

**ภาคผนวก ก.**

**รายการตารางประกอบการทดลอง**

**ข้อมูลผลการทดลองการกำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ถ้ำลอย**  
**ความเข้มข้นแคลเซียมที่เหมาะสมในการกำจัดฟอสฟอรัส**

ตารางภาคผนวก 1 การกำจัดออร์โธฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่มีความขุ่นที่ความเข้มข้น  
 ของแคลเซียม 1,657 มก./ล. โดยมีความเข้มข้นออร์โธฟอสเฟตเริ่มต้น 10 มก./ล.

ระยะเวลาการเก็บกัก (นาที)	ปริมาณออร์โธฟอสเฟต (มก./ล.)	% การกำจัด ออร์โธฟอสเฟต
5	1.0841	89.15
10	0.9241	90.75
15	0.3610	96.09
20	0.2698	97.30
25	0.2540	97.46
30	0.1071	98.29

ตารางภาคผนวก 2 การกำจัดออร์โธฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่มีความขุ่นที่ความเข้มข้น  
 ของแคลเซียม 3,314 มก./ล. โดยมีความเข้มข้นออร์โธฟอสเฟตเริ่มต้น 10 มก./ล.

ระยะเวลาการเก็บกัก (นาที)	ปริมาณออร์โธฟอสเฟต (มก./ล.)	% การกำจัด ออร์โธฟอสเฟต
5	1.0650	89.35
10	0.3603	96.39
15	0.3222	96.77
20	0.1929	98.07
25	0.0212	99.78
30	0.0048	99.95

ตารางภาคผนวก 3 การกำจัดอโรพอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่มีความขุ่นที่ความเข้มข้น  
ของแคลเซียม 8,285 มก./ล. โดยมีความเข้มข้นอโรพอสเฟตเริ่มต้น 10 มก./ล.

ระยะเวลาการเก็บกัก (นาทีก)	ปริมาณอโรพอสเฟต (มก./ล.)	% การกำจัด ออโรพอสเฟต
5	0.9492	90.50
10	0.9241	90.75
15	0.7127	92.87
20	0.0571	99.42
25	0.0180	99.82
30	0.0071	99.92

ตารางภาคผนวก 4 การกำจัดอโรพอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่มีความขุ่นที่ความเข้มข้น  
ของแคลเซียม 16,570 มก./ล. โดยมีความเข้มข้นอโรพอสเฟตเริ่มต้น 10 มก./ล.

ระยะเวลาการเก็บกัก (นาทีก)	ปริมาณอโรพอสเฟต (มก./ล.)	% การกำจัด ออโรพอสเฟต
5	0.9061	90.93
10	0.3889	96.11
15	0.2381	97.61
20	0.1571	98.42
25	0.1864	98.13
30	0.0055	99.94

ตารางภาคผนวก 5 การกำจัดอโรฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความขุ่นที่ความเข้มข้น  
ของแคลเซียม 1,657 มก./ล. โดยมีความเข้มข้นอโรฟอสเฟตเริ่มต้น 10 มก./ล.

ระยะเวลาการเก็บกัก (นาที)	ปริมาณอโรฟอสเฟต (มก./ล.)	% การกำจัด อโรฟอสเฟต
5	0.1905	98.03
10	0.1333	98.66
15	0.0429	99.57
20	0.0302	99.69
25	0.0252	99.74
30	0.0218	99.78

ตารางภาคผนวก 6 การกำจัดอโรฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความขุ่นที่ความเข้มข้น  
ของแคลเซียม 3,314 มก./ล. โดยมีความเข้มข้นอโรฟอสเฟตเริ่มต้น 10 มก./ล.

ระยะเวลาการเก็บกัก (นาที)	ปริมาณอโรฟอสเฟต (มก./ล.)	% การกำจัด อโรฟอสเฟต
5	0.2857	97.41
10	0.2143	97.85
15	0.1429	98.57
20	0.0651	99.34
25	0.0521	99.47
30	0.0423	99.57

ตารางภาคผนวก 7 การกำจัดอโรฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความขุ่นที่ความเข้มข้น  
ของแคลเซียม 8,285 มก./ล. โดยมีความเข้มข้นอโรฟอสเฟตเริ่มต้น 10 มก./ล.

ระยะเวลาการเก็บกัก (นาทีก)	ปริมาณอโรฟอสเฟต (มก./ล.)	% การกำจัด อโรฟอสเฟต
5	0.9238	90.07
10	0.2810	97.19
15	0.1429	98.57
20	0.0620	99.38
25	0.0520	99.48
30	0.0430	99.57

ตารางภาคผนวก 8 การกำจัดอโรฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความขุ่นที่ความเข้มข้น  
ของแคลเซียม 16,570 มก./ล. โดยมีความเข้มข้นอโรฟอสเฟตเริ่มต้น 10 มก./ล.

ระยะเวลาการเก็บกัก (นาทีก)	ปริมาณอโรฟอสเฟต (มก./ล.)	% การกำจัด อโรฟอสเฟต
5	0.4952	95.04
10	0.1801	98.19
15	0.0820	99.18
20	0.0650	99.35
25	0.0420	99.58
30	0.0290	99.71

ระยะเวลาที่เหมาะสมในการกำจัดฟอสฟอรัส

น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นฟอสฟอรัส 5 มก./ล ที่ระยะเก็บกักต่าง ๆ

ตารางภาคผนวก 9 การกำจัดอโรฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่มีความขุ่น

ที่ระยะเวลาเก็บกักต่าง ๆ โดยมีความเข้มข้นอโรฟอสเฟตเริ่มต้น 5 มก./ล.

ระยะเวลาการเก็บกัก (นาที)	ปริมาณอโรฟอสเฟต (มก./ล.)	% การกำจัด อโรฟอสเฟต
10	0.0077	99.85
20	0.0073	99.85
30	0.0012	99.98
40	0.0037	99.93
50	0.0052	99.90
60	0.0057	99.89
80	0.0087	99.83
100	0.0142	99.72
120	0.0225	99.55
140	0.0311	99.38
160	0.0455	99.09
180	0.0667	98.67

ตารางภาคผนวก 10 การกำจัดอโรฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความขุ่น

ที่ระยะเวลาเก็บกักต่าง ๆ โดยมีความเข้มข้นอโรฟอสเฟตเริ่มต้น 5 มก./ล.

ระยะเวลาการเก็บกัก (นาที)	ปริมาณอโรฟอสเฟต (มก./ล.)	% การกำจัด อโรฟอสเฟต
10	0.0072	99.86
20	0.0050	99.90
30	0.0026	99.95
40	0.0036	99.93
50	0.0046	99.91
60	0.0069	99.86
80	0.0107	99.79

ตารางภาคผนวก 10 (ต่อ)

ระยะเวลาการเก็บกัก (นาที)	ปริมาณอโรฟอสเฟต (มก./ล.)	% การกำจัด อโรฟอสเฟต
100	0.0148	99.70
120	0.0251	99.50
140	0.0329	99.34
160	0.0433	99.13
180	0.0709	98.58

ตารางภาคผนวก 11 การกำจัดอโรฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่มีความขุ่น  
ที่ระยะเวลาเก็บกักต่าง ๆ โดยมีความเข้มข้นอโรฟอสเฟตเริ่มต้น 10 มก./ล.

ระยะเวลาการเก็บกัก (นาที)	ปริมาณอโรฟอสเฟต (มก./ล.)	% การกำจัด อโรฟอสเฟต
10	0.0083	99.92
20	0.0061	99.94
30	0.0011	99.99
40	0.0048	99.95
50	0.0060	99.94
60	0.0086	99.91
80	0.0133	99.87
100	0.0163	99.84
120	0.0254	99.75
140	0.0326	99.67
160	0.0455	99.55
180	0.0697	99.30

ตารางภาคผนวก 12 การกำจัดออร์ฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความขุ่น  
ที่ระยะเวลาเก็บกักต่าง ๆ โดยมีความเข้มข้นออร์ฟอสเฟตเริ่มต้น 10 มก./ล.

ระยะเวลาการเก็บกัก (นาที)	ปริมาณออร์ฟอสเฟต (มก./ล.)	% การกำจัด ออร์ฟอสเฟต
10	0.0105	99.90
20	0.0057	99.94
30	0.0006	99.99
40	0.0048	99.95
50	0.0059	99.94
60	0.0073	99.93
80	0.0114	99.89
100	0.0184	99.82
120	0.0192	99.81
140	0.0291	99.71
160	0.0421	99.58
180	0.0655	99.35

ตารางภาคผนวก 13 การกำจัดออร์ฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่มีความขุ่น  
ที่ระยะเวลาเก็บกักต่าง ๆ โดยมีความเข้มข้นออร์ฟอสเฟตเริ่มต้น 20 มก./ล.

ระยะเวลาการเก็บกัก (นาที)	ปริมาณออร์ฟอสเฟต (มก./ล.)	% การกำจัด ออร์ฟอสเฟต
10	0.0087	99.96
20	0.0047	99.98
30	0.0025	99.99
40	0.0034	99.98
50	0.0059	99.97
60	0.0071	99.96
80	0.0095	99.95
100	0.0182	99.91
120	0.0301	99.85



ตารางภาคผนวก 13 (ต่อ)

ระยะเวลาการเก็บกัก (นาที)	ปริมาณอโรฟอสเฟต (มก./ล.)	% การกำจัด อโรฟอสเฟต
140	0.0366	99.82
160	0.0433	99.78
180	0.0729	99.64

ตารางภาคผนวก 14 การกำจัดอโรฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความขุ่น  
ที่ระยะเวลาเก็บกักต่าง ๆ โดยมีความเข้มข้นอโรฟอสเฟตเริ่มต้น 20 มก./ล.

ระยะเวลาการเก็บกัก (นาที)	ปริมาณอโรฟอสเฟต (มก./ล.)	% การกำจัด อโรฟอสเฟต
10	0.0092	99.95
20	0.0037	99.98
30	0.0015	99.99
40	0.0032	99.98
50	0.0043	99.98
60	0.0085	99.96
80	0.0105	99.95
100	0.0178	99.91
120	0.0268	99.87
140	0.0329	99.84
160	0.0423	99.79
180	0.0734	99.63

**พีเอชที่เหมาะสมในการกำจัดฟอสฟอรัส**

ตารางภาคผนวก 15 การกำจัดออร์โธฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่มีความขุ่น

ที่พีเอชต่าง ๆ โดยมีความเข้มข้นออร์โธฟอสเฟตเริ่มต้น 5 มก./ล.

พีเอช	ปริมาณออร์โธฟอสเฟต (มก./ล.)	% การกำจัด ออร์โธฟอสเฟต
5	2.0068	59.86
6	1.8220	63.56
7	1.4278	71.44
8	1.0715	78.57
9	0.4541	90.92
10	0.0025	99.95

ตารางภาคผนวก 16 การกำจัดออร์โธฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความขุ่น

ที่พีเอชต่าง ๆ โดยมีความเข้มข้นออร์โธฟอสเฟตเริ่มต้น 5 มก./ล.

