

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(6)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(10)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
ขอบเขตการศึกษา	3
การตรวจเอกสาร	5
สารอินทรีย์ธรรมชาติในกระบวนการผลิตน้ำประปา	5
กระบวนการคูคติดผิว	25
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	42
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	42
วิธีการทดลอง	49
ผลการทดลองและวิจารณ์	53
สรุปผลการทดลอง	95
ข้อเสนอแนะ	97
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	98
ภาคผนวก	104
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	159

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	น้ำหนักโมเลกุลของกรดฮิวมิก	7
2	ประสิทธิภาพการกำจัด NOM จากงานวิจัย 3 กระบวนการ	12
3	ข้อดีและข้อเสียของการกำจัด NOM โดยกระบวนการต่าง ๆ	13
4	สมบัติต่าง ๆ ของสารไตรฮาโลมีเทน 4 ชนิดหลัก	15
5	ปริมาณสารไตรฮาโลมีเทนในน้ำประปาตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยองค์การอนามัยโลก	16
6	คุณภาพน้ำดิบและน้ำที่ผ่านการกรองแล้วในฤดูฝน	38
7	คุณสมบัติน้ำดิบ โรงงานผลิตน้ำบางเขน การประปานครหลวง ช่วงเดือนตุลาคม 2548 ถึง เดือนกันยายน 2549	44
ตารางผนวกที่		
1	คุณสมบัติของเม็ดพลาสติกโพลีโพรพิลีน	105
2	คุณสมบัติของถ่านกัมมันต์	106
3	UV <sub>254</sub> และประสิทธิภาพการกำจัด จากการทดสอบด้วย Shaker และ Jar test	107
4	UV <sub>254</sub> TOC และประสิทธิภาพการกำจัด เมื่อใช้ถ่านกัมมันต์แบบต่าง ๆ ในการทำจาร์เทสต์	108
5	UV <sub>254</sub> และประสิทธิภาพการกำจัด เมื่อใช้ PAC1 ในการทำจาร์เทสต์ที่เวลาสัมผัสต่าง ๆ	109
6	UV <sub>254</sub> และประสิทธิภาพการกำจัด เมื่อใช้ GAC ในการทำจาร์เทสต์ที่เวลาสัมผัสต่าง ๆ	110

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
7	UV <sub>254</sub> TOC และประสิทธิภาพการกำจัด เมื่อใช้ PAC1 GAC ที่ระยะเวลาสัมผัส 2 ชั่วโมง	111
8	UV <sub>254</sub> และประสิทธิภาพการกำจัด เมื่อใช้ PAC1 ในการทำอาร์เทสต์ที่เวลาสัมผัสต่าง ๆ	112
9	TOC และประสิทธิภาพการกำจัด เมื่อใช้ PAC1 ในการทำอาร์เทสต์ที่เวลาสัมผัสต่าง ๆ	113
10	UV <sub>254</sub> และประสิทธิภาพการกำจัด เมื่อใช้ GAC ในการทำอาร์เทสต์ที่เวลาสัมผัสต่าง ๆ	114
11	TOC และประสิทธิภาพการกำจัด เมื่อใช้ GAC ในการทำอาร์เทสต์ที่เวลาสัมผัสต่าง ๆ	115
12	ความขุ่น UV <sub>254</sub> และประสิทธิภาพการกำจัดที่ระยะเวลาเดินระบบ 17 ชั่วโมง	116
13	ความขุ่น UV <sub>254</sub> และประสิทธิภาพการกำจัด ที่ระยะเวลาเดินระบบ 17 ชั่วโมง (ต่อ)	117
14	TOC และประสิทธิภาพการกำจัดที่ระยะเวลาเดินระบบ 17 ชั่วโมง	118
15	ความขุ่น UV <sub>254</sub> และประสิทธิภาพการกำจัดที่ระยะเวลาเดินระบบ 31 ชั่วโมง	119
16	ความขุ่น UV <sub>254</sub> และประสิทธิภาพการกำจัด ที่ระยะเวลาเดินระบบ 31 ชั่วโมง (ต่อ)	120
17	ความขุ่น UV <sub>254</sub> และประสิทธิภาพการกำจัดที่ระยะเวลาเดินระบบ 54 ชั่วโมง	121
18	ความขุ่น UV <sub>254</sub> และประสิทธิภาพการกำจัดที่ระยะเวลาเดินระบบ 87 ชั่วโมง	122
19	ความขุ่น UV <sub>254</sub> และประสิทธิภาพการกำจัด ที่ระยะเวลาเดินระบบ 87 ชั่วโมง (ต่อ)	123
20	ความขุ่น UV <sub>254</sub> และประสิทธิภาพการกำจัด ที่ระยะเวลาเดินระบบ 87 ชั่วโมง (ต่อ)	124
21	ความขุ่น UV <sub>254</sub> และประสิทธิภาพการกำจัดในการเดินระบบอย่างต่อเนื่อง	125

