บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการทดลองนำสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาออกจากตะกอนในกระบวนการตกตะกอนของระบบผลิตน้ำประปา โดยเก็บตัวอย่างน้ำดิบจาก โรงกรองน้ำบ้านโกทา การประปาขอนแก่นมาประมาณ 300 ลิตร เพื่อใช้สำหรับสร้างตะกอน โดยการตกตะกอนด้วยวิธีใช้สารเคมี ใช้สารส้มในปริมาณและพีเอชที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ตัวอย่างที่เหมือนกันทุกตัวอย่าง จำนวน 210 ตัวอย่าง กำหนดให้ใช้น้ำดิบตัวอย่างละ 1 ลิตร เท่า ๆ กัน เพื่อหาปริมาณของสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาที่สามารถนำออกจากตะกอนที่ได้จากน้ำดิบ 1 ลิตรโดยได้ทำการศึกษาถึงคุณลักษณะของตัวอย่างน้ำดิบที่ใช้สำหรับสร้างตะกอน ได้แก่ อุณหภูมิของน้ำดิบ พีเอช สี ความขุ่น ความเป็นด่าง ปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณของแข็งระเหยง่าย ปริมาณของแข็งคงรูป ปริมาณของแข็งที่ตกตะกอนง่าย และปริมาณสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาและศึกษาคุณลักษณะของตัวอย่างตะกอนที่สร้างขึ้นในห้องปฏิบัติการ ที่อายุต่าง ๆ กัน ทุกวัน เรื่อย ๆ ไป จนกระทั่งครบ 30 วัน รวมทั้งเก็บตัวอย่างตะกอนจริงที่ถังตกตะกอนมาทำการศึกษาเปรียบเทียบคุณลักษณะของตะกอนและความสามารถในการนำสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาออกจากตะกอนทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ พีเอช ความเป็นด่าง ปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณของแข็งระเหยง่าย ปริมาณของแข็งคงรูป และปริมาณสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินา โดยคิดเทียบต่อน้ำหนักของตัวอย่างตะกอนและคิดเทียบต่อปริมาณกรดซัลฟูริคที่ใช้ในการนำสารส้มออกจากตะกอน เพื่อให้ได้ช่วงอายุและพีเอชที่เหมาะสมในการนำสารส้มออกจากตะกอนในกระบวนการตกตะกอนของระบบผลิตน้ำประปา ซึ่งผลการทดลองต่าง ๆ สามารถสรุปได้ ดังต่อไปนี้

4.1 ผลการวิจัย

4.1.1 คุณลักษณะของตัวอย่างน้ำดิบที่ใช้สร้างตะกอน

ตัวอย่างน้ำดิบที่ใช้สร้างตะกอน สำหรับเป็นตัวอย่างในการทดลองในห้องปฏิบัติการ เก็บจากถังน้ำดิบ ก่อนที่จะปล่อยเข้าสู่ถังเติมสารส้ม ของโรงกรองน้ำบ้านโกทา การประปาขอนแก่น โดยเก็บตัวอย่าง เมื่อวันที่ 11 มกราคม 2541 เวลา 09.10 น. - 09.30 น. สภาพอากาศ ณ เวลาที่เก็บตัวอย่าง อากาศค่อนข้างปลอดโปร่ง ท้องฟ้าแจ่มใส ไม่มีเมฆ มีลมพัดบ้างเล็กน้อย แดดจัด อุณหภูมิอากาศ 32 องศาเซลเซียส ตัวอย่างน้ำดิบมีคุณลักษณะดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงคุณลักษณะของตัวอย่างน้ำดิบที่ใช้สร้างตะกอน

Tem. (C)	pH	Color (units)	Turbidity (NTU.)	Alkalinity (mg/l)	TS. (mg/l)	VS. (mg/l)	FS. (mg/l)	Settleable Solids (ml./l.)	Al_2O_3 (%Wt.)
28	7.78	30	11.52	116	266	51	215	14	0.0108

จากผลการศึกษาคุณลักษณะของตัวอย่างน้ำดิบที่ใช้สร้างตะกอน ในตารางที่ 4.1 พบว่า อุณหภูมิ พีเอช สี ความขุ่น ความเป็นด่าง และค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดเหมาะสมกับคุณลักษณะของน้ำดิบสำหรับใช้ผลิตน้ำประปา โดยมีค่าความเป็นด่างอยู่ระหว่าง 30-500 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าเฉลี่ยความเป็นด่าง 116 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่าของแข็งทั้งหมด 266 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่าของสีและความขุ่นอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถปรับปรุงได้ คือ 30 Unit และ 11.52 NTU. ตามลำดับ โดยค่าสีมาตรฐานของน้ำดิบสำหรับใช้ผลิตประปากำหนดให้ไม่เกิน 70 Unit มีค่าพีเอช 7.78 ซึ่งเป็นช่วงค่าพีเอชที่เหมาะสมของสารส้มในการใช้เป็นสารสร้างตะกอน คือ 5.0-8.5 การที่น้ำดิบมีคุณลักษณะอยู่ในช่วงที่กำหนดจะทำให้ประสิทธิภาพของการผลิตน้ำประปาดีขึ้น โดยเฉพาะค่าพีเอชและความเป็นด่าง จากที่ได้กล่าวมาแล้วในการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องว่า ค่าพีเอชเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่มีผลต่อการสร้างตะกอน เพราะการเติมสารสร้างตะกอนลงในน้ำที่ไม่อยู่ในช่วงพีเอชที่เหมาะสม นอกจากจะทำให้สิ้นเปลืองสารสร้างตะกอนที่ใช้แล้วยังทำให้น้ำที่ผลิตได้มีคุณภาพไม่ดีเท่าที่ควรด้วย ความเป็นด่างของน้ำก็เช่นเดียวกัน จากที่ได้ทราบมาแล้วว่า 1 ppm. ของสารส้มจะทำปฏิกิริยากับ 0.44 ppm. ของความเป็นด่างตามทฤษฎี เพราะฉะนั้น น้ำดิบที่มีค่าความเป็นด่าง 116 มิลลิกรัม/ลิตร ก็จะต้อง

ใช้สารส้มประมาณ 263.63 มิลลิกรัม/ลิตร อุณหภูมิก็เช่นเดียวกัน เนื่องจากอุณหภูมิมีผลต่อค่าพีเอชด้วย โดยอุณหภูมิของน้ำดิบ ขณะเก็บตัวอย่างน้ำดิบ 28 องศาเซลเซียส ในขณะที่อุณหภูมิของอากาศ ณ สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำดิบ 32 องศาเซลเซียส และเมื่อนำตัวอย่างน้ำดิบมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ พบว่า อุณหภูมิห้องขณะวิเคราะห์ 30 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของตัวอย่างน้ำดิบ 26 องศาเซลเซียส ซึ่งจะมีผลต่อพีเอชและปริมาณของสารส้มที่ใช้

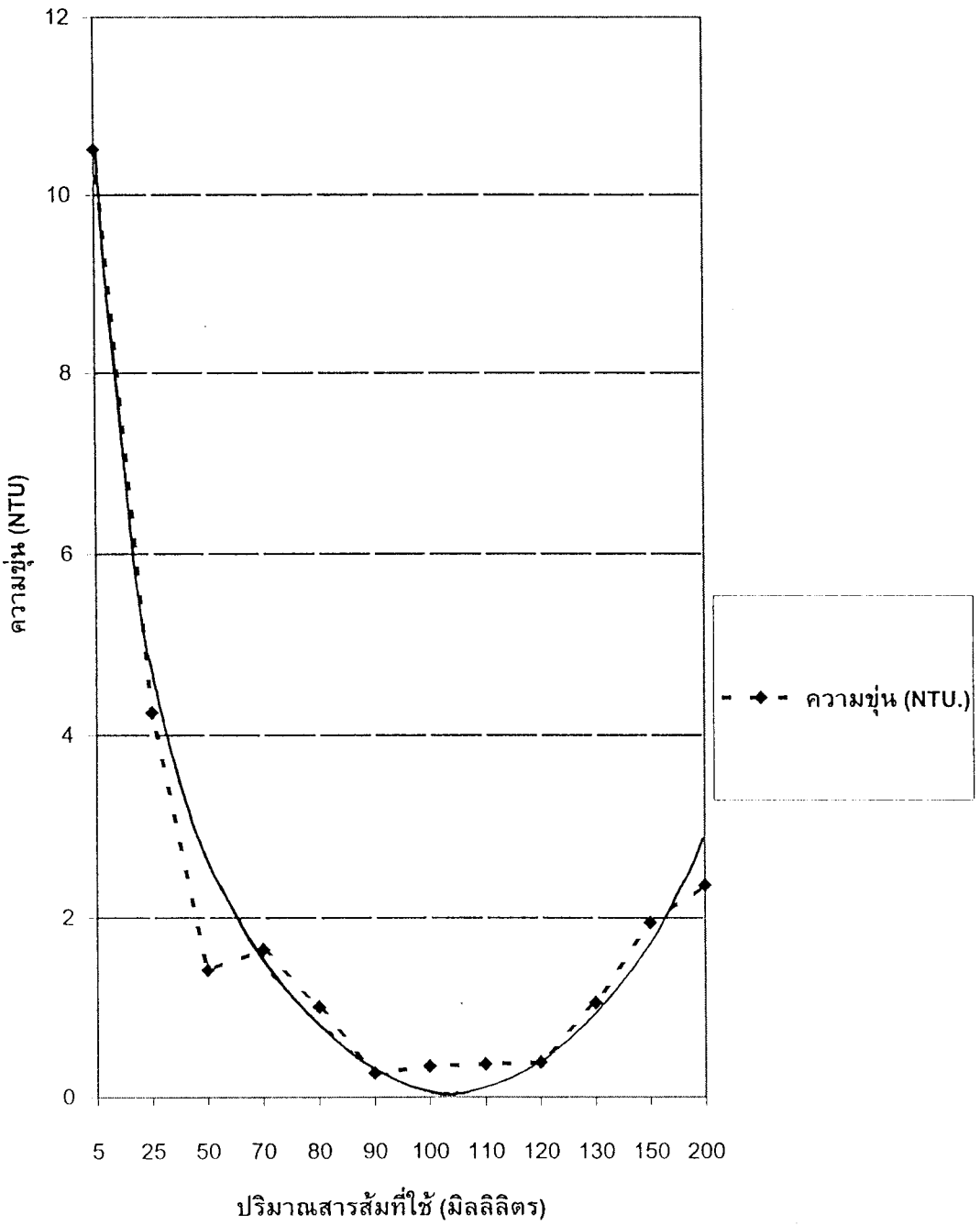
4.1.2 การทำจาร์เทสต์ (Jar Test)

เพื่อหาปริมาณและพีเอชที่เหมาะสมของสารสร้างตะกอนสำหรับใช้สร้างตัวอย่างตะกอนในการทดลองจะทำการกวนเร็วที่ 100 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 1 นาที หลังจากเติม สารสร้างตะกอน (สารส้ม) ในปริมาณต่าง ๆ กัน ลงในตัวอย่างน้ำที่จะทำการตกตะกอน และกวนช้าต่อที่ 40 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที และตั้งทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง เพื่อให้ตกตะกอน สังเกตตะกอนที่เกิดขึ้น ตลอดจนตะกอนเบาที่เหลือซึ่งไม่นอนก้น ดูดเอาน้ำใสข้างบนมาตรวจวิเคราะห์หาค่าความขุ่น สี พีเอช และ ความเป็นด่าง ดังแสดงในตารางที่ 4.2