พีเอช	ปริมาณออร์โธฟอสเฟต (มก./ล.)	% การกำจัด ออร์โธฟอสเฟต
5	2.0022	59.96
6	1.8133	63.73
7	1.3914	72.17
8	0.9788	80.42
9	0.4537	90.93
10	0.0029	99.94

ตารางภาคผนวก 17 การกำจัดออร์ฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่มีไขมัน  
ที่พีเอชต่าง ๆ โดยมีความเข้มข้นออร์ฟอสเฟตเริ่มต้น 10 มก./ล.

พีเอช	ปริมาณออร์ฟอสเฟต (มก./ล.)	% การกำจัด ออร์ฟอสเฟต
5	5.0226	49.77
6	4.0237	59.76
7	3.1329	68.67
8	2.0029	79.97
9	0.9934	90.07
10	0.0037	99.96

ตารางภาคผนวก 18 การกำจัดออร์ฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีไขมัน  
ที่พีเอชต่าง ๆ โดยมีความเข้มข้นออร์ฟอสเฟตเริ่มต้น 10 มก./ล.

พีเอช	ปริมาณออร์ฟอสเฟต (มก./ล.)	% การกำจัด ออร์ฟอสเฟต
5	5.1226	48.77
6	4.1987	58.01
7	3.1222	68.78
8	2.0326	79.67
9	0.8373	91.63
10	0.0049	99.95

ตารางภาคผนวก 19 การกำจัดออร์ฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่มีไขมัน  
ที่พีเอชต่าง ๆ โดยมีความเข้มข้นออร์ฟอสเฟตเริ่มต้น 20 มก./ล.

พีเอช	ปริมาณออร์ฟอสเฟต (มก./ล.)	% การกำจัด ออร์ฟอสเฟต
5	9.0654	54.67
6	8.1267	59.37
7	5.9018	70.49
8	3.5822	82.09
9	1.9067	90.47
10	0.0086	99.96

ตารางภาคผนวก 20 การกำจัดออร์ฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีไขมัน  
ที่พีเอชต่าง ๆ โดยมีความเข้มข้นออร์ฟอสเฟตเริ่มต้น 20 มก./ล.

พีเอช	ปริมาณออร์ฟอสเฟต (มก./ล.)	% การกำจัด ออร์ฟอสเฟต
5	8.5678	57.16
6	7.5345	62.33
7	5.5511	72.24
8	2.8426	85.79
9	1.5043	92.48
10	0.0051	99.97

### ข้อมูลผลการทดลองการกำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียดิบโดยใช้ถ้ำลอย

การทดลองในวันที่ 5 มกราคม 2548

ตารางภาคผนวก 21 การกำจัดออร์โธฟอสเฟตในน้ำเสียดิบที่ความเข้มข้นของแคลเซียมตามสถานะของน้ำเสียสังเคราะห์

บริเวณที่เก็บน้ำเสีย	ปริมาณ ออร์โธฟอสเฟต ก่อนการกำจัด(มก./ล.)	ปริมาณ ออร์โธฟอสเฟต หลังการกำจัด (มก./ล.)	ประสิทธิภาพ ในการกำจัดออร์โธ ฟอสเฟต( ร้อยละ )
น้ำเสียจากกระบวนการผลิต	1.4681	0.5833	60.26
น้ำเสียรวมของโรงงาน	1.2789	1.0376	18.86

ตารางภาคผนวก 22 การกำจัดออร์โธฟอสเฟตในน้ำเสียดิบที่ความเข้มข้นของแคลเซียมเป็นสองเท่าของสถานะของน้ำเสียสังเคราะห์

บริเวณที่เก็บน้ำเสีย	ปริมาณ ออร์โธฟอสเฟต ก่อนการกำจัด(มก./ล.)	ปริมาณ ออร์โธฟอสเฟต หลังการกำจัด (มก./ล.)	ประสิทธิภาพ ในการกำจัดออร์โธ ฟอสเฟต( ร้อยละ )
น้ำเสียจากกระบวนการผลิต	1.4681	0.5754	60.80
น้ำเสียรวมของโรงงาน	1.2789	0.9149	28.46

การทดลองในวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2548 , 24 มีนาคม 2548 และ 28 มีนาคม 2548

ตารางภาคผนวก 23 การกำจัดออร์โธฟอสเฟตในน้ำเสียจากกระบวนการผลิตที่ความเข้มข้นของแคลเซียม 1,657 – 16,570 มิลลิกรัม/ลิตร

วันที่	ปริมาณ ถ้ำลอย (กรัม)	ปริมาณ ออร์โธฟอสเฟต ก่อนการกำจัด(มก./ล.)	ปริมาณ ออร์โธฟอสเฟต หลังการกำจัด (มก./ล.)	ประสิทธิภาพ ในการกำจัดออร์โธ ฟอสเฟต( ร้อยละ )
24 กพ. 48	1	1.1477	0.1105	90.37
	2	1.1477	0.0306	97.34
	4	1.1477	0.0534	95.35
	6	1.1477	0.0608	94.70
	8	1.1477	0.0671	94.15
	10	1.1477	0.0474	95.87

ตารางภาคผนวก 23 (ต่อ)

วันที่	ปริมาณ ถ้ำลอย (กรัม)	ปริมาณ ออโรฟอสเฟต ก่อนการกำจัด(มก./ล.)	ปริมาณ ออโรฟอสเฟต หลังการกำจัด (มก./ล.)	ประสิทธิภาพ ในการกำจัดออโร ฟอสเฟต( ร้อยละ )
24 มีค. 48	1	1.1501	0.1415	90.63
	2	1.1501	0.0787	94.79
	4	1.1501	0.0514	96.59
	6	1.1501	0.0505	96.66
	8	1.1501	0.0235	98.44
	10	1.1501	0.0179	98.81
28 มีค. 48	1	1.1731	0.1075	90.83
	2	1.1731	0.0846	92.79
	4	1.1731	0.0901	92.32
	6	1.1731	0.0908	92.26
	8	1.1731	0.0912	92.23
	10	1.1731	0.0672	94.27

ตารางภาคผนวก 24 การกำจัดออโรฟอสเฟตในน้ำเสียรวมของโรงงานที่ความเข้มข้นของ  
แคลเซียม 1,657 – 16,570 มิลลิกรัม/ลิตร

วันที่	ปริมาณ ถ้ำลอย (กรัม)	ปริมาณ ออโรฟอสเฟต ก่อนการกำจัด(มก./ล.)	ปริมาณ ออโรฟอสเฟต หลังการกำจัด (มก./ล.)	ประสิทธิภาพ ในการกำจัดออโร ฟอสเฟต( ร้อยละ )
24 กพ. 48	1	1.9466	0.0605	96.89
	2	1.9466	0.0260	98.66
	4	1.9466	0.0200	98.97
	6	1.9466	0.0128	99.34
	8	1.9466	0.0090	99.54
	10	1.9466	0.0086	99.56

ตารางภาคผนวก 24 (ต่อ)

วันที่	ปริมาณ ถ้ำลอย (กรัม)	ปริมาณ ออโรฟอสเฟต ก่อนการกำจัด(มก./ล.)	ปริมาณ ออโรฟอสเฟต หลังการกำจัด (มก./ล.)	ประสิทธิภาพ ในการกำจัดออโร ฟอสเฟต( ร้อยละ )
24 มีค. 48	1	2.1357	0.0388	98.18
	2	2.1357	0.0195	99.09
	4	2.1357	0.0135	99.37
	6	2.1357	0.0044	99.80
	8	2.1357	0.0046	99.78
	10	2.1357	0.0045	99.79
28 มีค. 48	1	2.0464	0.0953	95.34
	2	2.0464	0.0452	97.79
	4	2.0464	0.0115	99.44
	6	2.0464	0.0096	99.53
	8	2.0464	0.0133	99.35
	10	2.0464	0.0098	99.52

ภาคผนวก ข.  
วิธีการวิเคราะห์



## วิธีการวิเคราะห์

### พีเอช (pH) โดยวิธี เครื่องวัดพีเอช

#### เครื่องมือ

1. เครื่องวัดพีเอช
2. บีกเกอร์

#### น้ำยาเคมี

สารละลายมาตรฐานที่ทราบค่าพีเอชแน่นอน ควรใช้พีเอช 2 ค่า ที่ใกล้เคียงกับค่าพีเอชของตัวอย่างที่จะทำการวัด โดยใช้สารละลายมาตรฐานที่ 1 มีค่าพีเอชที่ต่ำกว่าและสารละลายมาตรฐานที่ 2 มีค่าพีเอชสูงกว่าพีเอชของน้ำตัวอย่าง แต่ในกรณีที่พีเอชของน้ำตัวอย่างไม่สูงหรือต่ำกว่าเกินไป อาจใช้สารละลายมาตรฐานเดียวในการปรับเครื่องมือ

#### วิธีทำ

1. ล้างอิเล็กโทรดให้สะอาดด้วยน้ำกลั่น ซับให้แห้ง (ผู้ตรวจวัดต้องทำอย่างนี้ทุกครั้งที่จะทำการวัดสารละลายใหม่)
2. ปรับเครื่องมือให้ได้มาตรฐาน (ตามวิธีการใช้คู่มือ) โดยใช้สารละลายมาตรฐานที่พีเอชต่ำครั้งหนึ่ง
3. ทำการวัดพีเอชของตัวอย่างน้ำ ซึ่งได้ทำการปรับอุณหภูมิให้ใกล้เคียงกับอุณหภูมิของสารละลายมาตรฐานแล้ว

## 2. ความขุ่น โดยวิธี Nephelometric Method

#### เครื่องมือ

เครื่องวัดความขุ่นแบบกระเป่าหิ้ว ซึ่งสะดวกในการฝีกออกภาคสนาม ต้องทำการปรับเทียบ กับมาตรฐานปฐมภูมิคือฟาร์มาซินก่อน เพื่อให้ทราบค่าที่แน่นอนเรียนกว่าการกำหนดค่าที่แน่นอนของความขุ่นของหลอดแก้วที่มีฝาปิด สำหรับใช้ใส่ตัวอย่างนั้นจะต้องไม่มีสี ใสสะอาด และ ไม่มีรอยขีดข่วน

#### วิธีทำ

1. การปรับเทียบเครื่อง (calibrating the turbidimeter) ด้วยสารละลายความขุ่นมาตรฐานที่ความขุ่น 1 และ 10 NTU ให้เปิดสวิตช์ CAL การปรับเทียบเครื่องตามรายละเอียดในหนังสือคู่มือ ใช้ น้ำกลั่นเป็นแบลนด์ เมื่อเปรียบเทียบเครื่องครบทั้ง 3 ความเข้มข้นแล้วให้กดปุ่ม CAL อีกครั้ง เพื่อ