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
22	ความขุ่น UV <sub>254</sub> และประสิทธิภาพการกำจัดในการเดินระบบอย่างต่อเนื่อง (ต่อ) 126
23	ความขุ่น UV <sub>254</sub> และประสิทธิภาพการกำจัดในการเดินระบบอย่างต่อเนื่อง (ต่อ) 127
24	ความขุ่น UV <sub>254</sub> และประสิทธิภาพการกำจัดในการเดินระบบอย่างต่อเนื่อง (ต่อ) 128
25	ความขุ่น UV <sub>254</sub> และประสิทธิภาพการกำจัดในการเดินระบบอย่างต่อเนื่อง (ต่อ) 129
26	ความขุ่น UV <sub>254</sub> และประสิทธิภาพการกำจัดในการเดินระบบอย่างต่อเนื่อง (ต่อ) 130
27	สี ความเป็นด่าง และประสิทธิภาพการกำจัดในการเดินระบบอย่างต่อเนื่อง 131
28	สี ความเป็นด่าง และประสิทธิภาพการกำจัดในการเดินระบบอย่างต่อเนื่อง(ต่อ) 132
29	สี ความเป็นด่าง และประสิทธิภาพการกำจัดในการเดินระบบอย่างต่อเนื่อง(ต่อ) 133
30	สี ความเป็นด่าง และประสิทธิภาพการกำจัดในการเดินระบบอย่างต่อเนื่อง(ต่อ) 134
31	สี ความเป็นด่าง และประสิทธิภาพการกำจัดในการเดินระบบอย่างต่อเนื่อง(ต่อ) 135
32	สี ความเป็นด่าง และประสิทธิภาพการกำจัดในการเดินระบบอย่างต่อเนื่อง(ต่อ) 136
33	ความเป็นกรด-ด่าง และความนำไฟฟ้าในการเดินระบบอย่างต่อเนื่อง 137
34	ความเป็นกรด-ด่าง และความนำไฟฟ้าในการเดินระบบอย่างต่อเนื่อง (ต่อ) 138
35	ความเป็นกรด-ด่าง และความนำไฟฟ้าในการเดินระบบอย่างต่อเนื่อง (ต่อ) 139
36	ความเป็นกรด-ด่าง และความนำไฟฟ้าในการเดินระบบอย่างต่อเนื่อง (ต่อ) 140
37	ความเป็นกรด-ด่าง และความนำไฟฟ้าในการเดินระบบอย่างต่อเนื่อง (ต่อ) 141
38	ความเป็นกรด-ด่าง และความนำไฟฟ้าในการเดินระบบอย่างต่อเนื่อง (ต่อ) 142
39	TOC และประสิทธิภาพการกำจัดในการเดินระบบอย่างต่อเนื่อง 143
40	TOC และประสิทธิภาพการกำจัดในการเดินระบบอย่างต่อเนื่อง (ต่อ) 144
41	TOC และประสิทธิภาพการกำจัดในการเดินระบบอย่างต่อเนื่อง (ต่อ) 145
42	TOC และประสิทธิภาพการกำจัดในการเดินระบบอย่างต่อเนื่อง (ต่อ) 146
43	คลอรีนอิสระคงเหลือของน้ำจากระบบ ที่ระยะเวลาเดินระบบ 17 และ 31 ชั่วโมง 147
44	คลอรีนอิสระคงเหลือของน้ำจากระบบ ที่ระยะเวลาเดินระบบ 54 และ 87 ชั่วโมง 148