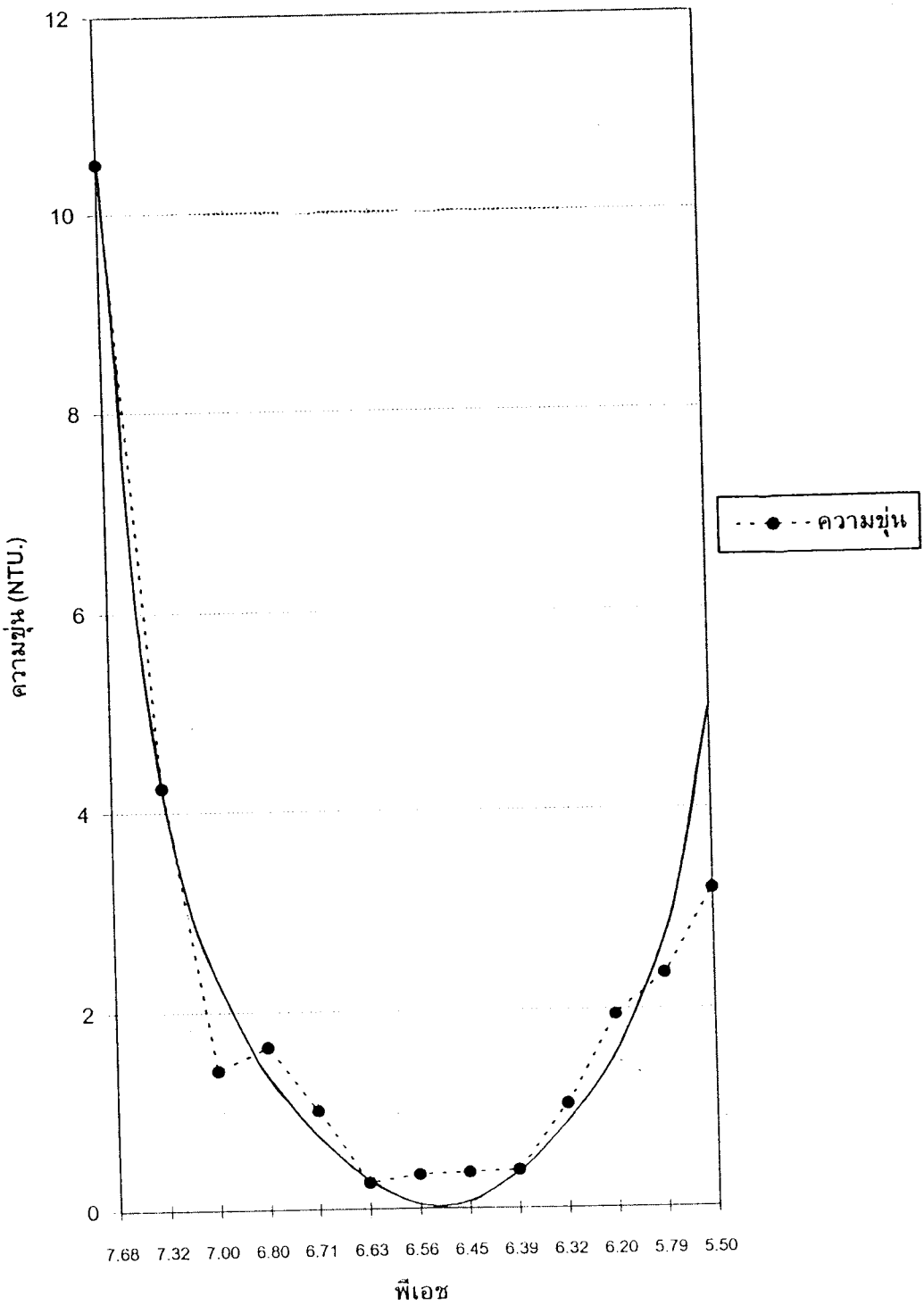
ตารางที่ 4.2 ผลการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำหลังจากการทำจาร์เทสต์เพื่อหาปริมาณและพีเอชที่เหมาะสมของสารสร้างตะกอน

ตัวอย่างที่	สารส้มที่ใช้ (ml.)	pH	Color (units)	Turbidity (NTU.)	Alkalinity (mg./l.)
1.	5	7.68	20	10.51	116
2.	25	7.32	20	4.25	100
3.	50	7.00	15	1.42	88
4.	70	6.80	10	1.65	76
5.	80	6.71	10	1.01	72
6.	90	6.63	10	0.27	64
7.	100	6.56	10	0.35	56
8.	110	6.45	10	0.37	54
9.	120	6.39	10	0.39	50
10.	130	6.32	10	1.06	46
11.	150	6.20	<10	1.95	40
12.	200	5.79	<10	2.36	22

จากผลการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำหลังจากทำจาร์เทสต์ เพื่อหาปริมาณและพีเอช ที่เหมาะสมของสารสร้างตะกอน พบว่า จากปริมาณสารส้มปริมาณต่าง ๆ กันที่ใช้ทำจาร์เทสต์ ปริมาณสารส้มที่ใช้ 90 มิลลิลิตร จะให้ค่าความขุ่นต่ำสุด คือ 0.27 NTU. และค่าสีก็อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อนำค่าที่ได้จาก ตารางที่ 4.2 ไปเขียนเป็นกราฟแสดงปริมาณสารส้มที่ใช้กับความขุ่นที่ลดลง จะได้เส้นกราฟดังแสดงในภาพที่ 8 เมื่อได้ปรับค่า best line ของเส้นกราฟให้เป็นรูปกราฟพาราโบลา จะได้จุดสัมผัสที่ 0 NTU. และจะได้ค่าการใช้ปริมาณสารส้มประมาณ 105 มิลลิลิตร และนำค่าที่ได้จากตารางที่ 4.2 ไปเขียนเป็นกราฟแสดงค่าพีเอชของน้ำตัวอย่างกับความขุ่นจะได้เส้นกราฟ ดังแสดงในภาพที่ 9 ซึ่งค่าพีเอชที่ให้ค่าความขุ่นต่ำสุดคือ พีเอช 6.63 จากการใช้ปริมาณสารส้ม 90 มิลลิลิตร และเมื่อปรับค่า best line ของเส้นกราฟให้เป็นรูปกราฟพาราโบลา เช่นเดียวกัน ก็จะให้จุดสัมผัสที่ 0 NTU. เมื่อค่าพีเอช 6.50 ดังนั้น จากกราฟในภาพที่ 8 และภาพที่ 9 ที่ได้ปรับค่าแล้ว ก็จะได้ว่าปริมาณที่เหมาะสมที่สุดของสารส้มในการสร้างตะกอน คือ 105 มิลลิลิตร และ พีเอชที่เหมาะสมที่สุดในการสร้างตะกอนของสารส้ม คือ 6.50 เพราะฉะนั้นการทดลองในห้องปฏิบัติการ ซึ่งเลือกใช้ปริมาณของสารส้มที่เหมาะสมในการสร้างตะกอน คือ 90 มิลลิลิตรและค่าพีเอช 6.63 ในการสร้างตะกอน ก็จะทำให้ปฏิกิริยาของสารส้มกับความเป็นด่างของน้ำไม่สมบูรณ์เพียงพอซึ่งอาจจะเกิดจากอุณหภูมิของห้องปฏิบัติการและอุณหภูมิของน้ำที่เปลี่ยนไปซึ่งมีผลต่อพีเอชและปริมาณสารส้มที่ใช้ **(โกมล ศิวะบวร, 2527)** หรือการทำจาร์เทสต์ที่ใช้ปริมาณสารส้มไม่ละเอียดเพียงพอในช่วงที่ให้ค่าความขุ่นต่ำสุด ทำให้ได้ค่าความขุ่นต่ำสุดที่ยังไม่ต่ำที่สุด จริง ๆ



<u>ภาพที่ 8</u> การหาปริมาณที่เหมาะสมที่สุดของสารสร้างตะกอน



ภาพที่ 9 การหาพีเอชที่เหมาะสมที่สุดของสารสร้างตะกอน

4.1.3 การสร้างตัวอย่างตะกอน

สร้างตัวอย่างตะกอน จากตัวอย่างน้ำดิบที่เก็บมาจาก ถังเก็บน้ำดิบ โรงกรองน้ำบ้านโกทา การประปาขอนแก่น โดยจำลองขั้นตอนในกระบวนการตกตะกอนของระบบผลิตน้ำประปาในห้องปฏิบัติการ ด้วยการใช้เครื่องจาร์เทสต์ ทำการตกตะกอนโดยวิธีการใช้สารเคมีด้วยสารส้มในปริมาณและพีเอชที่เหมาะสม ที่ได้จากการทำจาร์เทสต์ใน ข้อ 4.1.2 คือ ใช้สารส้มในปริมาณ 90 มิลลิลิตร เท่ากันทุกตัวอย่างและทำการกวนเร็วที่ 100 รอบต่อ นาที เป็นเวลา 1 นาที และกวนช้าต่อที่ 40 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 20 นาที โดยสร้างตัวอย่างตะกอนจำนวน 210 ตัวอย่าง และตั้งทิ้งไว้จนได้ระยะเวลาอายุตามที่ต้องการ (1-30 วัน) แล้วตรวจวิเคราะห์คุณลักษณะของตะกอนที่สร้างขึ้นที่อายุต่าง ๆ กัน คือ ค่าพีเอช ความเป็นด่าง น้ำหนักของตะกอนในแต่ละตัวอย่าง ของแข็งทั้งหมด ของแข็งระเหยง่าย ของแข็งคงรูป และค่าปริมาณร้อยละอลูมินา ดังแสดงในตารางที่ ก.1 (รายละเอียดในภาคผนวก ก.) โดยมีคุณลักษณะของตัวอย่างตะกอนดังแสดงในตารางที่ 4.3 ดังนี้

ตารางที่ 4.3 คุณลักษณะของตัวอย่างตะกอน

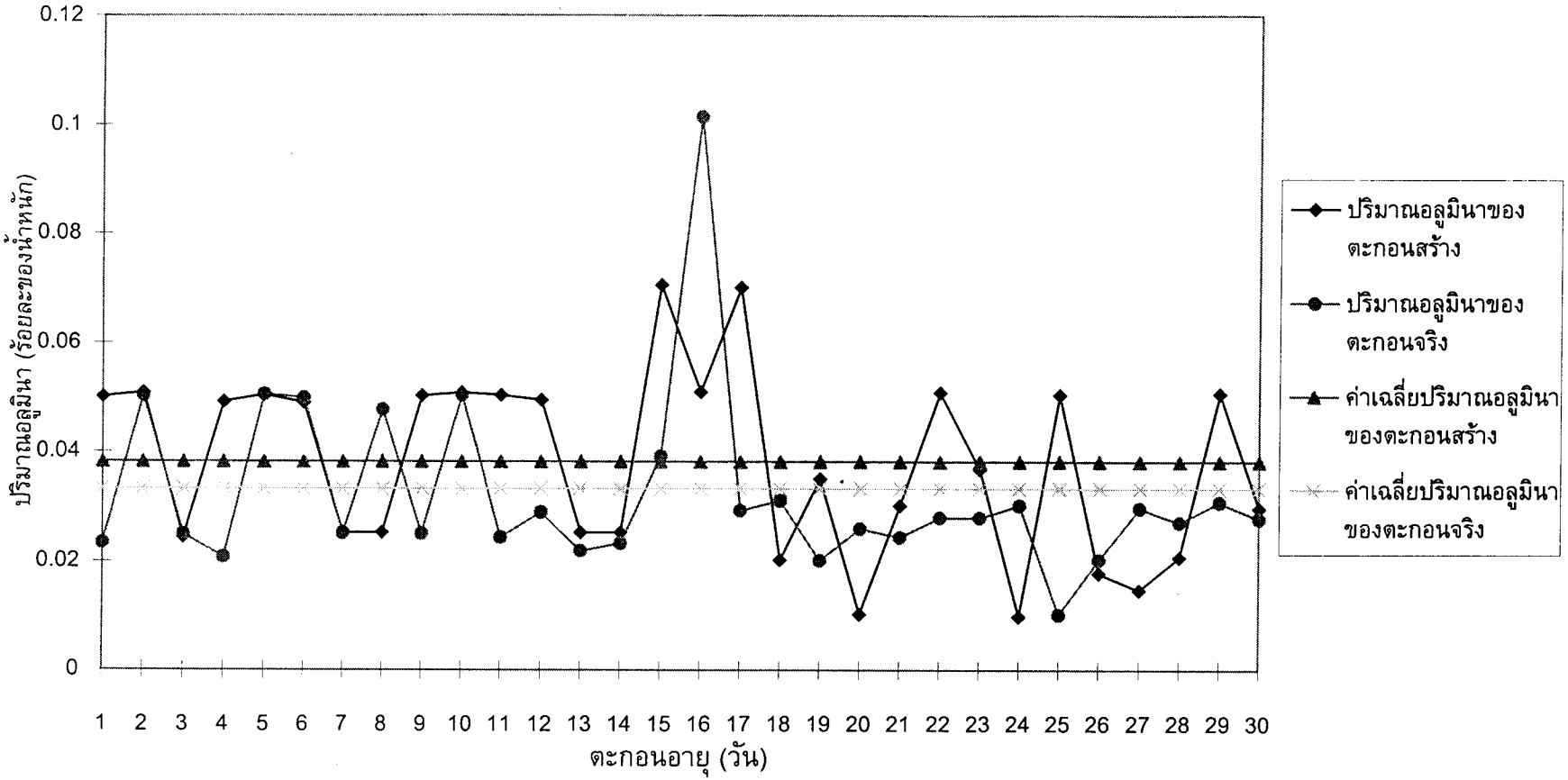
ค่าเฉลี่ย	ตะกอนสร้าง	ตะกอนจริง	ตะกอนจริงซ้ำ
น้ำหนักของตะกอน (mg.)	1,297.36 ± 241.53	653.5 ± 166.9	647.025 ± 138.2692
pH	7.567 ± 0.418	7.651 ± 0.206	7.60 ± 0.179
Total Solids (mg./l.)	355.03 ± 135.12	286 ± 101.58	295.75 ± 20.532
Volatile Solids (mg./l.)	80.8 ± 46.85 (22.76 %T.S.)	62.867 ± 40.341 (21.98 %T.S.)	68.25 ± 23.071 (23.08 %T.S.)
Fixed Solids (mg./l.)	274.23 ± 107.7 (77.24 %T.S.)	223.133 ± 82.1377 (78.02 %T.S.)	227.5 ± 13.988 (76.92 %T.S.)
Al_2O_3 (%Wt.)	0.03818 ± 0.01679	0.0323 ± 0.0166	0.02435 ± 0.0047
Al_2O_3 (%T.S.)	0.011389 ± 0.00532	0.0119 ± 0.00574	0.00826 ± 0.00165

