การตกตะกอนของสารละลายพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ที่มีผลมาจากค่าเบสิกซิตี้

Precipitation of poly aluminium chloride solution influenced by Basicity values.

กิตติกร เมฆประยูร

สหกิจศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต(เคมีสิ่งแวดล้อม)
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Precipitation of poly aluminium chloride solution influenced by Basicity values.

Kittikorn Mekprayoon

A COOPERATIVE EDUCATION SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR

THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (ENVIRONMENTAL CHEMISTRY)

DEPARTMENT OF CHEMISTRY, SCHOOL OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2023

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การตกตะกอนของพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ที่มีผลมาจากค่าเบสิกซิตี้ Precipitation of Poly aluminium chloride influenced by basicity values.
ชื่อนักศึกษา	นาย กิตติกร นามสกุล เมฆประยูร รหัสนักศึกษา 63050309
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)
ภาควิชา	เคมี
ปีการศึกษา	2566
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ดร.ปิยาภรณ์ ศรีเจริญเวช

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้สหกิจศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม) ประจำปีการศึกษา 2566

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.สุวรรณี จรรยาพูน ประธานกรรมการ	
นายชวิน จุลาเกตุโพธิชัย กรรมการ	
ผศ.ดร.กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	
ดร.ปิยาภรณ์ ศรีเจริญเวช กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การตกตะกอนของพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ที่มีผลมาจากค่าเบสิกซิตี้
ชื่อนักศึกษา	นาย กิตติกร นามสกุล เมฆประยูร รหัสนักศึกษา 63050309
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)
ภาควิชา	เคมี
คณะ	วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)
ปีการศึกษา	2566
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ดร.ปิยาภรณ์ ศรีเจริญเวช

บทคัดย่อ

การประปานครหลวงมีการใช้สารพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ (Poly aluminium chloride, PACl) ในกระบวนการผลิตน้ำประปา ปัจจุบันการใช้สารละลาย PACl เกิดปัญหาการตกตะกอนขณะที่ถูกเก็บไว้ในถังเก็บสารเคมี ลักษณะตะกอนมีสีขาว ส่งผลต่อการอุดตันในระบบท่อ ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาที่มาของการตกตะกอนของสาร PACl ที่มีผลมาจากค่าเบสิกซิตี้ โดยสังเคราะห์สารละลาย PACl ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ชนิดเหลว (มอก. 2150-2564) แล้วปรับเพิ่มค่าเบสิกซิตี้โดยใช้สารละลาย NaOH ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ผลการทดลองพบว่า เปอร์เซ็นต์เบสิกซิตี้ของ PACl มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความเข้มข้นของสารละลาย NaOH และการปรับเพิ่มค่าเบสิกซิตี้ของ PACl ให้มีเปอร์เซ็นต์เบสิกซิตี้เท่ากับ 55 เปอร์เซ็นต์ เริ่มมีตะกอนสีขาวเกิดขึ้น ยิ่งไปกว่านั้นการเกิดตะกอนจะเพิ่มขึ้นเมื่อสารละลาย PACl มีเปอร์เซ็นต์เบสิกซิตี้มากกว่า 55 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ : พอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์, เบสิกซิตี้, การตกตะกอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Sedimentation of Poly aluminium chloride influenced. by basicity values and Alumina values.
Students	(Mr.) Name-Surname Kittikorn Mekprayoon Student ID 63050309
Degree	Bachelor of Science (Environment Chemistry)
Department	Chemistry
School	Science
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)
Academic Year	2023
Advisor	Dr. Klinsukon Suwannarat
Co-advisor	Dr. Piyaporn Sricharoenwet

Abstract

The Metropolitan Waterworks Authority uses poly aluminium chloride (PACl) in the tap water production process. Currently, the use of PACl solution causes sedimentation problems while stored in chemical storage tanks. The sediment is white. Resulting in blockages in the pipe system. The researcher therefore studied the origin. of the precipitation of PACl which is influenced by the basicity value. By synthesizing PACl solution according to the industrial product standard for liquid polyaluminium chloride (TIS 2150 2021) and then adjusting the basicity value by using NaOH solution at various concentrations. The results of the experiment found that The basicity percentage of PACl was positively related to the concentration of NaOH solution, and by increasing the basicity value of PACl to a basicity percentage equal to 55 percent, a white precipitate began to appear. Moreover, precipitate formation increases when the PACl solution has a basicity percentage greater than 55 percent.

Keywords : Poly Aluminium Chloride, Basicity, Precipitation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ และ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร.ปิยาภรณ์ ศรีเจริญเวช ที่ได้ให้ความเอาใจใส่ ดูแลช่วยเหลือเมื่อเกิดปัญหาและให้คำแนะนำต่างๆ ตลอดระยะเวลาในวิชาสหกิจศึกษา นอกจากนี้ขอขอบพระคุณที่สละเวลาในการตรวจทานแก้ไข และให้เกียรติเป็นกรรมการในการสอบโครงการสหกิจศึกษาในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ นางสาวปัฐฌมาพร จันทร์งาม หัวหน้าส่วน สคบ.ฝผข. และ นายชวิน จุลาเกตุโพธิชัย นักวิทยาศาสตร์ 5 และผู้ปฏิบัติงานทุกท่าน ของส่วนวิเคราะห์คุณภาพน้ำระบบผลิต โรงงานผลิตน้ำบางเขน การประปานครหลวง ที่ได้ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ อีกทั้งยังให้ความรู้ เป็นผลทำให้โครงการสหกิจศึกษาครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ โครงการสหกิจศึกษา ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้การสนับสนุนในการดำเนินการในครั้งนี้ และขอขอบคุณ ส่วนวิเคราะห์คุณภาพน้ำระบบผลิต ฝ่ายโรงงานผลิตน้ำบางเขน การประปานครหลวง ที่ให้การอนุมัติการฝึกงานสหกิจศึกษาและเอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสารเคมีต่างๆ ที่ใช้ในการทำโครงการ รวมไปถึงบุคลากรฝ่ายต่างๆ ที่ค่อยให้ความช่วยเหลือมาโดยตลอด

กิตติกร เมฆประยูร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... จ
สารบัญรูป ..... ฉ
คำย่อ/สัญลักษณ์ (ถ้ามี) ..... ช
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ 2
1.3 ขอบเขตงานวิจัย 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ 2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3
2.1 พอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ (Poly Aluminium Chloride) 3
2.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุสาหกรรมพอลูมิเนียมคลอไรด์ชนิดเหลว 4
2.3 กรรมวิธีการผลิตพอลิละลูมิเนียมคลอไรด์ 5
2.4 ปัญหาการตกตะกอนของ PACl 7
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 8
3.1 สารเคมีที่ใช้ 8
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ 9
3.3 การเตรียมสารเคมี 9
3.4 วิธีการทดลอง 12
3.5 วิธีการคำนวณ 15
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล 16
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 18
เอกสารอ้างอิง 19
ภาคผนวก 21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์อะลูมิน่า..... 7
เปอร์เซ็นต์เบสิกซิตี้ และการเกิดตะกอน จากการสังเคราะห์สารพอลีอะลูมิเนียมคลอไรด์

ตารางที่ 6 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุสาหกรรมพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ชนิดเหลว 28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 กระบวนการผลิตพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ (PACl) ในโรงงาน	1
3.1 ตารางแสดงวิธีการสังเคราะห์ PACl	2
3.2 ตารางแสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ %Alumina	3
3.3 ตารางแสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ %Basicity	4
4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ NaOH กับค่า %Alumina และ %Basicity	5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำย่อ/สัญลักษณ์

คำย่อ/สัญลักษณ์	คำอธิบาย
H^+	ไฮโดรเจนไอออน (Hydrogen ions)
PACl	พอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ (Poly aluminium chloride)
WHO	องค์กรอนามัยโลก (World Health Organization)
Al_2O_3	อลูมิน่า (Alumina)
$Ca(OH)_2$	แคลเซียมไฮดรอกไซด์ (calcium hydroxide)
Na_2CO_3	โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium Carbonate)
NaOH	โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium Hydroxide)
HCl	ไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid)
PE	โพลีเอทิลีน (Polyethylene)
SO_4^{2-}	ซัลเฟต (Sulfate)
OH	ไฮดรอกไซด์ไอออน (Hydroxide ion)
Al	อะลูมิเนียม (Aluminium)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การประปานครหลวง เป็นรัฐวิสาหกิจในสังกัดกระทรวงมหาดไทย มีหน้าที่ผลิตและให้บริการเกี่ยวกับน้ำประปาในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร จังหวัดนนทบุรี และจังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งมีโรงงานผลิตน้ำหลักอยู่ 4 แห่ง คือ โรงงานผลิตน้ำบางเขน โรงงานผลินน้ำสามเสน โรงงานผลิตน้ำมหาสวัสดิ์ โรงงานผลิตน้ำธนบุรี เพื่อผลิตน้ำประปาให้ได้มาตรฐานตามคำแนะนำขององค์กรอนามัยโลก (World Health Organization, WHO) การประปานครหลวงจึงต้องควบคุมคุณภาพน้ำอย่างพิถีพิถันทุกขั้นตอนตามกระบวนการผลิตน้ำประปา ได้แก่ การสร้างและรวมตะกอน การตกตะกอน การกรอง การฆ่าเชื้อโรค การควบคุมคุณภาพน้ำประปา และการสูบจ่ายน้ำประปาสู่พื้นที่บริการ [1]

