต่ละโรงงาน)} - \text{Max Turbidity (ของแบลคค์)}$$

ฟังก์ชันสมการเส้นตรงที่ได้ คือ $y = 4.5489x + 0$

y คือ ค่าความขุ่นสุทธิต่อโรงงาน ** ทำการเจือจาง 10 เท่า **

x คือ ปริมาณซัลเฟต

- ตัวอย่างการคำนวณ จุดที่ 1

$$\text{ความขุ่นสุทธิ} = 1.62 - 1.58 = 0.04$$

$$\text{คำนวณจากสมการเส้นตรง } X = 0.04 / 4.5489 = 8.79 \times 10^{-3}$$

$$\text{เจือจาง 10 เท่า} = 0.0879 \text{ mg/L}$$

2. คำนวณความกระด้างของน้ำด้วยวิธี Phenolphthalein methyl

- เทียบค่ามาตรฐาน Standardization ของ H_2SO_4 0.02 N

$$\text{จาก } N_1V_1 = N_2V_2 \quad N_1 ; \text{Normality ของ } \text{H}_2\text{SO}_4$$

$$N_1 = (0.1 \times 4.5) / 25 \quad N_2 ; \text{Normality NaOH}$$

$$N_1 = 0.018 \quad V_1 ; \text{ปริมาตรของ } \text{H}_2\text{SO}_4$$

$$V_2 ; \text{ปริมาตรของ } 0.1 \text{ NaOH}$$

ตารางที่ ค-1 ตารางความสัมพันธ์ Alkalinity

0.02 N H_2SO_4 (mL)	Alkalinity (mg/L as CaCO_3)		
	Carbonate	Bicarbonate	Hydroxide
P = 0	0	T	0
P < 1/2T	2P	T-2P	0
P = 1/2T	2P	0	0
P > 1/2T	2(T-P)	0	2P-T

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ผ่านการพิจารณาจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง หากมีข้อผิดพลาดประการใดขออภัยเป็นอย่างสูง

หมายเหตุ

P = จำนวน mL ของ Na_2SO_4 เมื่อใช้ Phenolphthalein เป็นอินดิเคเตอร์

T = Total Alkalinity

Total Alkalinity = จำนวนกรดที่ใช้ทั้งหมด (mL) * 10

(CO_3^{2-}) Alkalinity จะปรากฏเมื่อ P ไม่เท่ากับ 0 แต่น้อยกว่า T

(HCO_3^-) Alkalinity จะปรากฏเมื่อ P น้อยกว่า $\frac{1}{2}$ T หรือ P = 0

(OH^-) Alkalinity จะปรากฏเมื่อ P มากกว่า $\frac{1}{2}$ T หรือ P = T

- ตัวอย่างการคำนวณ บ่อรวม (ครั้งที่ 1)

P = 0, T = 17.23

จากตารางที่ ข-37 จึงสรุปได้ว่ามี Bicarbonate อยู่ 172.3 (mg/L as CaCO_3)

3. คำนวณค่าเฉลี่ย

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$$

เมื่อ \bar{X} คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต
 $\sum x$ คือ ผลบวกของข้อมูลทุกค่า
 n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

4. คำนวณส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

$$S.D. = \sqrt{\frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ S.D. คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 x คือ ข้อมูล (ตัวที่ 1, 2, 3, ..., n)
 \bar{X} คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต
 n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

5. การคำนวณค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS)

$$TDS \text{ (mg/L)} = K \times \text{ค่าการนำไฟฟ้า } (\mu\text{S})$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารเผยแพร่ไว้สำหรับการศึกษาเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้คัดลอกเป็นหนังสืออ้างอิงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ K คือ ค่าคงที่มีค่าเท่ากับ 0.8

6. การคำนวณดัชนีแลงเกิลียร์ (Langelier Index)

$$\text{ดัชนีแลงเกิลียร์ (LSI)} = \text{pH} - \text{pH}_s$$

$$\text{ตัวอย่างการคำนวณ (LSI)} = 7.19 - 6.32$$

$$= 6.32$$

7. การคำนวณดัชนีไรซ์นาร์ (Ryznar Index)

