

### บทที่ 3

#### ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

ปัจจัยที่มีผลต่อการกำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียโดยใช้ถ้ำลอยจากเตาเผาขยะภูเก็ต คือ ความเข้มข้นของแคลเซียม ระยะเวลาเก็บกัก และ พีเอช แต่การทดลองหาค่าปัจจัยดังกล่าวจากน้ำเสียคิบนั้นเป็นเรื่องที่ใช้เวลาและประเมินผลได้ยาก อันเนื่องจากมีปัจจัยสอดแทรกมากมาย เช่น ลักษณะของน้ำเสียซึ่งจะแตกต่างกันไปในแต่ละวัน ชนิดของสารที่เจือปนอยู่ และความเข้มข้นของสาร เจือปนแต่ละชนิด ดังนั้นการทดลองกำจัดฟอสฟอรัสด้วยน้ำเสียสังเคราะห์จึงทำให้หาค่าปัจจัยที่จำเป็นได้ง่ายขึ้น ซึ่งในการกำจัดฟอสฟอรัสจะศึกษาฟอสฟอรัสในรูปของอโรฟอสเฟตเท่านั้น โดยน้ำเสียสังเคราะห์ที่เตรียมขึ้นในการทดลองในครั้งนี้มีความเข้มข้นของอโรฟอสเฟตเท่ากับ 5 , 10 และ 20 มก./ล. ซึ่งเป็นช่วงความเข้มข้นของอโรฟอสเฟตที่ปล่อยจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง นอกจากนี้ยังเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ เป็น 2 ชนิด คือชนิดที่ไม่มี ความขุ่นและชนิดที่มีความขุ่น 80 NTU จากการเติม Hyflow Super Cell 250 มก./ล. เพื่อเปรียบเทียบการกำจัดอโรฟอสเฟต โดยผลการทดลองมีดังนี้

#### 3.1 การกำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ถ้ำลอยจากเตาเผาขยะภูเก็ต

การทดลองในน้ำเสียสังเคราะห์ เริ่มจากการทดสอบความเข้มข้นของแคลเซียมในถ้ำลอยจากเตาเผาขยะภูเก็ตในการกำจัดอโรฟอสเฟตโดยไม่มีการปรับค่าพีเอช และกำหนดระยะเวลาเก็บกักของน้ำเสียสังเคราะห์ เมื่อได้ค่าปริมาณดังกล่าวก็จะนำไปทดสอบระยะเวลาเก็บกักและหาค่าพีเอชต่อไป การทดลองหาปัจจัยในน้ำเสียสังเคราะห์ดังกล่าว จึงแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

##### 3.1.1 การศึกษาความเข้มข้นของแคลเซียมในการกำจัดอโรฟอสเฟตสูงสุด

จากการนำถ้ำลอยจากเตาเผาขยะภูเก็ตปริมาณ 1 กรัม ละลายในน้ำ 500 มิลลิลิตร แล้วกรองด้วยกระดาษกรอง GF/C แล้วนำน้ำที่ผ่านการกรองไปตรวจวัดความเข้มข้นของแคลเซียมด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma - Optical Emission -Spectrometer พบว่า มีความเข้มข้นของแคลเซียม 1,657 มิลลิกรัมต่อลิตร

การทดลองในตอนเริ่มต้นจะใช้ความเข้มข้นอโรฟอสเฟตของน้ำเสียสังเคราะห์ที่ 10 มก./ล. ซึ่งมีค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 7 และใช้ความเข้มข้นของแคลเซียม 1,657 3,314 8,285 และ

16,570 มก./ล. ซึ่งมาจากการใช้เถ้าลอยปริมาณ 1, 2, 5 และ 10 กรัม กวนที่ความเร็ว 125 รอบต่อนาที โดยไม่มีการควบคุมค่าพีเอช แล้วเก็บน้ำตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ปริมาณอโรฟอสเฟตที่เหลือทุกช่วงเวลา 5 นาทีเป็นเวลา 30 นาที จึงแบ่งการทดลองเป็น 2 ชุด จากการแบ่งน้ำเสียตามความขุ่นคือ

จากการเติมความเข้มข้นของแคลเซียม 1,657 3,314 8,285 และ 16,570 มก./ล. ลงในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่มี ความขุ่นที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของอโรฟอสเฟต 10 มก./ล. พบว่าปริมาณอโรฟอสเฟตหลังการกำจัดด้วยเถ้าลอย ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 นาทีของที่ทุก ๆ ความเข้มข้นของแคลเซียมมีปริมาณอโรฟอสเฟตน้อยกว่า 1.1000 มก./ล. (ดังตารางที่ 3.1) โดยมีปริมาณอโรฟอสเฟตน้อยที่สุดที่ความเข้มข้นของแคลเซียม 16,570 มก./ล. เท่ากับ 0.9061 มก./ล. และสูงสุดคือที่ความเข้มข้นของแคลเซียม 1,657 มก./ล. ซึ่งปริมาณอโรฟอสเฟตเท่ากับ 1.0841 มก./ล. และเมื่อระยะเวลาเก็บกักเพิ่มขึ้นปริมาณอโรฟอสเฟตก็ลดลงตามไปด้วย (ดังภาพประกอบที่ 3.1) โดยที่ระยะเวลาเก็บกัก 30 นาที ปริมาณอโรฟอสเฟตลดลงต่ำที่สุดที่ความเข้มข้นของแคลเซียม 3,314 มก./ล. เท่ากับ 0.0048 มก./ล. และปริมาณอโรฟอสเฟตสูงสุดที่ความเข้มข้นของแคลเซียม 1,657 มก./ล. เท่ากับ 0.1071 มก./ล. ในส่วนของค่าพีเอชในการกำจัดอโรฟอสเฟตจะสูงขึ้นตามการเติมความเข้มข้นของแคลเซียมโดยอยู่ในช่วงประมาณ 11-12

ในส่วนของน้ำเสียสังเคราะห์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของอโรฟอสเฟต 10 มก./ล. ที่มีความขุ่น 80 NTU พบว่า ที่ทุก ๆ ความเข้มข้นของแคลเซียมมีปริมาณอโรฟอสเฟตหลังการกำจัดด้วยเถ้าลอยที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 นาทีมีปริมาณน้อยกว่า 0.2000 มก./ล. (ดังตารางที่ 3.2) โดยปริมาณอโรฟอสเฟตน้อยที่สุดคือที่ความเข้มข้นของแคลเซียม 1,657 มก./ล. เท่ากับ 0.1905 มก./ล. และสูงสุดคือที่ความเข้มข้นของแคลเซียม 8,285 มก./ล. ซึ่งมีปริมาณอโรฟอสเฟต เท่ากับ 0.9238 มก./ล. และเมื่อระยะเวลาเก็บกักเพิ่มขึ้นปริมาณอโรฟอสเฟตก็ลดลงตามไปด้วย (ดังภาพประกอบที่ 3.2) โดยที่ระยะเวลาเก็บกัก 30 นาที ปริมาณอโรฟอสเฟตต่ำสุดที่ความเข้มข้นของแคลเซียม 1,657 มก./ล. เท่ากับ 0.0218 มก./ล. และสูงสุดที่ความเข้มข้นของแคลเซียม 8,285 มก./ล. เท่ากับ 0.0430 มก./ล. ส่วนค่าพีเอชในการกำจัดอโรฟอสเฟตจะสูงขึ้นตามการเติมความเข้มข้นของแคลเซียมจะอยู่ในช่วงประมาณ 11-12

ดังนั้นจากการทดลอง เพื่อหาความเข้มข้นของแคลเซียมที่กำจัดอโรฟอสเฟตสูงสุดในน้ำเสียสังเคราะห์ 10 มก./ล. พบว่าที่ความเข้มข้นของแคลเซียม 3,314 มก./ล. มีปริมาณอโรฟอสเฟตหลังการกำจัดด้วยเถ้าลอยต่ำสุดในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่มี ความขุ่น และที่ความเข้มข้นของแคลเซียม 1,657 มก./ล. มีปริมาณอโรฟอสเฟตต่ำสุดหลังการกำจัดด้วยเถ้าลอยในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความขุ่น 80 NTU ทั้งนี้พบว่า ความขุ่นมีผลต่อการกำจัดอโรฟอสเฟตในน้ำเสีย

สังเคราะห์ ซึ่งเห็นได้จากที่ระยะเวลาเก็บกัก 30 นาทีที่ความเข้มข้นของแคลเซียม 1,657 มก./ล. มีปริมาณอ็อกซิฟอสเฟตหลังการกำจัดด้วยถ้ำลอยในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่มี ความขุ่น เท่ากับ 0.1071 มก./ล. แต่ปริมาณอ็อกซิฟอสเฟตหลังการกำจัดด้วยถ้ำลอยในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความขุ่น 80 NTU เท่ากับ 0.0218 มก./ล. ซึ่งน้อยกว่าในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่มี ความขุ่น จึงเห็นได้ว่าความขุ่นช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดอ็อกซิฟอสเฟต อันเนื่องมาจากสาร Hyflow Supercell ที่เติมเพื่อให้เกิดความขุ่นเข้าไปเป็นลักษณะของสารคอลลอยด์ที่ไม่ละลายน้ำ โดยแขวนลอยในน้ำทำให้ความขุ่นมีส่วนช่วยในเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดอ็อกซิฟอสเฟตที่เรียกว่า Hyflow Supercell เป็นสารช่วยสร้างตะกอน จะมีช่วยในการรวมตะกอนโดยเพิ่มปริมาณคอลลอยด์ในน้ำให้เป็นพื้นที่ผิวสัมผัส (จารุวรรณ เกษมทรัพย์, 2538) ทำให้ถ้ำลอยกำจัดอ็อกซิฟอสเฟตได้ดีขึ้น จึงให้ทำให้ปริมาณอ็อกซิฟอสเฟตหลังการกำจัดด้วยถ้ำลอยที่ความเข้มข้นของแคลเซียมต่าง ๆ ของน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่มี ความขุ่นแตกต่างจากปริมาณอ็อกซิฟอสเฟตของน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความขุ่น 80 NTU