เครื่องมือจะได้เก็บรวบรวมข้อมูลของการเปรียบเทียบ ตอนนี้เครื่องมือกลับไปอยู่ในขั้นตอนของการวัดและพร้อมที่จะใช้ข้อมูลนี้ในการวัดความขุ่น

2. การวัดความขุ่นของตัวอย่าง ให้เทตัวอย่างน้ำซึ่งเขย่าจนเข้ากันได้อย่างดีลงในหลอดสำหรับวัดจนถึงขีดที่กำหนด ปิดฝา ระวังอย่าให้มีฟองอากาศ ระวังอย่าให้มีฟองอากาศในขวดวัด ใส่ในช่องวัด ปิดฝา กดปุ่ม read อ่านค่าความขุ่นที่ได้เป็น NTU

### 3. ออโรฟอสเฟต โดยวิธี Vanadomolybdophosphoric acid method

เครื่องมือ

spectrophotometer ที่ 400 – 490

น้ำยาเคมี

1. สารละลายฟีนอล์ฟทาลีนอินดิเคเตอร์
2. conc.HCl
3. Activated carbon
4. Vanadate-molybdate reagent

- สารละลาย A : ละลาย 25 กรัมแอมโมเนียมโมลิบเดต  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$  ในน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร

- สารละลาย B : ละลาย 1.25 กรัม แอมโมเนียมแมตคเวนาคเต  $\text{NH}_4\text{VO}_3$  โดยการต้มให้เดือดในน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร ทำให้เย็นแล้วเติม conc.HCl 330 มิลลิลิตร

ทั้งสารละลาย B ให้เย็นจนเท่ากับอุณหภูมิห้อง เทสารละลาย A ลงในหลอดแก้ว B แล้วเติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1 ลิตร

5. สารละลายมาตรฐานฟอสเฟต : ละลาย 219.5 มิลลิกรัม  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (anhydrous) เติมน้ำกลั่นจนครบ 1,000 มิลลิลิตร 1 มิลลิลิตรของสารละลายนี้ = 50.0 ไมโครกรัม  $\text{PO}_4\text{-P}$

วิธีการหา

1. การปรับพีเอชของตัวอย่าง : ถ้าตัวอย่างมีพีเอชสูงกว่า 10 ให้เติมฟีนอล์ฟทาลีน 1 หยด ลงในน้ำตัวอย่าง 50.0 มิลลิลิตร เติม HCl 1+1 จนกระทั่งสีชมพูหายไป เจือจางด้วยน้ำกลั่นจนได้ 100 มิลลิลิตร

2. การกำจัดสีจากตัวอย่าง : ทำได้โดยเขย่าตัวอย่าง 50 มิลลิลิตร ด้วย activated carbon 200 มิลลิกรัม ( Darco G 60 ) ในขวดรูปกรวย 5 นาที กรองด้วยกระดาษกรองของ Whatman No. 42 เพื่อขจัดคาร์บอนให้ตรวจดูฟอสเฟตจากคาร์บอนด้วย เพราะอาจทำให้ค่า reagent blank สูง

3. การทำให้ตัวอย่างเกิดสี : นำตัวอย่าง 35 มิลลิลิตร หรือน้อยกว่านี้ (มี 50 – 1,000 ไมโครกรัม P) ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร เติมน้ำยาแวนนาเดทโมลิบเดท 10 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนถึงขีดบนขวด ทำแบลลงค์โดยใช้น้ำกลั่นแทน ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที (นับจากเวลาที่เติมน้ำยาแวนนาเดทโมลิบเดท) วัดค่า ABS ของตัวอย่างเทียบกับแบลลงค์ที่ความยาวคลื่น 400 – 490 nm ขึ้นอยู่กับ sensitive ที่ต้องการสีที่เกิดจะอยู่ตัวได้หลายวัน และความเข้มข้นของสีไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากอุณหภูมิห้องเลย

4. เตรียม calibration curve : โดยปิเปตสารละลายมาตรฐานฟอสเฟต (50 ไมโครกรัมต่อ มิลลิลิตร) 20 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 1 ลิตร เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 ลิตร เขย่าให้เข้ากัน สารละลายนี้จะมีค่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัส 1 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ต่อไปให้ปิเปตสารละลายที่เตรียมใหม่นี้ 0, 2, 5, 10, 30 และ 50 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปกรวยขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 50 มิลลิลิตรทุกขวด จะได้อนุกรมของฟอสเฟตที่มีความเข้มข้น 0, 2, 5, 10, 30 และ 50 ไมโครกรัม หรือ 0, 40, 100, 200, 600 และ 1,000 ไมโครกรัมต่อลิตรตามลำดับใช้สารละลายเหล่านี้ในการเตรียม standard curve ของฟอสเฟตโดยทำตามวิธีการหาในข้อ 3 ทุกอย่าง การคำนวณ

$$\text{Mg P/I} = \frac{\text{Mg P (in 50 ml final volume)} \times 1,000}{\text{ml sample}}$$

#### 4. ความเป็นด่าง (Alkalinity) โดยวิธี Direct Titration Method

##### เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องวัดความเป็นกรดด่าง
2. บิวเรตขนาด 50 มิลลิลิตรและขาตั้งบิวเรต อย่างละ 2 อัน
3. เตาไฟฟ้า (Hot plate)
4. เครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic stirrer)
5. บีกเกอร์ขนาด 200 มิลลิลิตร

##### สารเคมี

1. สารละลายบัพเฟอร์ พีเอช 7.00
2. สารละลายบัพเฟอร์ พีเอช 4.00
1. สารละลายกรดซัลฟูริกมาตรฐาน ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล
2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล

### วิธีวิเคราะห์

1. ตั้งตัวอย่างให้ตกตะกอนหรือนำไปหมนเหวี่ยงรินเฉพาะส่วนใส
2. ตวงส่วนใสใส่บีกเกอร์ 2 ใบ ใบละ 50 มิลลิลิตร
3. ปรับเครื่องวัดความเป็นกรดด้วยสารละลายบัฟเฟอร์พีเอช 7.00 และ 4.00
4. วัดพีเอชของตัวอย่างน้ำ
5. ไตเตรตตัวอย่างด้วยสารละลายกรดซัลฟูริกมาตรฐาน โดยใช้เครื่องกวนแม่เหล็กกวน

ตลอดเวลา จุดปริมาตรกรดที่พีเอช 4.5

### การคำนวณ

ความเป็นด่าง (Alkalinity) (มิลลิกรัม/ลิตร ในรูป  $\text{CaCO}_3$ )

$$= \frac{(\text{มิลลิลิตรของกรดซัลฟูริกที่ใช้จนพีเอชเป็น 4.50}) \times 0.1 \times 50 \times 1,000}{\text{มิลลิลิตรของตัวอย่าง} \times 50}$$

ภาคผนวก ค.

รายการละเอียดระบบบำบัดน้ำเสีย ของ บริษัทห้องเย็นโชติวัฒน์ จำกัด (มหาชน)

### บริษัท ห่องเย็นโซติวัฒน์หาคใหญ่ จำกัด (มหาชน) (KST)

บริษัท ห่องเย็นโซติวัฒน์หาคใหญ่ จำกัด ตั้งอยู่ 4/2 หมู่ที่ 3 ถนนสายเอเชีย 43 ตำบลนาหม่อม อำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลา ได้เริ่มจัดตั้งขึ้นในปี พ.ศ. 2521 ที่อำเภอนาคู จังหวัดสงขลา ด้วยทุนจดทะเบียน 5 ล้านบาท ทำการผลิตอาหารทะเลแช่แข็งเพื่อการส่งออก ทั้งสิ้น

ต่อมาในปี พ.ศ. 2536 บริษัทฯ ได้จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์เป็นบริษัทมหาชนและได้ทำการย้ายโรงงานมาตั้งอยู่ในเขตอำเภอนาหม่อม จังหวัดนาหม่อม ด้วยเงินลงทุนประมาณ 200 ล้านบาท โรงงานแห่งใหม่มีกำลังผลิตปีละ 10,000 ตัน และได้รับการส่งเสริมการลงทุนจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุนด้วย

นอกเหนือจากโรงงานที่นาหม่อมแล้ว บริษัทฯ ยังมีโรงงานของบริษัทในเครืออีก 3 โรงงาน คือ บริษัท เทพพิทักษ์ซีฟู้ดส์ จำกัด ตั้งอยู่ที่จังหวัดปัตตานี บริษัท ห่องเย็นโซติวัฒน์หาคใหญ่ จำกัด สาขาระนอง และบริษัท ทีเอสเอฟซีฟู้ดส์ จำกัด ที่อำเภอลองใหญ่ จังหวัดตราด

วัตถุดิบของโรงงานประกอบด้วยกุ้งกุลาดำ และกุ้งขาวจากฟาร์มเลี้ยงของเกษตรกร และมีกุ้งชนิดต่าง ๆ ที่จับจากทะเล รวมทั้งกุ้งและปลาทราย ปริมาณวัตถุดิบที่เข้าโรงงานแต่ละวันอยู่ในช่วง 20 – 30 ตัน แล้วแต่สภาพของตลาดและราคาของวัตถุดิบ

โรงงานจะมีคนงานประมาณ 1,500 – 2,000 คน ทำการแปรรูปวัตถุดิบให้เป็นผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแช่แข็งโดยมีกระบวนการต่าง ๆ เช่น การเด็ดหัว การปลอกเปลือก ผ่าหลัง คัดขนาด ชั่งและเรียง ยืด ต้ม ลวก ผ่า ฯลฯ จากนั้นก็จะนำไปฟรีซที่อุณหภูมิ - 40 องศาเซลเซียส โดยใช้ตู้ฟรีซชนิดต่าง ๆ เช่น ตู้ฟรีซแผ่นสัมผัส ตู้ฟรีซแบบอุโมงค์ แบบสไปร์ต และแบบบลาส รวมถึงการฟรีซด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เหลว

ผลิตภัณฑ์ของโรงงานที่แช่เยือกแข็งและบรรจุหีบห่อแล้ว จะนำไปเก็บรักษาไว้ในห้องเก็บซึ่งมีอุณหภูมิ - 25 องศาเซลเซียส และจะส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศภายใต้ชื่อของบริษัทเอง ซึ่งประกอบด้วยซีคิง ซีแฮมเปียน ซีควีน ซีฟลาวเวอร์ บลูกัลฟ์ เป็นต้น โดยกว่า 70% ของผลิตภัณฑ์จะส่งไปจำหน่ายยังประเทศญี่ปุ่น รองลงไปคือ สหรัฐอเมริกา ออกัสเตรเลีย และยุโรป ทางด้านการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้น อยู่ในความดูแลของฝ่ายควบคุมคุณภาพภายใต้ระบบ HACCP และ GMP และได้รับการรับรองระบบบริหารคุณภาพสากล ISO 9001 : 2000 ตั้งแต่ปี 2545 จนถึงปัจจุบัน