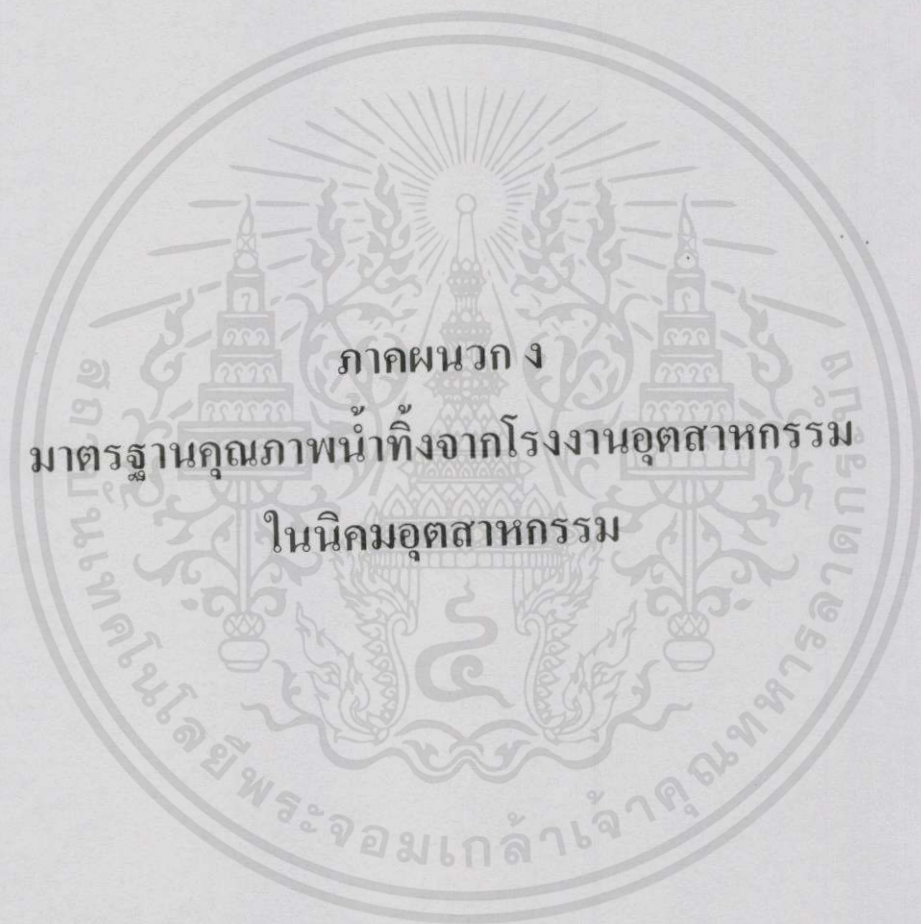
$$\text{ดัชนีไรซ์นาร์ (RSI)} = 2\text{pH}_s - \text{pH}$$

$$\text{ตัวอย่างการคำนวณ (RSI)} = 2(6.32) - 7.19$$

$$= 5.45$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแบบท้ายประกาศการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ที่ 45/2541 เรื่อง หลักเกณฑ์ทั่วไปในการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมในนิคมอุตสาหกรรม
มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมในนิคมอุตสาหกรรม (หน่วย มิลลิกรัม / ลิตร)

