

629-43-11

33580

3-3

การออกแบบและสร้างชุดอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้งานร่วมกับ
หลอดแสงอุลตราไวโอเล็ตในเครื่องกรองน้ำประปานครหลวงสำหรับดื่มในครัวเรือน

ปริญญานิพนธ์

ของ

วสันต์ นาคเสนีย์

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

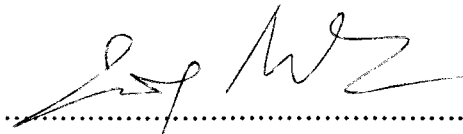
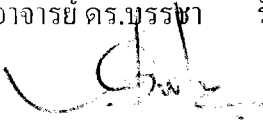
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา

มีนาคม 2543

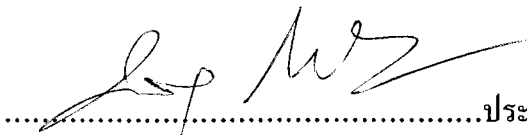
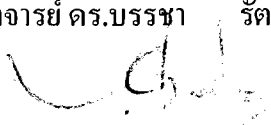
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

คณะกรรมการควบคุมและคณะกรรมการสอบได้พิจารณาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว
เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

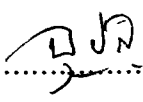
คณะกรรมการควบคุม


.....ประธาน
(อาจารย์ ดร.บรรชา รัตนวัย)

.....กรรมการ
(อาจารย์วิโรจน์ เอ็งสุโสมณ)

คณะกรรมการสอบ


.....ประธาน
(อาจารย์ ดร.บรรชา รัตนวัย)

.....กรรมการ
(อาจารย์วิโรจน์ เอ็งสุโสมณ)

.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร)


.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(อาจารย์ ดร.อุปวิทย์ สุวคันชกุล)

บัณฑิตวิทยาลัยอนุมัติให้รับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ


.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)
วันที่ 31 เดือน สิงหาคม พ.ศ 2543

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความสะดวกเรียบร้อย โดยได้รับความกรุณาจาก
ดร.บรรชา รัตนชัย ประธานกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ อาจารย์วิโรจน์ เอ็งสุโสภณ
กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ที่ได้เสียสละเวลาให้คำแนะนำในการศึกษาค้นคว้า
ตลอดจนแก้ไขปรับปรุงสำนวนภาษาในการเขียนเป็นอย่างดี ขอขอบคุณ ดร.ไพรัช
วงศ์ยุทธไกร และ ดร.อุปวิทย์ สุวคันทรกุล ที่ได้สละเวลามาเป็นกรรมการสอบ
เพื่อกลั่นกรองให้งานวิจัยมีคุณภาพตามที่ตั้งจุดมุ่งหมายไว้

ขอขอบคุณ คุณทัศนีย์ เทพหาร ที่คอยให้กำลังใจและสืบค้นข้อมูลอ้างอิงที่มี
ประโยชน์ต่องานวิจัยฉบับนี้ อีกทั้งคุณพ่อ ฐานันท์ คุณแม่แดง และน้อง สุรศักดิ์
นาคเสนีย์ ที่ช่วยผลักดันให้ผู้วิจัยได้ฝ่าฟันอุปสรรค ความท้อแท้ ที่เกิดขึ้นให้ผ่านพ้น
ไปด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

วสันต์ นาคเสนีย์

สารบัญ

บทที่

หน้า

1	บทนำ.....	1
	ภูมิหลัง.....	1
	ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	4
	ความสำคัญของการวิจัย.....	4
	ข้อตกลงเบื้องต้น.....	4
	ขอบเขตของการวิจัย.....	5
	นิยามศัพท์เฉพาะ.....	8
	สมมติฐานการศึกษาค้นคว้า.....	9
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	10
	ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับน้ำประปา.....	10
	การผลิตน้ำบริโภคจากน้ำประปา.....	30
	การกรองโดยใช้ไส้กรองเรซินและไส้กรองคาร์บอน.....	36
	แสงอุลตราไวโอเล็ตในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์.....	42
	อุปกรณ์หน่วยเวลา.....	52
	การประเมินประสิทธิภาพของอุปกรณ์หน่วยเวลา.....	57
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	58
3	วิธีดำเนินการวิจัย.....	64
	ขั้นตอนในการศึกษาเพื่อออกแบบ.....	64
	การสร้างเครื่องกรองน้ำประปาสำหรับดื่มภายในครัวเรือนชนิดท่อ	
	กรองเดี่ยวและคู่ระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ต.....	65
	ประเมินประสิทธิภาพและความเหมาะสมด้านการใช้งาน.....	71
	การวิเคราะห์ข้อมูล.....	73

