

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ เป็นการศึกษาวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ (Laboratory Experimental Research) โดยจำลองขั้นตอนในกระบวนการตกตะกอนของระบบผลิตน้ำประปามาทำในห้องปฏิบัติการ โดยแบ่งการวิจัยออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 หาปริมาณสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาในตะกอน ที่อายุต่าง ๆ กัน

ขั้นตอนที่ 2 หาค่าพีเอชที่เหมาะสม ในการนำสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาออกจากตะกอนที่อายุต่าง ๆ กัน

ขั้นตอนที่ 3 หาปริมาณสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินา ที่สามารถนำออกจากตะกอนต่อตัวอย่างน้ำ 1 ลิตร ที่อายุต่าง ๆ กัน โดยวิธีการใช้กรดซัลฟูริก

3.1 สิ่งทดลอง

สิ่งทดลองในการวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการนี้ คือ ตะกอนที่สร้างขึ้นในห้องปฏิบัติการโดย ใช้ตัวอย่างน้ำดิบจากโรงกรองน้ำบ้านโกทา การประปาขอนแก่น เพื่อใช้ในการตกตะกอนโดยวิธีใช้สารเคมี ด้วยสารส้มในปริมาณที่เหมาะสมที่ได้จากการทำจาร์เทสต์เหมือนกันทุกตัวอย่าง จำนวน 210 ตัวอย่าง เพื่อให้ได้ตะกอนที่จะใช้เป็นตัวอย่างในการทดลองนำสารส้มในรูปของปริมาณอลูมินาออกจากตะกอน ในกระบวนการตกตะกอนของระบบผลิตน้ำประปา และตัวอย่างตะกอนจริงในถังตกตะกอน ณ วันที่เก็บตัวอย่างน้ำดิบมาโดยนำภาชนะไปรองรับตะกอนที่ถังตกตะกอนจนครบ 24 ชั่วโมง แล้วนำมาวิเคราะห์ ตามอายุของตะกอน (1-30 วัน) เช่นเดียวกับตัวอย่างตะกอนที่สร้างขึ้นในห้องปฏิบัติการ และเก็บตัวอย่างตะกอนจริงซ้ำอายุ 24 ชั่วโมง ที่ถังตกตะกอน ณ จุดเดิม ทุก ๆ 10 วัน ในช่วงที่ทำการทดลอง ในวันที่ 10, 20 และ 30 แล้วนำมาวิเคราะห์เช่นเดียวกับ ตัวอย่างตะกอนที่เก็บมาครั้งแรก