ทางด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมนั้น บริษัทฯ ได้ทำการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระบบ UASB และระบบ DN/CN ในการบำบัดน้ำเสียจนมีคุณภาพได้มาตรฐานของกระทรวงอุตสาหกรรม รวมทั้งได้จัดการมลพิษอื่น ๆ เช่น มลพิษด้านของเสียที่เป็นของแข็ง คือ หัวกุ้ง เปลือกกุ้ง ตะกอนน้ำเสีย ซึ่งได้นำมาผลิตเป็นปุ๋ยน้ำชีวภาพทั้งหมด ส่วนก๊าซมีเทนซึ่งเป็นผลพลอยได้จาก

ระบบ UASB ก็ได้นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันเตาในการผลิตไอน้ำ เป็นต้น และในปี 2543 บริษัทฯ ก็ได้รับการรับรองมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อมสากล ISO 14001 : 1996 มาจนถึงปัจจุบัน

สำหรับด้านการบริหารความปลอดภัยนั้น บริษัทฯ ได้ดำเนินการภายใต้กฎหมายของกระทรวงแรงงาน โดยจัดตั้งคณะกรรมการความปลอดภัยขึ้นมากำกับดูแล และเมื่อปี 2542 บริษัทฯ ก็ได้ดำเนินการระบบการจัดการอาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมการทำงาน มอก.18001 : 2542 ส่งผลให้สถิติการเกิดอุบัติเหตุของพนักงาน ลดลงอย่างต่อเนื่อง จาก 52 รายในปี 2539 จนเหลือเพียง 3 รายในปี 2545 และไม่เกิดอุบัติเหตุเลยในปี 2546

ระบบบำบัดน้ำเสียของบริษัทห้องเย็น โซดิวิวัฒน์ขนาดใหญ่ จำกัด (มหาชน) ประกอบด้วยบ่อต่าง ๆ ดังนี้

### 1.บ่อปรับสภาพ (Equalization Tank)

บ่อปรับสภาพ มีขนาด 650 ลบ.ม. ทำหน้าที่ดักของเสียที่เป็นของแข็งออกด้วยตะแกรงปรับสภาพน้ำเสียก่อนเข้าระบบ UASB พร้อมทั้งรับ shock load ป้องกันของ UASB เนื่องจากอัตราการไหลของน้ำเสียเข้าระบบไม่แน่นอน อีกทั้งเป็นที่รวบรวมน้ำเสียจากแหล่งอื่น ๆ เช่น ห้องน้ำโรงอาหาร และหอพัก เป็นต้น

### 2.ระบบปรับ pH (pH Controller)

ระบบปรับ pH ทำหน้าที่สภาพกรด-ด่าง แบบอัตโนมัติ โดยใช้น้ำปูนขาว โดยปรับ pH ของน้ำเสียก่อนเข้า บ่อ UASB และ บ่อ DN/CN ให้อยู่ระหว่าง 6.8 – 7.2 อีกทั้งในระบบปรับ pH นี้ยังมีการติดตั้ง Flow Meter เพื่อควบคุมอัตราการไหลของน้ำก่อนเข้า บ่อ UASB ให้มีค่าคงที่

### 3.บ่อ UASB

บ่อ UASB มีขนาด 450 ลบ.ม. มี ระยะเวลาเก็บกัก 11 ชั่วโมง ประสิทธิภาพในการบำบัดประมาณ ร้อยละ 90 มีหน้าที่บำบัดน้ำเสีย ด้วย จุลินทรีย์ 3 กลุ่มด้วยกัน ประกอบด้วย

- 1) Acidforming ทำหน้าที่ย่อยสารอินทรีย์จากน้ำเสียเปลี่ยนเป็นกรดอะมิโน
- 2) Acetogenic ทำหน้าที่ย่อยกรดไขมันเป็นกรดไขมันระเหยง่าย
- 3) Methanotrix ทำหน้าที่ย่อยกรดไขมันระเหยง่ายเป็น Biogas

สำหรับพารามิเตอร์ที่ใช้ในการควบคุม บ่อ UASB ประกอบด้วย

- 1) ค่า pH ให้มีค่าอยู่ในช่วง 6.8 – 7.2
- 2) ค่า VFA ให้มีค่าอยู่ในช่วง 50 – 500 ppm.
- 3) ค่า อุณหภูมิให้ไม่ต่ำกว่า 25 °C

ส่วน By Product ที่ได้จากบ่อ UASB ได้แก่

- |                                 |                |
|---------------------------------|----------------|
| 1) Bio gas ประกอบด้วย ก๊าซมีเทน | ร้อยละ 54 – 65 |
| ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์            | ร้อยละ 35 – 45 |
| ก๊าซไฮโดรเจน                    | ร้อยละ 0 – 1   |
| ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์             | ร้อยละ 0 – 1   |

2) Sludge มีค่าสารแขวนลอยประมาณ 200,000 มก./ล. ซึ่งมีลักษณะเป็นเม็ดขนาดเท่ากับเม็ดสาหร่ายดำ ซึ่งทุก ๆ เดือนจะมีบริษัทจากกรุงเทพฯมารับทุก ๆ เดือน ซึ่งจากการสอบถามทางเจ้าหน้าที่ก็ไม่ทราบเช่นกันว่านำไปใช้ประโยชน์อย่างไร

#### 4.ถึงเปลี่ยนสภาพไนโตรเจน (CN tank)

ถึงเปลี่ยนสภาพไนโตรเจนมีขนาด 1,000 ลบ.ม. มีหน้าที่เปลี่ยนสภาพของไนโตรเจนของน้ำเสีย ที่อยู่ในรูปของสารละลาย  $\text{NH}_4^+$   $\text{NO}_3^-$  มีวิธีการดังนี้

- 1) ใช้วิธีเติมอากาศ รวม 40 แรงม้า ให้จุลินทรีย์ไนโตรโซโมนาส (Nitrosomonas) และจุลินทรีย์ไนโตรแบคเตอร์ (Nitrobacter) ทำการเปลี่ยนสภาพไนโตรเจน โดยควบคุมค่า DO ไม่ให้ต่ำกว่า 2 มก./ล.
- 2) เติมน้ำปูนขาวปรับ pH ให้มีค่าระหว่าง 6.8 – 7.2

#### 5.ถึงกำจัดไนโตรเจน (DN tank)

ถึงกำจัดไนโตรเจนมีขนาด 1,000 ลบ.ม. ทำหน้าที่ลดความสกปรกในรูป  $\text{BOD}_5$  ของน้ำเสียโดยจุลินทรีย์ใช้อากาศ และกำจัดไนโตรเจนโดยใช้จุลินทรีย์ Floc ดึงออกซิเจนจาก  $\text{NO}_3^-$  มาใช้จน  $\text{NO}_3^-$  กลายเป็นก๊าซไนโตรเจนในที่สุด มีวิธีการดังนี้

- 1) น้ำเสียป้อนมาจาก UASB นำมากวนในถัง DN
- 2) ป้อนน้ำเสียจากบ่อ EQ เพื่อเป็นอาหารเสริมให้จุลินทรีย์
- 3) จุลินทรีย์ดึงออกซิเจนจาก  $\text{NO}_3^-$  มาใช้ (ค่า DO ในถัง DN ต้องเป็นศูนย์)

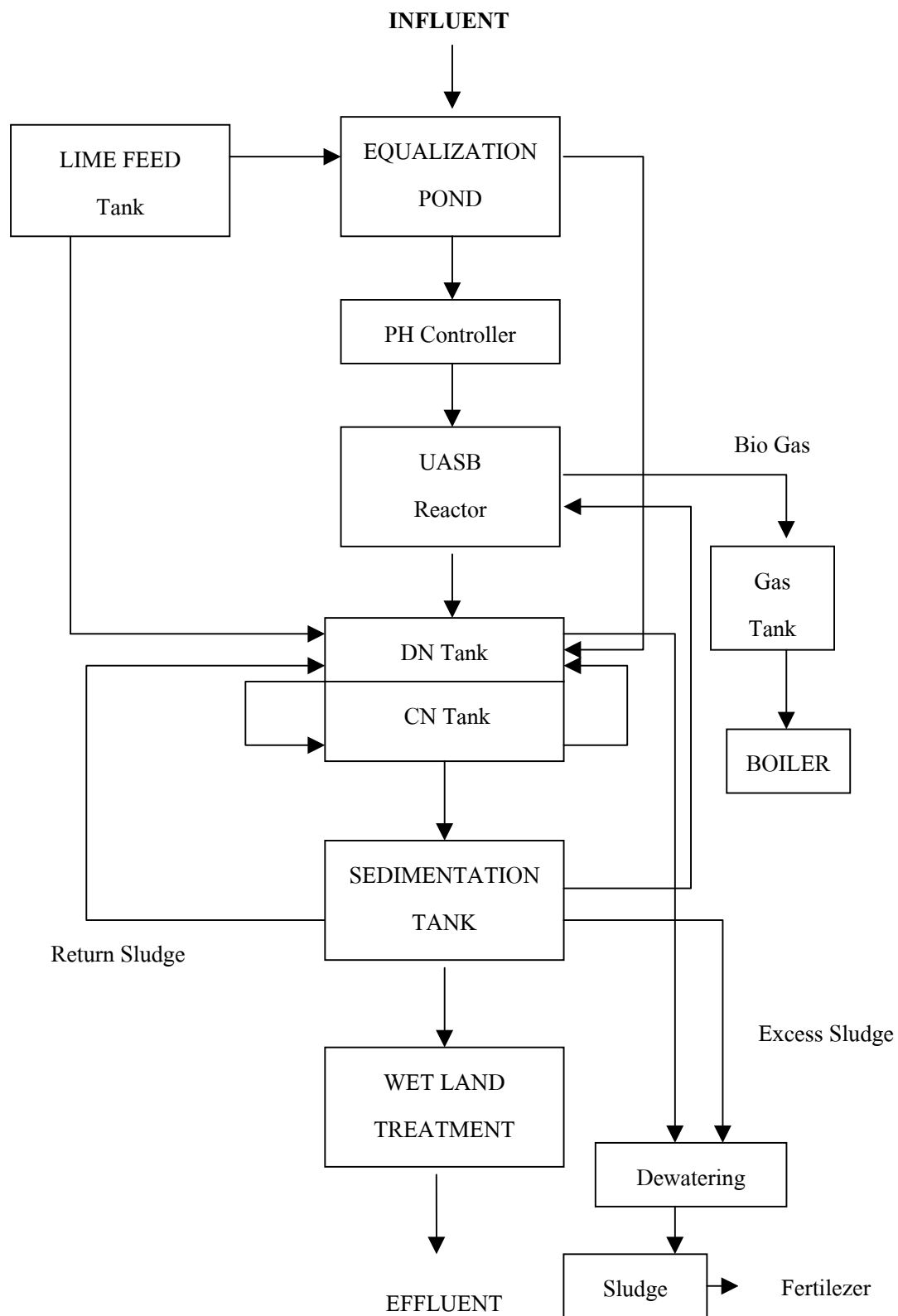
#### 6.ถึงตกตะกอน (Sedimentation Tank)