การนำเสนอผลการประเมินประสิทธิภาพและผลการวิเคราะห์ การประเมินความเหมาะสมในการใช้งาน.....	74
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	75
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลของคุณภาพน้ำ.....	76
ผลการประเมินความเหมาะสมในด้านการใช้งานของอุปกรณ์ หน่วยเวลาที่ติดตั้งอยู่กับเครื่องกรองน้ำ.....	90
5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	97
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	97
ความสำคัญของการวิจัย.....	97
สมมติฐานการวิจัย.....	98
การดำเนินการวิจัย.....	98
ผลการวิจัย.....	99
อภิปรายผล.....	107
ข้อเสนอแนะ.....	108
บรรณานุกรม.....	110
ภาคผนวก.....	115
ภาคผนวก ก แบบสอบถามเพื่อการวิจัย.....	116
ภาคผนวก ข ภาพถ่ายของเครื่องมือการใช้งาน.....	122
ภาคผนวก ค หนังสือขอความอนุเคราะห์.....	124
ภาคผนวก ง รายงานการตรวจวิเคราะห์น้ำ.....	128
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	135

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 คุณลักษณะของน้ำใต้ดินและน้ำผิวดิน.....	12
2 มาตรฐานน้ำบริโภคของการประปานครหลวง.....	15
3 ความสัมพันธ์ของค่าต่อ พี เอช ของน้ำ.....	19
4 คุณลักษณะทางกายภาพ.....	33
5 คุณลักษณะทางเคมี.....	34
6 สารเป็นพิษ.....	35
7 คุณลักษณะทางจุลชีววิทยา.....	35
8 พลังงานไฟฟ้าที่ต้องการและพลังงานแสง UV.....	43
9 ปริมาณแสงอุลตราไวโอเลต (UV dosage) ที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโรค ชนิดต่าง ๆ.....	50
10 ผลบันทึกการเปรียบเทียบคุณลักษณะทางกายภาพ.....	77
11 ผลบันทึกเปรียบเทียบคุณลักษณะทางเคมี.....	80
12 ผลบันทึกเปรียบเทียบคุณลักษณะทางจุลชีววิทยา.....	83
13 การเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของปริมาณกลุ่มแบคทีเรียทั้งหมดที่ ติดตั้งและไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองเดี่ยว..	84
14 การเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของปริมาณกลุ่มแบคทีเรียทั้งหมดที่ ติดตั้งและไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองคู่.....	84
15 ผลการเปรียบเทียบการติดตั้งและไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อ กรองเดี่ยว.....	87
16 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพของน้ำกับการติดตั้งและไม่ติดตั้งอุปกรณ์ หน่วยเวลาในท่อกรองคู่.....	89
17 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพทั่วไปของอุปกรณ์หน่วยเวลา.....	90
18 การวิเคราะห์ลักษณะการใช้งานของอุปกรณ์หน่วยเวลา.....	91
19 การวิเคราะห์ลักษณะการบำรุงรักษาของอุปกรณ์หน่วยเวลา.....	92

ตาราง

หน้า

20	การวิเคราะห์ลักษณะความปลอดภัยของอุปกรณ์หน่วยเวลา.....	93
21	การวิเคราะห์ความเหมาะสมในการใช้งานของอุปกรณ์หน่วยเวลา.....	94
22	จัดลำดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องกรองน้ำจำนวน 3 คน...	95