4.1.4 ปริมาณสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาที่ตกค้างในตะกอน

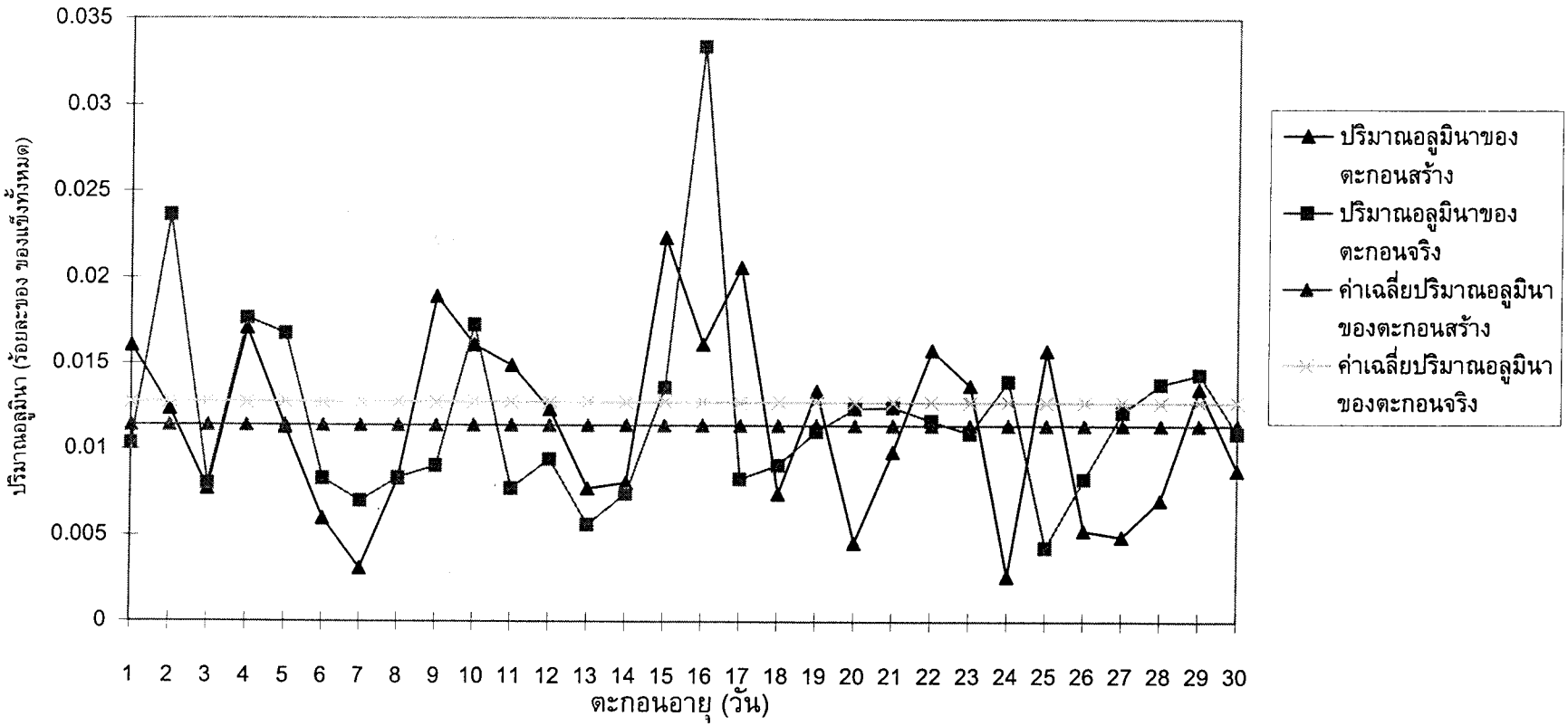
จากตัวอย่างตะกอนที่สร้างขึ้นในห้องปฏิบัติการ ตามข้อ 4.1.3 และตัวอย่างตะกอนจริงที่เก็บมา ณ วันเดียวกัน ทำการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาที่ตกค้างในตะกอน (ร้อยละของน้ำหนักและร้อยละของของแข็งทั้งหมด) ที่ตะกอนอายุ ต่าง ๆ กัน แต่เนื่องจากการทดลองครั้งนี้ ซึ่งใช้วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณอลูมินา ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสารส้ม มอก. 165-2528 ซึ่งวิเคราะห์ต่อตัวอย่างน้ำ 1 ลิตร เป็นครั้ง ๆ ไป (batch) ค่าที่ได้จึงเป็นค่าโดยรวมของตัวอย่างน้ำและตัวอย่างตะกอนต่อน้ำ 1 ลิตร ในแต่ละ batch นั้น ๆ โดยไม่ได้ย่อย (digest) เฉพาะตะกอนซึ่งต้องมีตัวทำละลาย (solvent) ดึงโลหะหนักหรืออลูมินาออกมาก่อนแล้วจึงทำการวิเคราะห์เป็นค่ารวมของตัวอย่างน้ำและตะกอนใน 1 ลิตร ในแต่ละวันก็สามารถที่จะบอกได้ว่าที่ตะกอน อายุต่าง ๆ กัน (1-30 วัน) วันใดมีปริมาณสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาที่ตกค้างในตะกอนมากหรือน้อยกว่ากันได้ แต่ไม่สามารถบอกได้ว่าในตะกอนมีสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาที่ตกค้างอยู่เท่าใด พบว่า ปริมาณสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาที่ตกค้างในตะกอนร้อยละของน้ำหนักของตะกอนสร้าง ได้ค่าสูงสุด ที่ตะกอนอายุ 15 วัน ร้อยละ 0.0706 และอายุ 17 วัน ร้อยละ 0.0701 ตามลำดับ และค่าที่ต่ำสุด ที่ตะกอนอายุ 24 วัน ร้อยละ 0.0098 โดยมีค่าเฉลี่ยของปริมาณค่าสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้างในตะกอนสร้าง ร้อยละ 0.03818 $\pm$ 0.01679

ตัวอย่างตะกอนจริงได้ค่าสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้างร้อยละของน้ำหนักของตะกอนจริง ได้ค่าสูงสุด ที่ตะกอนอายุ 16 วัน ร้อยละ 0.1014 และค่าต่ำสุดที่ตะกอนอายุ 25 วันร้อยละ 0.0101 โดยมีค่าเฉลี่ยของปริมาณสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้าง ในตะกอนจริงร้อยละ 0.0323 $\pm$ 0.0166 ดังแสดงใน ภาพที่ 10

และเมื่อคิดเป็นร้อยละของของแข็งทั้งหมดในตัวอย่างตะกอน จะได้ค่าปริมาณสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้างในตะกอน ในรูปของปริมาณอลูมินาร้อยละของของแข็งทั้งหมดของตะกอนสร้างได้ค่าสูงสุดที่ตะกอนอายุ 15 วัน ร้อยละ 0.02234 อายุ 17 วัน ร้อยละ 0.02061 และค่าต่ำสุด ที่ตะกอนอายุ 24 วัน ร้อยละ 0.00262 โดยมีค่าเฉลี่ยปริมาณสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้างในตะกอนสร้าง ในรูปของปริมาณอลูมินาร้อยละของของแข็งทั้งหมด ร้อยละ 0.01139 $\pm$ 0.00532 และตัวอย่างตะกอนจริง ปริมาณสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้างในตะกอน ในรูปของปริมาณอลูมินาร้อยละของของแข็งทั้งหมดได้ค่าสูงสุดที่ตะกอนอายุ 16 วัน ร้อยละ 0.03336 และค่าต่ำสุดที่ตะกอนอายุ 25 วัน ร้อยละ 0.00428 โดยมีค่าเฉลี่ยปริมาณสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้างในตะกอนในรูปของปริมาณอลูมินาร้อยละของของแข็งทั้งหมดร้อยละ 0.01190 $\pm$ 0.00574 ดังแสดงในภาพที่ 11



ภาพที่ 10 ปริมาณสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาที่ตกค้างของตะกอนสร้างเปรียบเทียบกับตะกอนจริงที่อายุต่าง ๆ กัน ก่อนเติมกรดซัลฟูริค (โดยคิดจากร้อยละของน้ำหนักตะกอน)

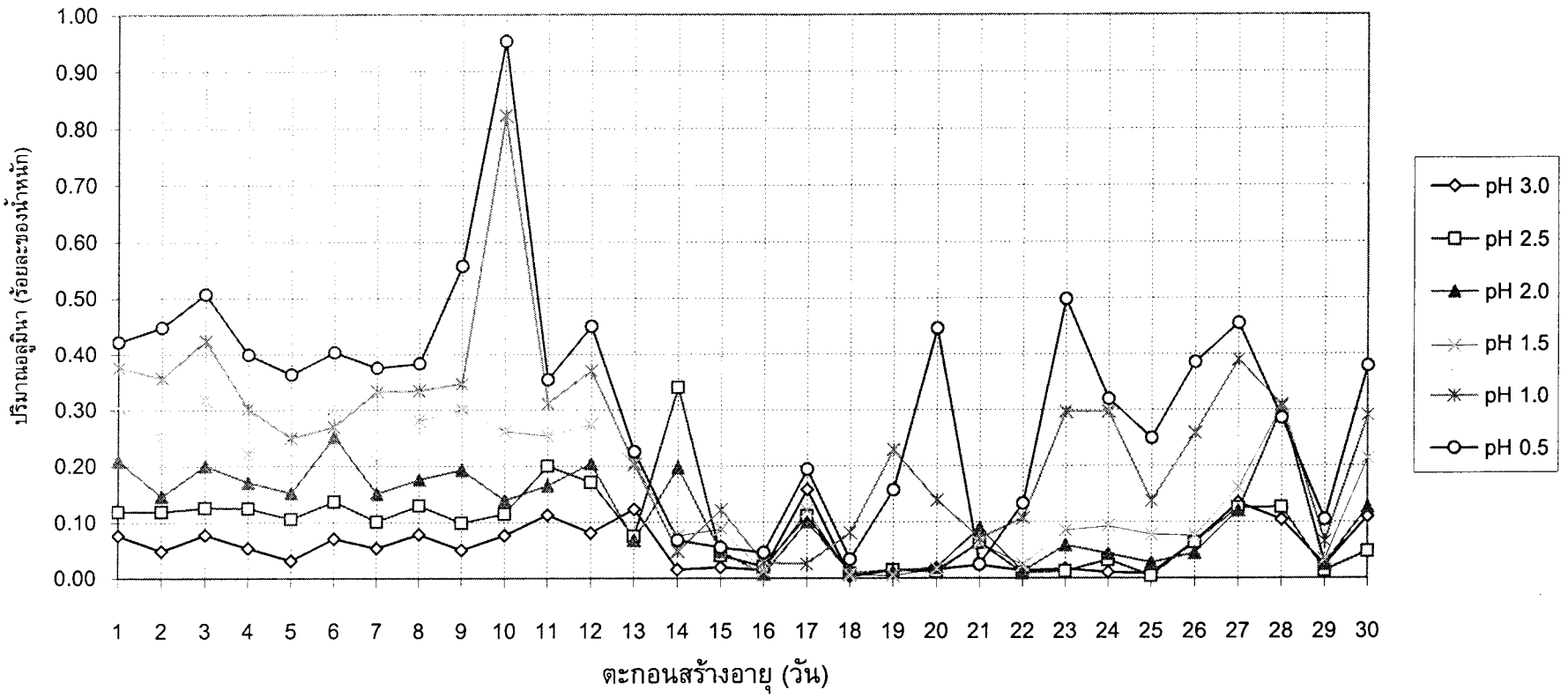


ภาพที่ 11 ปริมาณสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาที่ตกค้าง ของตะกอนสร้างเปรียบเทียบกับตะกอนจริง ที่อายุต่าง ๆ กัน ก่อนเติมกรดซัลฟูริค (โดยคิดจากร้อยละของน้ำหนักของแข็งทั้งหมด)