ถึงตกตะกอนมีขนาด 150 ลบ.ม. ระยะเวลาเก็บกัก 3 ชั่วโมง ทำหน้าที่แยกน้ำเสียออกจากตะกอนจุลินทรีย์ ด้วยวิธีการปล่อยให้ตกตะกอน และนำตะกอนหมุนเวียนกลับเข้า ถัง DN ประมาณ 30 % เพื่อรักษา F/M ratio และนำตะกอนส่วนเกินไปป้อนเข้าถัง UASB หรือเครื่องวัดตะกอน เพื่อกำจัดจุลินทรีย์ที่มีมากเกินไป มีวิธีการดังนี้



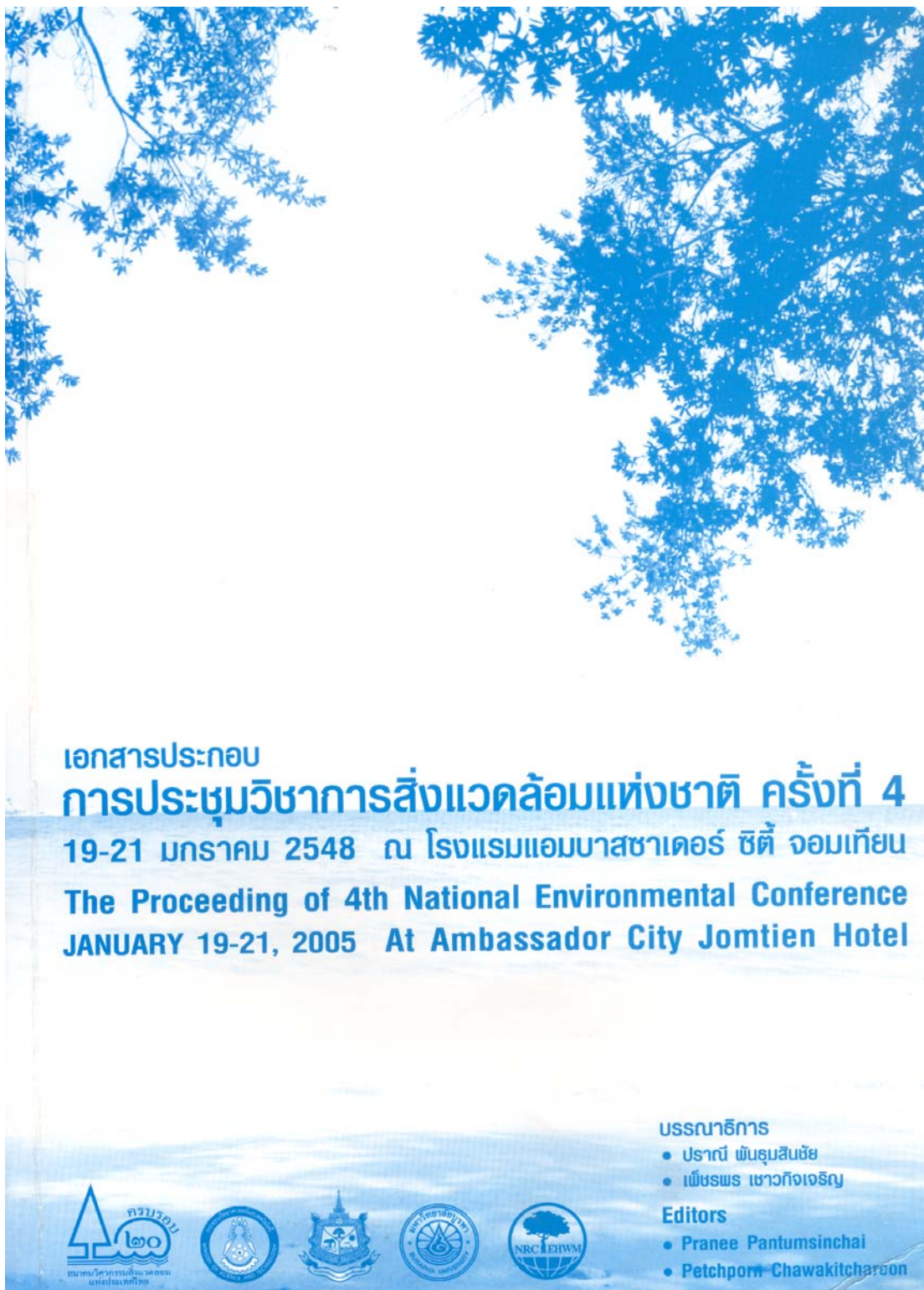
- 1) วัดความเข้มข้นของถัง CN (MLSS อยู่ระหว่าง 1,200 – 1,500 ppm)
- 2) ถ้าความเข้มข้นน้อยก็หมุนเวียนตะกอนกลับ ถ้ามากก็ป้อนเข้าถัง UASB หรือนำไปรีดตะกอน

หมายเหตุ F/M ratio คืออัตราส่วนระหว่างปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียกับปริมาณจุลินทรีย์ (ประมาณ 0.25)



ภาพประกอบ ระบบบำบัดน้ำเสียของบริษัทห้องเย็นโชติวัฒน์ จำกัด (มหาชน)

ผลงานที่ได้รับการเผยแพร่จากวิทยานิพนธ์




เอกสารประกอบ  
**การประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่ 4**  
 19-21 มกราคม 2548 ณ โรงแรมแอมบาสซาเดอร์ ซิตี้ จอมเทียน  
**The Proceeding of 4th National Environmental Conference**  
**JANUARY 19-21, 2005 At Ambassador City Jomtien Hotel**

บรรณาธิการ

- ปราณี พันธุมสินชัย
- เพ็ชรพร ชาวกิจเจริญ

Editors

- Pranee Pantumsinchai
- Petchporn Chawakitcharoen



# การกำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียโดยใช้เถ้าลอยจากเตาเผาขยะภูเก็ต

## Dephosphorization of Wastewater by Use of Fly Ash from Phuket Incineration Plant

ชีระวิทย์ รัตนพันธ์<sup>1\*</sup> พนาลี ชีวักิดาการ<sup>2</sup> และ สุรพล อารีย์กุล<sup>3</sup>

Cheerawit Rattanapan<sup>1\*</sup> Panalee Chevakidagam<sup>2</sup> and Surapon Arrykul<sup>3</sup>

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการนำเถ้าลอยจากเตาเผาขยะภูเก็ตมากำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสีย ซึ่งศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการ โดยเป็นการหาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดฟอสฟอรัส 3 สภาวะ คือ ความเข้มข้นของแคลเซียม ฟิเอช และระยะเวลาเก็บกักที่เหมาะสมในการกำจัดฟอสฟอรัส ในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นฟอสฟอรัส 5, 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยที่ในแต่ละความเข้มข้นจะแบ่งน้ำเสียที่สังเคราะห์ที่ไม่มี ความขุ่น และน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความขุ่นประมาณ 80 NTU จากการเติม Hyflo super cell

ผลการทดลองพบว่าเถ้าลอยจากเตาเผาขยะภูเก็ตมีปริมาณแคลเซียมออกไซด์สูง (ประมาณ 54 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งมีผลกับการกำจัดฟอสฟอรัส โดยมีความสามารถในการกำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียสังเคราะห์ 99 เปอร์เซ็นต์ ในสภาวะที่ฟิเอชเท่ากับ 10 ระยะเวลาเก็บกัก 30 นาที ซึ่งเป็นสภาวะที่ดีที่สุด และความขุ่นของน้ำเสียสังเคราะห์ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสสูงขึ้น การเลือกใช้เถ้าลอยจากเตาเผาขยะภูเก็ตเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะนำมาประยุกต์ใช้กับการกำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียชุมชนอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังสามารถใช้เถ้าลอยหลังจากการกำจัดฟอสฟอรัสแล้วในการเกษตร

**คำสำคัญ :** การกำจัดฟอสฟอรัส; เถ้าลอย; เตาเผาขยะภูเก็ต

### Abstract

The main objective of this research was to study the Dephosphorization of Wastewater using fly ash from Phuket Incineration Plant at laboratory scale. Optimum condition for dephosphorization were concentration of  $Ca^{2+}$  ion, pH and contact time. The phosphorus concentration of synthetic wastewater were 5, 10 and 20 mg/l which each concentration divided to nonturbid and turbid wastewater The latter has concentration of turbidity 80 NTU by Hyflo super cell.

<sup>1\*</sup> นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา 90112;

<sup>2</sup> อาจารย์ คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา 90112;

<sup>3</sup> อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา 90112;

The experimental result also showed that fly ash from Phuket Incineration Plant contained high water soluble calcium ion (about 54 %). This is the major reaction in the removal phosphorus process. A  $\text{PO}_4^{3-}$  removal efficiency in synthetic wastewater was 99 % at alkaline condition of pH 10, and a contact time 30 min, which were found to be the optimum conditions and it was found that the removal efficiency increased in turbid environment. So fly ash from Phuket Incineration Plant is a choice to apply with the removal phosphorus in domestic wastewater and we can be reused fly in Agriculture.

**Keywords :** Dephosphorization; Fly ash; Phuket Incineration Plant.

## บทนำ

ปัญหามลพิษทางน้ำของประเทศไทยในปัจจุบันเป็นปัญหาที่มีแนวโน้มว่าจะทวีความรุนแรงมากขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการเจริญขึ้นในทุกๆ ด้านของประเทศ โดยเกิดจากการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารต่างๆ จากน้ำทิ้งชุมชน น้ำทิ้งจากการเกษตร รวมไปถึงน้ำชะจากหลุมฝังกลบ ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารตัวหนึ่งที่ทำให้เกิดปัญหานี้ โดยทั้งนี้จะสะสมอยู่ในรูปของตะกอนต่างๆ เป็นอาหารสำหรับพวกเชื้อโรค แพลงค์ตอน และสาหร่าย โดยจะมีผลกับสีและกลิ่นของน้ำ ทำให้คุณภาพของแหล่งน้ำตามธรรมชาติลดลง เป็นอันตรายกับสัตว์น้ำ และอันตรายกับมนุษย์ในที่สุด

เป็นที่ยอมรับกันว่า ปัจจุบันปริมาณฟอสฟอรัสส่วนใหญ่ในน้ำเสียชุมชนเกิดขึ้นจากการใช้สารซักล้างในครัวเรือนทำให้ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่พบในน้ำเสียชุมชนอยู่ระหว่าง 2-10 มิลลิกรัมต่อลิตร [3] ดังนั้นน้ำเสียจากชุมชนที่ถูกระบายลงแหล่งน้ำต่างๆ จึงส่งผลกระทบต่อสมดุลของแหล่งน้ำ และสร้างปัญหาต่อสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะปัญหายูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) เป็นปรากฏการณ์ที่แหล่งน้ำมีธาตุอาหารสูง และฟอสฟอรัสก็เป็นธาตุอาหารตัวหนึ่งซึ่งเมื่อฟอสเฟตในรูปของฟอสฟอรัสมีมากเกินไป ทำให้พืชน้ำโดยเฉพาะสาหร่ายสีเขียวมีการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว โดยในเวลากลางคืน สาหร่ายใช้ออกซิเจนละลายน้ำในการหายใจ ทำให้ปริมาณออกซิเจนลดลงมากทำให้สิ่งมีชีวิตขาดออกซิเจนและตายลงในที่สุด โดยได้พบปัญหายูโทรฟิเคชันขึ้นในหลายพื้นที่ของประเทศไทย เช่น ศรีราชา ชะอำ หัวหิน กว๊านพะเยา และบึงแก่นนคร เป็นต้น [3]