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
45	คลอโรฟอร์ม โบรโมไดคลอโรมีเทน ไดโบรโมคลอโรมีเทน และโบรโมฟอร์ม ที่ความเข้มข้นคลอรีนต่าง ๆ	149
46	TOC และ UV <sub>254</sub> ที่ความเข้มข้นกรดฮิวมิกต่าง ๆ	150
47	UV <sub>254</sub> และ TOC ของกรดฮิวมิกตั้งต้น (Initial) UV <sub>254</sub> และ TOC ของกรดฮิวมิกภายหลังเติมถ่านกัมมันต์ใหม่ (GAC-new) UV <sub>254</sub> และ TOC ของกรดฮิวมิกภายหลังเติมถ่านกัมมันต์เก่า (GAC-used) ที่ความเข้มข้นกรดฮิวมิกต่าง ๆ	151
48	ลักษณะสมบัติของน้ำดิบ เดือนตุลาคม 2548 ถึง เดือนกันยายน 2549	152
49	ลักษณะสมบัติของน้ำดิบ เดือนตุลาคม 2548 ถึง เดือนกันยายน 2549 (ต่อ)	153
50	ลักษณะสมบัติของน้ำดิบ เดือนตุลาคม 2548 ถึง เดือนกันยายน 2549 (ต่อ)	154

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กลไกการเคลื่อนย้ายสารแขวนลอยเข้าหาตัวกลางหรือสารกรอง	22
2	การเปรียบเทียบการกรองผ่านเมมเบรนและการกรองผ่านตัวกลาง	23
3	การดูดติดผิวของสิ่งสกปรกบนถ่านกัมมันต์	26
4	ลักษณะของเส้นโค้งเบรคทอร์จสำหรับชั้นถ่านที่อยู่กับที่ตามทฤษฎี	30
5	กลุ่มฟังก์ชันบนพื้นผิวถ่านกัมมันต์	35
6	รายละเอียดแบบจำลองถังกรองบรรจุตัวกลาง เม็ดพลาสติก ถ่านกัมมันต์แบบเกร็ด และฟองน้ำ	46
7	เม็ดพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีนที่ใช้ในการทดลอง	47
8	ถ่านกัมมันต์แบบเกร็ดที่ใช้ในการทดลอง	47
9	ฟองน้ำที่ใช้ในการทดลอง	48
10	ผังการติดตั้งระบบทดลองชั้นกรองถ่านกัมมันต์แบบเกร็ด และฟองน้ำ	48
11	ขั้นตอนวิธีการทดลอง	52
12	UV <sub>254</sub> จากการทดสอบด้วยเครื่อง Shaker และ Jar test	54
13	ประสิทธิภาพการกำจัด UV <sub>254</sub> จากการทดสอบด้วย เครื่อง Shaker และ Jar test	54
14	UV <sub>254</sub> เมื่อใช้ถ่านกัมมันต์แบบต่าง ๆ ในการทำจาร์เทสต์	56
15	ประสิทธิภาพการกำจัด UV <sub>254</sub> เมื่อใช้ถ่านกัมมันต์แบบต่าง ๆ ในการทำจาร์เทสต์	56
16	TOC เมื่อใช้ถ่านกัมมันต์แบบต่าง ๆ ในการทำจาร์เทสต์	57
17	ประสิทธิภาพการกำจัด TOC เมื่อใช้ถ่านกัมมันต์แบบต่าง ๆ ในการทำจาร์เทสต์	57
18	UV <sub>254</sub> เมื่อใช้ PAC1 ในการทำจาร์เทสต์ที่เวลาสัมผัสต่าง ๆ	59
19	ประสิทธิภาพการกำจัด UV <sub>254</sub> เมื่อใช้ PAC1 ในการทำจาร์เทสต์ ที่เวลาสัมผัสต่าง ๆ	59
20	UV <sub>254</sub> เมื่อใช้ GAC ในการทำจาร์เทสต์ที่เวลาสัมผัสต่าง ๆ	60