ในขั้นตอนการสร้างและรวมตะกอน การประปานครหลวงใช้สารส้มและสารพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ หรือ แพ็ค (Poly aluminium chloride, PACl) คือ [2] เกลือสังเคราะห์ของอลูมิเนียมคลอไรด์ ซึ่งได้ผ่านกระบวนการสังเคราะห์มาแบบพิเศษ ช่วยเร่งให้เกิดการตกตะกอนได้ดีขึ้น สามารถใช้ได้ดีทั้งกับน้ำดิบและน้ำทิ้ง เมื่อ PACl ละลายในน้ำจะทำให้สารแขวนลอยในน้ำจับตัวกันเกิดการตกตะกอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ สารเร่งตกตะกอน PACl เป็นผลผลิตจากเทคโนโลยีขั้นสูง ช่วยลดต้นทุนการผลิต สามารถนำน้ำไปใช้เพื่อการอุปโภคและบริโภคได้อย่างปลอดภัย

ในปัจจุบันการใช้สารละลาย PACl เกิดปัญหาการตกตะกอนขณะที่ถูกเก็บไว้ในถังเก็บสารเคมี โดยตะกอนมีสีขาว ทำให้เกิดการอุดตันในระบบท่อ ส่งผลให้การประปานครหลวงเสียโอกาสในการนำสารละลาย PACl ไปใช้ในการผลิตน้ำประปา

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาสาเหตุของการตกตะกอนของสารละลาย PACl เพื่อให้เข้าใจที่มาของปัญหาและนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

ศึกษาค่าเปอร์เซ็นต์เบสิกซิตี้ (%Basicity) ที่มีผลทำให้เริ่มเกิดการตกตะกอนของ PACl

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

สังเคราะห์ PACl ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ชนิดเหลว (มอก. 2150-2564) และปรับเพิ่มค่า (%Basicity) เพื่อทดสอบการเกิดตะกอน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

นำข้อมูลการวิจัยไปประยุกต์ร่วมกับข้อมูลอื่น ๆ เพื่อแก้ไขปัญหาการเกิดตะกอนได้อย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 พอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ (Polyaluminium chloride, PACl)

2.1.1 ข้อมูลทั่วไป

PACl เป็นสารสร้างตะกอน จำพวก Prehydrolyzed Metal Salts โดยมีวิธีการผลิตหลากหลายรูปแบบ ส่วนใหญ่จะผลิตจากแป้งอะลูมิน่า หรือโลหะอะลูมิเนียม โดยทั่วไปสารสร้างตะกอนจำพวก Prehydrolyzed Metal Salt เมื่อเติมลงในน้ำดิบ จะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) โดยโมเลกุลของอะลูมิเนียมจะไปทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของน้ำ ทำให้เกิดไฮโดรเจนไอออน (H^+) ซึ่งไฮโดรเจนไอออนจะไปทำปฏิกิริยากับความเป็นด่างในน้ำ แต่ใน PACl จะมีการเกิดไฮโดรเจนไอออนน้อยกว่าสารส้ม ทำให้ค่าความเป็นด่างของน้ำลดลงไม่มากเมื่อเทียบกับ การใช้สารส้มเป็นสารสร้างตะกอน [3] ตามสมการ

สมการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของ PACl

$$Al_2(OH)_3Cl_3 \rightarrow Al_2(OH)_3^{3+} + 3Cl^- + 3H_2O \rightarrow 2Al(OH)_3 + \mathbf{3H^+} + 3Cl^-$$

สมการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของ สารส้ม

$$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O \rightarrow 2Al^{3+} + 3SO_4^{2-} + 18H_2O \rightarrow 2Al(OH)_3 + \mathbf{6H^+} + 3SO_4^{2-} + 12H_2O$$

2.1.2 อลูมิน่าของพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ (Alumina of PACl)

อะลูมิเนียมออกไซด์ ซึ่งมีสูตรทางเคมี Al_2O_3 คือ แอมโฟเทอริกออกไซด์ และโดยทั่วไปเรียกว่า อลูมิน่า (Alumina) หรือสามารถเรียกอย่างอื่นได้ว่า กากกะรุน แซฟไฟร์ อเมทิสต์ โทแพซ เป็นต้น สะท้อนให้เห็นถึงการเกิดขึ้นอย่างกว้างขวางในธรรมชาติและอุตสาหกรรม เป็นรูปแบบผลึกที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติของอะลูมิเนียมออกไซด์ที่พบมากที่สุด [4]

พอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์เป็นสารอนินทรีย์ที่มีส่วนประกอบพื้นฐานของอลูมิน่า มีส่วนสำคัญในการช่วยในการตกตะกอนสารแขวนลอยในน้ำ หากในสารละลายพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์มีค่า $\%Al_2O_3$ สูงจะทำให้ความสามารถในการตกตะกอนสารแขวนลอยมีประสิทธิภาพมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 เบสิกซิตี้ของพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ (Basicity of PACl)

%Basicity คือ การคิดเปอร์เซ็นต์สมมูล OH ต่อ Al ในโมเลกุล PACl

สูตรโมเลกุลทั่วไปของพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ คือ $Al_n(OH)_mCl_{3n-m}$ โดยที่ $0 < m < 3n$ ดังนั้น สูตรโมเลกุลที่เป็นไปได้ เช่น [5]

กลุ่ม %Basicity ต่ำ	0 - 16.67%	อยู่ในรูป $Al_2(OH)Cl_5$
กลุ่ม %Basicity ปานกลาง	16.67 - 50%	อยู่ในรูป $Al_2(OH)_3Cl_3$
กลุ่ม %Basicity สูง	50 - 83.3%	อยู่ในรูป $Al_2(OH)_5Cl$

สูตรคำนวณ %Basicity จากสูตรโมเลกุลตามทฤษฎี คือ

$$\%\text{Basicity} = \left(\frac{[OH]}{[Al]}\right) \times 100 = \left(\frac{m}{3n}\right) \times 100$$

2.1.4 กฎหมายที่เกี่ยวข้อง

1) พระราชบัญญัติการประปานครหลวง พ.ศ.2510 และแก้ไขเพิ่มเติม [6]

2) พระราชบัญญัติโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ.2535 [7]

3) พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (ฉบับที่ 2) [8]

4) พระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ.2535 [9]

5) พระราชบัญญัติความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาวะแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. 2544 [10]

2.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุสาหกรรมพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ชนิดเหลว

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุสาหกรรมพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ชนิดเหลว ฉบับล่าสุดเป็นไปตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 6341 (2150-2564) ได้กำหนดขอบเขตครอบคลุมพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ชนิดเหลว สำหรับใช้ในการผลิตน้ำประปา โดยกำหนดคุณลักษณะที่ต้องการ ประกอบด้วย [12]

1) ลักษณะทั่วไป เป็นของเหลวใส ไม่มีสี หรือสีน้ำตาลอ่อน หรือสีเหลืองอ่อน หรือสีเหลืองอ่อนแกมน้ำตาล

2) ความหนาแน่นสัมพันธ์ที่ 20 องศาเซลเซียส ต้องไม่น้อยกว่า 1.19 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร

3) คุณลักษณะทางเคมี 3 พารามิเตอร์ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์อะลูมิเนียมออกไซด์ ($\%Al_2O_3$) ต้องมี ค่า 10.0-11.0 เปอร์เซ็นต์โดยมวล เปอร์เซ็นต์เบสิกซิตี้ (%Basicity) ต้องมีค่า 45-65 เปอร์เซ็นต์โดยมวล และ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ต้องมีค่า 3.5 ถึง 5.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 กรรมวิธีการผลิตพอลิละลูมิเนียมคลอไรด์

กรรมมาวิธีผลิตโดยย่อของสารพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ (รูปที่ 2.1) มี 5 วิธี [12] ได้แก่

1) การทำให้อะลูมิเนียมคลอไรด์ เป็นกลางด้วยปูนขาว ($Ca(OH)_2$) โดยผลผลิตจะมีค่าเบสิกซิตี้ถึง 70 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณอะลูมิเนียมจำกัดในช่วง 6 – 7 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากปัญหาความคงตัวที่สัมพันธ์ของแคลเซียมที่ละลายไปในปฏิกิริยา

2) การทำให้อะลูมิเนียมคลอไรด์ เป็นกลางด้วยโซดาแอช (Na_2CO_3) โดยผลผลิตที่ได้จะมีค่าเบสิกซิตี้ต่ำถึงปานกลาง หากเบสิกซิตี้สูงจะเกิดปัญหาตะกอนของอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์มากเกินไป