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	7
2 กระบวนการผลิตน้ำประปาสำหรับน้ำผิวดิน.....	13
3 กระบวนการผลิตน้ำประปาสำหรับน้ำใต้ดิน.....	14
4 โครงสร้างของ styrene divinyl benzene copolymer ที่มี $-SO_3H$ เป็น หมู่ฟังก์ชัน.....	36
5 โครงสร้าง styrene divinyl benzene copolymer ที่มี $N^+R_4Cl^-$ เป็นหมู่ฟังก์ชัน.....	37
6 แผนภาพการแลกเปลี่ยนน้ำกระด้างให้เป็นน้ำอ่อนและการปรับสภาพ ของเรซิน.....	39
7 รูปตัดโครงโพรงหรือช่องว่างภายในแอ็คติเวเต็ดคาร์บอน.....	41
8 ช่วงคลื่นแสงอุลตราไวโอเล็ตที่ใช้ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์.....	43
9 เครื่องปฏิกรณ์แบบกะที่หลอดแสงอุลตราไวโอเล็ตจุ่มในน้ำ.....	44
10 เครื่องปฏิกรณ์แบบกะที่หลอดแสงอุลตราไวโอเล็ตอยู่เหนือน้ำ.....	45
11 เครื่องปฏิกรณ์แสงอุลตราไวโอเล็ตแบบทิศทางการไหลตั้งฉาก กับหลอด.....	46
12 เครื่องปฏิกรณ์แสงอุลตราไวโอเล็ตแบบวงแหวนโดยมีทิศทางการไหล ขนานกับหลอด.....	46
13 เครื่องปฏิกรณ์แสงอุลตราไวโอเล็ตแบบทิศทางการไหลขนานกับหลอด	47
14 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องปฏิกรณ์แสงอุลตราไวโอเล็ตที่ใช้ ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำ.....	48
15 เครื่องทำน้ำสะอาดสำหรับค้มีด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ต.....	49
16 แสดงส่วนประกอบโครงสร้างและสัญลักษณ์ของหม้อแปลง.....	52
17 ลักษณะสมบัติของไดโอด.....	54
18 การใช้ไดโอดในวงจรเรกติไฟเออร์ แบบครึ่งคลื่น.....	54

19	วงจรเรกติไฟเออร์แบบเต็มคลื่น ใช้หม้อแปลงที่มีแท็ปกึ่งกลาง.....	55
20	วงจรบริดจ์เรกติไฟเออร์.....	55
21	โครงสร้างของรีเลย์.....	56
22	สัญลักษณ์ของรีเลย์ในแบบต่าง ๆ	56
23	การออกแบบอุปกรณ์หน่วยเวลาในกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์.....	65
24	วงจรอุปกรณ์หน่วยเวลา.....	66
25	แสดงภาพแยกส่วนของเครื่องกรองน้ำประปาสำหรับคัมชนิดไส้กรอง เดี่ยวระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ตที่ติดตั้งอุปกรณ์ หน่วยเวลาในกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์.....	67
26	แสดงภาพแยกส่วนของเครื่องกรองน้ำประปาสำหรับเครื่องคัมชนิด ไส้กรองคู่ระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ตที่ติดตั้งอุปกรณ์ หน่วยเวลาในกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์.....	69

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

น้ำบริโภคเป็นสิ่งจำเป็นต่อร่างกายมาก คุณภาพของน้ำจะมีผลต่อร่างกาย ถ้าน้ำนั้นไม่สะอาดหรือมีสิ่งเจือปนจะก่อให้เกิดโทษต่อผู้บริโภคได้ ดังนั้นมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ได้กำหนดลักษณะของเกณฑ์คุณภาพ โดยจำแนกออกเป็น 4 ลักษณะคือ 1) คุณลักษณะทางกายภาพ สามารถใช้ประสาทรับรู้ได้ ได้แก่ สี รส กลิ่น ความขุ่น ความเป็นกรดเป็นด่าง 2) คุณลักษณะทางเคมี ต้องตรวจสอบน้ำด้วยวิธีทางเคมี ได้แก่ ปริมาณสารทั้งหมด (total solids) เหล็ก แมงกานีส แคลเซียม ซัลเฟต เป็นต้น 3) สารเป็นพิษ เมื่อสะสมในร่างกายเป็นจำนวนมากจะก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายต้องตรวจสอบในห้องปฏิบัติการ เพื่อหาปริมาณปรอท ตะกั่ว อาร์เซนิก เป็นต้น 4) คุณลักษณะทางจุลชีววิทยา ต้องตรวจสอบในห้องปฏิบัติการทางจุลชีววิทยา ได้แก่ สแตปคอร์ดเพลดแคนต์ เอ็ม พี เอน อี. โค. โล. (E.coli) (มอก 257 เล่ม 1. 2521 : 2 - 5) โดยลักษณะของเกณฑ์คุณภาพน้ำบริโภคเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค

การดำเนินชีวิตของคนในสังคมมีความเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น การดื่มน้ำเพื่อบริโภคมีแนวโน้มจะลดลง เพราะความเจริญทางด้านวัตถุ และเทคโนโลยี ทำให้ผู้บริโภคต้องการความสะดวกสบายกว่าที่เป็นอยู่ (นิรัตน์ เตียสุวรรณ. 2540 : 7) ผู้บริโภคจึงหันมานิยมบริโภคน้ำดื่มบรรจุขวดกันมากขึ้น ผู้บริโภคมีความเชื่อหรือคาดหวังว่าจะเป็นน้ำที่สะอาด มีความปลอดภัยเหมาะสมกับการบริโภคมากกว่าน้ำที่มาจากแหล่งอื่น ๆ และอีกประการหนึ่งคือหาซื้อได้สะดวก จึงมีผู้ผลิตน้ำดื่มบรรจุขวดจำหน่ายกันมากขึ้น จากสาเหตุดังกล่าวก่อให้เกิดการแย่งแย่งส่วนแบ่งทางการตลาด มีการขายตัดราคาและนำภาชนะบรรจุของผู้อื่นมาใช้ ประสิทธิภาพการกรองที่ไม่ได้มาตรฐานทำให้คุณภาพของน้ำบรรจุขวดลดลง (นิทรา เนื่องจำนง และคณะ. 2539 : 204) ผลงานวิจัยของ คุณฉวี สุทธิปริยาศรี และคณะ (2539) จากคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ในเรื่องคุณภาพน้ำดื่มในกรุงเทพฯ โดยสุ่มเก็บตัวอย่างจากน้ำประปา

และน้ำดื่มบรรจุขวด พบว่าคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน กระทรวงสาธารณสุข แต่คุณภาพของน้ำดื่มทางด้านแบคทีเรียยังไม่ได้มาตรฐาน โดยน้ำดื่มบรรจุขวดพบปริมาณเชื้อแบคทีเรีย ร้อยละ 96.77 ส่วนน้ำประปาพบเพียง ร้อยละ 2 ของกลุ่มแบคทีเรียทั้งหมด (heterotrophs count) เมื่อเปรียบเทียบราคาของน้ำบรรจุขวดและน้ำประปา (ไมตรี ลิ้มปิตาติ. 2539 : 34) จะเห็นว่าราคาน้ำบรรจุขวดขนาด 1 ลิตร ราคาไม่ต่ำกว่า 10 บาท แต่น้ำประปา ราคาไม่ถึงสตางค์ อาจกล่าวได้ว่าน้ำประปาราคาถูกกว่าน้ำบรรจุขวดเป็น 1000 เท่า ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการเลือกบริโภคน้ำประปาจึงเป็นสิ่งที่สะดวกสบายและประหยัดอีกทางหนึ่งของผู้บริโภคน้ำดื่ม

น้ำประปาเป็นสาธารณูปโภคพื้นฐานที่ครัวเรือนส่วนใหญ่ใช้ อีกทั้งเป็นน้ำที่สามารถที่จะบริโภคได้อย่างสะดวกสบาย (เสียงบริโภค. 2540 : 7 - 8) แต่ผู้บริโภคส่วนมากมักจะไม่นิยมบริโภคน้ำประปาอันเนื่องมาจากสาเหตุดังต่อไปนี้ ประการแรก เกิดจากค่านิยมดื่มน้ำบรรจุขวด ซึ่งผู้บริโภคถูกจูงใจจากแรงโฆษณาของบริษัทผู้จำหน่าย ให้มีความรู้สึกว่าน้ำที่อยู่ในขวดเท่านั้นจึงจะเป็นน้ำที่สะอาด ประการที่สอง ในน้ำประปามีตะกอนติดออกมาให้เห็นซึ่งเกิดจากการซ่อมรอยรั่วท่อ หรือตัดบรรจบท่อใหม่กับท่อน้ำเก่าที่เป็นสนิท ท่อแตกรั่วเช่อยู่ในน้ำเสียหรือสกปรก ประการที่สาม รังเกียจกลิ่นคลอรีน (ไมตรี ลิ้มปิตาติ. 2539 : 39) และประการสุดท้าย กลิ่น และ รสอื่น ๆ อันเนื่องมาจากมีไอออนที่ทำให้เกิดรสไม่ชวนดื่ม