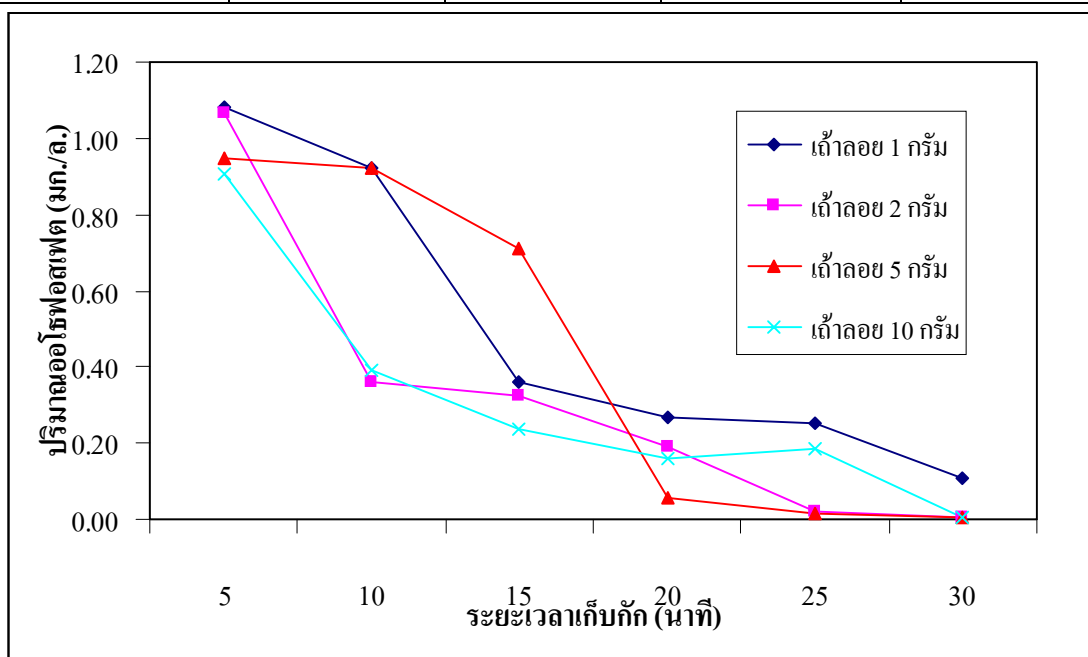
ดังนั้นจากการทดลองจึงสรุปได้ว่าความเข้มข้นของแคลเซียมที่กำจัดอ็อกซิฟอสเฟตสูงสุดในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่มี ความขุ่น คือ 331.40 กรัมของแคลเซียมต่อกรัมของอ็อกซิฟอสเฟต และความเข้มข้นของแคลเซียมที่กำจัดอ็อกซิฟอสเฟตสูงสุดในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความขุ่น 80 NTU คือ 165.70 กรัมของแคลเซียมต่อกรัมของอ็อกซิฟอสเฟต

ทั้งนี้ความเข้มข้นของแคลเซียมในการกำจัดอ็อกซิฟอสเฟตนั้นต้องเลือกใช้ที่มีปริมาณอ็อกซิฟอสเฟตหลังการกำจัดด้วยถ้ำลอยให้น้อยที่สุดเพื่อเป็นการป้องกันการปล่อยอ็อกซิฟอสเฟตลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติให้มีปริมาณต่ำที่สุดเพื่อเป็นการป้องกันการเกิดปัญหามลพิษทางน้ำ ตารางที่ 3.1 ปริมาณอ็อกซิฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่มี ความขุ่นหลังจากการกำจัดด้วยถ้ำลอย ที่ความเข้มข้นของแคลเซียมต่าง ๆ โดยมีความเข้มข้นเริ่มต้นของอ็อกซิฟอสเฟต 10 มก./ล.

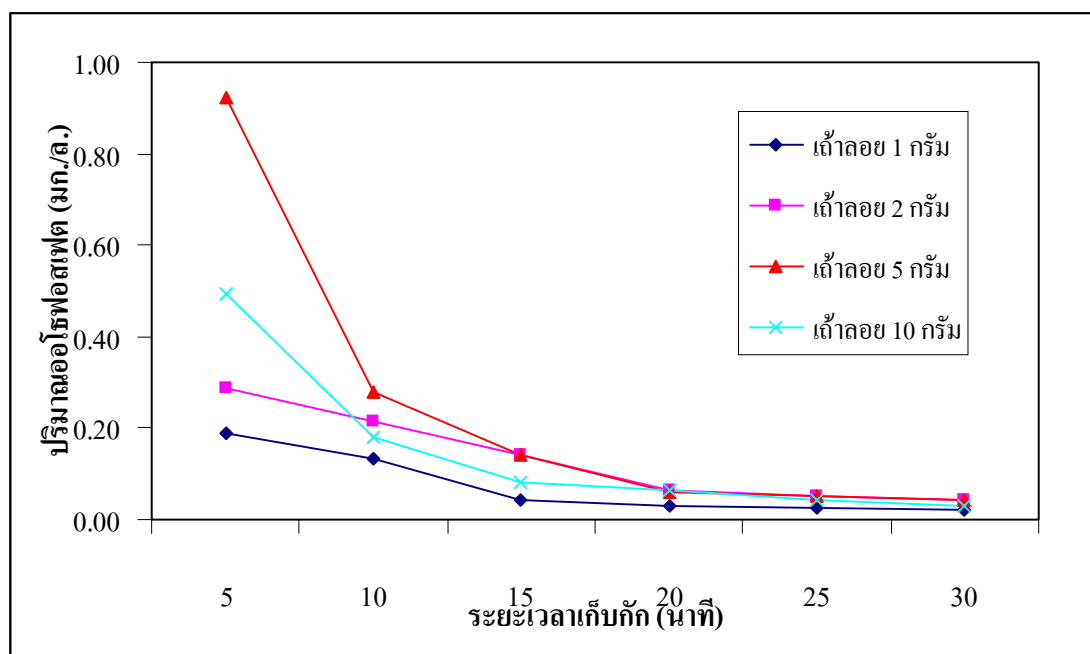
ระยะเวลาการเก็บกัก (นาที)	ปริมาณอ็อกซิฟอสเฟต คงเหลือที่ แคลเซียม 1,657 มก./ล.	ปริมาณอ็อกซิฟอสเฟต คงเหลือที่ แคลเซียม 3,314 มก./ล.	ปริมาณอ็อกซิฟอสเฟต คงเหลือที่ แคลเซียม 8,285 มก./ล.	ปริมาณอ็อกซิฟอสเฟต คงเหลือที่ แคลเซียม 16,570 มก./ล.
5	1.0841	1.0650	0.9492	0.9061
10	0.9241	0.3603	0.9241	0.3889
15	0.3610	0.3222	0.7127	0.2381
20	0.2698	0.1929	0.0571	0.1571
25	0.2540	0.0212	0.0180	0.1864
30	0.1071	0.0048	0.0071	0.0055

ตารางที่ 3.2 ปริมาณอโรฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความขุ่น 80 NTU หลังจากการกำจัดด้วย  
 ถ้ำลอยที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ ของแคลเซียมโดยมีความเข้มข้นเริ่มต้นของอโรฟอสเฟต  
 10 มก./ล.

ระยะเวลาการ เก็บกัก (นาที)	ปริมาณอโร ฟอสเฟต คงเหลือที่ แคลเซียม 1,657 มก./ล.	ปริมาณอโร ฟอสเฟต คงเหลือที่ แคลเซียม 3,314 มก./ล.	ปริมาณอโร ฟอสเฟต คงเหลือที่ แคลเซียม 8,285 มก./ล.	ปริมาณอโร ฟอสเฟต คงเหลือที่ แคลเซียม 16,570 มก./ล.
5	0.1905	0.2857	0.9238	0.4952
10	0.1333	0.2143	0.2810	0.1801
15	0.0429	0.1429	0.1429	0.0820
20	0.0302	0.0651	0.0620	0.0650
25	0.0252	0.0521	0.0520	0.0420
30	0.0218	0.0423	0.0430	0.0290



ภาพประกอบที่ 3.1 ปริมาณอโรฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่มี ความขุ่นหลังจากการกำจัด  
 ด้วยถ้ำลอยที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ ของ แคลเซียม โดยมีความเข้มข้นเริ่มต้นของ  
 อโรฟอสเฟต 10 มก./ล. (ถ้ำลอย 1 กรัม มีความเข้มข้นของแคลเซียม 1,657  
 มก./ล.)



ภาพประกอบที่ 3.2 ปริมาณอโรฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความขุ่น 80 NTU หลังจากการกำจัดด้วยเถ้าลอยที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของแคลเซียม โดยมีความเข้มข้นเริ่มต้นของอโรฟอสเฟต 10 มก./ล. (เถ้าลอย 1 กรัม มีความเข้มข้นของแคลเซียม 1,657 มก./ล.)