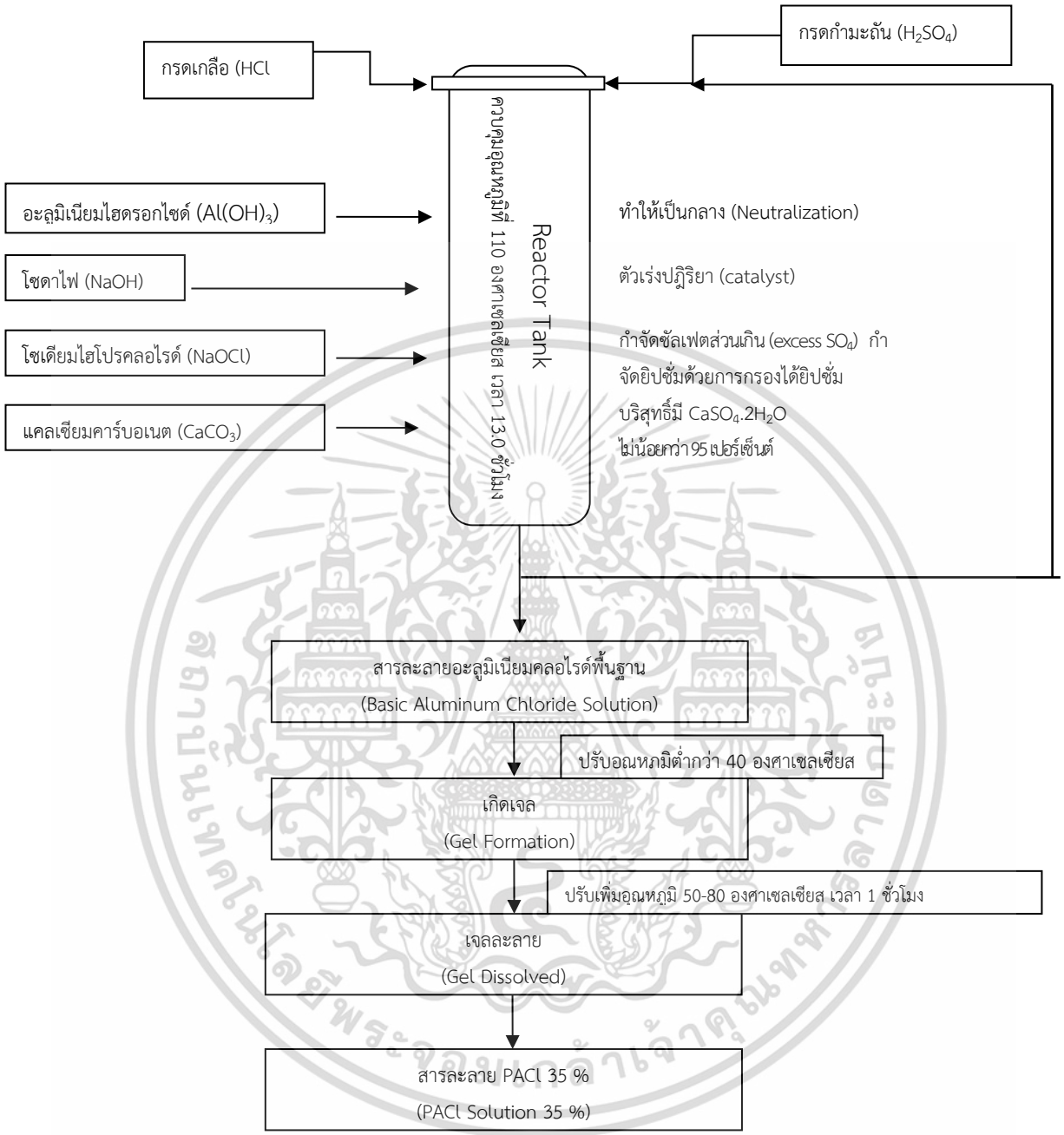
3) การทำให้อะลูมิเนียมคลอไรด์ เป็นกลางด้วยโซดาไฟ (NaOH) โดยผลผลิตที่ได้จะมีค่าเบสิกซิตี้ต่ำจนถึงปานกลาง หากเบสิกซิตี้สูงจะเกิดปัญหาตะกอนของอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์มากเกินไป

4) การไฮโดรไลซีสโลหะ โดยการละลายอะลูมิเนียมในสารละลายอะลูมิเนียมคลอไรด์ ได้ผลผลิตที่มีค่าเบสิกซิตี้สูง สามารถควบคุมการตกตะกอนของอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ได้ง่าย

5) ปฏิกิริยาของอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์กับกรดเกลือหรืออะลูมิเนียมคลอไรด์ ได้ผลผลิตที่มีค่าเปอร์เซ็นต์เบสิกซิตี้ต่ำจนถึงปานกลาง อาจจะใช้สารละลายอะลูมิเนียมซัลเฟต (สารส้ม) ทำให้ได้อะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์แล้วจึงทำปฏิกิริยากับกรดเกลือหรืออะลูมิเนียมคลอไรด์ วิธีนี้ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีค่าซัลเฟต (SO_4^{2-}) สูงถึง 3 เปอร์เซ็นต์ ถ้านำไปใช้มีโอกาสทำให้เกิดความเสี่ยงท้องร่วงของผู้บริโภคได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 แผนภูมิกรรมวิธีการผลิตพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ โดยใช้โซดาไฟ



รูปที่ 2.1 กระบวนการผลิตพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ (PACl) ในโรงงานอุตสาหกรรม

ที่มา : แนวคิดในการก่อสร้างโรงงานผลิตสารโพลิอะลูมิเนียมคลอไรด์. พรศักดิ์ สมรไกรสรกิจ (2564) [12]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ปัญหาการตกตะกอนของ PACl

ในการนำ PACl มาใช้ในกระบวนการผลิตน้ำประปา พบปัญหาในเรื่องการตกตะกอนของ PACl ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาดังต่อไปนี้

1. ตะกอนของสารละลาย PACl ไปอุดตันท้อจ่ายสารเคมีในระบบการผลิตน้ำประปา
2. เสียเวลาในการดูดสารละลาย PACl ออกและเติมสารละลาย PACl เข้าไปใหม่
3. เสียเวลาในการล้างทำความสะอาดเส้นท้อและถังเก็บสารเคมี

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาปัจจัยในการตกตะกอนของสารละลายพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ที่มีผลมาจากค่าเบสิกซิตี้เพื่อหาทางแก้ไขต่อไปในอนาคต

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 การสังเคราะห์พอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ (PACl)

A.I. Zouboulis และ N. Tzoupano (2007) ได้อธิบายผลการสังเคราะห์ PACl ไว้ โดยเตรียมจากเม็ดอะลูมิเนียม PACl ที่สังเคราะห์ได้มีค่าเปอร์เซ็นต์อะลูมิน่า เท่ากับ 9.08 และมีค่าเปอร์เซ็นต์เบสิกซิตี้ เท่ากับ 40 [13]

Shen และ Dempsey (1998) ได้ทดลองเตรียม PACl โดยไทเทรตเกลืออะลูมิเนียมคลอไรด์ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งเป็นตัวแปรอิสระ ได้แก่ ความเข้มข้น อัตราการไทเทรต ระดับของการผสม และการเปรียบเทียบ Counter-ion ต่าง ๆ แล้วสรุปผลได้ว่า สามารถผลิต PACl จากกระบวนการไทเทรตดังกล่าวได้ ซึ่ง PACl จะมีลักษณะเป็น Polymeric หรือ $Al_{13}O_4(OH)_{24}^{7+}$ นอกจากนี้ยังค้นพบว่าวิธีการเตรียม PACl และบางพารามิเตอร์ ได้แก่ ความเข้มข้นของทั้งอะลูมิเนียมและไฮดรอกไซด์ ระดับการผสม วิธีการเติมเบส เป็นต้น จะส่งผลกระทบต่อองค์ประกอบภายในโมเลกุลของ PACl [14]

Liและคณะ (2009) ได้สังเคราะห์ PACl โดยใช้แร่บอกไซต์ กรดไฮโดรคลอริก และแคลเซียมอะลูมิเนต โดยใช้บอกไซต์ไปทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริก แล้วใช้แคลเซียมอะลูมิเนต เพื่อเพิ่มค่าอลูมิน่าให้ได้มากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ และได้ค่าเบสิกซิตี้ 45-95 เปอร์เซ็นต์ [15]

2.5.2 การเก็บรักษาพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ (PACl)