3.2 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

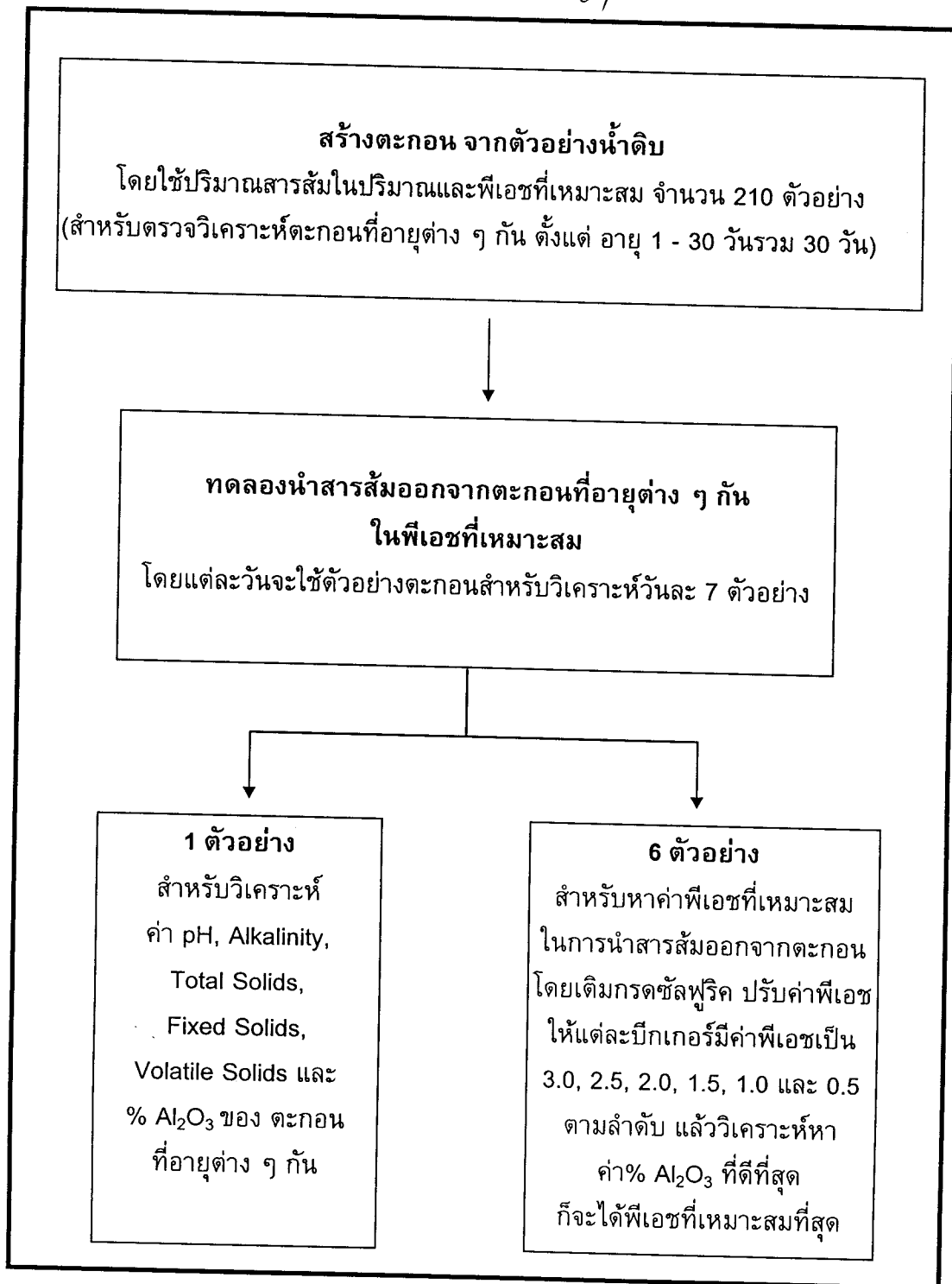
การทดลองในการนำสารส้มออกจากตะกอน มีขั้นตอนของการทดลอง ดังนี้

3.2.1 เก็บตัวอย่างน้ำดิบและตัวอย่างตะกอน จากโรงกรองน้ำบ้านโกทา การประปา ขอนแก่น โดยตัวอย่างน้ำดิบที่เก็บมาประมาณ 300 ลิตร เพื่อใช้สร้างตะกอน สำหรับเป็น ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง โดยตัวอย่างน้ำดิบ จะวิเคราะห์ค่า อุณหภูมิ พีเอช (pH) สี (Color) ความขุ่น (Turbidity) ความเป็นด่าง (Alkalinity) ของแข็งทั้งหมด (Total Solids) ของแข็งคงรูป (Fixed Solids) ของแข็งระเหยง่าย (Volatile Solids) และเก็บตัวอย่างตะกอนจริง ในระบบผลิต น้ำประปา ของโรงกรองน้ำบ้านโกทา ที่ถึงตกตะกอน (Sedimentation Tank) ณ วันที่เก็บ ตัวอย่างน้ำดิบ โดยนำภาชนะไปรองรับที่ถึงตกตะกอนพร้อมกัน ณ วันเดียวกันแล้วเก็บขึ้นมาใน วันรุ่งขึ้น นำตัวอย่างตะกอนจริงมาวิเคราะห์ ตามอายุของตะกอน (อายุ 1-30 วัน) และเก็บ ตัวอย่างตะกอนจริงซ้ำอายุ 24 ชั่วโมง ที่ถึงตกตะกอน ณ จุดเดิม ทุก ๆ 10 วัน ที่ทำการทดลอง ในวันที่ 10, 20 และ 30 แล้วนำมาวิเคราะห์เช่นเดียวกับตัวอย่างตะกอนที่เก็บมาครั้งแรก โดยวิเคราะห์ตัวอย่างตะกอนจริง ดังแสดงในภาพที่ 7 เช่นเดียวกับ การวิเคราะห์ตัวอย่างตะกอน ที่จะสร้างขึ้น