### 3.1.2 การศึกษาระยะเวลาเก็บกักในการกำจัดอโรฟอสเฟตสูงสุด

การทดลองนี้ใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของอโรฟอสเฟต 3 ค่า คือ 5, 10 และ 20 มก./ล. ทั้งที่มีความขุ่นและไม่มีความขุ่น โดยใช้ความเข้มข้นของแคลเซียมหาจากการทดลอง 3.1.1 ดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ความเข้มข้นของแคลเซียมที่ใช้ในการกำจัดอโรฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ

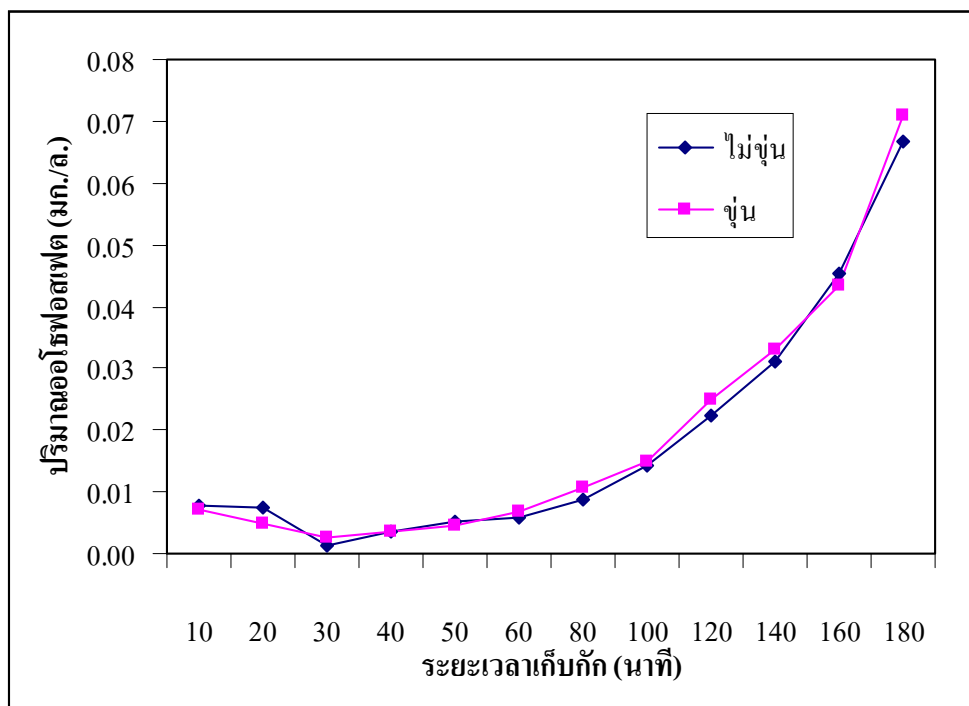
ความเข้มข้นฟอสเฟตของน้ำเสียสังเคราะห์	ความเข้มข้นของแคลเซียม( มก./ล.)
อโรฟอสเฟต 5 มก./ล ขุ่น	828.50
อโรฟอสเฟต 5 มก./ล ไม่ขุ่น	1,657.00
อโรฟอสเฟต 10 มก./ล ขุ่น	1,657.00
อโรฟอสเฟต 10 มก./ล ไม่ขุ่น	3,314.00
อโรฟอสเฟต 20 มก./ล ขุ่น	3,314.00
อโรฟอสเฟต 20 มก./ล ไม่ขุ่น	6,628.00

จากนั้นเก็บน้ำตัวอย่างทุกช่วงเวลา แล้ววิเคราะห์ปริมาณอโรฟอสเฟต ที่เหลืออยู่ทุกช่วงเวลาเป็นเวลา 180 นาที จึงแบ่งการทดลองเป็น 3 ชุด ตามความเข้มข้นของอโรฟอสเฟต คือ

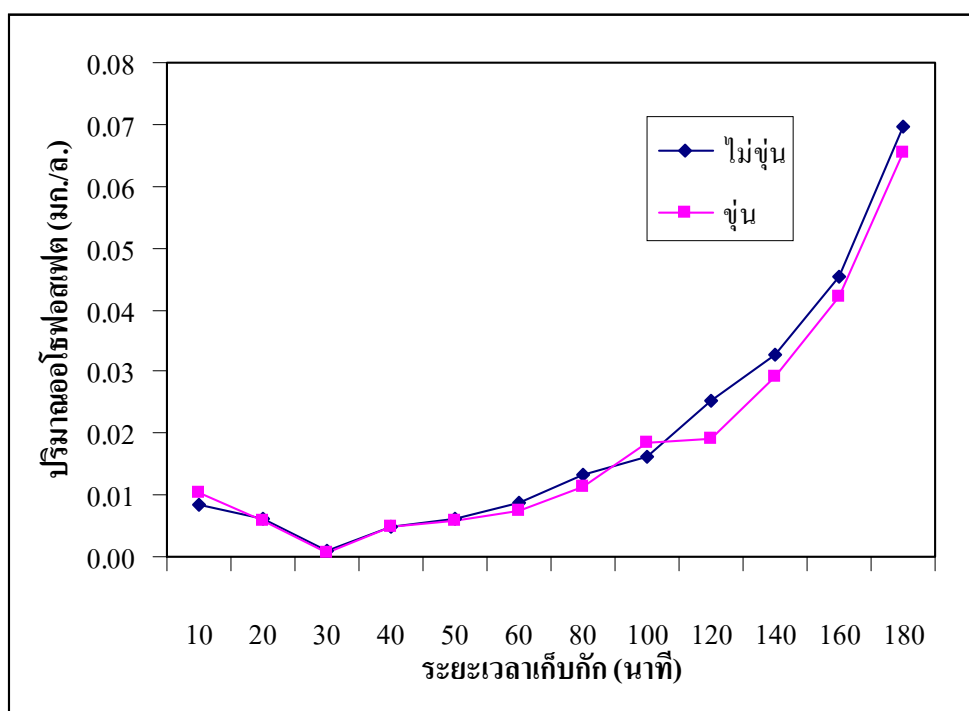
จากการเพิ่มความเข้มข้นของแคลเซียม 828.50 และ 1,657.00 มก./ล. ลงในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความขุ่นและไม่มีความขุ่นตามลำดับที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของอโรฟอสเฟต 5 มก./ล. (ดังภาพประกอบที่ 3.3) พบว่า ปริมาณอโรฟอสเฟตหลังการกำจัดด้วยถ้ำลอยที่น้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่มีความขุ่นที่ระยะเวลาเก็บกัก 10 นาที เท่ากับ 0.0077 มก./ล. และในส่วนของน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความขุ่น เท่ากับ 0.0072 มก./ล. โดยปริมาณอโรฟอสเฟตหลังการกำจัดด้วยถ้ำลอยจะสูงขึ้นตามระยะเวลาเก็บกัก โดยที่ระยะเวลาเก็บกักที่มีปริมาณอโรฟอสเฟตน้อยที่สุด คือ ระยะเวลาเก็บกัก 30 นาที ซึ่งมีปริมาณอโรฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่มีความขุ่น เท่ากับ 0.0012 มก./ล. และในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความขุ่นเท่ากับ 0.0026 มก./ล. เมื่อระยะเวลาเก็บกักเพิ่มขึ้นจากระยะเวลาเก็บกัก 30 นาที ปริมาณอโรฟอสเฟตสูงขึ้น ตามลำดับ ซึ่งที่ระยะเวลาเก็บกัก 180 นาที ปริมาณอโรฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่มีความขุ่น เท่ากับ 0.0667 มก./ล. และในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความขุ่น เท่ากับ 0.0709 มก./ล.

สำหรับผลทดลอง การกำจัดอโรฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นเริ่มต้นของอโรฟอสเฟต 10 มก./ล. (ดังภาพประกอบที่ 3.4) พบว่า มีรูปแบบในการกำจัดอโรฟอสเฟต เหมือนกับผลการทดลองของน้ำเสียสังเคราะห์ที่ความเข้มข้น 5 มก./ล. คือปริมาณอโรฟอสเฟตน้อยที่สุดที่ระยะเวลาเก็บกัก 30 นาที ซึ่งมีปริมาณอโรฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่มีความขุ่น เท่ากับ 0.0011 มก./ล. และในส่วนของน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความขุ่น เท่ากับ 0.0006 มก./ล. และเมื่อระยะเวลาเก็บกักเพิ่มขึ้นจากระยะเวลาเก็บกัก 30 นาที ปริมาณอโรฟอสเฟตสูงขึ้นตามลำดับ

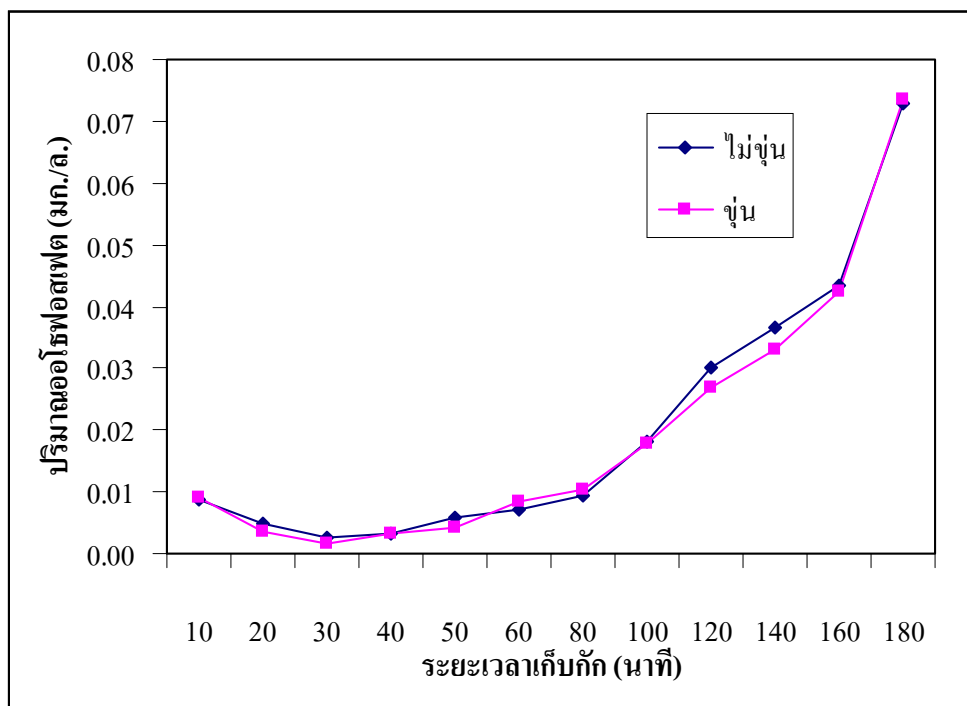
จากภาพประกอบที่ 3.5 แสดงถึงผลการทดลองการกำจัดอโรฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของอโรฟอสเฟต 20 มก./ล. พบว่ายังคงมีรูปแบบในการกำจัดอโรฟอสเฟตเหมือนกับการทดลองในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ความเข้มข้น 5 และ 10 มก./ล. คือมีปริมาณอโรฟอสเฟตน้อยที่สุดที่ระยะเวลาเก็บกัก 30 นาที ซึ่งมีปริมาณอโรฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่มีความขุ่นเท่ากับ 0.0025 มก./ล. และในส่วนของน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความขุ่น เท่ากับ 0.0015 มก./ล. และเมื่อระยะเวลาเก็บกักเพิ่มขึ้นจากระยะเวลาเก็บกัก 30 นาที ปริมาณอโรฟอสเฟตหลังการกำจัดสูงขึ้นตามลำดับ