Lin, J. L. และคณะ (2020) ได้ทดสอบผลของระยะเวลาและอุณหภูมิในการเก็บรักษา PACl ที่ผลิตเพื่อการค้า 2 ตัวอย่าง และทดสอบประสิทธิภาพในการใช้งาน โดยเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 6 เดือน หรือ 180 วัน เก็บรักษาไว้ในถัง PE ขนาด 1 ตัน ตั้งไว้ภายนอกห้อง ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ ในระหว่างจัดเก็บอุณหภูมิอยู่ในช่วง 14-27 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไปตรวจสอบหาค่าอะลูมิเนียม โดยทั้ง 2 ตัวอย่าง มีการเกิดตะกอนขึ้น ส่วนใหญ่เป็นตะกอนของอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ [16]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 สารเคมีที่ใช้

1. กรดไฮโดรครอริก 37% (Conc. HCl) ยี่ห้อ Merck บริษัท Merck KGaA ประเทศไทย
2. ผงอะลูมิเนียมบริสุทธ์ 99% บริษัท THAI PAC ประเทศไทย
3. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide) ยี่ห้อ KemAus บริษัท Molecule Co.,Ltd. ประเทศไทย
4. เอทิลีนไดเอมีน เตตระอะซิติกแอซิด ไดโซเดียมซอลท์ ไดไฮเดรต (EDTA) ยี่ห้อ Merckบริษัท Merck KGaA. ประเทศ ไทย
5. โซเดียมอะซิเตทไตรไฮเดรท ($CH_3COOH.3H_2O$) ยี่ห้อ Supelco บริษัท Sigma-Aldrich Co. ประเทศเบลเยียม
6. โซลีนอลออเรจ์ (Xylenol orange) ยี่ห้อ Qrec บริษัท คิวเคมีคอล จำกัด ประเทศไทย
7. ผงสังกะสีบริสุทธิ์ (Zinc oxide) ยี่ห้อ UNIVAR บริษัท เอ.พี.เอส. คอนโทรล จำกัด ประเทศไทย
8. โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ยี่ห้อ Supelco บริษัท Sigma-Aldrich Co. ประเทศเบลเยียม
9. โพแทสเซียมฟลูออไรด์ (KF) ยี่ห้อ KemAus บริษัท Molecule Co.,Ltd. ประเทศไทย
10. เมทิลเรด (Methyl red) ยี่ห้อ Panreac บริษัท แอลเอ็นดับเบิ้ลยู จำกัด ประเทศไทย
11. โบรโมครีซอลกรีน (Bromocresol green) ยี่ห้อ KemAus บริษัท Molecule Co.,Ltd. ประเทศไทย
12. ฟีนอล์ฟทาลีน (Phenolphthalein) ยี่ห้อ Lab.grade บริษัท Ajax Finechem Pty.Ltd. ประเทศออสเตเลีย
13. เอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ (95% Ethanol) ยี่ห้อ HONG HUAT บริษัท ฮงอวด จำกัด ประเทศไทย
14. น้ำกลั่น (Distilled water)

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องชั่ง 3 ตำแหน่ง ยี่ห้อ A&D รุ่น GF-300 ประเทศญี่ปุ่น
2. ขวดกรองสาร (vacuum filtration)
3. ขวดมีเดีย 250 มิลลิลิตร (250 ml Media bottle)
4. กระบอกตวง 50 มิลลิลิตร (50 ml Cylinder)
5. ปิเปต 5 มิลลิลิตร (5 ml Pipette)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ปิเปต 10 มิลลิลิตร (10 ml Pipette)
7. ปิเปต 20 มิลลิลิตร (20 ml Pipette)
8. ปิเปต 25 มิลลิลิตร (25 ml Pipette)
9. ลูกยางปิเปต (Rubber Bulb For Pipette)
10. บิวเรต 50 มิลลิลิตร (50 ml Burette Glass)
11. ขวดปรับปริมาตร 25 มิลลิลิตร (25 ml Volumetric flask)
12. ขวดปรับปริมาตร 50 มิลลิลิตร (50 ml Volumetric flask)
13. ขวดปรับปริมาตร 500 มิลลิลิตร (500 ml Volumetric flask)
14. ขวดรูปชมพู่ 250 มิลลิลิตร (250 ml Erlenmeyer Flask)
15. กระดาษกรอง GF/C (Glass microfiber filter Grade) ยี่ห้อ Whatman ประเทศ USA

3.3 การเตรียมสารเคมี

3.3.1 การเตรียมสารละลาย EDTA 0.05 โมลาริตี้ (0.05M EDTA)

ละลาย EDTA 18.613 กรัม ในน้ำกลั่นจนครบ 1 ลิตร

3.3.2 การเตรียมโซเดียมอะซิเตท บัฟเฟอร์ ($CH_3COOH.3H_2O$)

ละลาย โซเดียมอะซิเตทไตรไฮเดรท 272 กรัม ด้วยน้ำกลั่นจนครบ 1 ลิตร

3.3.3 การเตรียมโซลีนอลออเรนจ์ (0.1% w/v Xylenol orange indicator)

ละลาย สารโซลีนอลออเรนจ์ 0.10 กรัม ด้วยน้ำกลั่นปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร

3.3.4 การเตรียมสังกะสีบริสุทธิ์ 0.02 โมลาริตี้ (0.02M Zn)

ชั่งสังกะสีบริสุทธิ์ 1.307 กรัม นำไปละลายกับกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 37% w/w ปริมาตร 7 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้จนสังกะสีละลายหมด สังเกตจากไม่มีฟองแก๊สเกิดขึ้น และนำไปปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น จนมีปริมาตรครบ 1 ลิตร

3.3.5 การเตรียมโพแทสเซียมฟลูออไรด์ (KF)

ละลาย สารโพแทสเซียมฟลูออไรด์ (KF) 500 กรัม ด้วยน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ครบ 1 ลิตร จากนั้นนำไปกรอง Filter glass vacuum ด้วยกระดาษ GF/C

3.3.6 การเตรียมเมทิลเรด โบรโมครีซอลกรีน (MR-BG)

นำเมทิลเรด 0.02 กรัม และ โบรโมครีซอลกรีน 0.1 กรัม ละลายใน เอทาลนอล 95 เปอร์เซ็นต์ จนครบ 100 มิลลิลิตร

3.3.7 การเตรียมฟีนอล์ฟทาลีน อินดิเคเตอร์ (Phenolphthalein indicator)

ละลายฟีนอล์ฟทาลีน 0.5 กรัม ในเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ 100 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.8 <u>การเตรียมไฮโดรครอริก (HCl) 0.3 โมลาร์ลิตี้ สำหรับใช้วิเคราะห์ค่า %Basicity</u>
ปิเปต Conc.HCl 25 มิลลิลิตร นำไปเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนครบ 1 ลิตร

3.3.9 <u>การเตรียมโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) สำหรับใช้วิเคราะห์ค่า %Basicity</u>
ชั่งของแข็ง NaOH 100 กรัม แล้วละลายด้วยน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร สารละลายจะร้อน ทิ้งไว้ค้างคืนที่อุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นดูดส่วนใส่มา (Supernatant) 25 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่นจนครบ 1 ลิตร

3.3.10 <u>การเตรียมโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) สำหรับใช้เพิ่ม %Basicity ให้สารละลาย PACl</u>
ชั่งของแข็ง NaOH 10 กรัม แล้วละลายด้วยน้ำกลั่น จากนั้นปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร จะได้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 2.5 โมลาริตี้ นำสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 2.5 โมลาริตี้ มาเจือจางเป็นความเข้มข้นต่าง ๆ ดังนี้ 0.10, 0.20, 0.30, 0.35, 0.40, 0.45, 0.50 โมลาริตี้ เพื่อนำไปใช้ในการทดลองสังเคราะห์ PACl

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลาย HCl (Standardization)

1. นำ Na_2CO_3 ไปอบที่อุณหภูมิ 250 องศา 4 ชั่วโมง
2. ชั่งสารมาประมาณ 0.6xxx กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร
3. หยด MR-BG 2-3 หยด (สารจะเป็นสีฟ้า)
4. ไทเทรตด้วย HCl จากฟ้าเป็นไม่มีสี

สูตรคำนวณ

$$f = \frac{c}{d \times 0.0265}$$

f = ค่า แฟกเตอร์ ของ HCl

c = น้ำหนักของ Na_2CO_3

d = ปริมาตร HCl ที่ใช้ไทเทรต

0.0265 = ปริมาณ Na_2CO_3 ที่สมมูลย์ กับ 1 มิลลิลิตร ของ HCl

การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลาย NaOH (Standardization)

1. ปิเปต HCl มา 25 มิลลิลิตร
2. หยด Phenpthalein indicator 2-3 หยด
3. ไทเทรตด้วย NaOH จาก ไม่มีสี เป็นสีชมพู่