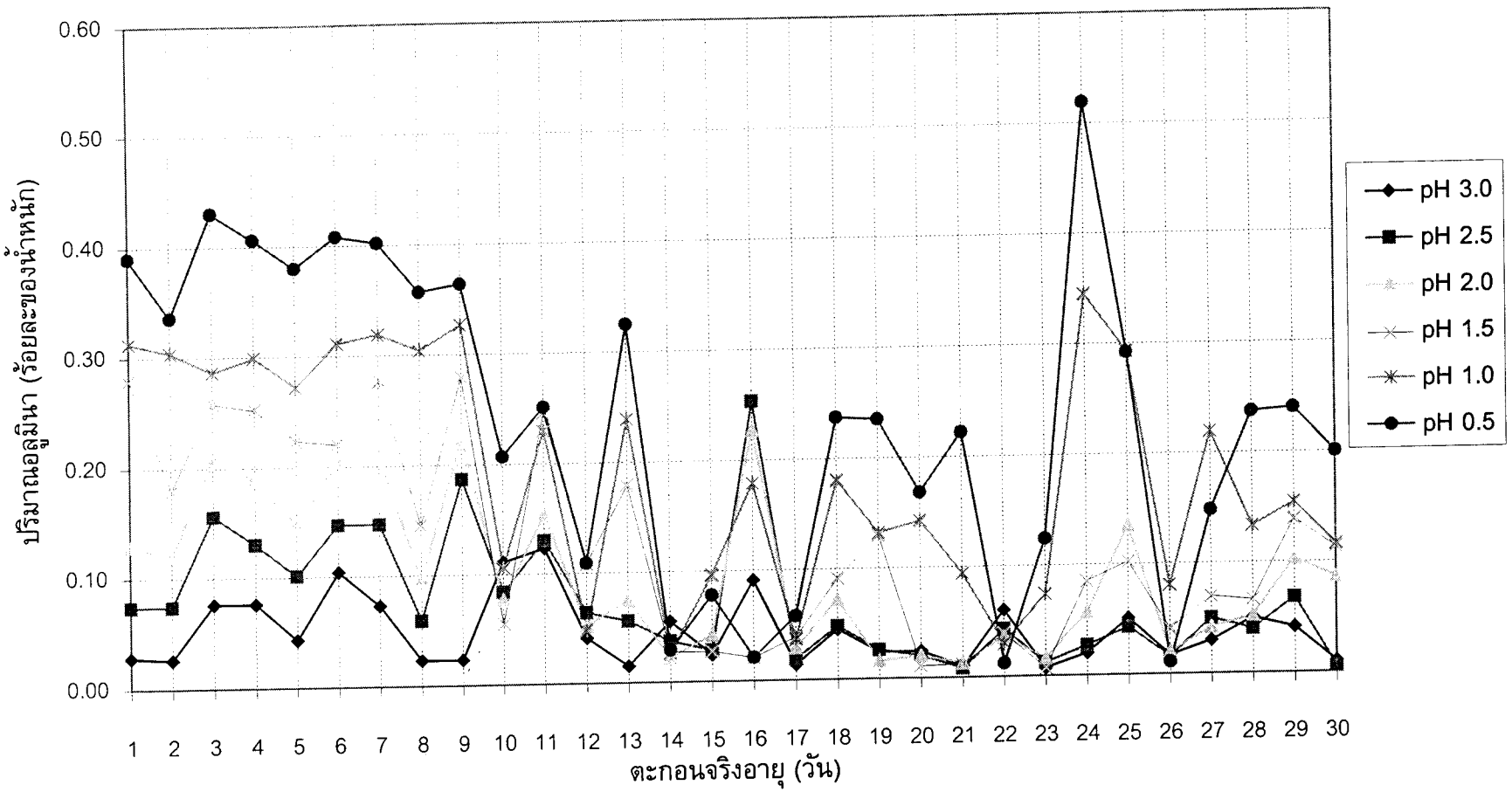
4.1.5 การนำสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาออกจากตะกอน

จากตัวอย่างตะกอนสร้างและตัวอย่างตะกอนจริงที่ได้วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้าง ที่ตะกอนอายุต่าง ๆ กัน ทำการนำสารส้มออกจากตะกอนโดยวิเคราะห์ในรูปของปริมาณอลูมินาร้อยละของน้ำหนักตะกอน โดยวิธีการใช้กรดซัลฟูริค (H_2SO_4 Commercial Grade) ความเข้มข้น1:1 ในปริมาณต่าง ๆ กัน ให้ค่าพีเอชของตัวอย่างตะกอนสร้างและตะกอนจริง ในแต่ละวัน มีค่าพีเอช เป็น 6 ระดับ ตามที่ได้กำหนดไว้ คือ 3.0, 2.5, 2.0, 1.5,1.0 และ 0.5 ตามลำดับ (โดยปริมาณกรดซัลฟูริคที่ใช้และค่าพีเอชจริงที่สามารถปรับได้รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ ก.4 และตารางที่ ก.5 ในภาคผนวก ก.) จากที่ได้กล่าวแล้วว่าการทดลองครั้งนี้ เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณอลูมินาต่อตัวอย่างน้ำ 1 ลิตร เป็นครั้ง ๆ ไป (batch) ค่าที่ได้จึงเป็นค่าโดยรวมของตัวอย่างน้ำและตัวอย่างตะกอนต่อน้ำ 1 ลิตร นั้น ดังนั้น การหาค่าการนำสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินา ออกจากตะกอนสามารถหาได้โดยนำค่าปริมาณร้อยละอลูมินาที่วัดได้หลังจากปรับค่าพีเอชแล้วลบด้วยค่าปริมาณร้อยละอลูมินาก่อนปรับค่าพีเอชด้วยกรดซัลฟูริค ซึ่งสามารถบอกได้ว่า สามารถนำสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาออกจากตะกอนในปริมาณเท่าใด จากการทดลองนำสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้างออกจากตัวอย่างตะกอนสร้าง ได้ค่าการนำสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้างออกจากตะกอนสูงสุด ที่ตะกอนสร้างอายุ 10 วัน ที่พีเอช 0.5 ร้อยละ 0.953 หรือประมาณ 11.6 มิลลิกรัม/ลิตรและที่พีเอช 1.0 ร้อยละ 0.822 หรือประมาณ 8.8 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ และค่าต่ำสุดที่ตะกอนอายุ 18 วัน ที่พีเอช 3.0 ร้อยละ 0.003 หรือประมาณ 0.037 มิลลิกรัม/ลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยของการนำสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้างออกจากตะกอนในรูปของอลูมินาร้อยละของน้ำหนักตะกอนสร้าง ร้อยละ 0.166 $\pm$ 0.154 หรือประมาณ 2.07 $\pm$ 1.93 มิลลิกรัม/ลิตร ดังแสดงปริมาณการนำสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้างออกจากตะกอนในรูปของปริมาณอลูมินาร้อยละของน้ำหนักตะกอนสร้าง ใน ภาพที่ 12

ตัวอย่างตะกอนจริงสามารถนำสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้างออกจากตะกอนในรูปของปริมาณอลูมินาร้อยละของน้ำหนักตะกอนจริง ได้ค่าสูงสุดที่ตะกอนจริงอายุ 24 วัน ที่พีเอช 0.5 ร้อยละ 0.519 หรือประมาณ 3 มิลลิกรัม/ลิตร และอายุ 3 วัน ร้อยละ 0.430 หรือประมาณ 2.42 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ และค่าต่ำสุดที่ตะกอนจริงอายุ 30 วัน ร้อยละ 0.005 หรือประมาณ 0.039 มิลลิกรัม/ลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยการนำสารส้มออกจากตะกอนในรูปของปริมาณอลูมินาร้อยละของน้ำหนักตะกอนจริง ร้อยละ 0.127 $\pm$ 0.113 หรือประมาณ 0.8 $\pm$ 0.7 มิลลิกรัม/ลิตร ดังแสดงปริมาณการนำสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้างออกจากตะกอน ในรูปของปริมาณอลูมินาร้อยละของน้ำหนักของตะกอนจริงใน ภาพที่ 13



ภาพที่ 12 การนำสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาที่ตกค้างออกจากตะกอนสร้างที่อายุและพีเอชต่าง ๆ กัน



ภาพที่ 13 การนำสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาที่ตกค้างออกจากตะกอนจริง ที่อายุและพีเอช ต่าง ๆ กัน

จากผลการทดลองนำสารส้มออกจากตัวอย่างตะกอน ในข้อ 4.1.5 และได้แสดงผลการนำสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้างออกจากตัวอย่างตะกอนสร้างและตัวอย่างตะกอนจริง ในภาพที่ 12 และภาพที่ 13 ตามลำดับนั้น เมื่อนำผลการนำสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้างออกจากตัวอย่างตะกอนทั้ง 2 ชนิด มาเปรียบเทียบกันที่พีเอชเดียวกัน ทุกวัน ทั้ง 30 วัน ว่าเหมือนหรือแตกต่างกันหรือไม่ทางสถิติ โดยใช้สถิติทดสอบ Unpaired T-test โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติ (α) เท่ากับ 0.05 อนึ่ง เนื่องจากการทดสอบด้วยสถิติ T มีข้อตกลงเบื้องต้นว่า การกระจายของข้อมูลที่ศึกษา ต้องเป็นแบบปกติ ดังนั้น ก่อนทำการทดสอบด้วยสถิติ T จึงทำการทอสอบข้อตกลงเบื้องต้นนี้ก่อน โดยการลงจุดการกระจายของข้อมูล (Normal Plot) เพื่อดูว่าข้อมูลกระจายเป็นแบบปกติหรือไม่ พร้อมทั้งทดสอบด้วยวิธีการ Shapiro-Wilk พบว่า การกระจายของข้อมูลเป็นแบบปกติ และได้ผลการเปรียบเทียบการนำสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้างออกจากตัวอย่างตะกอนสร้างและตัวอย่างตะกอนจริง ที่พีเอชต่าง ๆ กัน ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบการนำสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้างออกจากตัวอย่างตะกอนสร้างกับตัวอย่างตะกอนจริง ที่พีเอชต่าง ๆ กัน

พีเอช	ตะกอนสร้าง		ตะกอนจริง		t	P-Value
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
3.0	0.0560	0.0431	0.0450	0.0319	1.142	0.258
2.5	0.0890	0.0724	0.0720	0.0600	0.986	0.328
2.0	0.1154	0.0821	0.0960	0.0708	0.992	0.325
1.5	0.1625	0.1104	0.1241	0.0930	1.458	0.150
1.0	0.2527	0.1618	0.1896	0.1052	1.790	0.790
0.5	0.3222	0.1993	0.2399	0.1426	1.839	0.710

การเปรียบเทียบการนำสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้าง ออกจากตัวอย่างตะกอนสร้างกับตัวอย่างตะกอนจริง ที่พีเอชต่าง ๆ กัน จากตารางที่ 4.4 พบว่า ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ได้ค่า P-Value มีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดไว้ (α = 0.05) ทุกค่าพีเอช แสดงว่า การนำสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้างออกจากตัวอย่างตะกอนสร้างและตัวอย่างตะกอนจริงที่พีเอชเดียวกัน ในแต่ละวันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

และเมื่อพิจารณาปริมาณการนำสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้างออกจากตัวอย่างตะกอนทั้ง 2 ชนิด พบว่า ทั้งในตะกอนสร้างและตะกอนจริง สามารถนำสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้างออกจากตัวอย่างตะกอนได้มากที่พีเอชที่เป็นกรดมาก ๆ คือ พีเอช 0.5 และพีเอช 1.0 ตามลำดับ ดังนั้น เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้างที่นำออกจากตัวอย่างตะกอนได้ค่าสูงสุด ในตะกอนชนิดเดียวกันแต่ต่างพีเอชกัน โดยใช้สถิติทดสอบ Paired T-test ได้ผลการเปรียบเทียบดังแสดงใน ตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบการนำสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้างออกจากตัวอย่างตะกอนชนิดเดียวกัน ที่พีเอช 0.5 และ พีเอช 1.0