ภาพประกอบที่ 3.3 ปริมาณอโรฟอสเฟตหลังการกำจัดด้วยเถ้าลอยที่เวลาเก็บกักต่าง ๆ ในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นเริ่มต้นของอโรฟอสเฟต 5 มก./ล



ภาพประกอบที่ 3.4 ปริมาณอโรฟอสเฟตหลังการกำจัดด้วยเถ้าลอยที่เวลาเก็บกักต่าง ๆ ในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นเริ่มต้นของอโรฟอสเฟต 10 มก./ล



ภาพประกอบที่ 3.5 ปริมาณอโรฟอสเฟตหลังการกำจัดด้วยถ้ำลอยที่เวลาเก็บกักต่าง ๆ ในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นเริ่มต้นของอโรฟอสเฟต 20 มก./ล

จากการทดลองเพื่อหาระยะเวลาเก็บกักในการกำจัดอโรฟอสเฟตสูงสุดที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียสังเคราะห์ 5, 10 และ 20 มก./ล. ทั้งที่ไม่มีขุ่นและมีความขุ่น พบว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 30 นาที มีปริมาณอโรฟอสเฟตหลังการกำจัดด้วยถ้ำลอยน้อยที่สุด แสดงว่าระยะเวลาเก็บกักในการกำจัดอโรฟอสเฟตสูงสุดโดยใช้ถ้ำลอยจากเตาเผาขยะภูเก็ต คือ 30 นาที โดยตั้งแต่ระยะเวลาเก็บกัก 40 - 180 นาที การกำจัดอโรฟอสเฟตอยู่ในลักษณะ Desorption เนื่องมาจากการดูดซับฟอสฟอรัสด้วยถ้ำลอยจากเตาเผาขยะภูเก็ตเป็นการดูดซับทางกายภาพ (Physisorption) ซึ่งเป็นการดูดซับที่เกิดจากแรงแวนเดอร์วาลส์ (Van Der Waal's force) เกิดขึ้นเมื่อสารที่ถูกดูดซับเคลื่อนที่สัมผัสกับดูดซับ โดยมีแรงดึงดูดมากกว่าพลังงานจลน์ของอนุภาคนั้นและง่ายต่อการผันกลับของการดูดซับ โดยที่โมเลกุลของตัวดูดซับเกาะอยู่บนผิวตัวดูดซับในลักษณะซ้อนกันเป็นหลายชั้นเรียกว่า Multilayer (Ford, 1981)



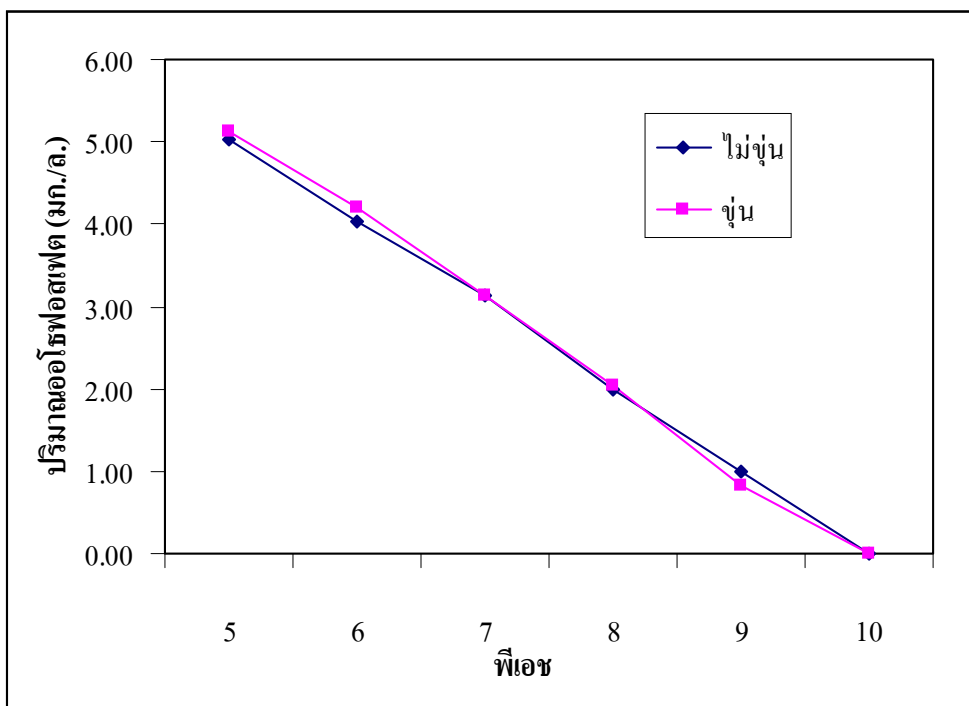
### 3.1.3 การศึกษาพีเอชในการกำจัดอโรฟอสเฟตสูงสุด

การทดลองนี้ใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นเริ่มต้นของอโรฟอสเฟต 3 ค่า คือ 5, 10 และ 20 มก./ล. ทั้งที่ไม่มีแอมโมเนียมและมีความขุ่น ซึ่งใช้ความเข้มข้นของแคลเซียมตามข้อ 3.1.1 จากนั้นปรับพีเอชของน้ำเสียสังเคราะห์ตั้งแต่ 5 ถึง 10 ด้วย NaOH 1 N และ H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 N และใช้ระยะเวลาเก็บกัก 30 นาที (หาได้จาก 3.1.2) โดยไม่ได้การควบคุมค่าพีเอชระหว่างการทดสอบ แล้วเก็บน้ำตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ปริมาณอโรฟอสเฟตที่เหลือ จึงแบ่งการทดลองเป็น 3 ชุด ตามความเข้มข้นของอโรฟอสเฟต คือ

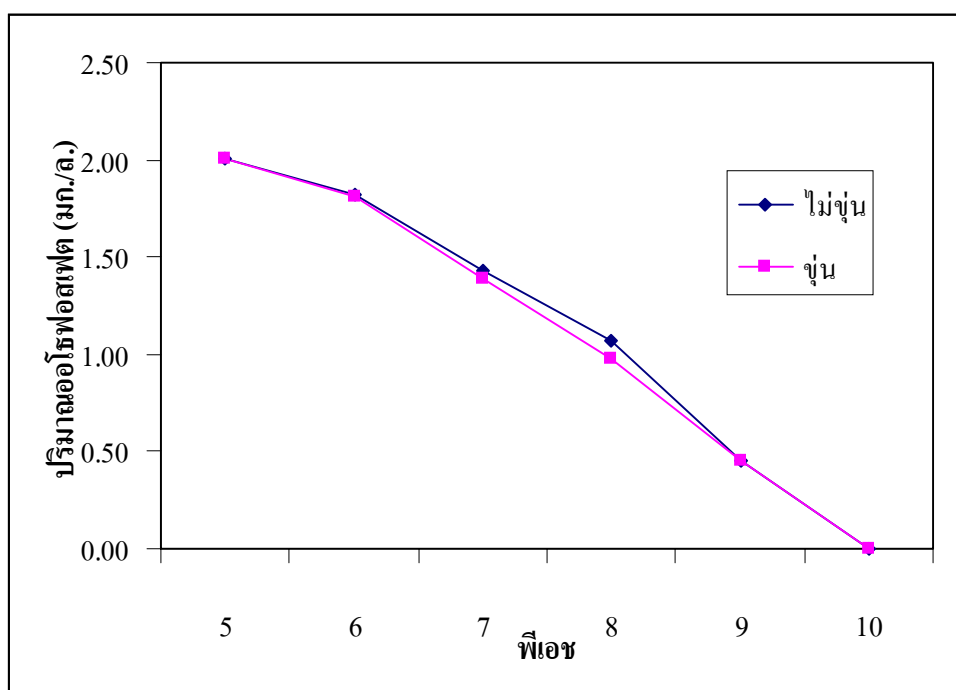
จากการเติมความเข้มข้นของแคลเซียม 828.50 และ 1,657.00 มก./ล. ลงในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่มีแอมโมเนียมและมีความขุ่นตามลำดับที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของอโรฟอสเฟต 5 มก./ล. แล้วมีการแปรเปลี่ยนพีเอชหลังจากการเติมแล้วลอยลงในน้ำเสียสังเคราะห์ตั้งแต่ 5 – 10 และใช้ระยะเวลาเก็บกัก 30 นาที (ภาพประกอบที่ 3.6) พบว่า ปริมาณอโรฟอสเฟตหลังการกำจัดด้วยแคลเซียมที่น้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่มีแอมโมเนียมที่พีเอช 5 เท่ากับ 2.0068 มก./ล. และในส่วนของน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความขุ่นเท่ากับ 2.0022 มก./ล. และปริมาณอโรฟอสเฟตจะลดลงตามพีเอชโดยที่พีเอชที่มีปริมาณอโรฟอสเฟตน้อยที่สุด คือ พีเอช 10 ซึ่งมีปริมาณอโรฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่มีแอมโมเนียมเท่ากับ 0.0025 มก./ล. และในส่วนของน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความขุ่นเท่ากับ 0.0029 มก./ล.