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
21	ประสิทธิภาพการกำจัด UV <sub>254</sub> เมื่อใช้ GAC ในการทำจาร์เทสต์ ที่เวลาสัมผัสต่าง ๆ	60
22	UV <sub>254</sub> เมื่อใช้ PAC1 ในการทำจาร์เทสต์ที่เวลาสัมผัสต่าง ๆ	63
23	ประสิทธิภาพการกำจัด UV <sub>254</sub> เมื่อใช้ PAC1 ในการทำจาร์เทสต์ ที่เวลาสัมผัสต่าง ๆ	63
24	UV <sub>254</sub> เมื่อใช้ GAC ในการทำจาร์เทสต์ที่เวลาสัมผัสต่าง ๆ	64
25	ประสิทธิภาพการกำจัด UV <sub>254</sub> เมื่อใช้ GAC ในการทำจาร์เทสต์ ที่เวลาสัมผัสต่าง ๆ	64
26	UV <sub>254</sub> เมื่อใช้ PAC1 ในการทำจาร์เทสต์ที่เวลาสัมผัสต่าง ๆ	65
27	ประสิทธิภาพการกำจัด UV <sub>254</sub> เมื่อใช้ PAC1 ในการทำจาร์เทสต์ ที่เวลาสัมผัสต่าง ๆ	65
28	TOC เมื่อใช้ PAC1 ในการทำจาร์เทสต์ที่เวลาสัมผัสต่าง ๆ	66
29	ประสิทธิภาพการกำจัด TOC เมื่อใช้ PAC1 ในการทำจาร์เทสต์ ที่เวลาสัมผัสต่าง ๆ	66
30	ความขุ่นที่ระยะเวลาเดินระบบ 17 ชั่วโมง	68
31	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะเวลาเดินระบบ 17 ชั่วโมง	68
32	UV <sub>254</sub> ที่ระยะเวลาเดินระบบ 17 ชั่วโมง	69
33	ประสิทธิภาพการกำจัด UV <sub>254</sub> ที่ระยะเวลาเดินระบบ 17 ชั่วโมง	69
34	TOC ที่ระยะเวลาเดินระบบ 17 ชั่วโมง	70
35	ประสิทธิภาพการกำจัด TOC ที่ระยะเวลาเดินระบบ 17 ชั่วโมง	70
36	ความขุ่นที่ระยะเวลาเดินระบบ 31 ชั่วโมง	71
37	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะเวลาเดินระบบ 31 ชั่วโมง	71
38	UV <sub>254</sub> ที่ระยะเวลาเดินระบบ 31 ชั่วโมง	72
39	ประสิทธิภาพการกำจัด UV <sub>254</sub> ที่ระยะเวลาเดินระบบ 31 ชั่วโมง	72