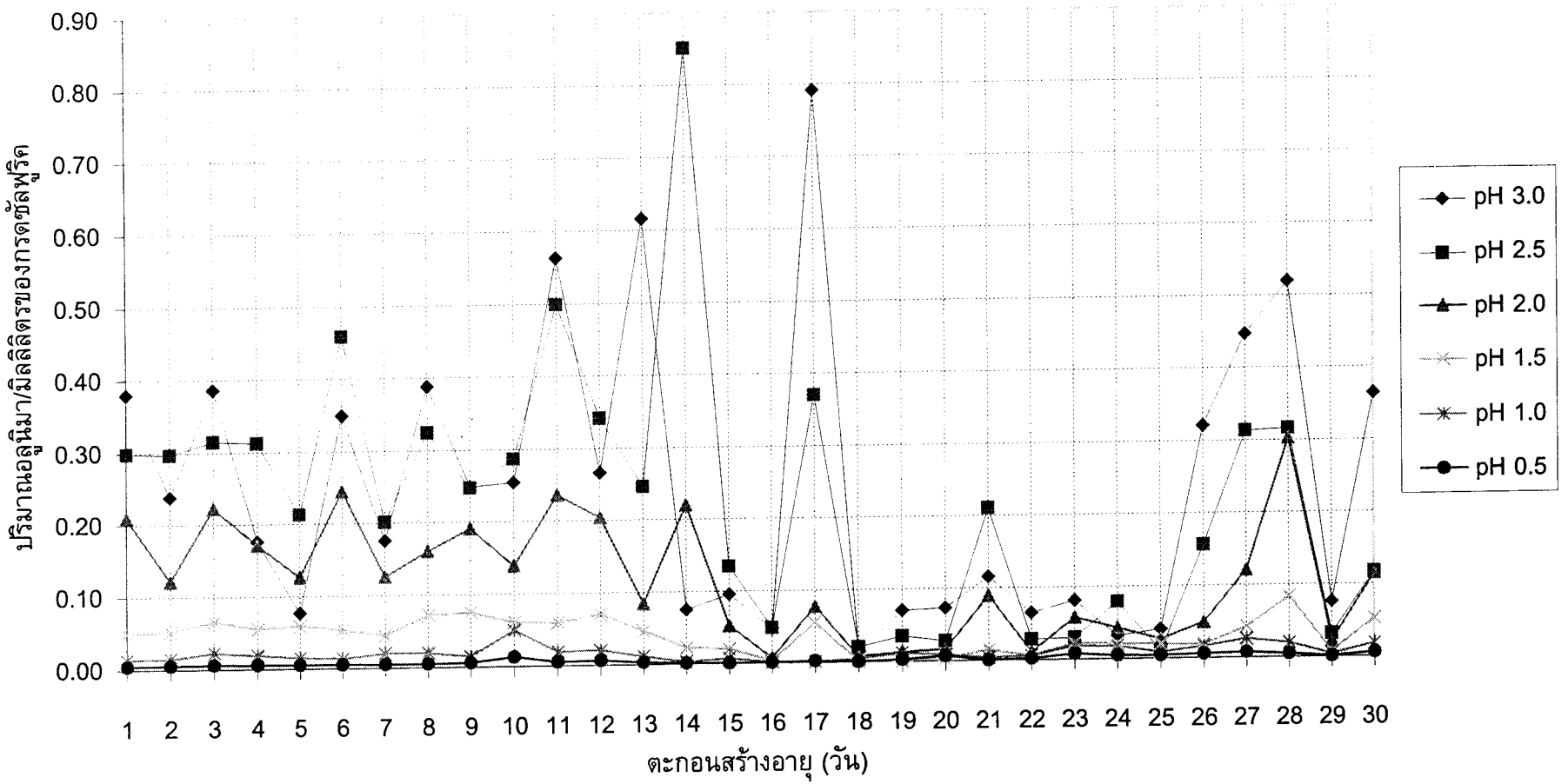
ชนิดของตัวอย่างตะกอน	พีเอช 0.5		พีเอช 1.0		t	P-Value
	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}$	S.D.		
ตะกอนสร้าง	0.3222	0.1993	0.2527	0.1618	4.482	< 0.01
ตะกอนจริง	0.23987	0.14263	0.1896	0.1052	3.934	< 0.01

การเปรียบเทียบการนำสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้าง ออกจากตะกอนชนิดเดียวกัน ที่พีเอชต่างกัน ที่ให้ค่าการนำสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้างออกจากตะกอนได้สูงสุด ในตารางที่ 4.5 พบว่า ทั้งตะกอนสร้างและตะกอนจริง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ได้ค่า P-Value มีค่าน้อยกว่าค่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดไว้ (α = 0.05) คือ ได้ค่า P-Value น้อยกว่า 0.01 ทั้ง 2 ชนิด แสดงว่าการนำสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้างออกจากตัวอย่างตะกอนสร้างและตัวอย่างตะกอนจริง ที่พีเอช 0.5 และที่พีเอช 1.0 มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ เช่นกัน โดยทั้งตัวอย่างตะกอนสร้างและตัวอย่างตะกอนจริง ที่พีเอช 0.5 สามารถนำสารส้มออกจากตะกอนได้มากกว่าที่พีเอช 1.0 ซึ่งจากปริมาณตะกอนเคมีที่ได้จากการคำนวณจากปริมาณการใช้สารส้ม ของโรงกรองน้ำบ้านโกทา การประปาขอนแก่น ปี พ.ศ. 2540 พบว่า จะเกิดตะกอนเคมีขึ้นเฉลี่ยวันละ 1,645 กิโลกรัม หรือปีละประมาณ 600,425 กิโลกรัม จากตารางที่ 4.5 การนำสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้างออกจากตัวอย่างตะกอนจริงที่พีเอช 1.0 สามารถนำออกจากตะกอนได้ ร้อยละ 0.1896 ของน้ำหนักตะกอนหรือประมาณวันละ 3.12 กิโลกรัม ปีละประมาณ 1,138.4 กิโลกรัม ในขณะที่พีเอช 0.5 สามารถนำออกจากตะกอนได้ ร้อยละ 0.23987 ของน้ำหนักตะกอน หรือประมาณวันละ 3.94 กิโลกรัม ปีละประมาณ 1,440 กิโลกรัม ซึ่งแตกต่างกันถึงวันละประมาณ 0.82 กิโลกรัมหรือปีละประมาณ 301.6 กิโลกรัม

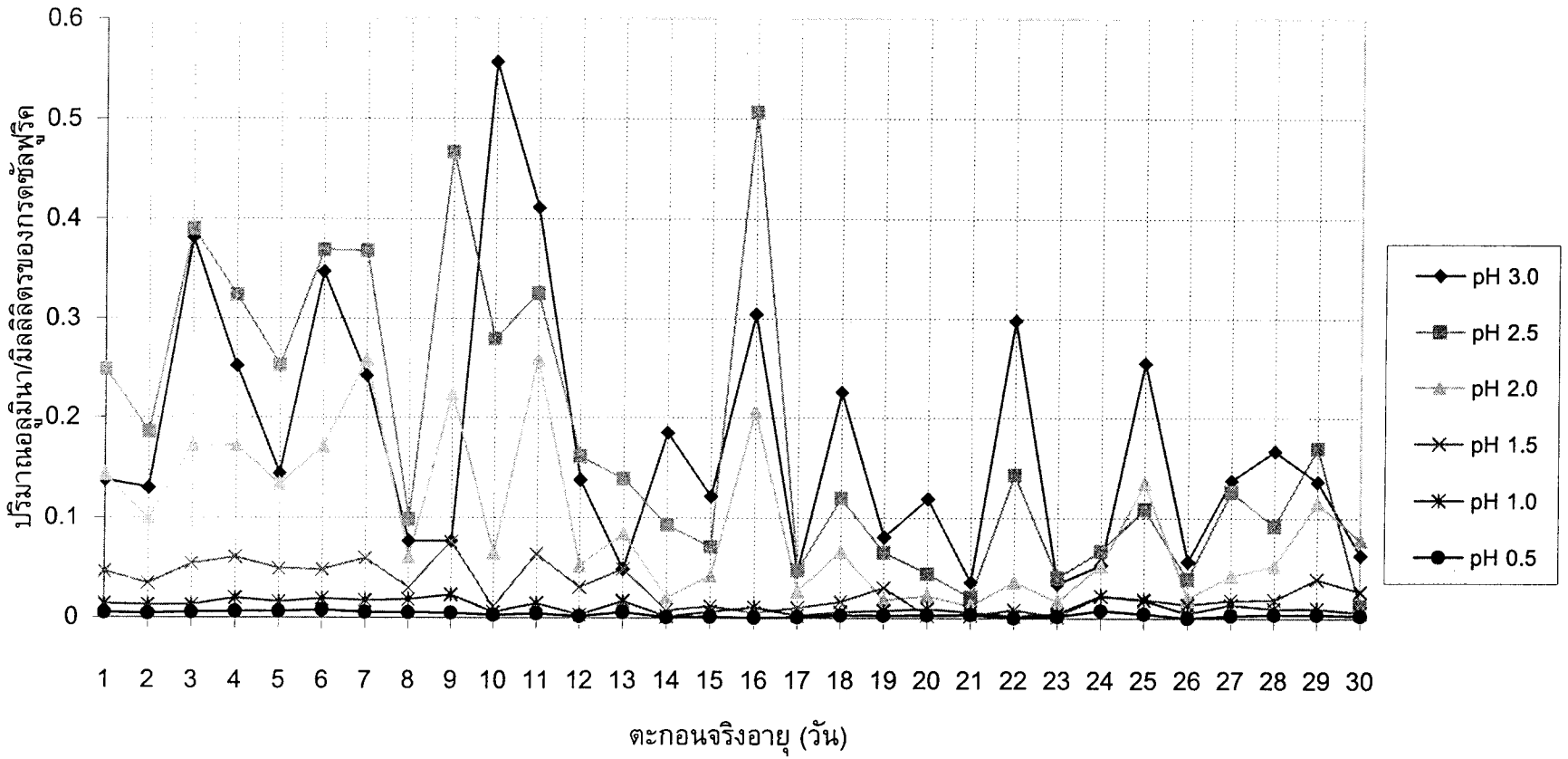
4.1.6 ประสิทธิภาพการนำสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาออกจากตะกอน

จากปริมาณสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้างในตัวอย่างตะกอน ที่สามารถนำออกจากตะกอนได้โดยวิธีการใช้กรดซัลฟูริค ทั้งตัวอย่างตะกอนสร้างและตัวอย่างตะกอนจริง ในข้อ 4.1.5 เมื่อนำปริมาณสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้าง สามารถนำออกจากตะกอนได้ มาคิดเทียบกับปริมาณของกรดซัลฟูริคที่ใช้ในการนำสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้างออกจากตะกอน พบว่า ประสิทธิภาพการนำสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้างในตัวอย่างตะกอนสร้างที่สามารถนำออกจากตะกอนได้ ในรูปของปริมาณอลูมินาร้อยละของน้ำหนักได้ค่าสูงสุดที่ตะกอนอายุ 14 วัน ที่พีเอช 2.5 โดยสามารถนำสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้างออกจากตะกอนได้ร้อยละ 0.8508 ต่อมิลลิลิตรของกรดซัลฟูริคที่ใช้ หรือ 7.5 มิลลิกรัม/ลิตร/มิลลิลิตรของกรดซัลฟูริคที่ใช้ และรองลงมาที่ตะกอนอายุ 17 วัน ที่พีเอช3.0 ร้อยละ 0.7911 ต่อมิลลิลิตรของกรดซัลฟูริคที่ใช้ หรือ 3.38 มิลลิกรัม/ลิตร/มิลลิลิตรของกรดซัลฟูริคที่ใช้ และให้ค่าต่ำสุดที่ตะกอนอายุ 24 วัน ที่พีเอช 0.5 ร้อยละ 0.0004 ต่อมิลลิลิตรของกรดซัลฟูริคที่ใช้ หรือ 0.0005 มิลลิกรัม/ลิตร/มิลลิลิตรของกรดซัลฟูริคที่ใช้ โดยมีค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการนำสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้างในตัวอย่างตะกอนสร้าง ที่สามารถนำออกจากตะกอนได้ ร้อยละ 0.10752 $\pm$ 0.15118 หรือ 1.35 มิลลิกรัม/ลิตร/มิลลิลิตรของกรดซัลฟูริคที่ใช้ ดังแสดงใน ภาพที่ 14

และประสิทธิภาพการนำสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้างในตัวอย่างตะกอนจริงที่สามารถนำออกจากตะกอนได้ ในรูปของปริมาณอลูมินาร้อยละของน้ำหนัก ได้ค่าสูงสุดที่ตะกอนอายุ 10 วัน ที่พีเอช 3.0 โดยสามารถนำสารส้มออกจากตะกอนได้ร้อยละ 0.5559 ต่อมิลลิลิตรของกรดซัลฟูริคที่ใช้ หรือ 3.69 มิลลิกรัม/ลิตร/มิลลิลิตรของกรดซัลฟูริคที่ใช้ และรองลงมาที่ตะกอนอายุ 16 วัน ที่พีเอช 2.5 ร้อยละ 0.5066 ต่อมิลลิลิตรของกรดซัลฟูริคที่ใช้ หรือ 3.5 มิลลิกรัม/ลิตร/มิลลิลิตรของกรดซัลฟูริคที่ใช้ และให้ค่าต่ำสุดที่ตะกอนอายุ 22 วันและ 26 วัน ที่พีเอช 0.5 ร้อยละ 0.0002 ต่อมิลลิลิตรกรดซัลฟูริคที่ใช้ เท่ากัน หรือ 0.011 มิลลิกรัม /ลิตร / มิลลิลิตรของกรดซัลฟูริคที่ใช้ โดยมีค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการนำสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้างในตัวอย่างตะกอนจริง ที่สามารถนำออกจากตะกอนได้ ร้อยละ 0.0820 $\pm$ 0.1109 หรือ 0.53 $\pm$ 0.71 มิลลิกรัม/ลิตร/มิลลิลิตรของกรดซัลฟูริคที่ใช้ ดังแสดงใน ภาพที่ 15



ภาพที่ 14 ประสิทธิภาพการนำสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาที่ตกค้างออกจากตะกอนสร้างที่อายุและพีเอชต่าง ๆ กัน



ภาพที่ 15 ประสิทธิภาพการนำสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาที่ตกค้างออกจากตะกอนจริง ที่อายุและพีเอชต่าง ๆ กัน

จากผลของประสิทธิภาพการนำสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้างออกจากตัวอย่างตะกอนทั้ง 2 ชนิด ดังแสดงในภาพที่ 14 และภาพที่ 15 เมื่อนำผลของประสิทธิภาพการนำสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้างออกจากตัวอย่างตะกอนทั้ง 2 ชนิด มาเปรียบเทียบกันที่พีเอชเดียวกัน ทุกวัน ทั้ง 30 วัน ว่ามีประสิทธิภาพการนำสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้างออกจากตัวอย่างตะกอนได้เหมือนหรือแตกต่างกันหรือไม่ทางสถิติ โดยใช้สถิติทดสอบ Unpaired T-test โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติ (α) เท่ากับ 0.05 อนึ่ง เนื่องจากการทดสอบด้วยสถิติ T มีข้อตกลงเบื้องต้นว่า การกระจายของข้อมูลที่ศึกษาต้องเป็นแบบปกติ ดังนั้น ก่อนทำการทดสอบด้วยสถิติ T จึงทำการทอสอบข้อตกลงเบื้องต้นนี้ก่อนโดยการลงจุดการกระจายของข้อมูล (Normal Plot) เพื่อดูว่าข้อมูลกระจายเป็นแบบปกติหรือไม่ พร้อมทั้งทดสอบด้วยวิธีการ Shapiro-Wilk พบว่า การกระจายของข้อมูลเป็นแบบปกติและได้ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการนำสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้างออกจากตัวอย่างตะกอนสร้างและตัวอย่างตะกอนจริง ที่พีเอชต่าง ๆ กัน ดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการนำสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้างออกจากตัวอย่างตะกอนสร้างกับตัวอย่างตะกอนจริง ที่พีเอชต่าง ๆ กัน

พีเอช	ตะกอนสร้าง		ตะกอนจริง		t	P-Value
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
3.0	0.2449	0.20130	0.1752	0.12880	1.596	0.117
2.5	0.2274	0.18260	0.1790	0.14020	1.152	0.254
2.0	0.1153	0.08470	0.0950	0.07530	0.982	0.330
1.5	0.0390	0.02550	0.0290	0.02090	1.686	0.097
1.0	0.0140	0.00967	0.0110	0.00635	1.627	0.109
0.5	0.0045	0.00274	0.0035	0.00212	1.649	0.104

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการนำสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้าง ออกจากตัวอย่างตะกอนสร้างกับตัวอย่างตะกอนจริง ที่พีเอชเดียวกัน ในแต่ละวัน จากตารางที่ 4.6 พบว่า ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ได้ค่า P-Value มีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดไว้ (α = 0.05) ทุกค่าพีเอช แสดงว่า ประสิทธิภาพการนำสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้างออกจากตัวอย่างตะกอนสร้างและตัวอย่างตะกอนจริงที่พีเอชเดียวกัน ในแต่ละวันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

และเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการนำสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้างออกจากตัวอย่างตะกอนทั้ง 2 ชนิด พบว่า ทั้งในตะกอนสร้างและตะกอนจริงประสิทธิภาพการนำสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้าง ออกจากตัวอย่างตะกอนได้ดีต่อมิลลิลิตรของกรดซัลฟูริคที่ใช้ คือ พีเอช 2.5 และพีเอช 3.0 ตามลำดับ ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการนำสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้าง ออกจากตัวอย่างตะกอนทั้ง 2 ชนิด ที่ให้ค่าสูงสุด ในตะกอนชนิดเดียวกัน แต่ต่างพีเอชกัน โดยใช้สถิติทดสอบ Paired T-test ได้ผลการเปรียบเทียบดังแสดงใน ตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการนำสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้าง ออกจากตัวอย่างตะกอนชนิดเดียวกัน ที่พีเอช 2.5 และพีเอช 3.0

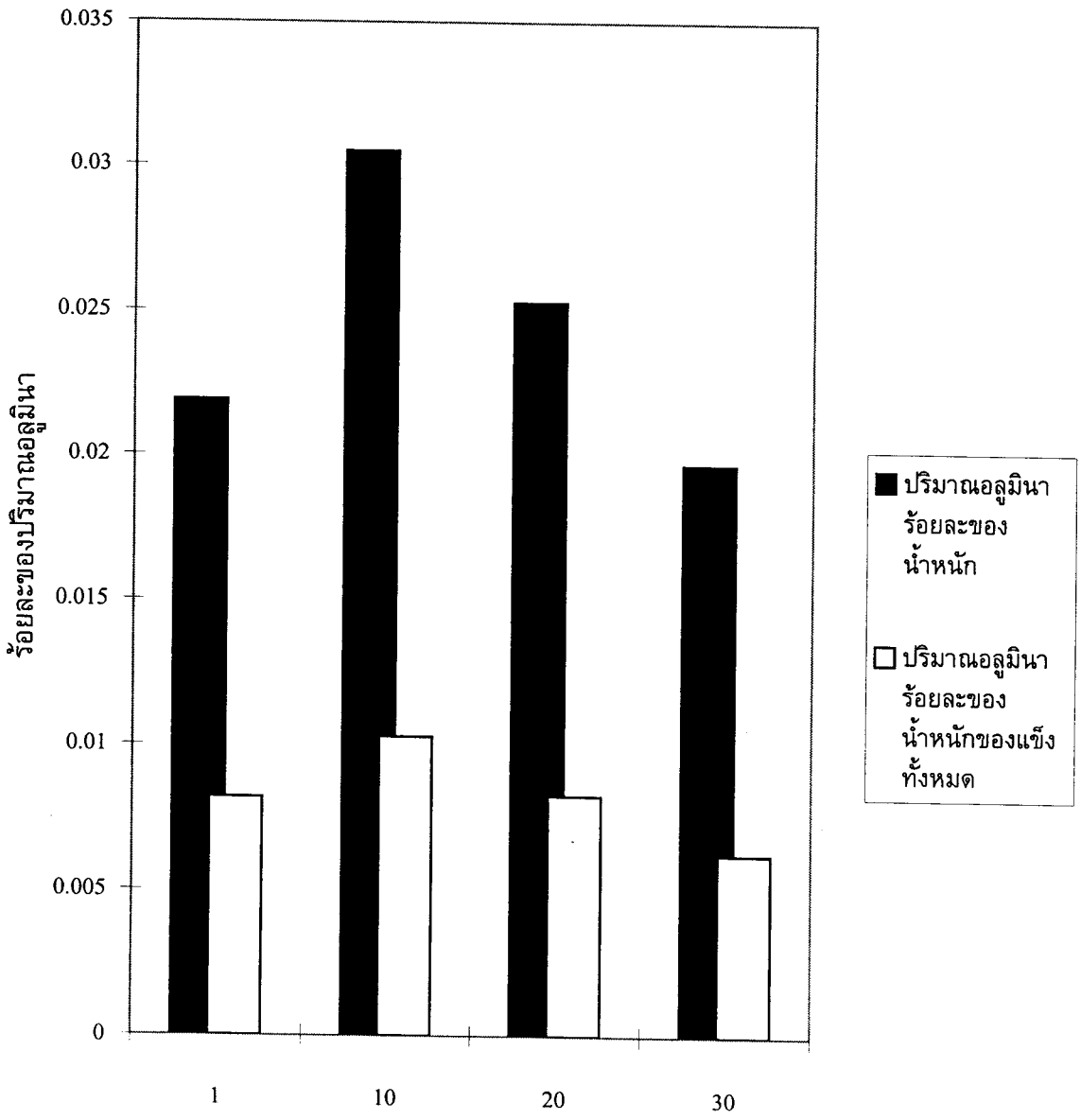
ชนิดของตัวอย่างตะกอน	พีเอช 2.5		พีเอช 3.0		t	P-Value
	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}$	S.D.		
ตะกอนสร้าง	0.2274	0.1826	0.2449	0.2013	-0.479	0.635
ตะกอนจริง	0.1790	0.1402	0.1752	0.1288	0.171	0.865

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการนำสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้างออกจากตัวอย่างตะกอนชนิดเดียวกันที่พีเอชต่างกัน ที่ให้ค่าประสิทธิภาพการนำสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้าง ออกจากตะกอนได้สูงสุด ในตารางที่ 4.7 พบว่า ทั้งตะกอนสร้างและตะกอนจริง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ได้ค่า P-Value มีค่ามากกว่าค่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดไว้ (α = 0.05) ทั้ง 2 ชนิด แสดงว่าประสิทธิภาพการนำสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้างออกจากตัวอย่างตะกอนสร้างที่พีเอช 2.5 และที่พีเอช 3.0 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และประสิทธิภาพการนำสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้างออกจากตัวอย่างตะกอนจริงที่พีเอช 2.5 และที่พีเอช 3.0 ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นกัน

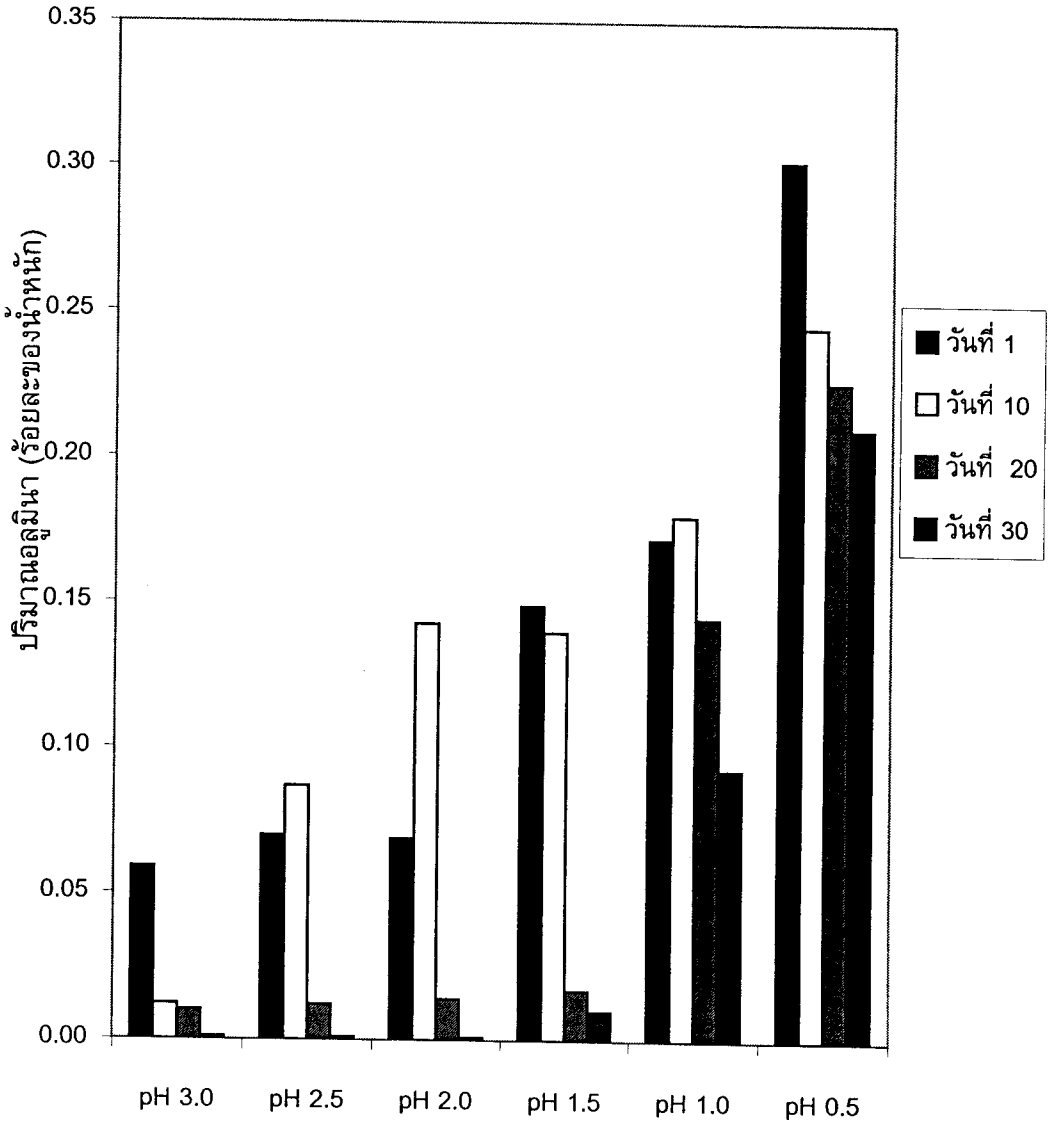
4.1.7 <u>การวิเคราะห์ตัวอย่างตะกอนจริงอายุ 1 วัน ซ้ำ 4 ครั้งในช่วงทำการทดลอง</u>