สำหรับผลการทดลอง การกำจัดอโรฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นเริ่มต้นของอโรฟอสเฟต 10 มก./ล. แล้วมีการแปรเปลี่ยนพีเอชหลังจากการเติมแล้วลอยตั้งแต่ 5 – 10 และใช้ระยะเวลาเก็บกัก 30 นาที (ดังภาพประกอบที่ 3.7) พบว่า มีรูปแบบในการกำจัดอโรฟอสเฟต เหมือนกับในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นเริ่มต้นของอโรฟอสเฟต 5 มก./ล. คือปริมาณอโรฟอสเฟตจะลดลงตามพีเอช โดยที่พีเอชที่มีปริมาณอโรฟอสเฟตน้อยที่สุด คือ พีเอช 10 ซึ่งมีปริมาณอโรฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่มีแอมโมเนียมเท่ากับ 0.0037 มก./ล. และในส่วนของน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความขุ่นเท่ากับ 0.0049 มก./ล.

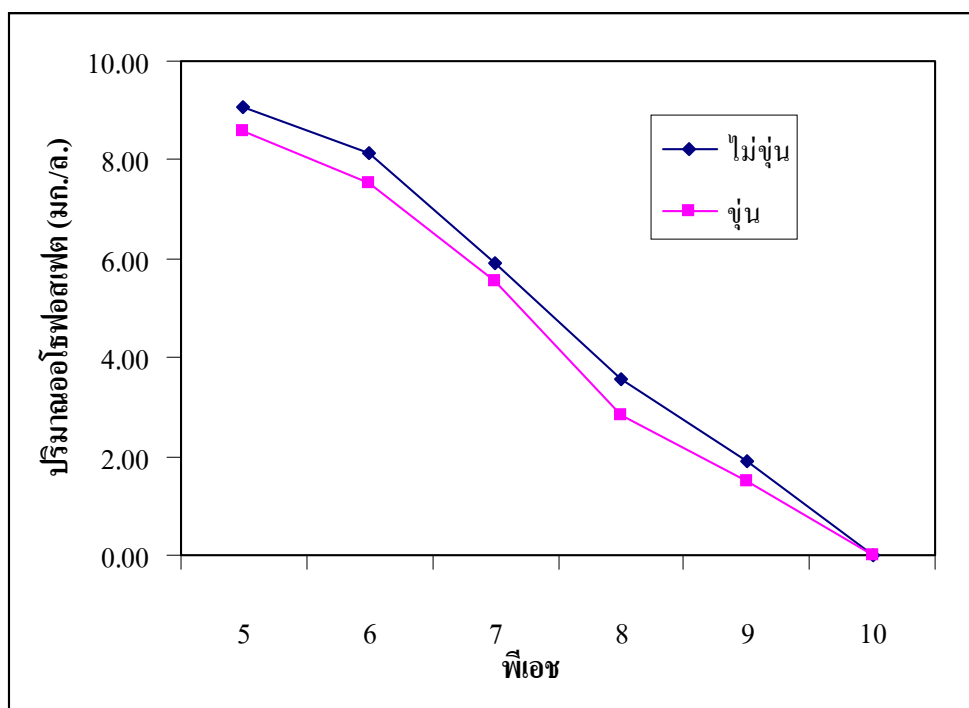
จากภาพประกอบที่ 3.8 แสดงถึงผลการทดลองในการกำจัดอโรฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นเริ่มต้นของอโรฟอสเฟต 20 มก./ล. แล้วมีการแปรเปลี่ยนพีเอชหลังจากเติมแล้วลอยตั้งแต่ 5 – 10 และใช้ระยะเวลาเก็บกัก 30 นาที พบว่า ยังคงมีรูปแบบในการกำจัดอโรฟอสเฟตเหมือนกับการทดลองกับน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้น 5 และ 10 มก./ล. คือ พีเอชที่มีปริมาณอโรฟอสเฟตหลังการกำจัดน้อยที่สุด คือ พีเอช 10 ซึ่งมีปริมาณอโรฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่มีแอมโมเนียมเท่ากับ 0.0086 มก./ล. และในส่วนของน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความขุ่นเท่ากับ 0.0051 มก./ล.



ภาพประกอบที่ 3.6 ปริมาณอโรฟอสเฟตหลังการกำจัดด้วยเถ้าลอยที่พีเอชต่าง ๆ ในน้ำดื่มสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นเริ่มต้นของอโรฟอสเฟต 5 มก./ล



ภาพประกอบที่ 3.7 ปริมาณอโรฟอสเฟตหลังการกำจัดด้วยเถ้าลอยที่พีเอชต่าง ๆ ในน้ำดื่มสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นเริ่มต้นของอโรฟอสเฟต 10 มก./ล



ภาพประกอบที่ 3.8 ปริมาณอโรฟอสเฟตหลังการกำจัดด้วยเถ้าลอยที่พีเอชต่าง ๆ ในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นเริ่มต้นของอโรฟอสเฟต 20 มก./ล

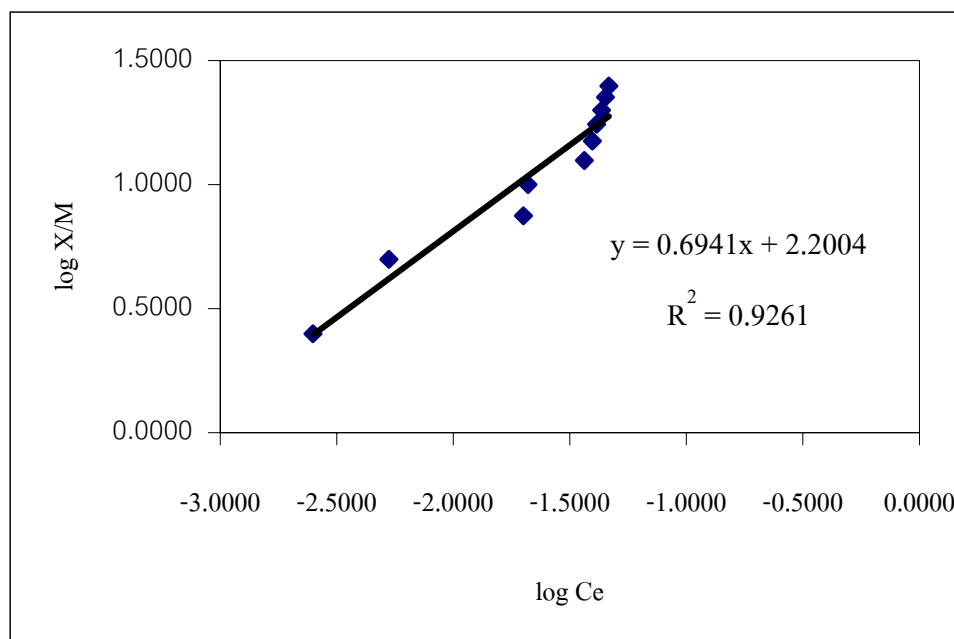
จากการทดลอง เพื่อหาพีเอชในการกำจัดอโรฟอสเฟตสูงที่สุดที่ความเข้มข้นของน้ำเสียสังเคราะห์ 5, 10 และ 20 มก./ล. ทั้งที่ไม่มีขุ่นและมีความขุ่น พบว่าที่พีเอช 10 มีปริมาณอโรฟอสเฟตน้อยที่สุด แสดงว่าพีเอชในการกำจัดอโรฟอสเฟตสูงที่สุดโดยใช้เถ้าลอยจากเตาเผาขยะภูเก็ตคือ 10 โดยที่ปริมาณอโรฟอสเฟตจะมีปริมาณลดลงเมื่อค่าพีเอชเพิ่มมากขึ้นซึ่งกลไกในการกำจัดอโรฟอสเฟตคือในเถ้าลอยจากเตาเผาขยะภูเก็คนั้นจะมี  $\text{CaO}$  อยู่เมื่อเติมเถ้าลอยลงในน้ำ  $\text{Ca}^{+2}$  ก็จะละลายน้ำทำให้ค่าพีเอชของน้ำสูงขึ้น และแม้ว่าการปรับพีเอชในน้ำด้วยการเติมกรดลงไปแต่บริเวณรอบ ๆ อนุภาคของเถ้าลอยก็ยังคงมีสภาพเป็นด่างสูงอยู่ (จันทร์นา สงวนรุ่งวงศ์ อรทัย ชาวลาภฤทธิ และ ชิดชัย ประดิษฐ์สุวรรณ, 2540) ซึ่งเมื่อ  $\text{PO}_4^{-3}$  เข้าใกล้อนุภาคเถ้าลอยก็จะเกิดเป็น  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$  และตกตะกอนซึ่งเป็นการกำจัดอโรฟอสเฟตออกจากน้ำเสีย (Wongsiri, Haraguchi and Yamada, 2000) นอกจากนี้ในการปรับพีเอชด้วย  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1 N ทำให้  $\text{Ca}^{+2}$  ในเถ้าลอยทำปฏิกิริยากับ  $\text{SO}_4$  และอยู่ในรูปของ  $\text{CaSO}_4$  ซึ่งน่าจะเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้การกำจัดอโรฟอสเฟตต่ำในน้ำเสียสังเคราะห์ที่พีเอชต่ำเนื่องมาจากที่พีเอชต่ำมีการใช้  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1 N ในการปรับพีเอชในปริมาณสูงทำให้  $\text{Ca}^{+2}$  ในเถ้าลอยทำปฏิกิริยาอยู่ในรูป  $\text{CaSO}_4$  ดังนั้นอโรฟอสเฟตหลังการกำจัดด้วยเถ้าลอยจึงมีปริมาณสูง