3.2.2 ทำจาร์เทสต์ (Jar Test) เพื่อหาปริมาณและพีเอชที่เหมาะสมของการใช้สารส้มใน การตกตะกอน สำหรับใช้สร้างตัวอย่างตะกอน ให้เหมือนกันทุกตัวอย่าง จำนวน 210 ตัวอย่าง

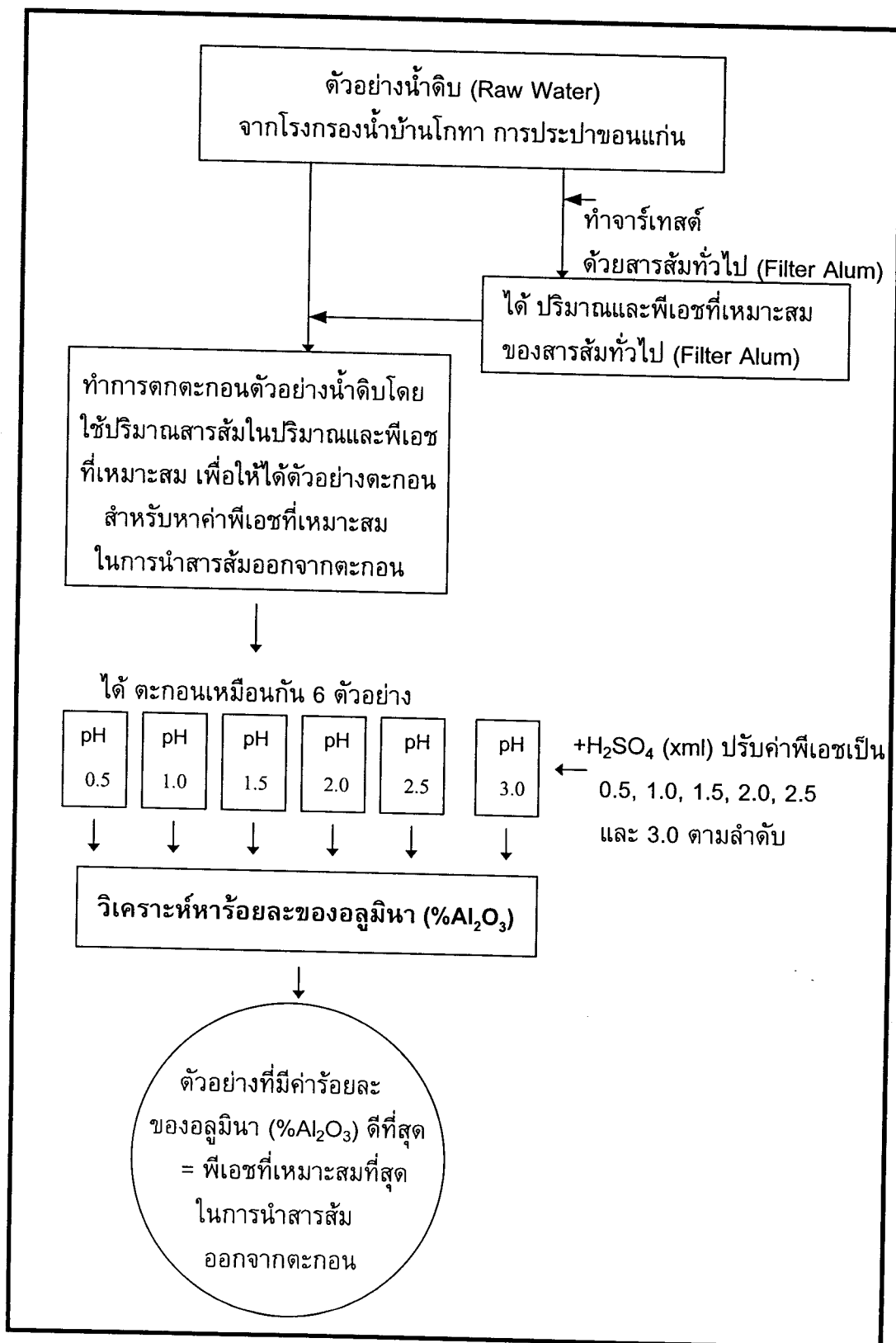
- การทำจาร์เทสต์ทุกครั้ง ในการทดลอง จะทำการกวนเร็วที่ 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที หลังจากเติมสารสร้างตะกอน (สารส้ม) ลงในตัวอย่างน้ำที่จะทำการตกตะกอน และกวนช้าต่อ ที่ 40 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที และตั้งทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง เพื่อให้ ตกตะกอน สังเกตตะกอนที่เกิดขึ้น ตลอดจนตะกอนเบาที่เหลือน ซึ่งไม่นอนกันดูเอาน้ำใส ข้างบนมาตรวจวิเคราะห์ หาค่าความขุ่น สี พีเอช และ ความเป็นด่าง