เทคโนโลยีที่ใช้การกำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียทางเคมี นิยมใช้การกำจัดโดยใช้สารเคมีประเภท Lime, alum และ Ferric chloride [7] enhanced biological phosphorus removal ซึ่งขจัดได้ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ [1] อย่างไรก็ตามน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วยังคงมีปริมาณฟอสฟอรัสเหลืออยู่ในปริมาณสูง เมื่อปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติจึงก่อให้เกิดปัญหาให้กับระบบนิเวศน์ การปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่เดิมต้องใช้งบประมาณมาก เพื่อลดงบประมาณดังกล่าว จึงมีการเสนอแนวคิดต่างๆ ในการกำจัดฟอสฟอรัส การใช้ถ้ำลอยในการกำจัดฟอสฟอรัสจึงเป็นอีกแนวคิดหนึ่งที่เป็นทางเลือกที่สำคัญ

Wongsiri, Haraguchi and Yamada (2000) พบว่าถ้ำลอยจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะประเทศไทยมีประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสได้สูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ Yamada, *et.al.* (2000) พบว่าถ้ำลอยโรงไฟฟ้าลิกไนต์จากประเทศญี่ปุ่น ฟิลิปปินส์ และแม่เมาะ ประเทศไทย มีประสิทธิภาพ 90 เปอร์เซ็นต์ ในการกำจัดฟอสฟอรัส และ Ugurlu and Salman (1998) พบว่าถ้ำลอยโรงไฟฟ้าลิกไนต์จากประเทศตุรกีมีประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัส

สูงกว่าสูงกว่า 99 เปอร์เซ็นต์ จากงานวิจัยทั้งสามจะเห็นว่าเถ้าลอยมีประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสได้สูง เตาเผาขยะเป็นอีกระบบหนึ่งที่มีเถ้าลอยเกิดขึ้น โดยตั้งแต่เริ่มดำเนินการในวันที่ 24 พ.ค. 2542 จนถึง 13 ธ.ค. 2543 มีปริมาณถึง 3,497 ตัน แต่ยังไม่มีการประยุกต์ใช้เถ้าลอยจากเตาเผาขยะ ซึ่งเป็นเถ้าที่เกิดจากเตาเผาโดยเกิดจากขยะที่ถูกเผาให้มีขนาดเล็กเท่ากับเถ้าลอยที่เกิดจากการระบบเตาเผาที่ฟันทปูนขาว ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) เข้าไปจับกับก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้โดยได้สารที่ทำปฏิกิริยามีลักษณะเป็นฝุ่นเล็กๆ เถ้าลอยที่เกิดขึ้นตั้งแต่ โดยเถ้าลอยเหล่านี้ยังไม่มีประโยชน์ใดๆ อีกทั้งยังต้องเสียค่าใช้จ่ายในการฝังกลบเถ้าลอยอีก

ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในใช้ประโยชน์เถ้าลอยจากเตาเผาขยะที่เกิดขึ้นในการกำจัดฟอสฟอรัส โดยศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการและสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดฟอสฟอรัส ทั้งนี้เหมาะที่จะลดปริมาณของฟอสฟอรัสที่ลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ ผลการศึกษาจะเป็นข้อมูลเบื้องต้นทางด้านเทคนิคสำหรับการกำจัดฟอสฟอรัสซึ่งจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการบำบัดน้ำเสีย และยังเป็นการนำเถ้าลอยจากเตาเผาขยะที่เกิดขึ้นมาใช้ประโยชน์ อีกทั้งยังเป็นการลดพื้นที่ในการฝังกลบเถ้าลอยอีกด้วย

## วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาในห้องปฏิบัติการ โดยทำการหาประสิทธิภาพในการใช้เถ้าลอยจากเตาเผาขยะที่เกิดขึ้นในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัส 5, 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งที่มีความขุ่นและไม่มี ความขุ่น โดยใช้จาร์เจสต์เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดฟอสฟอรัส คือ ความเข้มข้นของแคลเซียม ระยะ เวลาเก็บกัก และพีเอช ซึ่งทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์ดังแสดงในตารางที่ 1 และมีขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยดังนี้

### ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ที่จะวิเคราะห์

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
พีเอช	pH meter
ความขุ่น	Nephelometric Method
อโรฟอสเฟต	Vanadomolybdophosphoric acid method

ที่มา : APHA, AWWA and WEF, 1998

### การศึกษาความเข้มข้นของแคลเซียมที่เหมาะสมในการกำจัดฟอสฟอรัส

เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นเริ่มต้นเท่ากับ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 500 มิลลิตร ลงใน บีกเกอร์ขนาด 1000 มิลลิตร โดยแยกน้ำเสียเป็น 2 ชุด คือมีความขุ่นและไม่มี ความขุ่น แล้วเปลี่ยนปริมาณเถ้าลอย เป็น 1, 2, 5 และ 10 กรัม กวนที่ความเร็ว 125 รอบต่อนาที แล้วเก็บน้ำตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่ เหลือทุกช่วงเวลาเป็นเวลา 30 นาที

### การศึกษาเวลาเก็บกักที่เหมาะสมในการกำจัดฟอสฟอรัส

เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัส 3 ค่า คือ 5, 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งที่มีความขุ่นและไม่มีความขุ่น โดยใช้อัตราส่วนของถ้ำลอยที่หาได้จากการทดลองในหัวข้อที่ 1 เก็บน้ำตัวอย่างทุกช่วงเวลาแล้ววิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เหลืออยู่ทุกช่วงเวลาเป็นเวลา 180 นาที

### การศึกษาค่าพีเอชที่เหมาะสมในการกำจัดฟอสฟอรัส

แปรเปลี่ยนค่าพีเอช 5, 6, 7, 8, 9, 10 และ 11 ของน้ำเสียสังเคราะห์และเปลี่ยนความเข้มข้นของฟอสฟอรัส 3 ค่า คือ 5, 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งที่มีความขุ่นและไม่มีความขุ่น โดยใช้อัตราส่วนของถ้ำลอยที่หาได้จากการทดลองในหัวข้อที่ 1 แล้วเก็บน้ำตัวอย่างตามระยะเวลาเก็บกักในข้อ 2 เพื่อวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เหลืออยู่

### ผลการทดลองและวิจารณ์

#### ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางเคมีของถ้ำลอยจากเตาเผาขยะภูเก็ต

องค์ประกอบ	เปอร์เซ็นต์
SiO <sub>2</sub>	1.57
CaO	54.26
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.77
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.44
SO <sub>3</sub>	5.19
K <sub>2</sub> O	9.72
MgO	1.60
Na <sub>2</sub> O	5.74

ที่มา : สินีนาฏ พวงมณี, 2546

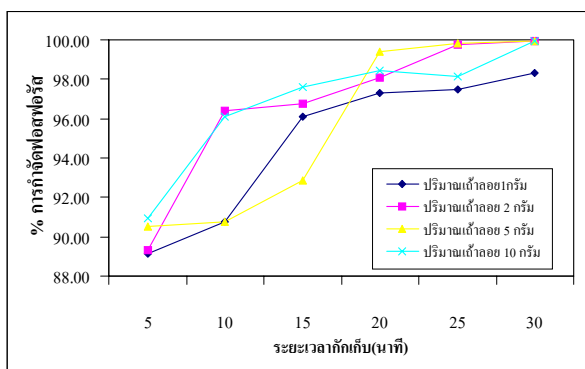
ถ้ำลอยจากเตาเผาขยะภูเก็ตมีคุณสมบัติทางเคมีดังแสดงในตารางที่ 2 มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็น CaO (54.26%) ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่มีความสามารถในการตกตะกอนฟอสฟอรัส [7] ดังนั้นการทดลองเริ่มจากการทดสอบความเข้มข้นแคลเซียมที่เหมาะสมของแคลเซียมในการกำจัดฟอสฟอรัสโดยไม่มี การปรับค่าพีเอช และกำหนดระยะเวลาพักของน้ำเสียสังเคราะห์ เมื่อได้ค่าปริมาณดังกล่าวก็จะนำไปทดสอบหาระยะเวลาพักเก็บค่าและพีเอชที่เหมาะสมต่อไป การทดลองหาปัจจัยที่เหมาะสมในการกำจัดฟอสฟอรัส จึงแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้



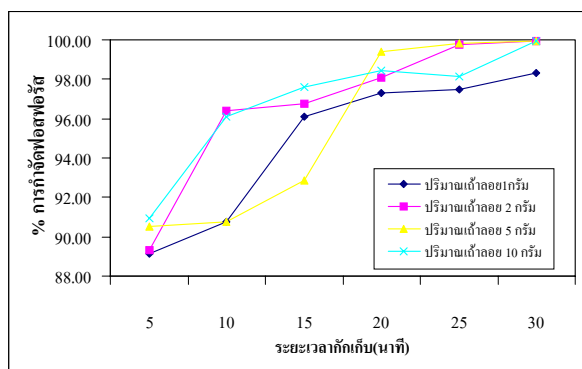
### (1) ผลการศึกษาความเข้มข้นของแคลเซียมที่เหมาะสมในการกำจัดฟอสฟอรัส

จากการทดลองเพื่อหาความเข้มข้นของแคลเซียมในการกำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียสังเคราะห์ พบว่าที่ ปริมาณแกลลวย 2 กรัม มีประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสสูงสุดในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่มี ความขุ่น (ดังรูปที่ 1) และปริมาณแกลลวย 1 กรัม มีประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความขุ่น 80 NTU (ดังรูปที่ 2) ทั้งนี้พบว่า ความขุ่นมีผลต่อการกำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียสังเคราะห์ อันเนื่องมาจาก สาร Hyflo supercell ที่เติมเพื่อให้เกิดความขุ่นเข้าไปเป็นลักษณะของสารคอลลอยด์ที่ไม่ละลายน้ำ โดยจะแขวนลอยในน้ำทำให้ความขุ่นมีส่วนช่วยในการกำจัดฟอสฟอรัส กล่าวคือ Hyflo supercell เป็นสารช่วยสร้างตะกอน จะช่วยในการรวมตะกอนโดยเพิ่มปริมาณคอลลอยด์ในน้ำให้เป็นพื้นที่ผิวสัมผัส [1] ทำให้แกลลวยสามารถดูดซับได้ดีขึ้น จึงให้ประสิทธิภาพของแกลลวยในปริมาณต่างๆ ในการกำจัดฟอสฟอรัสของน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่มี ความขุ่นแตกต่างจากประสิทธิภาพของน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความขุ่น 80 NTU