สูตรคำนวณ

$$f' = \frac{25 \times f}{e}$$

f'= ค่า แฟกเตอร์ ของ NaOH (จะนำไปใช้ในการคำนวณ %Basicity ต่อไป)

f = ค่า แฟกเตอร์ ของ HCl

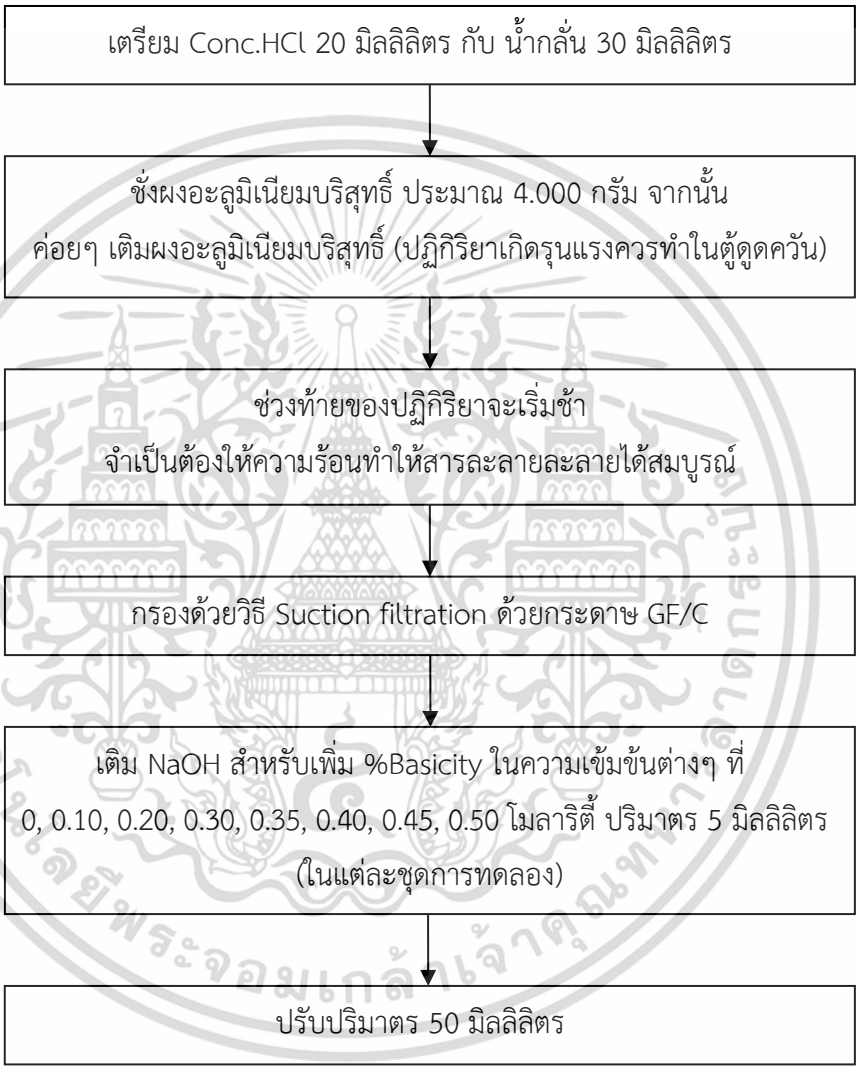
e = ปริมาตร ที่ใช้ไทเทรต (มิลลิลิตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 การสังเคราะห์ PACl

กระบวนการสังเคราะห์ PACl ในงานวิจัยนี้อ้างอิงจาก [12] โดยมีขั้นตอนการสังเคราะห์ตามกระบวนการใน รูปที่ 3.1



รูป 3.1 วิธีการสังเคราะห์ PACl

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

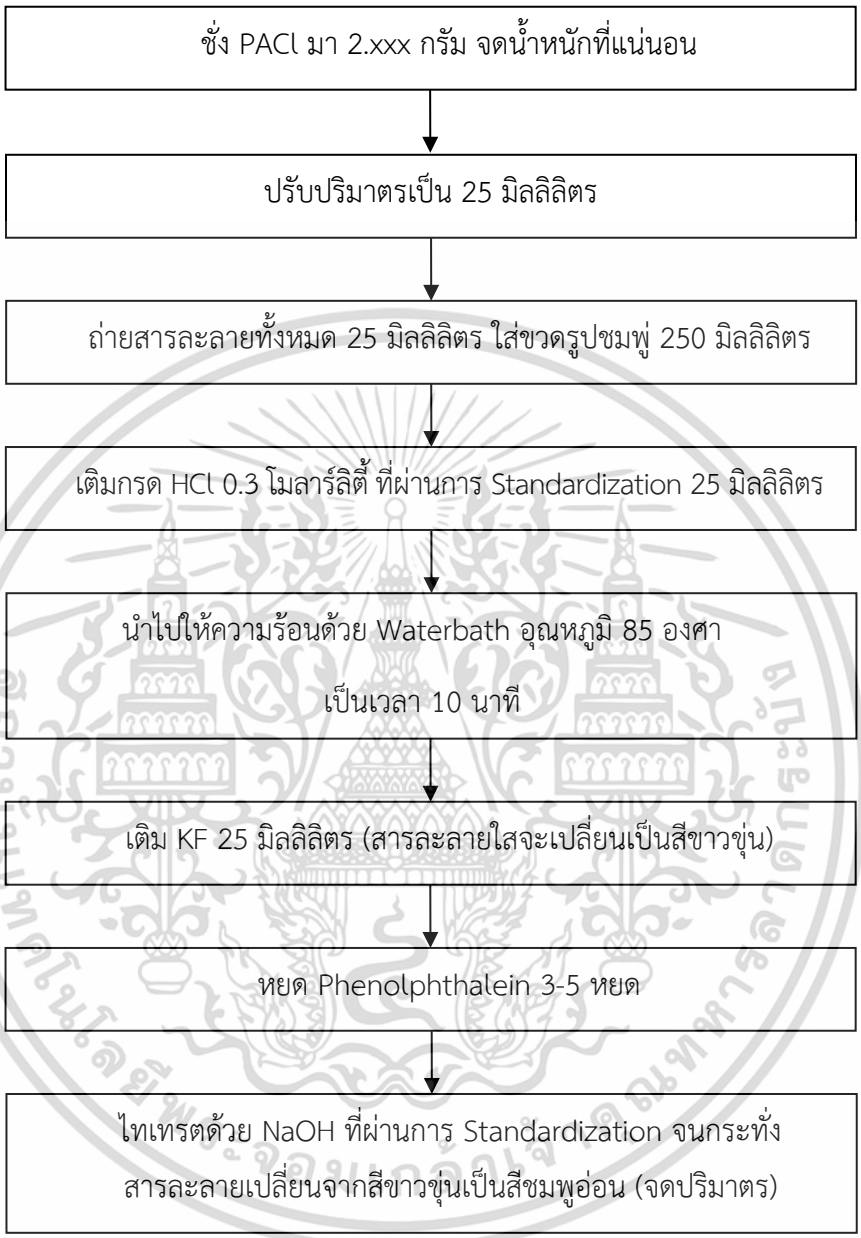
3.4.2 การวิเคราะห์ %Alumina

รูป 3.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ %Alumina

หมายเหตุ : ทำแบลงค์ โดยใช้น้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร ทำเหมือนวิธีด้านบน โดยต้องทำแบลงค์ใหม่ทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนสารเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 การวิเคราะห์ %Basicity



รูป 3.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ %Basicity

หมายเหตุ : ทำแบลงค์ โดยใช้น้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร ทำเหมือนวิธีด้านบน โดยต้องทำแบลงค์ใหม่ทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนสารเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 วิธีการคำนวณ

การคำนวณ %Alumina

สูตรคำนวณ

$$\%Al_2O_3 = \frac{0.00102 \times (B' - B) \times 100 \times 50}{S \times 20}$$

B’= ปริมาตร Zn ที่ไทเทรตกับแบงค์

B = ปริมาตร Zn ที่ไทเทรตกับสารตัวอย่าง

S = น้ำหนักของสาร 8 มิลลิกรัม ของ PACl

20 = ปริมาณของสารตัวอย่างที่นำมาไทเทรต

การคำนวณ %Basicity

สูตรคำนวณ

$$\%Basicity = \frac{(g\prime - g)?—f\prime?—0.0085?—8.994}{17?—S?—A?—0.5293}$$

g’ = ปริมาณ NaOH ที่ใช้ไทเทรต ของแบลงค์

g = ปริมาณ NaOH ที่ใช้ไทเทรต ของสารตัวอย่าง

f’ = ค่าแฟกเตอร์ ของ NaOH

0.0085 = ไฮดรอกซิลใน 1 มิลลิลิตร ของ NaOH

8.994 = กรัมสมมูลย์ของอะลูมิเนียม

17 = กรัมสมมูลย์ของไฮดรอกซิล

S = น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

A = เปอร์เซ็นต์ อลูมิน่า

0.5293 = แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วยของ อะลูมิเนียมในอะลูมิน่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

จากการสังเคราะห์สารละลาย PACl ตามแนวคิดของโรงงานผลิตสารพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ โดยใช้โลหะอะลูมิเนียม กรดไฮโดรคลอริก และน้ำ เป็นสารตั้งต้นในการทำปฏิกิริยา โดยปรับเพิ่มค่า %Basicity โดยเติมสารละลาย NaOH ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในปริมาตรเท่ากัน เพื่อศึกษาลักษณะการเกิดตะกอน จากค่า %Basicity ที่เพิ่มขึ้น ได้ผลการวิจัยดังนี้

จากตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าการสังเคราะห์สารพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์จากโลหะอะลูมิเนียม กรดไฮโดรคลอริก น้ำกลั่น จากนั้นเติมสารละลาย NaOH ในแต่ละการทดลองที่ความเข้มข้น 0.00, 0.10, 0.20, 0.30, 0.35, 0.40, 0.45 โมลาริตี้ ปริมาตร 5 มิลลิลิตร (ภาคผนวก รูปที่ 7-8) ตามลำดับ พบว่าค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์อลูมิน่า ได้เท่ากับ 11.377, 11.013, 10.812, 11.083, 10.136, 11.150, 10.309 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์เบสิกซิตี้ ได้เท่ากับ 44.562, 49.057, 51.445, 55.113, 58.766, 61.528, 62.285 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้น NaOH มีความสัมพันธ์กับค่าเปอร์เซ็นต์เบสิกซิตี้ คือ การแปรผันตามความเข้มข้นของ NaOH ทำให้เปอร์เซ็นต์เบสิกซิตี้เพิ่มขึ้น (หมายเหตุผล:การทดลองทำซ้ำ 2 ซ้ำ เนื่องจากวัตถุดิบไม่เพียงพอที่จะทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ)

จากการสังเกตการเกิดตะกอน พบว่า ความเข้มข้น NaOH 0.30 โมลาริตี้ ที่ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์อลูมิน่า เท่ากับ 11.083 และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์เบสิกซิตี้ เท่ากับ 55.113 สังเกตว่าเริ่มเกิดตะกอนของ PACl ลักษณะเป็นตะกอนสีขาวเกิดขึ้นเล็กน้อย สารละลายใส และที่ความเข้มข้น NaOH 0.35 - 0.40 โมลาริตี้ ที่ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์อลูมิน่า (เท่ากับ 10.136 - 11.150 และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์เบสิกซิตี้ เท่ากับ 58.766 - 61.528 ทำให้เริ่มเกิดตะกอนของ PACl ลักษณะเป็นตะกอนสีขาวเกิดขึ้นปริมาณมาก สารละลายใส และที่ความเข้มข้น NaOH 0.45 โมลาริตี้ ที่ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์อลูมิน่าเท่ากับ 10.309 และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์เบสิกซิตี้เท่ากับ 62.285 ทำให้เริ่มเกิดตะกอนของ PACl ลักษณะเป็นตะกอนสีขาวเกิดขึ้นปริมาณมาก สารละลายมีความขุ่น แสดงให้เห็นว่า สารละลาย PACl ที่มีเปอร์เซ็นต์อลูมิน่า ในช่วง 10-11 เปอร์เซ็นต์ และมีเปอร์เซ็นต์เบสิกซิตี้มากกว่า 55 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เกิดการตกตะกอนสีขาว ตามรูปที่ 4.1

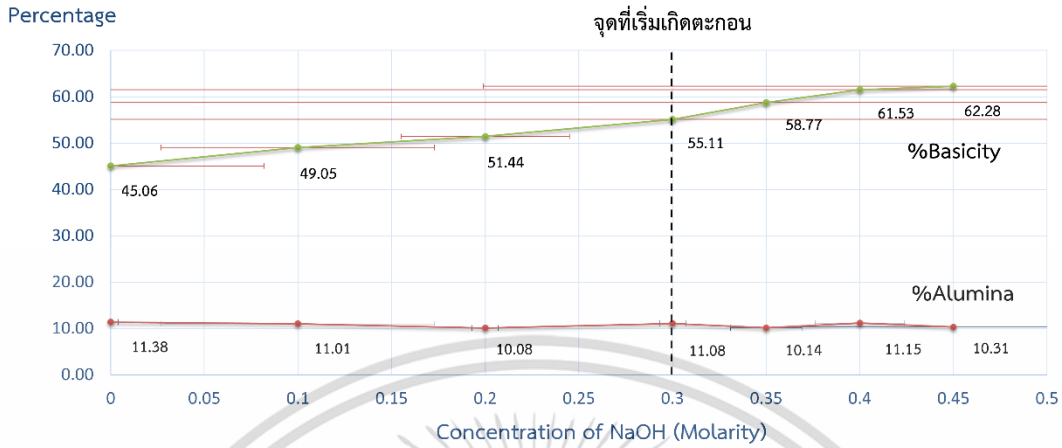
สมการของปฏิกิริยาที่ก่อให้เกิดตะกอนสีขาวแสดงใต้ รูปที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์อลูมิน่า เปอร์เซ็นต์เบสิกซิตี้ และการเกิดตะกอนจากการสังเคราะห์สารพอลีอะลูมิเนียมคลอไรด์

ชุดการทดลอง	อะลูมิเนียม (กรัม)	ความเข้มข้น NaOH ที่เติม 5 มล. (โมลาริตี้)	ค่าเฉลี่ย ± SD %Alumina (n = 2)	ค่าเฉลี่ย ± SD %Basicity (n = 2)	การสังเกตการเกิดตะกอน
1	4.010	0.00	11.38 ± 0.004	45.06 ± 0.082	ไม่เกิดตะกอน สารละลายใส
2	4.010	0.10	11.01 ± 0.073	49.05 ± 0.375	ไม่เกิดตะกอน สารละลายใส
3	4.030	0.20	10.08 ± 0.007	51.44 ± 0.045	ไม่เกิดตะกอน สารละลายใส
4	4.000	0.30	11.08 ± 0.007	55.11 ± 0.612	เกิดตะกอนสีขาวเล็กน้อย สารละลายใส
5	4.015	0.35	10.14 ± 0.019	58.77 ± 0.777	เกิดตะกอนสีขาวมาก สารละลายใส
6	4.021	0.40	11.15 ± 0.024	61.53 ± 0.484	เกิดตะกอนสีขาวมาก สารละลายใส
7	4.040	0.45	10.31 ± 0.082	62.28 ± 0.251	เกิดตะกอนสีขาวมาก สารละลายมีความขุ่น

หมายเหตุ : ทุกการทดลองใช้กรดไฮโดรคลอริก 20 มิลลิลิตร และ ใช้น้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ NaOH กับค่า %อลูมิน่า และ %เบสิกซิตี้

(เส้นสีเขียว คือ %Basicity เส้นสีแดง คือ % Alumina)

สมการการเกิดตะกอนใน PACl

สังเกตลักษณะทางกายภาพของตะกอนดังกล่าว มีโอกาสที่จะเกิดเป็นตะกอน $Al(OH)_3$ ตามสมการเคมีดังนี้

$Al_2(OH)_3Cl_3 \rightarrow Al_2(OH)_3^{3+} + 3Cl^-$ ---------- (1)

$Al_2(OH)_3^{3+} + 3Cl^- + 3H_2O \rightarrow Al_2(OH)_6 + 3HCl$ ---------- (2)

$HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$ ---------- (3)

[(1) + (2)] x 2 $2Al_2(OH)_3Cl_3 + 6H_2O \rightarrow 2Al_2(OH)_6 + 6HCl$ ---------- (4)

(3) x 6 $6HCl + 6NaOH \rightarrow 6NaCl + 6H_2O$ ---------- (5)

---

(4) + (5) $2Al_2(OH)_3Cl_3 + 6NaOH \rightarrow 2Al_2(OH)_6 + 6NaCl$

⇩

$4Al(OH)_3$(ตะกอนสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของค่าเบสิกซิตี้ (Basicity) ต่อการตกตะกอนของพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ (PACl) ซึ่งอาจเป็นส่วนหนึ่งของปัญหาการเกิดตะกอนในถังเก็บ PACl สำหรับกระบวนการสร้างและรวมตะกอนเคมีของโรงผลิตน้ำประปาบางเขน ผู้วิจัยได้ทำการสังเคราะห์ PACl ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุสาหกรรมพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ชนิดเหลว ก่อนนำ PACl ที่สังเคราะห์ได้มาเพิ่มค่าเบสิกซิตี้ด้วยการเติมสารละลาย NaOH ที่ความเข้มข้น 0.00, 0.10, 0.20, 0.30, 0.35, 0.40 และ 0.45 โมลาริตี้ ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ตามลำดับ แต่ละชุดการทดลองได้ถูกนำมาวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์อลูมินา (%Alumina) และเปอร์เซ็นต์เบสิกซิตี้ (%Basicity) ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าเปอร์เซ็นต์เบสิกซิตี้ของ PACl มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความเข้มข้นของสารละลาย NaOH และเมื่อเติมสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 0.30 โมลาริตี้ จะทำให้ PACl ที่สังเคราะห์มีค่าเบสิกซิตี้เท่ากับ 55 เปอร์เซ็นต์ และเริ่มมีตะกอนสีขาวเกิดขึ้น ยิ่งไปกว่านั้นตะกอนจะเกิดเพิ่มขึ้นเมื่อสารละลาย PACl มีเปอร์เซ็นต์เบสิกซิตี้มากกว่า 55 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ PACl ต้องมีเปอร์เซ็นต์อลูมินาอยู่ในช่วง 10 - 11 เปอร์เซ็นต์