3.2.3 สร้างตัวอย่างตะกอน จากตัวอย่างน้ำดิบที่เก็บมาจากถังเก็บน้ำดิบ โรงกรองน้ำ บ้านโกทา ของการประปาขอนแก่น โดยจำลองแบบของขั้นตอนในกระบวนการตกตะกอนของ ระบบผลิตน้ำประปา มาทำในห้องปฏิบัติการ ด้วยการใช้อุปกรณ์จาร์เทสต์ ทำการตกตะกอน โดย วิธีการใช้สารเคมี ด้วยสารส้มในปริมาณและพีเอชที่เหมาะสม และ ตรวจวิเคราะห์คุณลักษณะ ของตะกอนที่สร้างขึ้น ที่อายุต่าง ๆ กัน ดังนี้ ค่าพีเอช (pH) ความเป็นกรดเป็นด่าง (Alkalinity) น้ำหนักของตะกอนในแต่ละตัวอย่าง ของแข็งทั้งหมด (Total Solids) ของแข็งคงรูป (Fixed Solids) ของแข็งระเหยง่าย (Volatile Solids) และค่าร้อยละของอลูมินา ($\%Al_2O_3$) ดังแสดง ในภาพที่ 5



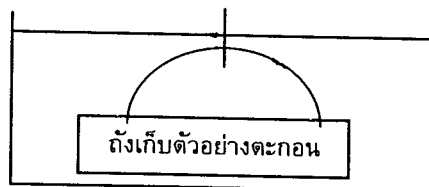
ภาพที่ 5 ผังการทดลองนำสารส้มออกจากตะกอนที่อายุต่าง ๆ กัน ที่พีเอชที่เหมาะสมที่สุด