และเมื่อนำแกลลวยปริมาณ 1 กรัม ละลายในน้ำ 500 มิลลิลิตร แล้วนำไปตรวจวัดปริมาณแคลเซียมด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometer พบว่ามีความเข้มข้นของแคลเซียม 1,657 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังนั้นความเข้มข้นของแคลเซียมที่เหมาะสมในการกำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่มี ความขุ่นที่ความเข้มข้นของฟอสฟอรัส 10 มิลลิกรัมต่อลิตร คือ 3,314 มิลลิกรัมต่อลิตร และ ความเข้มข้นของแคลเซียมที่เหมาะสมในการกำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความขุ่น 80 NTU ที่ความเข้มข้นของฟอสฟอรัส 10 มิลลิกรัมต่อลิตร คือ 1,657 มิลลิกรัมต่อลิตร



รูปที่ 1 เปรอ์เซ็นต์ประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสของน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่มี ความขุ่น

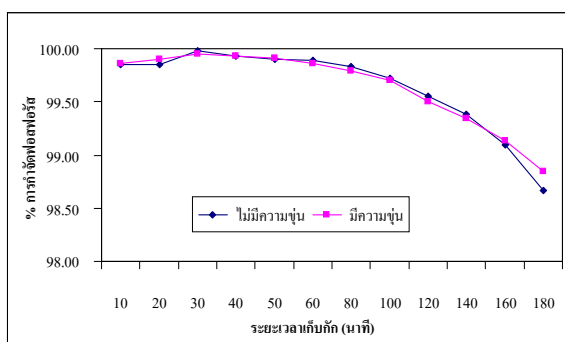


รูปที่ 2 เปรอ์เซ็นต์ประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสของน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความขุ่น 80 NTU

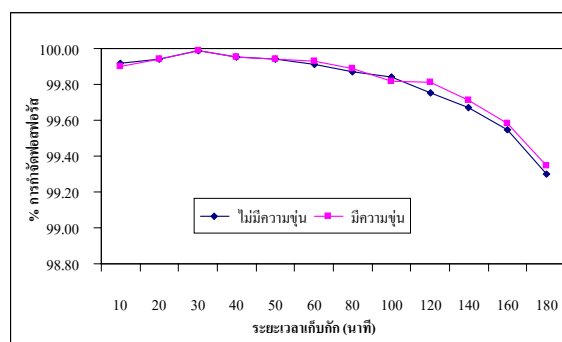
### (2) ผลการศึกษาเวลาเก็บกักที่เหมาะสมในการกำจัดฟอสฟอรัส

จากการทดลองเพื่อหาระยะเวลาเก็บกักในการกำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียสังเคราะห์ ที่ระยะเวลาเก็บกักต่างๆ ตั้งแต่ 10-180 นาที พบว่า ที่ความเข้มข้นของฟอสฟอรัส 5, 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสสูงสุดที่ระยะเวลาเก็บกัก 30 นาที (ดังรูปที่ 3, 4 และ 5) โดยเปอร์เซ็นต์ในการกำจัดฟอสฟอรัสที่น้ำเสียไม่มี ความขุ่น เท่ากับ 99.98, 99.99 และ 99.99 ตามลำดับ และเปอร์เซ็นต์ในการกำจัด

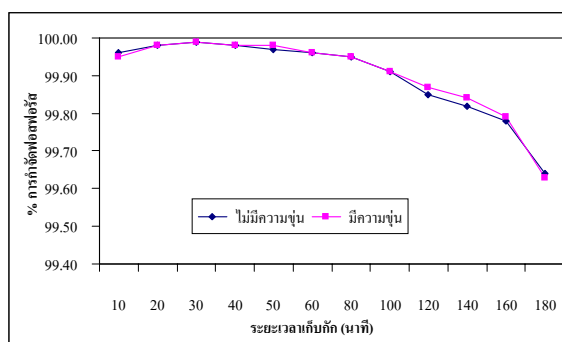
ฟอสฟอรัสที่น้ำเสียมีความขุ่น เท่ากับ 99.95, 99.99, และ 99.99 ตามลำดับ และที่ทุกๆ ความเข้มข้นของฟอสฟอรัส เมื่อระยะเวลาเก็บกักเพิ่มขึ้นจากระยะเวลาเก็บกัก 30 นาที ประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสจะลดลง ดังนั้น ระยะเวลาเก็บกักที่เหมาะสมในการกำจัดฟอสฟอรัสโดยใช้ถ้ำลอยจากเตาเผาขยะมูลฝอยคือ 30 นาที



รูปที่ 3 เปอร์เซนต์ประสิทธิภาพในการกำจัด ฟอสฟอรัสที่เวลาเก็บกักต่างๆ ที่ความเข้มข้น ของฟอสฟอรัส 5 มิลลิกรัมต่อลิตร



รูปที่ 4 เปอร์เซนต์ประสิทธิภาพในการกำจัด ฟอสฟอรัสที่เวลาเก็บกักต่างๆ ที่ความเข้มข้น ของฟอสฟอรัส 10 มิลลิกรัมต่อลิตร

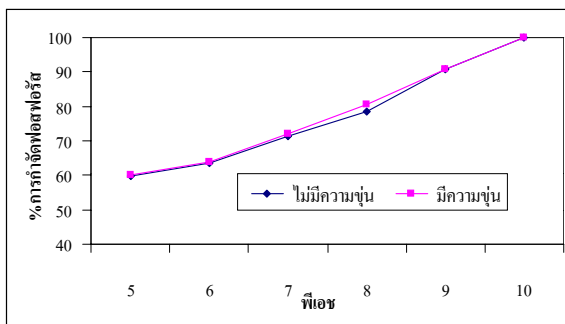


รูปที่ 5 เปอร์เซนต์ประสิทธิภาพในการกำจัด ฟอสฟอรัสที่เวลาเก็บกักต่างๆ ที่ความเข้มข้น ของฟอสฟอรัส 20 มิลลิกรัมต่อลิตร

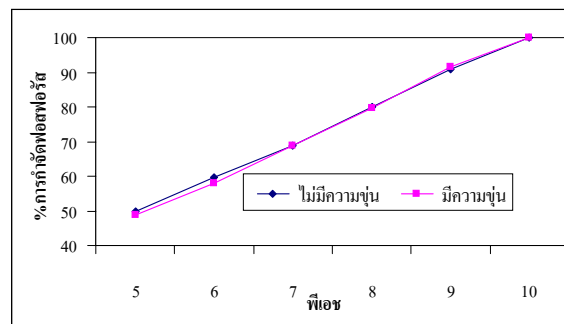
### (3) ผลการศึกษาค่าพีเอชที่เหมาะสมในการกำจัดฟอสฟอรัส

จากการทดลองเพื่อหาค่าพีเอชในการกำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียสังเคราะห์โดยมีการปรับพีเอชตั้งแต่ 5-10 ด้วย NaOH 1 N. และ  $H_2SO_4$  1 N. พบว่าที่ความเข้มข้นของฟอสฟอรัส 5, 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร จะมีประสิทธิภาพสูงสุดในการกำจัดฟอสฟอรัสที่พีเอชเท่ากับ 10 (ดังรูปที่ 6, 7 และ 8) โดยเปอร์เซนต์ในการกำจัดฟอสฟอรัสที่น้ำเสียไม่มี ความขุ่น เท่ากับ 99.95, 99.96 และ 99.96 ตามลำดับ และเปอร์เซนต์ในการกำจัดฟอสฟอรัสที่น้ำเสียมีความขุ่นเท่ากับ 99.94, 99.95 และ 99.97 ตามลำดับ ดังนั้น พีเอชที่เหมาะสมในการกำจัดฟอสฟอรัสโดยใช้ถ้ำลอยจากเตาเผาขยะมูลฝอยคือ 10 โดยที่ประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสจะมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อค่าพีเอช

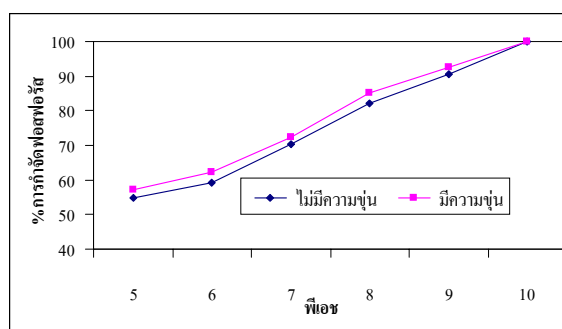
เพิ่มมากขึ้น ซึ่งกลไกในการกำจัดฟอสฟอรัสคือในถ้ำลอยนั้นมี  $\text{Ca}^{2+}$  อยู่ เมื่อเติมถ้ำลอยลงในน้ำ  $\text{Ca}^{2+}$  ก็จะละลายน้ำทำให้ค่าพีเอชของน้ำสูงขึ้นและแม้ค่าพีเอชในน้ำที่เติมลงไปเป็นกรดอยู่แต่บริเวณรอบๆ อนุภาคของถ้ำลอยก็ยังคงมีสภาพเป็นด่างสูงอยู่ [2] ซึ่งเมื่อ  $\text{PO}_4^{-3}$  เข้าใกล้อนุภาคถ้ำลอยก็จะเกิดเป็น  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$  และตกตะกอนซึ่งเป็นการกำจัดฟอสฟอรัสออกจากน้ำเสีย [8]



รูปที่ 6 เปรอ์เซ็นต์ประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสที่พีเอชต่างๆ ที่ความเข้มข้นของฟอสฟอรัส 5 มิลลิกรัมต่อลิตร



รูปที่ 7 เปรอ์เซ็นต์ประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสที่พีเอชต่างๆ ที่ความเข้มข้นของฟอสฟอรัส 10 มิลลิกรัมต่อลิตร



รูปที่ 8 เปรอ์เซ็นต์ประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสที่พีเอชต่างๆ ที่ความเข้มข้นของฟอสฟอรัส 20 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากการทดลองข้างต้นพบว่า ถ้ำลอยจากเตาเผาขยะภูเก็ตมีประสิทธิภาพสูงในการกำจัดฟอสฟอรัสซึ่งผลที่ได้นี้สามารถนำถ้ำลอยจากเตาเผาขยะภูเก็ตไปประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำเสียเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสโดยเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการกำจัดฟอสฟอรัสนอกจากวิธีการกำจัดทางเคมีซึ่งเป็นวิธีการที่ต้องใช้ต้นทุนสูง และการกำจัดทางชีวภาพที่มีวิธีการที่ซับซ้อน แต่การกำจัดฟอสฟอรัสโดยใช้ถ้ำลอยจากเตาเผาขยะภูเก็ตนั้นเป็นการใช้ของเสียที่ได้จากเตาเผาขยะภูเก็ตที่ไม่มีมูลค่าให้สามารถนำกลับมาใช้ใหม่แต่ยังมีประสิทธิภาพใน