### 3.2 ความสามารถในการดูดซับฟอสฟอรัส

จากการทดลองเพื่อหาความสามารถในการดูดซับฟอสฟอรัส โดยใช้ถ้ำลอยจากเตาเผาขยะ ภูเก็ต จะใช้ถ้ำลอย 1 กรัม และความเข้มข้นของอโรฟอสเฟตตั้งแต่ 0 – 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 500 มิลลิตร ตีความที่ความเร็ว 125 รอบต่อนาที พีเอช 10 โดยไม่มีการควบคุมพีเอช ระหว่างการทดลอง เป็นเวลา 30 นาที ซึ่งเป็นสภาวะที่ดีที่สุดจากการทดลองในน้ำเสียสังเคราะห์ แล้วรอน้ำใสมาวิเคราะห์ปริมาณอโรฟอสเฟตที่เหลือได้ผลดังตาราง 3.4 เขียนกราฟไอโซเทอร์ม การดูดซับอโรฟอสเฟตตามสมการ Freundlich ได้ดังภาพประกอบที่ 3.10 และอ่านค่า K และ  $1/n$  จากกราฟตามสมการ Freundlich

ตาราง 3.4 ข้อมูลการศึกษาไอโซเทอร์มในการกำจัดอโรฟอสเฟตโดยใช้ถ้ำลอยจากเตาเผาขยะ ภูเก็ตที่พีเอช 10

ปริมาณอโรฟอสเฟตเริ่มต้น (มก./ล.)	ปริมาณอโรฟอสเฟตหลังการ ใช้ถ้ำลอย 1 กรัม (มก./ล.)	X/M (มก./ก.)
0	0.0005	-
5	0.0025	2.49875
10	0.0053	4.99735
15	0.0200	7.49000
20	0.0209	9.98955
25	0.0365	12.48175
30	0.0396	14.98020
35	0.0413	17.47935
40	0.0433	19.97835
45	0.0449	22.47755
50	0.0465	24.97675



ภาพประกอบ 3.9 ไอโซเทอร์มการดูดซับอโรฟอสเฟตโดยใช้ถ้ำลอยจากเตาเผาขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นที่พีเอช 10

ตาราง 3.5 ค่าคงที่การดูดซับจากสมการ Freundlich

ชนิดของค่าคงที่	ค่าคงที่
1/n	0.6941
K (มก./ก.)	158.63

สมการ Freundlich

$$X/M = KC^{1/n}$$

หรือ  $\log X/M = \log K_F + 1/n \log C_e$

จากกราฟสมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ สามารถอ่านค่า  $K_F$  และ  $1/n$  ได้

$$1/n = \text{ความชันของเส้นตรง}$$

$$K_F = X/M \text{ (มก./ก.) เมื่อ } C_e = 1 \text{ มก./ล.}$$

ความสามารถในการดูดซับเมื่อความเข้มข้นของสารปนเปื้อนเท่ากับ 1 มก./ล.

ตาราง 3.6 อธิบายความหมายของค่า K และ  $1/n$  จากสมการ Freundlich

$1/n$	K	คำอธิบาย
ต่ำ	สูง	ความสามารถในการดูดซับสูงและจะเปลี่ยนตามความเข้มข้นของสารปนเปื้อนในอัตราระดับหนึ่ง
	ต่ำ	ความสามารถในการดูดซับต่ำในทุกช่วงความเข้มข้น
สูง	สูง	ความสามารถในการดูดซับสูงมากเมื่อความเข้มข้นสูงและความสามารถในการดูดซับจะลดลงอย่างมากเมื่อความเข้มข้นต่ำ
	ต่ำ	ความสามารถในการดูดซับสูงเมื่อความเข้มข้นสูงและความสามารถในการดูดซับต่ำเมื่อความเข้มข้นต่ำ

ที่มา : สิริชิน ตะนุสะ ( 2543 )

จากค่า K และ  $1/n$  ที่อธิบายความสามารถในการดูดซับสาร (ตาราง 3.6) นำมาอธิบายความสามารถในการดูดซับของโพรสเฟตของถ้ำลอยจากเตาเผาขยะที่เกิดขึ้นเมื่อพิจารณาแล้ว พบว่าค่าความชัน ( $1/n$ ) ในการดูดซับของโพรสเฟตของถ้ำลอยจากเตาเผาขยะเกิดมีค่าต่ำ แต่ค่า K ของการดูดซับโดยใช้ถ้ำลอยจากเตาเผาขยะเกิดมีค่าสูง แสดงให้เห็นว่า ถ้ำลอยจากเตาเผาขยะเกิดมีความสามารถในการดูดซับของโพรสเฟตสูง และจะเปลี่ยนความสามารถในการดูดซับตามความเข้มข้นของสารปนเปื้อนในอัตราระดับหนึ่ง

ซึ่งทั้งนี้สรุปได้ว่าถ้ำลอยจากเตาเผาขยะเกิดมีการดูดซับฟอสฟอรัส เป็นการดูดซับทางกายภาพได้ด้วยการศึกษาความสามารถในการดูดซับ พบว่าการดูดซับฟอสฟอรัสด้วยถ้ำลอยจากเตาเผาขยะเกิดเป็นไปตาม Freundlich Isotherm เพราะมีค่า Linear Regression เข้าใกล้ 1 มากที่สุด นั่นคือเป็นรูปแบบของการดูดซับแบบ Multilayer ซึ่งเป็นการดูดซับทางกายภาพนั่นเอง ทั้งนี้ พฤติกรรมการดูดซับแบบนี้มักพบทั่วไปเมื่อการดูดซับนั้นเกิดขึ้นในน้ำเสียสังเคราะห์ (เมตตา เพ็ญผลเจริญ และ ศศิธร แสงฮวด, 2547)

จากนั้นเมื่อนำค่าความสามารถในการดูดซับของถ้ำลอยจากเตาเผาขยะเกิดมาเปรียบเทียบกับความสามารถในการดูดซับฟอสฟอรัสของถ้ำลอยจากแหล่งอื่น ดังแสดงในตารางที่ 3.7 พบว่าถ้ำลอยจากเตาเผาขยะเกิดมีความสามารถในการดูดซับฟอสฟอรัสสูงที่สุด เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับถ้ำลอยถักในตึกจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ ประเทศไทย ถ้ำลอยจากประเทศฟิลิปปินส์ และถ้ำลอยจากประเทศญี่ปุ่น 2 แหล่ง คือ เมืองไอโซโกะ และเมืองธาเกฮารา ที่พีเอชเท่ากับ 10

ตารางที่ 3.7 การเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับฟอสฟอรัสที่พีเอช 10 ของถ้ำลอยจากเตาเผาขยะภูเก็ตกับถ้ำลอยจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะประเทศไทย ถ้ำลอยจากฟิลิปปินส์ และถ้ำลอยจากประเทศญี่ปุ่น (Wongsiri, Haraguchi and Yamada, 2000)

แหล่งของถ้ำลอย	ความสามารถในการดูดซับ (มก./ก.)
เตาเผาขยะภูเก็ต ประเทศไทย	158.63
โรงไฟฟ้าแม่เมาะ ประเทศไทย หน่วยที่ 1	144.00
โรงไฟฟ้าแม่เมาะ ประเทศไทย หน่วยที่ 5	31.50
ฟิลิปปินส์	15.60
เมืองไอโซโกะ ประเทศญี่ปุ่น	15.60
เมืองธากฮารา ประเทศญี่ปุ่น	70.80

### 3.3 การกำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียดิบโดยใช้ถ้ำลอยจากเตาเผาขยะภูเก็ต

จากผลการทดลองในข้อ 3.1 จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอโรฟอสเฟตที่ละลายในน้ำ (มก./ล.) กับความเข้มข้นของแคลเซียมที่ทำให้เกิดปริมาณอโรฟอสเฟตน้อยที่สุด ดังนั้นการทดลองในน้ำเสียดิบในส่วนนี้จึงเป็นการทดสอบความสัมพันธ์ดังกล่าว โดยเก็บตัวอย่างน้ำเสียจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งของบริษัทห้องเย็น โชติวัฒน์ จำกัด (มหาชน) โดยกำหนดจุดเก็บตัวอย่างไว้ 2 ตำแหน่ง คือ น้ำเสียจากกระบวนการผลิตและน้ำเสยรวมของโรงงาน เพื่อเป็นการเปรียบเทียบการกำจัดอโรฟอสเฟต โดยใช้ถ้ำลอยจากเตาเผาขยะภูเก็ตในน้ำเสียที่ได้จากกระบวนการผลิตของโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งและน้ำเสยรวมของโรงงาน ซึ่งตัวอย่างน้ำเสียทั้งหมดจะนำมาศึกษาการกำจัดอโรฟอสเฟตด้วยถ้ำลอยที่พีเอช 10 ระยะเวลาเก็บกัก 30 นาที และความเข้มข้นของแคลเซียมที่ทำให้ได้ในการทดลอง ที่ 3.1 โดยน้ำเสียภายหลังการกำจัดอโรฟอสเฟตจะนำมาตรวจวัดปริมาณอโรฟอสเฟต โดยผลการทดลองในส่วนนี้อาจแบ่งได้เป็น 2 ส่วนตามจุดเก็บตัวอย่างน้ำเสียคือ

#### 3.3.1 น้ำเสียจากกระบวนการผลิต

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสีย มาทดสอบในวันที่ 5 มกราคม 2548 มาวิเคราะห์ลักษณะน้ำเสียจากกระบวนการผลิต พบว่า มีค่าพีเอช 7.03 ความขุ่น 200 NTU และ อโรฟอสเฟต 1.4681 มก./ล.