จากที่ได้เก็บตัวอย่างน้ำดิบมาสร้างตัวอย่างตะกอนและเก็บตัวอย่างตะกอนจริง ณ วันเดียวกันที่ถังตกตะกอน ผู้วิจัยได้ทำการเก็บตัวอย่างตะกอนจริง 3 ซ้ำ ณ จุดเดิมอีก ทุก ๆ 10 วัน ในช่วงที่ทำการทดลอง คือ วันที่ 10, 20 และ 30 เพื่อวิเคราะห์ตัวอย่างตะกอนจริงอายุ 1 วัน ของระบบผลิตน้ำประปาซ้ำทั้ง 4 ครั้ง ว่ามีความเหมือนหรือแตกต่างกันหรือไม่ พบว่า มีปริมาณสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้างในตะกอนในรูปของปริมาณอลูมินาร้อยละของน้ำหนักสูงสุด ในวันที่ 10 ร้อยละ 0.0305 และต่ำสุดในวันที่ 30 ร้อยละ 0.01970 โดยมีค่าเฉลี่ยของปริมาณสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้างในตะกอน ร้อยละ 0.02435 $\pm$ 0.0047 ดังแสดงในภาพที่ 16 และสามารถนำสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้าง ออกจากตะกอนจริง ทั้ง 3 ซ้ำ ได้ค่าสูงสุด ที่พีเอช 0.5 ของตะกอนจริงที่เก็บมาครั้งแรก ร้อยละ 0.302 หรือประมาณ 1.8 มิลลิกรัม/ลิตร และต่ำสุดที่พีเอช 2.0 ในวันที่ 30 ร้อยละ 0.001 หรือประมาณ 0.00079 มิลลิกรัม/ลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยของการนำสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้างออกจากตะกอนจริงอายุ 1 วันซ้ำ ร้อยละ 0.099 $\pm$ 0.091 หรือประมาณ 0.63 $\pm$ 0.58 มิลลิกรัม/ลิตร ดังแสดงในภาพที่ 17

โดยเมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพของการนำสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้างออกจากตะกอนต่อปริมาณของกรดซัลฟูริคที่ใช้เป็นมิลลิลิตร พบว่า มีประสิทธิภาพสูงสุดในวันแรกที่เก็บตัวอย่างตะกอนมาที่พีเอช 3.0 ร้อยละ 0.2952 ต่อมิลลิลิตรของกรดซัลฟูริคที่ใช้ หรือ 2.02 มิลลิกรัม/ลิตร/มิลลิลิตรของกรดซัลฟูริคที่ใช้ และได้ค่าต่ำสุดในวันที่ 30 ที่พีเอช 0.5 ร้อยละ0.001 ต่อมิลลิลิตรของกรดซัลฟูริคที่ใช้ โดยมีค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพของการนำสารประกอบสารส้มในรูปของอลูมินาที่ตกค้าง ออกจากตะกอนต่อปริมาณของกรดซัลฟูริคที่ใช้เป็นมิลลิลิตร ร้อยละ 0.0495 $\pm$ 0.0784 หรือ 0.3 $\pm$ 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร/มิลลิลิตรของกรดซัลฟูริคที่ใช้ รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ ก.6 ในภาคผนวก ก.



ภาพที่ 16 สารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาที่ตกค้างในตะกอนจริง อายุ 1 วัน เก็บซ้ำ 4 ครั้งในช่วงที่ทำการทดลอง



ภาพที่ 17 การนำสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาที่ตกค้างออกจากตะกอนจริงอายุ 1 วัน เก็บ ซ้ำ 4 ครั้ง ในช่วงที่ทำการทดลองในช่วงพีเอชต่าง ๆ กัน

4.2 การอภิปรายผล

4.2.1 ตัวอย่างตะกอนที่ใช้ในการทดลอง

ในการทดลองครั้งนี้ ใช้ตัวอย่างตะกอน 2 ชนิด คือ ตัวอย่างตะกอนสร้าง ซึ่งสร้างขึ้นในห้องปฏิบัติการ จากตัวอย่างน้ำดิบที่เก็บมาจากถังน้ำดิบ ก่อนที่จะปล่อยเข้าสู่ถังเติมสารส้มของโรงกรองน้ำบ้านโกทา การประปาขอนแก่น และตัวอย่างตะกอนจริงที่เก็บจากถังตกตะกอน ณ วันเดียวกัน ที่เก็บตัวอย่างน้ำดิบมาสร้างตัวอย่างตะกอน โดยทั้งตัวอย่างตะกอนสร้างและตัวอย่างตะกอนจริงจะเป็นปริมาณตะกอนต่อตัวอย่างน้ำ 1 ลิตร เท่ากันทุกตัวอย่าง โดยตัวอย่างตะกอนสร้างจะทำจาร์เทสต์ เพื่อหาปริมาณและพีเอชที่เหมาะสมของสารส้มที่ใช้สร้างตัวอย่างตะกอนก่อน แล้วจึงนำปริมาณสารส้มที่เหมาะสมและพีเอชที่เหมาะสมที่ได้ไปสร้างตัวอย่างตะกอนสร้างขึ้นในห้องปฏิบัติการ จำนวน 210 ตัวอย่าง เพื่อใช้วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาที่ตกค้างที่สามารถนำออกจากตะกอนได้ที่พีเอชต่าง ๆ กัน วันละ 7 ตัวอย่าง จนครบ 30 วัน ซึ่งจากการสร้างตัวอย่างตะกอนในห้องปฏิบัติการดังกล่าวไม่สามารถสร้างทั้ง 210 ตัวอย่าง ให้เสร็จในเวลาเดียวกันได้ ต้องใช้เวลาในการสร้างถึง 3 วัน จึงสร้างเสร็จ โดยนับอายุของตัวอย่างตะกอนที่สร้างขึ้น จากวันที่สร้างเสร็จจริงในแต่ละวันจนกระทั่งอายุครบตามที่กำหนดเพื่อทำการวิเคราะห์ โดยตัวอย่างตะกอนที่สร้างขึ้นทุกตัวอย่างใช้สารส้มในปริมาณที่เหมาะสมที่ได้จากการทำจาร์เทสต์ ในปริมาณ 90 มิลลิลิตร ที่พีเอช 6.63 เหมือนกันทุกตัวอย่าง ซึ่งจาก ภาพที่ 8 การหาปริมาณที่เหมาะสมของสารสร้างตะกอนซึ่งได้ปรับค่า best line ของเส้นกราฟให้เป็นรูปกราฟพาราโบลา พบว่า จุดสัมผัสที่ 0 NTU. คือ ที่ 105 มิลลิลิตร และจากภาพที่ 9 การหาพีเอชที่เหมาะสมของสารสร้างตะกอน ซึ่งได้ปรับค่า best line ของเส้นกราฟให้เป็นรูปกราฟพาราโบลา พบว่า จุดสัมผัสที่ 0 NTU. คือ ที่พีเอช 6.50 ดังนั้น การที่ใช้ปริมาณสารส้มในการสร้างตัวอย่างตะกอนสร้างในปริมาณ 90 มิลลิลิตรที่พีเอช 6.63 แทนที่จะใช้ปริมาณ 105 มิลลิลิตร ที่พีเอช 6.50 ที่เป็นปริมาณและพีเอชที่เหมาะสมที่ถูกต้อง แต่เนื่องจากการทำจาร์เทสต์ที่ใช้ปริมาณสารส้ม ไม่ละเอียดเพียงพอในช่วงที่ให้ค่าความขุ่นช่วงต่ำสุด หรือการอ่านค่าความขุ่นที่ให้ค่าต่ำ ๆ คือ น้อยกว่า 0.05 อาจจะอ่านค่าได้ค่อนข้างยาก ซึ่งการใช้สารส้มในปริมาณที่ไม่ใช่ปริมาณที่เหมาะสม จะทำให้ประสิทธิภาพในการสร้างและรวมตะกอนลดลง รวมทั้งมีผลต่อปริมาณที่ตกค้างและนำออกจากตะกอนได้

และตัวอย่างตะกอนจริงที่ใช้ในการทดลองที่เก็บมาจากถังตกตะกอน ของโรงกรองน้ำบ้านโกทา การประปาขอนแก่น โดยการนำถังไปรองรับที่ถังตกตะกอนจนครบ 24 ชั่วโมง จึงไม่สามารถทราบได้ว่า ปริมาณสารส้มที่โรงกรองน้ำบ้านโกทาใช้ได้จากการทำจาร์เทสต์จริงหรือไม่ และการจาร์เทสต์นั้นได้มีการปรับค่า best line เพื่อที่จะได้จุดสัมผัสที่ 0 NTU. ด้วยหรือไม่ แต่จากข้อตกลงเบื้องต้นที่ได้กล่าวไว้แล้วว่า การสร้างตัวอย่างตะกอนเป็นไปตามขั้นตอนใน

กระบวนการตกตะกอนของระบบผลิตน้ำประปาและมีขั้นตอนคล้ายคลึงกับระบบผลิตน้ำประปาโดยทั่วไป ซึ่งต้องมีการทำจาร์เทสต์เพื่อหาปริมาณและพีเอชที่เหมาะสมของสารส้มด้วย จะเห็นได้ว่า การทำจาร์เทสต์เพื่อหาปริมาณและพีเอชที่เหมาะสมเพื่อใช้สารส้มในปริมาณที่น้อยที่สุดและมีประสิทธิภาพในการตกตะกอนดีที่สุด มีความสำคัญในกระบวนการตกตะกอนของระบบผลิตน้ำประปา จากกำลังการผลิตของโรงกรองน้ำบ้านโกทา การประปาขอนแก่น ในปี 2540 มีกำลังการผลิตเฉลี่ยวันละ 81,162 ลูกบาศก์เมตร และใช้สารส้มเฉลี่ยวันละ 3,740 กิโลกรัม (รายละเอียดในตารางที่ ก.11) และจะทำให้เกิดตะกอนเคมีเฉลี่ยวันละ 1,645 กิโลกรัม (0.44 เท่าของสารส้มที่ใช้) ซึ่งหากโรงกรองน้ำบ้านโกทา ไม่ได้ทำจาร์เทสต์หรือทำแต่ไม่ได้ปรับค่า best line เพื่อให้ได้ค่าที่ใช้สารส้มในปริมาณที่น้อยที่สุด ซึ่งหากสมมติว่า ใช้ในปริมาณ 110 มิลลิกรัม/ลิตร แทนที่จะใช้ปริมาณ 105 มิลลิกรัม/ลิตร โรงกรองน้ำบ้านโกทา จะต้องใช้สารส้มมากกว่าปริมาณที่เหมาะสมถึง ประมาณเดือนละ 405 กิโลกรัม/วัน (5 mg.x 81,162 m^3 x 1,000 l./kg.) หรือ 12,150 กิโลกรัม/เดือน และมากถึง 145,800 กิโลกรัม หรือคิดเป็นค่าสารส้มที่ต้องใช้มากเกินความจำเป็นไปถึง 874,800 บาท (สารส้มกิโลกรัมละประมาณ 6 บาท) ดังนั้น ในการผลิตน้ำประปาหากเราได้ทำการทำจาร์เทสต์ทุกครั้งเพื่อหาปริมาณและพีเอชที่เหมาะสม ก่อนเติมสารส้มในกระบวนการสร้างและรวมตะกอนของระบบผลิตน้ำประปาแล้วจะทำให้เราได้ทราบถึงปริมาณสารส้มที่ใช้ที่น้อยที่สุดและมีประสิทธิภาพในการตกตะกอนดีที่สุด ซึ่งจะทำให้มีตะกอนเคมีน้อยที่สุดและก็ทำให้มีสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาที่ตกค้างน้อยกว่าด้วย อีกทั้งเป็นการประหยัด แต่หากใช้ในปริมาณที่มากเกินไปก็ไม่ได้ทำให้ประสิทธิภาพในการตกตะกอนดีขึ้น แต่กลับทำให้มีตะกอนเคมีและสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาตกค้างมากยิ่งขึ้น

เนื่องจากทั้งตัวอย่างตะกอนสร้างและตัวอย่างตะกอนจริง ที่ใช้ในการทดลองในครั้งนี้เป็นตัวอย่างต่อน้ำ 1 ลิตร ซึ่งเมื่อสร้างและเก็บตัวอย่างไว้สำหรับวิเคราะห์ กว่าจะถึงอายุที่กำหนด (1-30 วัน) ปริมาณน้ำในภาชนะที่ใส่ตัวอย่าง ก็มีการระเหยไปทำให้ปริมาตรน้ำลดลง จึงปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตรเท่าเดิมด้วยน้ำกลั่น ซึ่งอาจมีผลกับปริมาณกรดซัลฟูริคที่ใช้ในการปรับพีเอชและลักษณะทางกายภาพของตัวอย่างตะกอนทั้ง 2 ชนิด ทำให้ตัวอย่างตะกอนที่มีอายุมาก (20-30 วัน) ที่มีการระเหยของน้ำไป ทำให้ตะกอนเปลี่ยนสภาพไปโดยมีความหนืดและลอยตัวขึ้นมา ซึ่งเมื่อนำไปปั่นเหวี่ยงเพื่อชั่งน้ำหนักตะกอนตัวอย่างต่อน้ำ 1 ลิตร อาจทำให้มีผลต่อน้ำหนักที่ได้ ที่ใช้ในการคำนวณและทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟูริคเพื่อนำสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาที่ตกค้างออกจากตะกอน อาจจะมีผลทำให้ลดลงไปด้วย