นิคมอุตสาหกรรม	BOD	COD	SS	TDS	TKN	pH	HEAVY METALS														Total Iron	Fluoride	Sulfide	Cyanide as HCN	Formaldehyde	Phenols Compound	Chloride as Cl ₂	Free Chlorine	Pesticide	Temperature (°C)	Color	Odour	Oil & Grease	Radioactive	Surfactants
							Hg	Se	Cd	Pb	As	Cr ^{VI}	Cr ^{III}	Ba	Ni	Cu	Zn	Mn	Ag																
							0.005	0.02	0.03	0.2	0.25	0.75	0.25	1	1	2.0	5	5	1																
1. นิคมฯ บางชัน ๘	20	120	50	1,000	100	5.5-9.0	0.005	0.02	0.03	0.2	0.25	0.75	0.25	1	1	2.0	5	5	-	-	1	1	2,000	1	*	40	**	**	5	*	-				
2. นิคมฯ อโศกวงษ์	500	750	200	3,000	100	5.5-9.0	0.005	0.02	0.03	0.2	0.25	0.75	0.25	1	1	2.0	5	5	1	10	5	1	2,000	1	*	45	**	**	10	*	30				
3. นิคมฯ ภาคเหนือ	500	750	200	3,000	100	5.5-9.0	0.005	0.02	0.03	0.2	0.25	0.75	0.25	1	1	2.0	5	5	1	10	5	1	2,000	1	*	45	**	**	10	*	30				
4. นิคมฯ มาบตาพุด - ระบายสู่ระบบบำบัดน้ำทิ้ง ส่วนกลาง	500	750	200	3,000	100	5.5-9.0	0.005	0.02	0.03	0.2	0.25	0.75	0.25	1	1	2.0	5	5	1	10	5	1	2,000	1	*	45	**	**	10	*	30				
- ระบายสู่แหล่งน้ำสาธารณะ ##	20	120	50	3,000	100	5.5-9.0	0.005	0.02	0.03	0.2	0.25	0.75	0.25	1	1	2.0	5	5	-	-	5	1	2,000	1	*	40	**	**	5	*	-				
5. นิคมฯ สาขารอบรั้ว	500	750	200	3,000	100	5.5-9.0	0.005	0.02	0.03	0.2	0.25	0.75	0.25	1	1	2.0	5	5	1	10	5	1	2,000	1	*	45	**	**	10	*	30				
6. นิคมฯ อ่างทอง	500	750	200	3,000	100	5.5-9.0	0.005	0.02	0.03	0.2	0.25	0.75	0.25	1	1	2.0	5	5	1	10	5	1	2,000	1	*	45	**	**	10	*	30				
7. นิคมฯ แหลมฉบัง	500	750	200	1,000	100	5.5-9.0	0.005	0.02	0.03	0.2	0.25	0.75	0.25	1	1	2.0	5	5	1	10	5	1	2,000	1	*	45	**	**	10	*	30				
8. นิคมฯ บ้านฉาง	500	750	200	3,000	100	5.5-9.0	0.005	0.02	0.03	0.2	0.25	0.75	0.25	1	1	2.0	5	5	1	10	5	1	2,000	1	*	45	**	**	10	*	30				
9. นิคมฯ บางปะอิน	500	750	200	3,000	100	5.5-9.0	0.005	0.02	0.03	0.2	0.25	0.75	0.25	1	1	2.0	5	5	1	10	5	1	2,000	1	*	45	**	**	10	*	30				
10. นิคมฯ บางพลี	500	750	200	3,000	100	5.5-9.0	0.005	0.02	0.03	0.2	0.25	0.75	0.25	1	1	2.0	5	5	1	10	5	1	2,000	1	*	45	**	**	10	*	30				
11. นิคมฯ บางพลี	20	120	50	3,000	100	5.5-9.0	0.005	0.02	0.03	0.2	0.25	0.75	0.25	1	1	2.0	5	5	-	-	5	1	2,000	1	*	40	**	**	5	*	-				
12. นิคมฯ บางพลี	500	750	200	3,000	100	5.5-9.0	0.005	0.02	0.03	0.2	0.25	0.75	0.25	1	1	2.0	5	5	1	10	5	1	2,000	1	*	45	**	**	10	*	30				
13. นิคมฯ บางปะอิน	750	1,000	200	3,000	100	5.5-9.0	0.005	0.02	0.03	0.2	0.25	0.75	0.25	1	1	2.0	5	5	1	10	5	1	2,000	1	*	45	**	**	10	*	30				
14. นิคมฯ บางปะอิน	500	750	200	3,000	100	5.5-9.0	0.005	0.02	0.03	0.2	0.25	0.75	0.25	1	1	2.0	5	5	1	10	5	1	2,000	1	*	45	**	**	10	*	30				
15. นิคมฯ บางปะอิน	500	750	200	3,000	100	5.5-9.0	0.005	0.02	0.03	0.2	0.25	0.75	0.25	1	1	2.0	5	5	1	10	5	1	2,000	1	*	45	**	**	10	*	30				
16. นิคมฯ บางปะอิน	500	750	200	3,000	100	5.5-9.0	0.005	0.02	0.03	0.2	0.25	0.75	0.25	1	1	2.0	5	5	1	10	5	1	2,000	1	*	45	**	**	10	*	30				
17. นิคมฯ บางปะอิน	500	750	200	3,000	100	5.5-9.0	0.005	0.02	0.03	0.2	0.25	0.75	0.25	1	1	2.0	5	5	1	10	5	1	2,000	1	*	45	**	**	10	*	30				
18. นิคมฯ บางปะอิน	500	750	200	3,000	100	5.5-9.0	0.005	0.02	0.03	0.2	0.25	0.75	0.25	1	1	2.0	5	5	1	10	5	1	2,000	1	*	45	**	**	10	*	30				
19. นิคมฯ บางปะอิน	500	750	200	3,000	100	5.5-9.0	0.005	0.02	0.03	0.2	0.25	0.75	0.25	1	1	2.0	5	5	1	10	5	1	2,000	1	*	45	**	**	10	*	30				
20. นิคมฯ บางปะอิน	500	750	200	3,000	100	5.5-9.0	0.005	0.02	0.03	0.2	0.25	0.75	0.25	1	1	2.0	5	5	1	10	5	1	2,000	1	*	45	**	**	10	*	30				
21. นิคมฯ บางปะอิน	500	750	200	3,000	100	5.5-9.0	0.005	0.02	0.03	0.2	0.25	0.75	0.25	1	1	2.0	5	5	1	10	5	1	2,000	1	*	45	**	**	10	*	30				
- ปล่อยสู่สาธารณะทั่วไป (ส่วนเพิ่ม)	1,000	1,500	200	3,000	100	5.5-9.0	0.005	0.02	0.03	0.2	0.25	0.75	0.25	1	1	2.0	5	5	1	10	5	1	2,000	1	*	45	**	**	10	*	30				
- ปล่อยสู่สาธารณะทั่วไป (ส่วนเพิ่ม A) ปล่อยสู่สาธารณะ ส่วนลด	500	750	200	3,000	100	5.5-9.0	0.005	0.02	0.03	0.2	0.25	0.75	0.25	1	1	2.0	5	5	1	10	5	1	2,000	1	*	45	**	**	10	*	30				
22. นิคมฯ บางปะอิน	500	750	200	3,000	100	5.5-9.0	0.005	0.02	0.03	0.2	0.25	0.75	0.25	1	1	2.0	5	5	1	10	5	1	2,000	1	*	45	**	**	10	*	30				
23. นิคมฯ บางปะอิน	500	750	200	3,000	100	5.5-9.0	0.005	0.02	0.03	0.2	0.25	0.75	0.25	1	1	2.0	5	5	1	10	5	1	2,000	1	*	45	**	**	10	*	30				
- ระบาย 1,2,3 และ 4	500	750	200	3,000	100	5.5-9.0	0.005	0.02	0.03	0.2	0.25	0.75	0.25	1	1	2.0	5	5	1	10	5	1	2,000	1	*	45	**	**	10	*	30				
- ระบาย 5 และ 6	500	750	200	3,000	100	5.5-9.0	0.005	0.02	0.03	0.2	0.25	0.75	0.25	1	1	2.0	5	5	1	10	5	1	2,000	1	*	45	**	**	10	*	30				
24. นิคมฯ บางปะอิน	500	750	200	3,000	100	5.5-9.0	0.005	0.02	0.03	0.2	0.25	0.75	0.25	1	1	2.0	5	5	1	10	5	1	2,000	1	*	45	**	**	10	*	30				
25. นิคมฯ บางปะอิน	500	750	200	3,000	100	5.5-9.0	0.005	0.02	0.03	0.2	0.25	0.75	0.25	1	1	2.0	5	5	1	10	5	1	2,000	1	*	45	**	**	10	*	30				