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
40	ความขุ่นที่ระยะเวลาเดินระบบ 54 ชั่วโมง	74
41	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะเวลาเดินระบบ 54 ชั่วโมง	74
42	UV <sub>254</sub> ที่ระยะเวลาเดินระบบ 54 ชั่วโมง	75
43	ประสิทธิภาพการกำจัด UV <sub>254</sub> ที่ระยะเวลาเดินระบบ 54 ชั่วโมง	75
44	ความขุ่นที่ระยะเวลาเดินระบบ 87 ชั่วโมง	76
45	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะเวลาเดินระบบ 87 ชั่วโมง	76
46	UV <sub>254</sub> ที่ระยะเวลาเดินระบบ 87 ชั่วโมง	77
47	ประสิทธิภาพการกำจัด UV <sub>254</sub> ที่ระยะเวลาเดินระบบ 87 ชั่วโมง	77
48	ความขุ่นในการเดินระบบอย่างต่อเนื่อง	79
49	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นในการเดินระบบอย่างต่อเนื่อง	80
50	UV <sub>254</sub> ในการเดินระบบอย่างต่อเนื่อง	80
51	ประสิทธิภาพการกำจัด UV <sub>254</sub> ในการเดินระบบอย่างต่อเนื่อง	81
52	TOC ในการเดินระบบอย่างต่อเนื่อง	81
53	ประสิทธิภาพการกำจัด TOC ในการเดินระบบอย่างต่อเนื่อง	82
54	สี ในการเดินระบบอย่างต่อเนื่อง	82
55	ประสิทธิภาพการกำจัดสี ในการเดินระบบอย่างต่อเนื่อง	83
56	ความเป็นด่าง ในการเดินระบบอย่างต่อเนื่อง	83
57	ความนำไฟฟ้า ในการเดินระบบอย่างต่อเนื่อง	84
58	ความเป็นกรด-ด่าง ในการเดินระบบอย่างต่อเนื่อง	84
59	ความต้องการคลอรีนที่ระยะเวลาเดินระบบ 17 ชั่วโมง	86
60	ความต้องการคลอรีนที่ระยะเวลาเดินระบบ 31 ชั่วโมง	86
61	ความต้องการคลอรีนที่ระยะเวลาเดินระบบ 54 ชั่วโมง	87
62	ความต้องการคลอรีนที่ระยะเวลาเดินระบบ 87 ชั่วโมง	87

### สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
63	คลอโรฟอร์ม เมื่อเติมคลอรีนความเข้มข้นต่าง ๆ	89
64	BDCM เมื่อเติมคลอรีนความเข้มข้นต่าง ๆ	89
65	DBCM เมื่อเติมคลอรีนความเข้มข้นต่าง ๆ	90
66	ความสัมพันธ์ระหว่างกรดฮิวมิกกับ $UV_{254}$ ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ	92
67	ความสัมพันธ์ระหว่างกรดฮิวมิกกับ TOC ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ	92
68	$UV_{254}$ ของกรดฮิวมิกตั้งต้น (Initial) $UV_{254}$ ของกรดฮิวมิกภายหลังเติมถ่านกัมมันต์ใหม่ (GAC-new) และ $UV_{254}$ ของกรดฮิวมิกภายหลังเติมถ่านกัมมันต์เก่า (GAC-used)	93
69	TOC ของกรดฮิวมิกตั้งต้น (Initial) TOC ของกรดฮิวมิกภายหลังเติมถ่านกัมมันต์ใหม่ (GAC-new) และ TOC ของกรดฮิวมิกภายหลังเติมถ่านกัมมันต์เก่า (GAC-used)	93
<b>ภาพผนวกที่</b>		
1	ขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Jar test และ Shaker	155
2	ขั้นตอนการวิเคราะห์ THMFP	156
3	ขั้นตอนการวิเคราะห์ THM	157
4	ขั้นตอนการศึกษาความสัมพันธ์ของกรดฮิวมิกกับ $UV_{254}$ และ กรดฮิวมิกกับ TOC	158

## คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

BF	=	Biofilm
DBPs	=	Disinfection By Products
DOC	=	Dissolved Organic Carbon
EC	=	Electrical Conductivity
<b>GAC</b>	=	<b>Granular Activated Carbon</b>
NOM	=	Natural Organic Matter
NTU	=	Nephelometric Turbidity Unit
PACl	=	Polyaluminium Chloride
<b>THM , THMs</b>	=	<b>Trihalomethane</b>
<b>TOC</b>	=	<b>Total Organic Carbon</b>
UV <sub>254</sub>	=	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร
มก./ล.	=	มิลลิกรัมต่อลิตร
ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.	=	ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง
ลบ.ม./ตร.ม.-วัน	=	ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตรต่อวัน