3.2.4 ทดลองหาค่าพีเอชที่เหมาะสมในการนำสารประกอบในรูปสารส้มที่ตกค้างออกจากตัวอย่างตะกอน ที่อายุต่าง ๆ กัน (30 วัน) โดยวิธีการใช้กรดซัลฟูริก (H_2SO_4 Commercial Grade) ความเข้มข้น 1:1 ปรับค่าพีเอช ของตัวอย่างตะกอนจริงและตัวอย่างตะกอนที่สร้างขึ้น ในข้อ 3.3.1 และ ข้อ 3.3.3 ให้มีพีเอชในแต่ละตัวอย่างเป็น 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 ตามลำดับ บันทึกปริมาตรกรดซัลฟูริกที่ใช้ในแต่ละตัวอย่าง จากนั้นนำตัวอย่างตะกอน ที่เติมกรดซัลฟูริก จนได้พีเอชตามต้องการ แล้วนำไปหาค่าร้อยละของอลูมินา ($\% \text{Al}_2\text{O}_3$) เพื่อพิจารณา ค่าพีเอชที่ให้ค่าร้อยละของอลูมินาที่ดีที่สุด โดยวิธีการตรวจสอบคุณภาพสารส้มตามมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสารส้ม (มอก. 165-2528) คือ ให้สารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาที่ ตกค้างที่นำออกจากตะกอนมาทำปฏิกิริยากับ EDTA (Ethylenediamine Tetraacetic Acid Disodium Salt Solution) แล้วนำไปไตเตรทกับสารละลายสังกะสีก็จะสามารถคำนวณหา ปริมาณสารประกอบสารส้มที่ตกค้างเป็นร้อยละของน้ำหนักได้ โดยจะต้องหักลบค่าของเหล็กที่มี อยู่ในตัวอย่างออกด้วย (รายละเอียดวิธีการวิเคราะห์ในภาคผนวก ค.) ทั้งนี้ จะวิเคราะห์หา ค่าร้อยละของอลูมินา เพื่อเลือกตัวอย่างตะกอนที่ปรับค่าพีเอชแล้วสามารถให้ค่าร้อยละของ อลูมินาดีที่สุด ซึ่งจะได้ค่าพีเอชที่เหมาะสมที่สุด ในการนำสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาออก จากตะกอน ดังแสดงใน ภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ผังการทดลองหาค่าพีเอชที่เหมาะสมในการนำสารส้มออกจากตะกอน

เก็บตัวอย่างตะกอนจริงในระบบผลิตน้ำประปา



Sedimentation Tank

- เก็บตัวอย่างตะกอนที่ถึงตกตะกอน (Sedimentation Tank) ในวันที่เก็บตัวอย่างน้ำดิบมา โดยนำภาชนะไปรองรับที่ถึงตกตะกอน พร้อมกัน ณ วันเดียวกันแล้วนำมาวิเคราะห์ตามอายุของตะกอน (อายุ 1-30 วัน) เช่นเดียวกับตะกอนที่สร้างขึ้นในห้องปฏิบัติการ และเก็บตัวอย่างตะกอนจริง อายุ 24 ชั่วโมง ข้า ณ จุดเดิม ในวันที่ 10 , 20 และ 30 แล้วนำมาวิเคราะห์ เช่นเดียวกับตัวอย่างตะกอนที่เก็บมาครั้งแรก

ทดลองนำสารส้มออกจากตะกอนจริง

ของระบบผลิตน้ำประปา ในพีเอชที่เหมาะสม
โดยวิเคราะห์ วันละ 7 ตัวอย่าง เช่นเดียวกับตะกอนที่สร้างขึ้น

1 ตัวอย่าง

สำหรับวิเคราะห์คุณลักษณะ
ของตัวอย่างตะกอนจริง
(วิเคราะห์ค่า pH, Alkalinity,
Total Solids, Fixed
Solids, Volatile Solids
และ % Al_2O_3 ของตัวอย่าง
ตะกอนที่อายุต่าง ๆ กัน)

6 ตัวอย่าง

สำหรับหาค่าพีเอชที่เหมาะสม
ในการนำสารส้มออกจากตะกอน
โดยเติมกรดซัลฟูริก ปรับค่าพีเอช
ให้แต่ละตัวอย่าง มีค่าพีเอชเป็น
0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 ตาม
ลำดับ แล้ววิเคราะห์หา
ค่า % Al_2O_3 ที่ดีที่สุดของตัวอย่าง
ตะกอน ก็จะได้พีเอชที่เหมาะสม
ในการนำสารส้มออกจากตะกอน

ภาพที่ 7 ผังการนำสารส้มออกจากตะกอนจริงในระบบผลิตน้ำประปา

3.3 ตัวแปรที่ทำการวิจัย

3.3.1 ตัวแปรตาม

- ค่าปริมาณอลูมินา (% Al_2O_3) ร้อยละของน้ำหนัก
- ประสิทธิภาพการนำออกจากตะกอน (ค่าปริมาณสารส้มในรูปของปริมาณอลูมินาร้อยละของน้ำหนักต่อปริมาณกรดซัลฟิวริกที่ใช้ 1 มิลลิลิตร)