จากการศึกษาสรุปได้ว่าเบสิกซิตี้เป็นหนึ่งในปัจจัยของการเกิดตะกอนของสารโพลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ (PACl) ผลการวิจัยครั้งนี้ได้ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการประปานครหลวงเพื่อใช้ประกอบกับข้อมูลปัจจัยด้านอื่น เพื่อหามาตรการแก้ไขปัญหาการเกิดตะกอนของ PACl ต่อไปในอนาคต อย่างไรก็ตามปัจจัยด้านอุณหภูมิในการจัดเก็บ ระยะเวลาในการจัดเก็บ รวมถึงวิธีการผลิต PACl ที่แตกต่างกันอาจมีผลต่อการเกิดตะกอนได้เช่นกัน จึงเป็นสิ่งที่ต้องดำเนินการวิจัยต่อไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาครั้งนี้ทำการศึกษาปัจจัยการตกตะกอนของพอลิอลูมิเนียมคลอไรด์ (PACl) เฉพาะค่าเบสิกซิตี้ (%Basicity) ดังนั้นเพื่อให้ครอบคลุมปัจจัยอื่นๆ ที่อาจมีผลต่อการตกตะกอนของ PACl ผู้วิจัยจึงมีความเห็นว่าควรมีการศึกษาปัจจัยด้านอื่นที่อาจมีผลต่อการเกิดตะกอน PACl ได้แก่ อุณหภูมิในการจัดเก็บ ระยะเวลาในการจัดเก็บ และวิธีการผลิต PACl รูปแบบอื่นๆเปรียบเทียบกับผลการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] การประปานครหลวง [online]. เข้าถึงได้จาก https://www.mwa.co.th/about/knowing-mwa/history-obligations/

[2] สาร PAC (Poly Aluminium Chloride) [online]. เข้าถึงได้จาก https://mitrwater.com/poly-aluminium-chloride/

[3] รายงานผลการศึกษาการเกิดตะกอนจากพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ภายในโรงงานผลิตน้ำของการประปานครหลวง. (พ.ศ 2564) พรศักดิ์ สมรไกรสรกิจ

[4] Aluminum Oxide. [online]. เข้าถึงได้จาก https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Inorganic_Chemistry/Supplemental_Modules_and_Websites_(Inorganic_Chemistry)/Descriptive_Chemistry/Elements_Organized_by_Block/2_p-Block_Elements/Group_13%3A_The_Boron_Family/Z013_Chemistry_of_Aluminum_(Z13)/Aluminum_Oxide

[5] Define basicity of an acid. One molecule of an acid on ionization produces two hydrogen ions in an aqueous solution. Name this acid. [online]. เข้าถึงได้จาก https://byjus.com/question-answer/define-basicity-of-an-acid-one-molecule-of-an-acid-on-ionization-produces-two-hydrogen/

[6] พระราชบัญญัติการประปานครหลวง พ.ศ.2510 และแก้ไขเพิ่มเติม. [online]. เข้าถึงได้จาก พระราชบัญญัติการประปานครหลวง-พ.ศ.-2510.pdf (onwr.go.th)

[7] พระราชบัญญัติโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ.2535. [online]. เข้าถึงได้จาก https://www.diw.go.th/webdiw/wp-content/uploads/2021/07/law-fac-2535.pdf

[8] พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (ฉบับที่ 2). [online]. เข้าถึงได้จาก https://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2561/A/027/29.PDF

[9] พระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ.2535. [online]. เข้าถึงได้จาก https://www4.fisheries.go.th/local/file_document/20200827174249_1_file.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

[10] พระราชบัญญัติความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาวะแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. 2544. [online]. เข้าถึงได้จาก https://www.tosh.or.th/images/file/2016/osh-act.b.e.2554.pdf

[11] มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. [online]. เข้าถึงได้จาก https://www.mwa.co.th/knowledge/information-about-water/academic-articles/reference/thai-industrial-standards-royal-gazette/

[12] แนวคิดในการก่อสร้างโรงงานผลิตสารโพลิอะลูมิเนียมคลอไรด์. พรศักดิ์ สมรไกรสรกิจ พ.ศ 2564

[13] Alternative cost-effective preparation method of polyaluminium chloride (PACl) coagulant agent: Characterization and comparative application for water/wastewater treatment. [online]. เข้าถึงได้จาก https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0011916409010856

[14] 2.7.3 Shen, Y.H, and Dempsey , B.A 1998. Synthesis and Speciation of Polyaluminum Chloride for Water Treatment. Environment International, Vol 24, No. 8, pp.899-910 [online]. เข้าถึงได้จาก http://eprints.uthm.edu.my/1181/1/24p%20SITI%20NOR%20AISHAH%20BINTI%20MOHD%20SALLEH.pdf

[15] Lin, J. L. และคณะ (2020) Effect of in-situ formed Al hydrates througt long-term aging on enhanced particle destabilization by PACl coagulation. Journal of Environmental Sciences 92 (2020) 200-210.

[16] Preparation and performance of a high purity poly-aluminum chloride (2009)

[17] หนังสือ Water Quality & Treatment A Handbook on Drinking Water ในหน้าที่ 8.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

รูปที่ 1 ผงอะลูมิเนียมบริสุทธ์ 99%

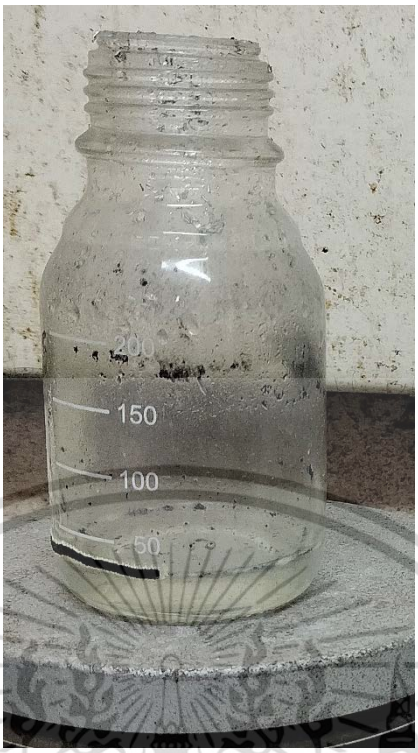
รูปที่ 2 น้ำ 30 มิลลิลิตร + กรดไฮโดรคลอริก 37% 20 มิลลิลิตร ผงอะลูมิเนียมบริสุทธ์ 4.xxx กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3 เติมผงอะลูมิเนียมบริสุทธ์ลง น้ำ + กรดไฮโดรครอริก 37% ช่วงที่ยังไม่เกิดปฏิกิริยา

รูปที่ 4 ผงอะลูมิเนียมบเริ่มทำปฏิกิริยา โดยปฏิกิริยายังเกิดไม่สมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 ผงอะลูมิเนียมบทำปฏิกิริยาสมบูรณ์

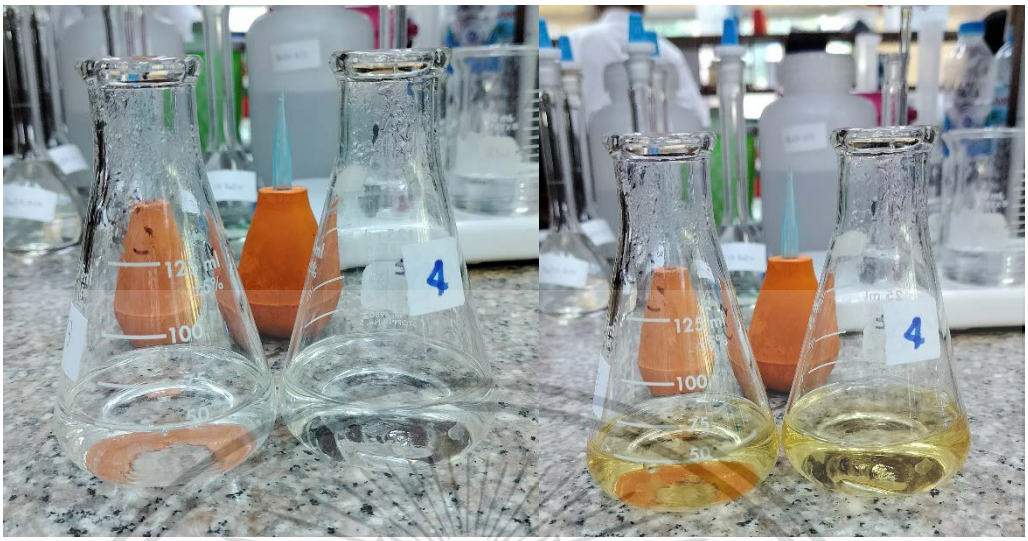
รูปที่ 6 กรองด้วยกระดาษ GF/C ได้สารละลาย PACl ใส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 7 ปรับปริมาตร 50 มิลลิลิตร (ยังไม่เติม NaOH สำหรับเพิ่ม %Basicity)