การกำจัดฟอสฟอรัสที่ใกล้เคียงกัน อีกทั้งในการนำเถ้าลอยจากเตาเผาขยะมูลฝอยมาใช้ประโยชน์ยังเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการนำเถ้าลอยไปฝังกลบ และลดพื้นที่ที่ใช้ในการฝังกลบเถ้าลอยซึ่งเป็นการลดอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมทางหนึ่งด้วย

### สรุปผลการวิจัย

เถ้าลอยจากเตาเผาขยะมูลฝอยเป็นเถ้าลอยที่มีความเข้มข้นของแคลเซียมสูงโดยเมื่ออยู่ในน้ำจะทำให้เกิดองค์ประกอบทางเคมีที่มีความสามารถในการกำจัดฟอสฟอรัส โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัส 99 เปอร์เซ็นต์ในสภาพที่พีเอชเท่ากับ 10 ระยะเวลาเก็บกัก 30 นาที ซึ่งเป็นสภาวะที่ดีที่สุดและความขุ่นของน้ำเสียสังเคราะห์ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสสูงขึ้น

### เอกสารอ้างอิง

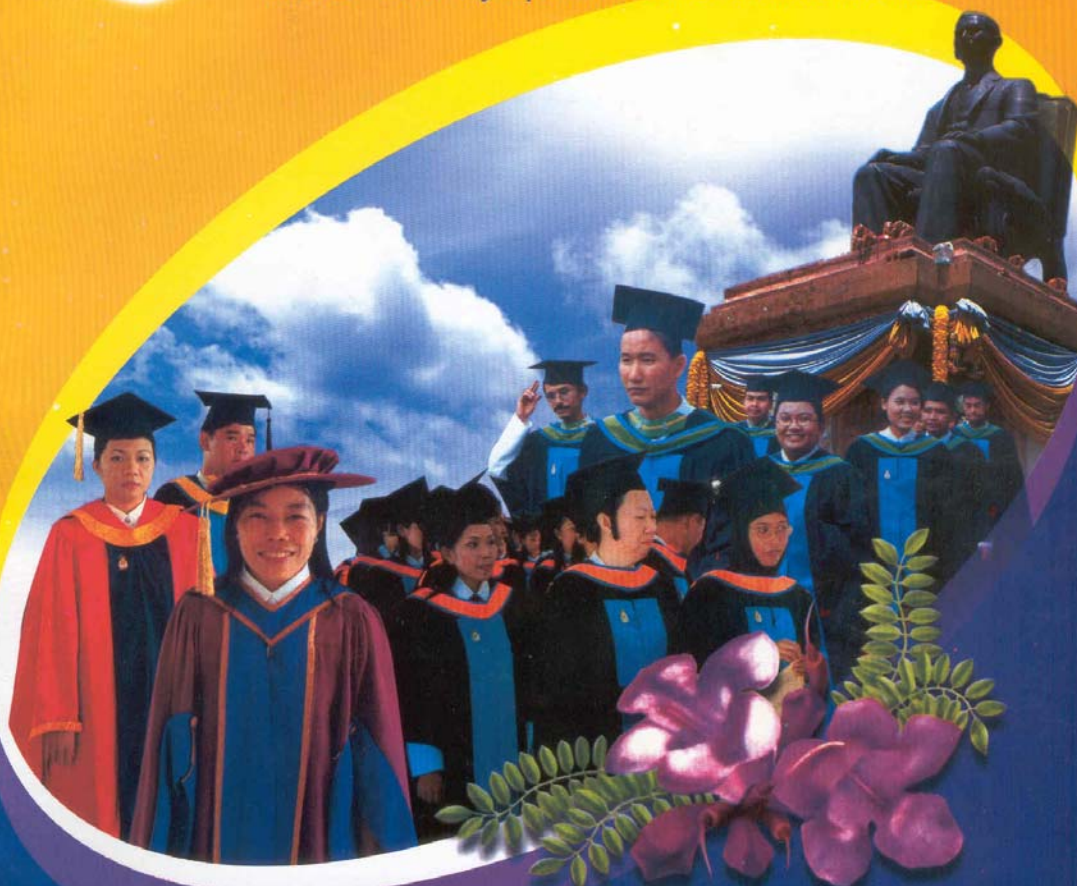
- [1] จารุวรรณ เกษมทรัพย์. 2538. การกำจัดฟอสเฟตจากน้ำเสียชุมชนโดยกระบวนการตกตะกอนทางเคมี. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [2] จันทร์นา สงวนรุ่งวงศ์ อรทัย ขวาลภาฤทธิ์ และ ชิดพงศ์ ประดิษฐ์สุวรรณ. 2539. การกำจัดโลหะหนักในน้ำเสียโดยใช้เถ้าลอย วารสารวิจัยสภาวะแวดล้อม 19(1)
- [3] ธงชัย พรรณสวัสดิ์. 2544. การกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทางชีวภาพ, กรุงเทพฯ : สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย
- [4] มั่นสิน ตันจุลเวศม์ และ มั่นรักษ์ ตันจุลเวศม์. 2545. เคมีวิทยาของน้ำและน้ำเสีย, กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- [5] สินีนาฏ พวงมณี. 2546. การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเถ้าลอยจากเตาเผามูลฝอยชุมชนจังหวัดภูเก็ตมาทำเป็นคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- [6] APHA, AWWA and WEF. 1998. **Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater.** 20 th ed. Maryland : American Public Health Association
- [7] A. Ugurlu and B. Salman .1998. **Phosphorus removal by fly ash.** Environmental International, 24, pp 911-918
- [8] P. Wongsiri, K. Haraguchi and K. Yamada .2000. **Dephosphorization from Aqueous Solution by Fly Ash from Mae Moh Power Plant** Symposium, on Mineral, Energy and Water Resource of Thailand
- [9] Katsutoshi Yamada , *et.al.* **Removal of Phosphate from Aqueous Solution by Crystallization Using Fly Ash.** เข้าถึงได้ที่ <http://www.flyash.info> Date 22 December 2003



# การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ครั้งที่ 3

The 3<sup>rd</sup> PSU Symposium on Graduate Research



11 มีนาคม 2548

ณ ศูนย์ปฐกถาประดิษฐ์ เขยจิตร

จัดโดย

คณะกรรมการนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา และบัณฑิตวิทยาลัย  
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

## การกำจัดฟอสฟอรัสโดยใช้เถ้าลอยจากเตาเผาขยะภูเก็ต

DEPHOSPHORIZATION OF WASTEWATER BY USE OF FLY ASH FROM PHUKET INCINERATION PLANT.

ชีระวิทย์ รัตนพันธ์<sup>1\*</sup>, พนาธิ ชิวกิดาคาร<sup>2</sup> และ สุรพล อารีย์กุล<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup> Faculty of Environmental Mangement Prince of Songkhla University Songkhla Provice 90112 ; <sup>2</sup> Faculty of Environmental Mangement, Prince of Songkhla University Songkhla Provice 90112 ; <sup>3</sup> Department of Mining Engineering and Material , Faculty of Engineering Prince of Songkhla University Songkhla Provice 90112 : cheerawit@hotmail.com.

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการนำเถ้าลอยจากเตาเผาขยะภูเก็ตมากำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสีย ซึ่งศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการ แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนแรกจะเป็นการกำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียสังเคราะห์ เพื่อทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดฟอสฟอรัส โดยแบ่งเป็น 3 สภาวะ คือ การทดลองหาค่าความเข้มข้นของแคลเซียม ฟิเอช และระยะเวลาเก็บกักที่เหมาะสมในการกำจัดฟอสฟอรัส ส่วนที่ 2 จะเป็นการนำผลที่ได้จากการทดลองในส่วนแรกมาทดสอบกับน้ำเสียจริงจากโรงงานอาหารทะเล

น้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ในการศึกษามีความเข้มข้นของฟอสฟอรัส 5, 10 และ 20 มก./ล. โดยในแต่ละความเข้มข้นจะแบ่งน้ำเสียออกเป็นน้ำเสียที่ไม่มี ความขุ่นและมีความขุ่นประมาณ 80 NTU (จากการเติม Hyflo super cell) ผลการทดลองพบว่าเถ้าลอยจากเตาเผาขยะภูเก็ตซึ่งมีปริมาณแคลเซียมออกไซด์สูง (ประมาณ 54 %) มีความสามารถในการกำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียสังเคราะห์ได้สูงถึง 99 % ในสภาวะที่ฟิเอชเท่ากับ 10 ระยะเวลาเก็บกัก 30 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุด และความขุ่นของน้ำเสียสังเคราะห์ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสสูงขึ้น

น้ำเสียจริงจากโรงงานอาหารทะเล มีฟอสฟอรัสทั้งหมดประมาณ 10 มก./ล. ซึ่งกำลังดำเนินการศึกษา คาดว่า การประยุกต์ใช้เถ้าลอยในระบบบำบัดจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสได้สูงกว่า 90 % นอกจากนี้การเลือกใช้เถ้าลอยจากเตาเผาขยะภูเก็ตมากำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียมีประสิทธิภาพสูงแล้วยังสามารถนำเถ้าลอยที่ผ่านจากการกำจัดฟอสฟอรัสมาใช้ในการเกษตรได้ต่อไป

**Abstract**

The main objective of this research was to study the Dephosphorization of Wastewater using fly ash from Phuket Incineration Plant at laboratory scale. The study was divided into two parts. The first part was to determine the optimum condition for dephosphorization were concentration of  $\text{Ca}^{2+}$  ion , pH and contact time.

The second part was to apply the optimum condition from the first part, but using raw wastewater from Showtiwat sea food industry.

The phosphorus concentration of synthetic wastewater were 5 , 10 and 20 mg/l which each concentration divided to nonturbid and turbid wastewater. The latter has concentration of turbidity 80 NTU by Hyflo super cell. The experimental result also showed that fly ash from Phuket Incineration Plant contained high water soluble calcium ion ( about 54 % ). This is the major reaction in the removal phosphorus process. A  $\text{PO}_4^{-3}$  removal efficiency in synthetic wastewater was 99 % at alkaline condition of pH 10, and a contact time 30 min , which were found to be the optimum conditions and it was found that the removal efficiency increased in turbid environment.

The influent characteristic of raw wastewater from sea food industry was total phosphorus about 10 mg/l. When using fly ash from Phuket Incineration Plant to Dephosphorization of wastewater so studying it , predict the application of using fly ash from Phuket Incineration Plant and  $\text{PO}_4^{-3}$  over 90 % . So a choice to apply fly ash from Phuket Incineration Plant to removal phosphorus has high efficiency and we can be reused fly ash in Agriculture.

**Keywords :** Dephosphorization , Fly ash , Phuket Incineration Plant, sea food industry.