4.2.2 <u>ปริมาณสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาที่ตกค้างในตะกอนและปริมาณที่สามารถนำออกจากตะกอนได้</u>

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาที่ตกค้างในตะกอนและปริมาณสารส้มที่นำออกจากตะกอนได้ โดยวิธีการใช้กรดซัลฟูริคนั้น ได้วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาร้อยละของน้ำหนักของตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์ ตามวิธีการตรวจสอบคุณภาพสารส้มของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสารส้ม (มอก.165-2528) ซึ่งปริมาณสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาที่ตกค้างในตะกอนทั้งตะกอนสร้างและตะกอนจริงมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันมาก ทั้งการวัดปริมาณสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาร้อยละของน้ำหนักของตะกอนปกติและร้อยละของน้ำหนักของตะกอนแห้ง (ร้อยละของของแข็งทั้งหมด) และอายุของตะกอนที่มีปริมาณสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาที่ตกค้างมากที่สุดและน้อยที่สุดก็ใกล้เคียงกัน ดังแสดงในภาพที่ 10 และภาพที่ 11

ปริมาณสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาที่นำออกจากตะกอนที่พีเอชต่าง ๆ กันในแต่ละวันทั้งตะกอนสร้างและตะกอนจริง ดังแสดงในภาพที่ 12 และภาพที่ 13 จะเห็นว่า สามารถนำออกได้มากและสม่ำเสมอในช่วง 10 วันแรก ของตะกอนสร้างสามารถนำสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาออกจากตะกอนได้ประมาณ 8.8 - 11.6 มิลลิกรัม/ลิตร และตะกอนจริงสามารถนำสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาออกจากตะกอนได้ประมาณ 2.42 - 3 มิลลิกรัม/ลิตรและมีแนวโน้มลดลงเนื่องจากตะกอนเปลี่ยนสภาพไป สำหรับตะกอนจริงซึ่งสามารถนำสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาออกจากตะกอนได้มากที่สุดในตะกอนอายุ 24 วัน นั้น อาจจะเนื่องมาจากการคำนวณปริมาณสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาที่สามารถนำออกจากตะกอนได้ จากปริมาณอลูมินาร้อยละของน้ำหนักหลังจากเติมกรดซัลฟูริคแล้ว นำค่าสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาที่ตกค้างที่วัดได้ก่อนเติมกรดซัลฟูริค มาลบออก ซึ่งได้กล่าวแล้วว่าตะกอนที่มีอายุมาก จะมีการระเหยของน้ำไปและมีความหนืดอาจทำให้น้ำหนักของตะกอนที่ได้จากการคำนวณคลาดเคลื่อนได้ เพราะจากกราฟในภาพที่ 12 และภาพที่ 13 ตะกอนอายุ 14-15 วัน ก็น่าจะเป็นอายุของตะกอนที่สามารถนำสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาออกจากตะกอนได้น้อยที่สุดแล้ว หากพิจารณาทั้งปริมาณและสภาพของตะกอนทางกายภาพ เพราะที่อายุมากกว่านั้น มีแนวโน้มของกราฟหรือสภาพของตัวอย่างตะกอนที่อยู่ในห้องปฏิบัติการไม่น่าจะเหมาะสม ในการนำสารส้มออกจากตะกอนได้ ซึ่งหากเป็นตะกอนที่อยู่ในระบบผลิตน้ำประปา จริง ๆ และมีปริมาณมาก ๆ สภาพที่ตะกอนเปลี่ยนไป เมื่อมีอายุหรือเวลากักเก็บมากถึง 20-30 วันก็จะมีสภาพไม่น่าดู อาจจะมีกลิ่นเหม็นจากการเริ่มเน่าเสียของตะกอนที่มีปริมาณมาก

ตารางที่ 4.8 คุณลักษณะทางเคมีของสารส้มอุตสาหกรรม

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนดของสารส้มอุตสาหกรรม ชนิดที่ 1 ชั้นคุณภาพที่ 1
1.	สารที่ไม่ละลายน้ำ ร้อยละของน้ำหนัก ไม่เกิน	0.3
2.	ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ไม่น้อยกว่า	2.8
3.	อลูมินา (เทียบเป็น Al_2O_3) ร้อยละของน้ำหนัก ไม่น้อยกว่า	16.0
4.	เกลืออัมโมเนียม (เทียบเป็น NH_3) ร้อยละของน้ำหนัก ไม่เกิน	0.03
5.	เหล็ก (เทียบเป็น Fe) ร้อยละของน้ำหนัก ไม่เกิน	0.1
6.	โลหะหนัก (เทียบเป็น Pb) มิลลิกรัม/กิโลกรัม ไม่เกิน	40
7.	แคดเมียม (เทียบเป็น Cd) มิลลิกรัม/กิโลกรัม ไม่เกิน	-
8.	ตะกั่ว (เทียบเป็น Pb) มิลลิกรัม/กิโลกรัม ไม่เกิน	-
9.	ปรอท (เทียบเป็น Hg) มิลลิกรัม/กิโลกรัม ไม่เกิน	-
10.	โครเมียม (เทียบเป็น Cr) มิลลิกรัม/กิโลกรัม ไม่เกิน	-
11.	อาร์เซนิก (เทียบเป็น As_2O_3) มิลลิกรัม/กิโลกรัม ไม่เกิน	5.0
12.	มังกานีส (เทียบเป็น Mn) มิลลิกรัม/กิโลกรัม ไม่เกิน	50
13.	โปแตชอะลัม ร้อยละของน้ำหนัก ไม่น้อยกว่า	-
14.	อัมโมเนียอะลัม ร้อยละของน้ำหนัก ไม่น้อยกว่า	-

ที่มา : มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสารส้ม มอก. 165-2528
[ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 980 (พ.ศ. 2528)
ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511
เรื่อง แก้ไขมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสารส้ม (แก้ไขครั้งที่ 1)]

จากตารางที่ 4.8 แสดงคุณลักษณะของสารส้มอุตสาหกรรม ชนิดที่ 1 คุณภาพที่ 1 ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ และโรงกรองน้ำบ้านโกทา การประปาขอนแก่น ก็ใช้ชนิดเดียวกัน จะเห็นว่านอกจากสารส้มจะให้ค่าอลูมินา (เทียบเป็น Al_2O_3) ร้อยละของน้ำหนักไม่น้อยกว่าร้อยละ 16 แล้วสารส้มเมื่อละลายน้ำแล้วยังมี เกลืออัมโมเนียม (เทียบเป็น NH_3) ร้อยละของน้ำหนักไม่เกินร้อยละ 0.03 เหล็ก (เทียบเป็น Fe) ร้อยละของน้ำหนักไม่เกิน 0.1 อาร์เซนิก (เทียบเป็น AS_2O_3) ไม่เกิน 5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม มังกานีส (เทียบเป็น Mn) ไม่เกิน 50 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และโลหะหนักอื่น ๆ (เทียบเป็น Pb) ไม่เกิน 40 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งจะเห็นได้ว่านอกจากเราจะนำสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาที่ตกค้างออกจากตะกอนแล้ว ยังจะเป็นการลดปริมาณโลหะหนักอื่น ๆ ที่มีในสารส้มดังกล่าวได้ด้วย จากกำลังการผลิตน้ำประปาของโรงกรองน้ำบ้านโกทา การประปาขอนแก่น ในปี 2540 ซึ่งมีกำลังผลิตสูงถึง 30,025,125 ลูกบาศก์เมตร และใช้สารส้มถึง 1,365,170 กิโลกรัม ซึ่งหากเราสามารถนำสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาออกจากตะกอนได้ถึง 11.6 มิลลิกรัม/ลิตร ก็หมายความว่า เราสามารถนำสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาออกจากตะกอนได้ถึง 348,291 กิโลกรัมต่อปี หรือประมาณเดือนละ 29,024 กิโลกรัม และจากปริมาณการผลิตน้ำประปาและปริมาณการใช้สารส้มของ โรงกรองน้ำบ้านโกทา การประปาขอนแก่น ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2531-2540 (รายละเอียดในตารางที่ ก.12) จะเห็นว่าโรงกรองน้ำบ้านโกทามีกำลังการผลิตรวมตลอดทั้ง 10 ปี ถึง 190,394,859 ลูกบาศก์เมตร ทำให้มีปริมาณตะกอนสารเคมีเกิดขึ้นและนำไปทิ้งสะสมในบ่อตะกอนมากถึง 3,039,590 กิโลกรัม เมื่อรวมกับตะกอนทั้งหมดที่เกิดขึ้นทั้ง 10 ปี จะมีมากถึง 9,118,771 กิโลกรัม ซึ่งเป็นปัญหาของโรงกรองน้ำบ้านโกทา ทั้งในด้านการกำจัดตะกอนที่มีปริมาณมากนี้ ทำให้บ่อตะกอนของโรงกรองน้ำบ้านโกทา เต็มและมีความยุ่งยากในการนำไปกำจัดหรือตักออกนำไปทิ้งที่อื่นได้ ซึ่งสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาที่นำออกจากตะกอนได้นี้ หากไม่ได้นำออกจากตะกอนก่อนและนำไปทิ้งที่บ่อตะกอนหรือปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมก็จะมีผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม

4.2.3 ประสิทธิภาพของการนำสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาออกจากตัวอย่างตะกอน

ประสิทธิภาพของการนำสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาออกจากตัวอย่างตะกอนโดยคิดเทียบต่อปริมาณของกรดซัลฟูริคที่ใช้ในการนำสารส้มออกจากตะกอนทั้งตัวอย่างตะกอนสร้างและตัวอย่างตะกอนจริง พบว่า เมื่อนำผลของประสิทธิภาพการนำสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาออกจากตัวอย่างตะกอนทั้ง 2 ชนิด มาเปรียบเทียบกันที่พีเอชเดียวกัน ทั้ง 30 วัน โดยใช้สถิติทดสอบ Unpaired T-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ประสิทธิภาพการนำสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาออกจากตัวอย่างตะกอนสร้างและตัวอย่างตะกอนจริง ที่พีเอชเดียวกันในแต่ละวัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยได้อายุของตะกอนที่เหมาะสมในการนำสารส้มออกจากตัวอย่างตะกอนได้ใกล้เคียงกันมาก คือ ตัวอย่างตะกอนสร้างที่ อายุ 14 วัน และ 17 วัน และตัวอย่างตะกอนจริงที่อายุ 10 วัน และ 16 วัน ซึ่งเนื่องมาจากอายุของตะกอนในช่วงนี้ จะมีปริมาณตะกอนมากที่สุด และยังไม่พบว่ามีตะกอนมีตะกอนเบาลอยอยู่ในน้ำตัวอย่างข้างบน และตะกอนไม่มีลักษณะเป็นวุ้นหรือเปลื่อยยุ้ย เหมือนตะกอนที่มีอายุมาก ๆ คือ 20-30 วันขึ้นไป จึงทำให้ประสิทธิภาพในการนำสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาออกจากตัวอย่างตะกอนทั้ง 2 ชนิด ได้ดีในตัวอย่างที่มีอายุ ประมาณ 14 วัน

เมื่อพิจารณาพีเอช ที่ให้ประสิทธิภาพการนำสารส้มออกจากตัวอย่างตะกอนทั้ง 2 ชนิด ได้สูงสุด พบว่า ประสิทธิภาพการนำสารประกอบสารส้มในรูปอลูมินาออกจากตัวอย่างตะกอน/มิลลิลิตรของกรดซัลฟูริคที่ใช้ได้ดีที่สุด คือ พีเอช 2.5 และ พีเอช 3.0 ซึ่งที่พีเอช 2.5 และ พีเอช 3.0 ทั้งตัวอย่างตะกอนสร้างและตัวอย่างตะกอนจริงใช้กรดซัลฟูริคเฉลี่ยประมาณ 0.39 มิลลิลิตร และ 0.24 มิลลิลิตร ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการนำสารส้มออกจากตัวอย่างตะกอนทั้ง 2 ชนิดที่ให้ค่าสูงสุดในตะกอนชนิดเดียวกันแต่ต่างพีเอชกัน คือ พีเอช 2.5 และ พีเอช 3.0 โดยใช้สถิติทดสอบ Paired T-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งตัวอย่างตะกอนทั้ง 2 ชนิด ดังนั้น เมื่อคิดถึงความคุ้มทุนในการนำไปใช้จริงต่อปริมาณตะกอนหรือปริมาณกำลังการผลิตน้ำประปาจริง ๆ ที่มีปริมาณตะกอนจำนวนมาก ซึ่งต้องใช้กรดซัลฟูริคมากเช่นเดียวกัน จึงน่าจะใช้ที่พีเอช 3.0 น่าจะเหมาะสมกว่าเพราะใช้กรดซัลฟูริคน้อยกว่า แต่ให้ประสิทธิภาพในการนำสารส้มออกจากตะกอนเท่ากันกับพีเอช 2.5 ซึ่งใช้กรดซัลฟูริคมากกว่า