จากลักษณะน้ำเสียดังกล่าว ทำให้สามารถคำนวณความเข้มข้นของแคลเซียมในการทำปฏิกิริยากับอโรฟอสเฟต คือ 234.25 มก./ล. พบว่า ปริมาณอโรฟอสเฟตหลังการกำจัดด้วยถ้ำลอย เท่ากับ 0.5833 มก./ล. นอกจากนี้ จึงเติมความเข้มข้นของแคลเซียมเป็นสองเท่า พบว่ามีปริมาณอโรฟอสเฟตหลังการกำจัดเท่ากับ 0.5754 มก./ล. ซึ่งมีปริมาณอโรฟอสเฟตในการกำจัดอโรฟอสเฟตต่ำกว่าในน้ำเสียดังเคราะห์ เนื่องจากน้ำเสียดิบมีความเข้มข้นของสารเจือปนในน้ำเสียมากกว่าในน้ำเสียดังเคราะห์โดยจะมีไอออนประจุลบ เช่น ไบคาร์บอเนต และในกระบวนการผลิตมีการเติมสารเคมีที่มีชื่อทางการค้าว่า BL-7 หรือ Sodium Meta Bisulphite ซึ่งมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นซัลเฟต ทำให้ปริมาณไอออนแคลเซียมของถ้ำลอยถูกใช้ไปในการทำปฏิกิริยากับไอออนดังกล่าวเพิ่มขึ้น และปริมาณไอออนของแคลเซียมถูกใช้ไปในการทำปฏิกิริยากับอโรฟอสเฟตน้อยลง ดังนั้นจึงต้องเพิ่มความเข้มข้นของแคลเซียมให้มากขึ้นเพื่อให้การกำจัดอโรฟอสเฟตในน้ำเสียดิบใกล้เคียงกับน้ำเสียดังเคราะห์ โดยออกแบบการทดลองด้วยการเก็บน้ำเสียดังเคราะห์จากกระบวนการผลิต จำนวน 3 ครั้ง แล้วแปรเปลี่ยนความเข้มข้นของแคลเซียมพร้อมทั้งตรวจวัดความเป็นด่างของน้ำ (Alkalinity) มีผลดังนี้

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียดังเคราะห์มาทดสอบในวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2548 24 มีนาคม 2548 และ 28 มีนาคม 2548 โดยมีปริมาณอโรฟอสเฟตอยู่ในช่วง 1.1477 – 1.1731 มก./ล. และความเป็นด่างอยู่ในช่วง 135-156 มก./ล. as CaCO<sub>3</sub> ดังแสดงในตารางที่ 3.7

ตาราง 3.8 ปริมาณอโรฟอสเฟตและความเป็นด่างจากน้ำเสียดังเคราะห์จากกระบวนการผลิตของบริษัทห้องเย็น โชติวัฒน์ จำกัด (มหาชน)

ครั้งที่เก็บ	อโรฟอสเฟต (มก./ล.)	ความเป็นด่าง (มก./ล. as CaCO <sub>3</sub> )
1	1.1477	135
2	1.1501	137
3	1.1731	156

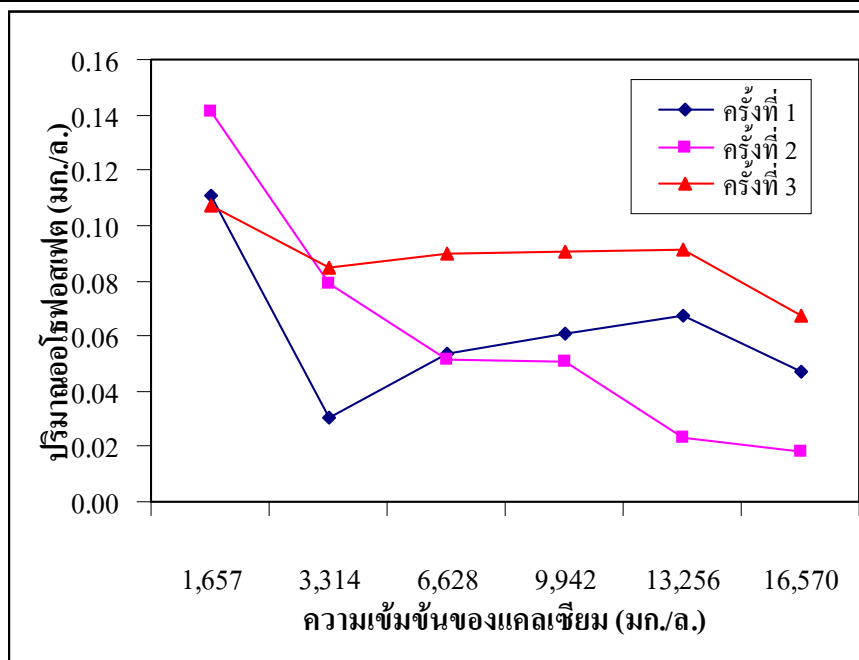
จากนั้นนำน้ำเสียดังเคราะห์มากำจัดอโรฟอสเฟตด้วยถ้ำลอย โดยการแปรเปลี่ยนความเข้มข้นของแคลเซียมตั้งแต่ 1,657 – 16,570 มก./ล. พบว่า ปริมาณอโรฟอสเฟตหลังการกำจัดด้วยถ้ำลอยอยู่ในช่วง 0.0505 - 0.1105 มก./ล. (ดังแสดงในตารางที่ 3.8) ซึ่งจะเห็นได้ว่าการเติมแคลเซียมในปริมาณสูงจะทำให้การกำจัดอโรฟอสเฟตใกล้เคียงกับในสถานะของน้ำเสียดังเคราะห์ อันเนื่องมาจากสารจำพวกคาร์บอเนตไอออนที่มีอยู่ในน้ำเสียดิบ มีผลทำให้การกำจัดอโรฟอสเฟตมีค่าลดลงซึ่งคาร์บอเนตไอออนก็คือความเป็นด่างที่อยู่ในน้ำ (Yamada, et. al., 2000) โดยจากการ



วิเคราะห์ค่าความเป็นด่างในน้ำพบว่าอยู่ในช่วง 135-156 มก./ล. as  $\text{CaCO}_3$  จึงทำให้มีผลต่อการกำจัดอโรฟอสเฟตในน้ำเสียดิบ ปริมาณอโรฟอสเฟตหลังการกำจัดด้วยถ้ำลอยจึงมีค่าสูง อีกทั้งในครั้งที่ 1 และ 3 มีปริมาณอโรฟอสเฟตหลังการกำจัดด้วยถ้ำลอยต่ำกว่าในครั้งที่ 2 ซึ่งเป็นผลมาจากในครั้งที่ 1 และ 3 มีการเติมสารเคมีที่มีชื่อทางการค้าว่า BL-7 ซึ่งมีองค์ประกอบของซัลเฟตทำให้ปริมาณอโรฟอสเฟตสูงขึ้นหลังการกำจัดด้วยถ้ำลอย (ดังรูปที่ 3.10)

ตารางที่ 3.9 ปริมาณอโรฟอสเฟตหลังจากการกำจัดด้วยแคลเซียมที่ความเข้มข้น 1,657–16,570 มก./ล. ในน้ำเสียจากกระบวนการผลิตของบริษัทห้องเย็น โซติวิวัฒน์ จำกัด (มหาชน)

ความเข้มข้นของแคลเซียม (มก./ล.)	ปริมาณอโรฟอสเฟตหลังการกำจัดด้วยถ้ำลอย (มก./ล.)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1,657	0.1105	0.1415	0.1075
3,314	0.0306	0.0787	0.0846
6,628	0.0534	0.0514	0.0901
9,942	0.0608	0.0505	0.0908
13,256	0.0671	0.0235	0.0912
16,570	0.0474	0.0179	0.0672



ภาพประกอบ 3.10 ปริมาณอโรฟอสเฟตหลังจากการกำจัดด้วยแคลเซียมที่ความเข้มข้น 1,657– 16,570 มก./ล. ในน้ำเสียจากกระบวนการผลิตของบริษัทห้องเย็น โซติวิวัฒน์ จำกัด (มหาชน)

### 3.2.2 น้ำเสี้ยวรวมของโรงงาน

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสี้ยวจากทุกส่วนของโรงงานมาทดสอบในวันที่ 5 มกราคม 2548 มาวิเคราะห์ลักษณะน้ำเสี้ยวรวมของโรงงาน พบว่า มีค่าพีเอช 7.03 ความขุ่น 150 NTU และ ออโรฟอสเฟต 1.2789 มก./ล.