3.3.2 ตัวแปรอิสระ

- ปริมาณสารส้ม ที่ใช้ในการสร้างตะกอน
- ปริมาณกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4 Commercial Grade ความเข้มข้น 1:1) ที่ใช้ในการนำสารส้มออกจากตะกอน

3.3.3 ตัวแปรอื่น ๆ ที่ทำการวัดด้วย

- พีเอช (pH)
- ความเป็นด่าง (Alkalinity)
- ของแข็งทั้งหมด (Total Solids)
- ของแข็งระเหยง่าย (Volatile Solids)
- ของแข็งคงรูป (Fixed Solids)
- อุณหภูมิ, พีเอช, ความขุ่น, ความเป็นด่าง และค่าอลูมินาที่เริ่มต้นของน้ำดิบ
- อุณหภูมิห้องในแต่ละวันที่ตรวจวิเคราะห์

3.4 วิธีการวัดตัวแปร

การวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ในการวิจัยนี้ ใช้วิธีการตามที่กำหนดใน Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater 18th Edition 1992 และ วิธีการที่กำหนดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสารส้ม (มอก. 165-2528) ดังปรากฏรายละเอียดการวิเคราะห์ใน ภาคผนวก ค.

3.5 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- 3.5.1 เครื่องจาร์เทสต์ (Jar Test)
- 3.5.2 เครื่องวัดความขุ่น (Nephelometer)
- 3.5.3 เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer)
- 3.5.4 เครื่องวัดพีเอช (pH Meter)
- 3.5.5 เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิ
- 3.5.6 เครื่องอ่างไอน้ำ (Water Bath)
- 3.5.7 โถดูดความชื้น (Desiccator)
- 3.5.8 ตู้อบ (Oven)
- 3.5.9 เครื่องชั่งละเอียด (Analytical Balance) สามารถชั่งได้ถึง 0.0001 กรัม
- 3.5.10 ถ้วยกระเบื้อง (Porcelain) เส้นผ่าศูนย์กลาง 90 มิลลิเมตร
- 3.5.11 เครื่องเก็บตัวอย่างสลัดจ์
- 3.5.12 ถังสำหรับเก็บตัวอย่างน้ำ
- 3.5.13 อุปกรณ์เครื่องแก้ว และหลอดทดลองอื่น ๆ ที่จำเป็น
- 3.5.14 สารเคมีที่ใช้
 - กรดซัลฟูริกเข้มข้น (H_2SO_4 Commercial Grade) เจือจางด้วยน้ำกลั่น 1:1
 - สารส้ม (Filter Alum) ประเภทอุตสาหกรรมชนิดที่ 1
 - สารเคมีสำหรับวิเคราะห์สี
 - สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ความขุ่น
 - สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ความเป็นต่าง
 - สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ค่าปริมาณร้อยละของอลูมินา ($\% \text{Al}_2\text{O}_3$)

3.6 การเก็บรวบรวมข้อมูล

- เก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการและสถานที่เก็บตัวอย่างน้ำดิบ และตัวอย่างตะกอน ที่โรงกรองน้ำบ้านโกทา การประปาขอนแก่น เป็นระยะเวลา 1 เดือน ตั้งแต่เดือน มกราคม 2541 - กุมภาพันธ์ 2541

- จากข้อมูลดิบที่เก็บรวบรวมได้บันทึกลงในตารางเก็บรวบรวมข้อมูล (Dummy Table) ที่เตรียมไว้ในแต่ละวัน แล้วนำไปบันทึกลงแผ่นบันทึกข้อมูล (Diskettes) โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excell Version 5.0a เพื่อนำไปคำนวณและวิเคราะห์ต่อไป