หมายเหตุ : # โรงงานอุตสาหกรรมที่ตั้งอยู่ในนิคมฯ บางชัน, นิคมฯ มาบตาพุด, นิคมฯ อโศกวงษ์, นิคมฯ มาบตาพุด ที่การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย อนุญาตให้ระบายน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะได้ ให้มีคุณภาพน้ำทิ้งเฉพาะค่า COD แยกต่างหากที่กำหนดไว้ โดยให้เป็นไปตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) และประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ ปริมาณน้ำทิ้ง และประเภทแหล่งรองรับน้ำทิ้ง แต่ต้องไม่มากกว่า 400 มิลลิกรัม / ลิตร

น้ำทิ้งที่ระบายนอกจากโรงงานอุตสาหกรรมลงสู่แหล่งน้ำที่มีความเค็ม (Salinity) มากกว่า 2,000 มิลลิกรัม / ลิตร ค่า TDS ในน้ำทิ้งจะมีค่ามากกว่าค่า TDS ที่มีอยู่ในแหล่งน้ำ ได้ไม่เกิน 5,000 มิลลิกรัม / ลิตร

* หมายถึง ต้องตรวจไม่พบตามวิธีตรวจสอบที่กำหนด

** หมายถึง ต้องไม่เป็นที่พึงรังเกียจ