ทำการคำนวณความเข้มข้นของแคลเซียมในการทำปฏิกิริยากับออโรฟอสเฟต คือ 211.93 มก./ล. พบว่าปริมาณออโรฟอสเฟตหลังการกำจัดด้วยเถ้าลอย เท่ากับ 1.0376 มก./ล. จึงเพิ่มความเข้มข้นของแคลเซียมเป็นสองเท่าพบว่าปริมาณออโรฟอสเฟตเท่ากับ 0.9149 มก./ล. ซึ่งมีปริมาณออโรฟอสเฟตสูงกว่าในน้ำเสี้ยวสังเคราะห์ เห็นได้ว่าการกำจัดออโรฟอสเฟตของน้ำเสี้ยวรวมของโรงงาน มีรูปแบบเหมือนกับน้ำเสี้ยวจากกระบวนการผลิตจึงออกแบบการทดลองเหมือนกับในน้ำเสี้ยวจากกระบวนการผลิต ด้วยการเก็บน้ำเสี้ยวรวมของโรงงาน จำนวน 3 ครั้ง แล้วแปรเปลี่ยนความเข้มข้นของแคลเซียมพร้อมทั้งตรวจวัดความเป็นด่างของน้ำ (Alkalinity)

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสี้ยวรวมของโรงงานมาทดสอบ ในวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2548 24 มีนาคม 2548 และ 28 มีนาคม 2548 โดยมีปริมาณออโรฟอสเฟตอยู่ในช่วง 1.9466 – 2.1357 มก./ล. และความเป็นด่างอยู่ในช่วง 330-430 มก./ล. as CaCO<sub>3</sub> ดังแสดงในตารางที่ 3.9

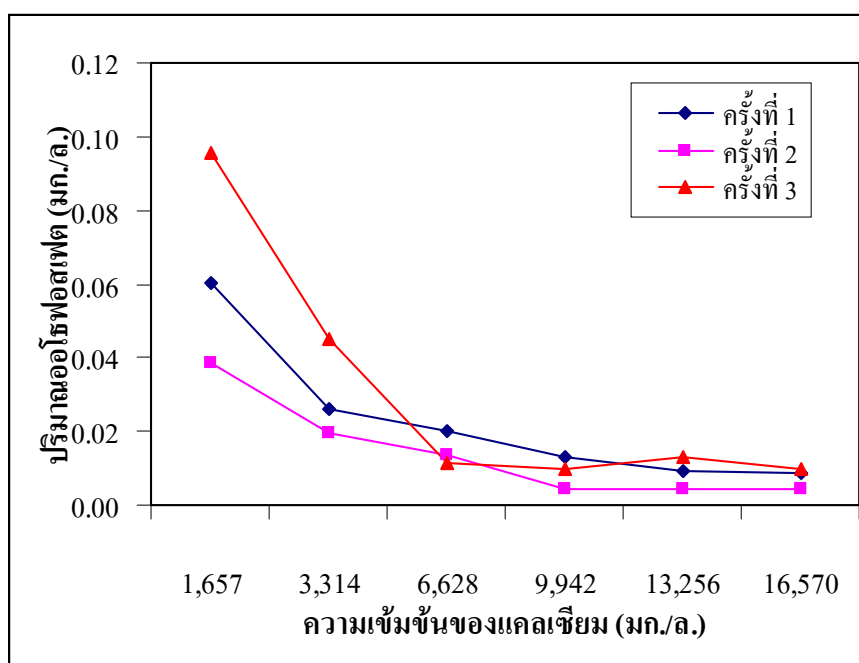
ตาราง 3.10 ปริมาณออโรฟอสเฟตและความเป็นด่างจากน้ำเสี้ยวรวมของโรงงาน  
ของบริษัทห้องเย็นโซติวัฒน์ จำกัด (มหาชน)

ครั้งที่เก็บ	ออโรฟอสเฟต (มก./ล.)	ความเป็นด่าง (มก./ล. as CaCO <sub>3</sub> )
1	1.9466	330
2	2.1357	430
3	2.0464	372

จากการนำน้ำเสี้ยวมากำจัดออโรฟอสเฟตด้วยเถ้าลอย โดยการแปรเปลี่ยนความเข้มข้นของแคลเซียมตั้งแต่ 1,657 – 16,570 มก./ล. พบว่า มีปริมาณออโรฟอสเฟตหลังการกำจัดด้วยเถ้าลอยอยู่ในช่วง 0.0086 – 0.0953 มก./ล. (ดังแสดงในตาราง ที่ 3.10) และความเป็นด่างอยู่ในช่วง 330-430 มก./ล. as CaCO<sub>3</sub> จึงมีผลทำให้กำจัดออโรฟอสเฟตลดลงเช่นเดียวกับในน้ำเสี้ยวจากกระบวนการผลิต อีกทั้งในครั้งที่ 1 และ 3 มีการเติมสารเคมีที่มีชื่อทางการค้าว่า BL-7 ซึ่งมีองค์ประกอบของซัลเฟตส่วนใหญ่ แต่เนื่องจาก BL-7 ถูกเจือจางด้วยน้ำเสี้ยวจากส่วนอื่นของโรงงาน จึงทำให้ BL-7 ไม่มีผลต่อการกำจัดออโรฟอสเฟตในน้ำเสี้ยวรวมของโรงงานด้วยเถ้าลอย (ดังรูปที่ 3.11)

ตารางที่ 3.11 ปริมาณอโรฟอสเฟตหลังจากการกำจัดด้วยแคลเซียมที่ความเข้มข้น 1,657–16,570 มก./ล. ในน้ำเสียรวมของโรงงานของบริษัทห้องเย็นโซติวิวัฒน์ จำกัด (มหาชน)

ความเข้มข้นของ แคลเซียม (มก./ล.)	ปริมาณอโรฟอสเฟตหลังการกำจัดด้วยถ้ำลอย (มก./ล.)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1,657	0.0605	0.0388	0.0953
3,314	0.0260	0.0195	0.0452
6,628	0.0200	0.0135	0.0115
9,942	0.0128	0.0044	0.0096
13,256	0.0090	0.0046	0.0133
16,570	0.0086	0.0045	0.0098



ภาพประกอบ 3.11 ปริมาณอโรฟอสเฟตหลังจากการกำจัดด้วยแคลเซียมที่ความเข้มข้น 1,657–16,570 มก./ล. ในน้ำเสียรวมของโรงงานของบริษัทห้องเย็น โซติวิวัฒน์ จำกัด (มหาชน)

คุณสมบัติของน้ำเสียดิบโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งของบริษัทห้องเย็น โชคดีวัฒน์ จำกัด (มหาชน) ที่ใช้ระหว่างการทดลอง คือ น้ำเสียจากกระบวนการผลิต มีค่าพีเอช 7.03 ความขุ่น 200 NTU และอโรฟอสเฟต 1.4681 มก./ล. ในขณะที่น้ำเสียรวมของโรงงานมีค่าพีเอช 7.03 ความขุ่น 150 NTU และอโรฟอสเฟต 1.2789 มก./ล. จากการคำนวณโดยใช้ผลการทดลองของน้ำเสียดิบจะต้องการความเข้มข้นของแคลเซียม 234.25 มก./ล. สำหรับน้ำเสียจากกระบวนการผลิตและ 211.93 มก./ล. สำหรับน้ำเสียรวมของโรงงาน พบว่าปริมาณอโรฟอสเฟต เท่ากับ 0.5833 มก./ล. และ 1.0376 มก./ล. สำหรับน้ำเสียจากกระบวนการผลิตและน้ำเสียรวมของโรงงานตามลำดับ ซึ่งปริมาณอโรฟอสเฟตสูงเมื่อเทียบกับผลการทดลองของน้ำเสียดิบจะ ต้องการ จึงทำการทดลองด้วยการเก็บน้ำเสียดิบจำนวน 3 ครั้ง แล้วแปรเปลี่ยนความเข้มข้นของแคลเซียมพร้อมทั้งตรวจวัดความเป็นด่างของน้ำ (Alkalinity) พบว่ามีปริมาณอโรฟอสเฟตหลังการกำจัดด้วยถ้ำลอยอยู่ในช่วง 0.0505 - 0.1105 มก./ล. ในน้ำเสียดิบจากกระบวนการผลิตและอยู่ในช่วง 0.0086 – 0.0953 มก./ล. ในน้ำเสียรวมของโรงงาน โดยที่ในกระบวนการผลิตมีการเติมสารเคมี BL-7 ซึ่งมีองค์ประกอบของซัลเฟตเป็นส่วนใหญ่ ทำให้การกำจัดอโรฟอสเฟตหลังการกำจัดด้วยถ้ำลอยลดลงในน้ำเสียดิบจากกระบวนการผลิต แต่เนื่องจากสารเคมี BL-7 ถูกเจือจางด้วยน้ำเสียดิบจากส่วนอื่นของโรงงานทำให้มีปริมาณน้อย จึงไม่มีผลต่อการกำจัดอโรฟอสเฟตในน้ำเสียรวมของโรงงานด้วยถ้ำลอย ดังนั้นสรุปได้ว่า ความเข้มข้นของแคลเซียมจากการคำนวณสามารถใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติได้ แต่ถ้ำเพิ่มปริมาณให้สูงขึ้นทำให้ปริมาณอโรฟอสเฟตลดลงมาก นั่นคือการกำจัดฟอสฟอรัสจากน้ำเสียดิบก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งช่วยลดปริมาณฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำธรรมชาติให้ต่ำที่สุด เพื่อเป็นการป้องกันปัญหามลพิษทางน้ำที่จะเกิดขึ้นจากปริมาณฟอสฟอรัสโดยจะให้ผลดีทั้งในด้านการกำจัดฟอสฟอรัส และทางเศรษฐกิจในด้านการนำถ้ำลอยจากเตาเผาขยะกลับมาเพิ่มมูลค่า พร้อมทั้งยืดระยะเวลาของพื้นที่ในการฝังกลบถ้ำลอยซึ่งเป็นการลดอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมทางหนึ่ง อีกทั้งการนำถ้ำลอยจากเตาเผาขยะกลับมาใช้ประโยชน์จะไม่ส่งผลกระทบต่อผู้ใช้และแหล่งน้ำตามธรรมชาติ เมื่อมีการปล่อยน้ำเสียดิบที่ผ่านการกำจัดฟอสฟอรัสด้วยถ้ำลอยจากเตาเผาขยะเกิดขึ้น อันเนื่องมาจากในถ้ำลอยจากเตาเผาขยะมีโลหะหนักปนเปื้อนแต่ก็พบในปริมาณที่ต่ำมากจนไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (สินีนานู พวงมณี, 2547)