รูปที่ 8 เติม NaOH สำหรับเพิ่ม %Basicity ทำให้สารละลาย PACl เกิดตะกอนสีขาว สารละลายมีความขุ่น

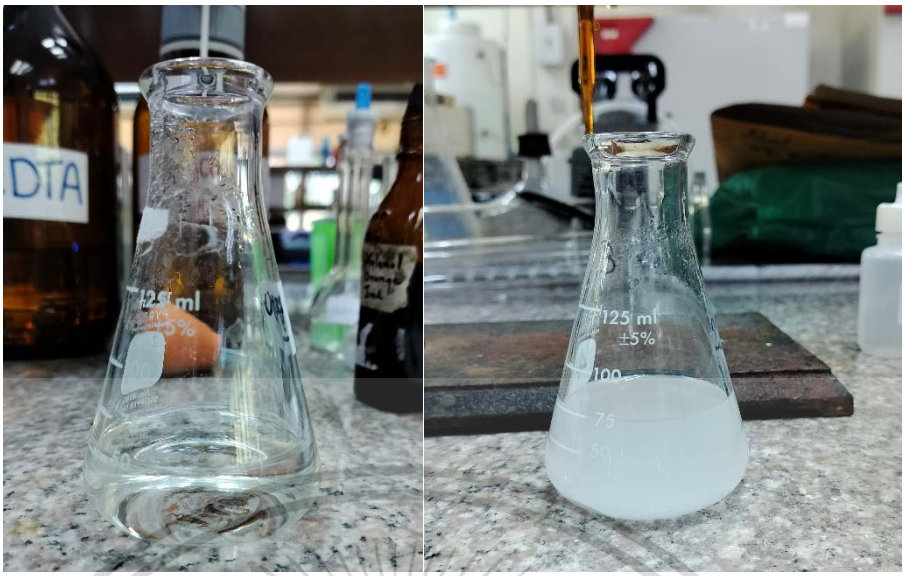
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9 รูปก่อนและหลังเติม Xylenol Orange indicator 3-5 หยด ในวิธีวิเคราะห์ %Alumina

รูปที่ 10 รูปก่อนและหลังไทเทรตด้วย 0.02 M Zn จุดยุติเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีส้ม ในวิธีวิเคราะห์ %Alumina

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 11 รูปก่อนและหลังเติม KF 25 มิลลิลิตร สารละลายเปลี่ยนจากใสไม่มีสีเป็นสีขาวขุ่น ในวิธีวิเคราะห์ %Basicity

รูปที่ 12 รูปก่อนและหลังไทเทรตด้วย NaOH จุดยุติเปลี่ยนจากสีขาวขุ่นเป็นสีชมพูอ่อน ในวิธีวิเคราะห์ %Basicity

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง ที่	วันที่ส่ง ตัวอย่าง	ครั้งที่	PACl Weight	Blank (ml)	Sample (ml)	%Al2O3+ %Fe2O3	%Al2O3	PACl Weight	Blank (ml)	Sample (ml)	Basicity (%)	NaOH Factor
1	9 ม.ค. 2567	1	9.651	51.72	8.65	11.380	11.380	2.019	28.2	15.0	45.450	0.9276
		2	9.651	51.72	8.67	11.375	11.374	2.024	28.2	15.2	44.674	0.9276
2	15 ม.ค. 2567	1	9.645	51.97	10.12	11.065	11.064	2.006	31.4	18.0	48.782	0.9510
		2	9.645	51.97	10.51	10.961	10.961	2.033	31.4	17.8	49.312	0.9510
3	18 ม.ค. 2567	1	9.653	52.11	11.19	10.810	10.809	2.05	31.4	17.3	51.413	0.9510
		2	9.653	52.11	11.15	10.820	10.820	2.06	31.4	17.2	51.476	0.9510
4	22 ม.ค. 2567	1	9.648	52.78	11.65	10.871	10.870	2.039	31.4	16.4	54.680	0.9510
		2	9.648	52.78	11.61	10.881	10.881	2.032	31.4	16.2	55.546	0.9510
5	29 ม.ค. 2567	1	9.464	52.17	14.60	10.123	10.122	2.035	31.4	16.6	59.315	0.9717
		2	9.464	52.17	14.50	10.150	10.149	2.026	31.4	16.9	58.216	0.9717
6	5 ก.พ. 2567	1	9.616	50.91	12.58	10.164	10.164	2.048	31.4	15.8	61.870	0.9717
		2	9.616	50.91	12.71	10.130	10.130	2.038	31.4	16.1	61.186	0.9717
7	6 ก.พ. 2567	1	9.617	50.91	11.81	10.368	10.367	2.051	31.4	15.4	62.122	0.9717
		2	9.617	50.91	12.25	10.251	10.250	2.011	31.4	15.8	62.477	0.9717

รูปที่ 13 ตารางผลการทดลอง

ตารางที่ 6 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุสาหกรรมพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ชนิดเหลว

รายการการทดสอบ	หน่วยการวิเคราะห์	เกณฑ์มาตรฐาน มอก.
1. ลักษณะทั่วไป	-	ใสไม่มีสี หรือสีน้ำตาลอ่อน
2. ความถ่วงจำเพาะที่ 20 องศาเซลเซียส	กรัม / มิลลิลิตร	≥ 1.190
3. ความเป็นกรด-ด่าง (pH) (10 กรัม / ลูกบาศก์เดซิเมตร ที่ 20 °C)	-	3.5 - 5.0
4. เบสิกซิตี (Basicity)	ร้อยละโดยน้ำหนัก	45 - 65
5. อะลูมินา (Al_2O_3)	ร้อยละโดยน้ำหนัก	10.0 - 11.0
6. ซัลเฟต (SO_4)	ร้อยละโดยน้ำหนัก	≤ 3.5
7. สารที่ไม่ละลายน้ำ	ร้อยละโดยน้ำหนัก	≤ 0.3
8. เหล็ก (Fe)	มิลลิกรัม / กิโลกรัม	≤ 100
9. เกลือแอมโมเนียม (คำนวณเป็น N)	มิลลิกรัม / กิโลกรัม	≤ 100
10. แมงกานีส (Mn)	มิลลิกรัม / กิโลกรัม	≤ 15
11. โครเมียม (Cr)	มิลลิกรัม / กิโลกรัม	≤ 5
12. สารหนู (As)	มิลลิกรัม / กิโลกรัม	≤ 1
13. ตะกั่ว (Pb)	มิลลิกรัม / กิโลกรัม	≤ 5
14. แคดเมียม (Cd)	มิลลิกรัม / กิโลกรัม	≤ 1
15.ปรอท (Hg)	มิลลิกรัม / กิโลกรัม	≤ 0.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานทะเบียนคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

คำรับรองเล่มโครงงานพิเศษ/ปัญหาพิเศษ/สหกิจศึกษา

วันที่ 19 เดือน เมษายน พ.ศ 2567

ข้าพเจ้า นาย กิตติกร เมฆประยูร รหัสประจำตัว 63050309

นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมีสิ่งแวดล้อม ภาควิชาเคมี

ขอรับรองว่าโครงงานพิเศษ/ปัญหาพิเศษ/สหกิจศึกษา เรื่อง

ชื่อภาษาไทย การตกตะกอนของพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ที่มีผลมาจากค่าเบสิกซิตี้

ชื่อภาษาอังกฤษ Precipitation of Poly aluminium chloride influenced by basicity values.

ปีการศึกษา 2566

เป็นผลงานวิจัยที่มิได้คัดลอกหรือละเมิดลิขสิทธิ์ของผู้อื่นและได้ผ่านการตรวจสอบความซ้ำซ้อนเรียบร้อยแล้ว และได้แนบเอกสารการตรวจสอบการลอกเลียนงานวรรณกรรมที่ตรวจสอบจากเล่มโครงงานพิเศษ/ปัญหาพิเศษ/สหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์แล้ว

โปรแกรมอักขราวิสุทธิ์ 0.00 % หรือโปรแกรม Turnitin.....%

ลงชื่อ.....กิตติกร เมฆประยูร.....

(นายกิตติกร เมฆประยูร)

นักศึกษา

ข้าพเจ้า ผศ.ดร.กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ/ปัญหาพิเศษ/สหกิจศึกษา ได้ตรวจสอบโครงงานพิเศษ/ปัญหาพิเศษ/สหกิจศึกษาของนักศึกษาข้างต้น แล้ว ขอรับรองว่าเป็นผลงานวิจัยของนักศึกษาจริงและมีเนื้อหาสมบูรณ์ จึงลงชื่อไว้เป็นหลักฐาน

ลงชื่อ..... ลงชื่อ..... ลงชื่อ.....

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้