3.7 การควบคุมคุณภาพของข้อมูล

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยโดยตลอดทุกขั้นตอนด้วยตนเอง โดยผู้วิจัยได้ไปศึกษาดูงานและเรียนรู้วิธีการวิเคราะห์ หาปริมาณสารส้มในรูปของอลูมินา ตามวิธีการตรวจสอบคุณภาพสารส้มของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสารส้ม (มอก. 165-2528) จากสำนักงานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม และ ที่ห้องปฏิบัติการกรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการวิเคราะห์ค่าอื่น ๆ ที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ใช้วิธีการตามที่กำหนดใน Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater 18th Edition 1992 (รายละเอียดดังปรากฏในภาคผนวก ค.) และได้เรียนรู้และฝึกปฏิบัติจนเกิดทักษะความชำนาญในการปฏิบัติจริง และทุกครั้งก่อนใช้เครื่องมือต่าง ๆ ได้ทำการปรับค่าความถูกต้อง (Calibrate) เสมอ รวมทั้งสารละลายมาตรฐานที่ใช้ก็ทำการ Standardize กับสารละลายมาตรฐานที่ทราบค่า เช่น ในการหาค่าความเป็นด่างทั้งหมด การเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก 0.02 นอร์มัล ก็ทำได้โดยการเจือจางสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก 1 นอร์มัล 20 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร แล้วทำการ Standardize กับสารละลายมาตรฐาน โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) 0.02 นอร์มัล เพื่อหาความเข้มข้นที่แน่นอน ในการตรวจวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ของข้อมูลในครั้งนี้ ก่อนวิเคราะห์ค่าจริง ผู้วิจัยได้ทดลองฝึกตรวจวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ที่จะต้องทำจริง ๆ ในแต่ละวันเพื่อใช้ในการวางแผนการทดลอง ทั้งระยะเวลาที่ใช้ และปริมาณสารละลายต่าง ๆ ที่ใช้และต้องเตรียม ค่าที่ได้จากการทดลองในแต่ละวัน มีการตรวจสอบความถูกต้องและความเป็นไปได้จริงทุกวัน และภายหลังจากการบันทึกข้อมูลลงแผ่นบันทึกข้อมูล ซึ่งบันทึกโดยผู้วิจัยเองเช่นกัน ก็ได้ทำการตรวจสอบความถูกต้อง จากนั้นจึงคำนวณและวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งดำเนินการโดยผู้วิจัยเอง

3.8 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้โปรแกรม Microsoft Excell Version 5.0 a และ SPSS for Windows วิธีการทางสถิติที่วิเคราะห์ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และการทดสอบ T

3.8.1 ร้อยละ (Percentage, %) หาร้อยละอลูมินาของสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาที่ตกค้างในตะกอนที่อายุต่าง ๆ กัน และค่าร้อยละอลูมินาของสารส้มทั่วไป (Filter Alum) ที่ใช้ในการทดลอง ของตัวอย่างน้ำดิบและในตัวอย่างตะกอน ทั้งก่อนและหลังการนำสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาที่ตกค้างออกจากตะกอน

3.8.2 ค่าเฉลี่ย (มัธยิมเลขคณิต, $\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรต่าง ๆ ของตัวอย่างน้ำดิบและตัวอย่างตะกอน ที่ทำการตรวจวิเคราะห์ทุก Parameter ที่ได้จากการทำการทดลองทุกขั้นตอน

3.8.3 สถิติทดสอบ T (T-test) ทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของปริมาณสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาที่ได้จากตัวอย่างตะกอนที่แตกต่างกัน 2 กลุ่ม

- กรณีเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาที่ได้จากตัวอย่างตะกอนสร้างและตัวอย่างตะกอนจริง จะใช้ Unpaired T-test

- กรณีเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาที่ได้ ณ ระดับพีเอชที่แตกต่างกัน 2 ระดับ ของตัวอย่างตะกอนชนิดเดียวกันใช้ Paired T-test

3.9. สถานที่ทำการวิจัย

- ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- โรงกรองน้ำบ้านโกลา การประปาขอนแก่น