สภาพความเป็นจริงที่เกิดขึ้นสามารถจะกล่าวได้ว่า คุณภาพของน้ำประปาในแต่ละช่วงการจ่ายน้ำจะมีคุณภาพไม่เท่ากัน อันเนื่องมาจากท่อน้ำประปาที่ผุกร่อนหรือมีรอยรั่วซึม (สุภวรรณ จิงจิตต์รัตน์ และคณะ. 2539 : 193 - 202) การต่อท่ออาจเชื่อมต่อกันด้วยโลหะบัดกรีที่มีตะกั่วผสม ก็อาจจะซึมเข้าไปในน้ำทำให้เกิดการปนเปื้อนได้ และนอกจากนี้น้ำประปาที่ถูกเก็บไว้ในแท้งค์บนหลังคาบ้าน หรืออาคารชุดพักอาศัย ตั้งอยู่ในที่ที่มีการระบายอากาศไม่ดี จึงเป็นการเปิดโอกาสให้สารปนเปื้อนและสิ่งแปลกปลอมอื่น ๆ ที่ลอยอยู่ในอากาศตกลงไปผสมในน้ำได้อีกทางหนึ่ง อีกทั้งความร้อนแสงอาทิตย์ทำให้คลอรีนสลายตัว ส่งผลให้แบคทีเรียสามารถขยายพันธุ์ ด้วยเหตุดังกล่าว จึงได้มีการผลิตเครื่องกรองน้ำดื่มเพื่อใช้ตามบ้านขึ้น ซึ่งเครื่องกรองน้ำอาศัยหลักการพื้นฐานที่สำคัญ แบ่งตามหน้าที่ได้ 3 ส่วนดังนี้คือ (กรมวิทยาศาสตร์ บริการ. 2531 : 23 - 25) ส่วนที่หนึ่ง เป็นส่วนที่ทำหน้าที่กำจัดเกลือแร่ที่ละลายอยู่ในน้ำ ในส่วนนี้จะใช้

เรซินโดยกระบวนการแลกเปลี่ยนไอออนของเรซินกับไอออนของสารที่มีอยู่ในน้ำ ส่วนที่สองเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ดูดซับ กลิ่น สี และรสที่เกิดจากสิ่งเจือปนในน้ำ ในส่วนนี้จะใช้สารกรองคาร์บอน ส่วนที่สามเป็นส่วนที่ทำหน้าที่กำจัดจุลินทรีย์ ได้แก่ แสงอุลตราไวโอเล็ต โอโซน โลหะเงิน ใส่กรองเซรามิคผสมธาตุเงิน (พงษ์เทพ วิไลพันธ์. 2540 : 160 - 161) เป็นต้น

ในด้านอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องกรองน้ำก็ได้พัฒนาเครื่องกรองน้ำออกมาหลายรูปแบบ (สุพจน์ ตียาภรณ์. 2527 : 1 - 2) เครื่องกรองน้ำดื่มที่ใช้สำหรับการกรองน้ำประปา ได้มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบให้ทันสมัยมากขึ้นกว่าเดิม ได้พัฒนาใช้ระบบฆ่าเชื้อโรคโดยแสงอุลตราไวโอเล็ตเพิ่มเติมในเครื่องกรองน้ำ ซึ่งได้รับความนิยมมากในต่างประเทศ แต่ในประเทศไทยเครื่องกรองน้ำระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ตภายในครัวเรือนยังมีการใช้กันอยู่ไม่แพร่หลายมากนัก

จากการศึกษางานวิจัยของ อรรถกร คำธิตา (2529 : 11) พบว่า แสงอุลตราไวโอเล็ตในเครื่องปฏิกรณ์แสงทรงกระบอก สามารถที่จะลดปริมาณเชื้อโรคในน้ำได้ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคมมากถึง ร้อยละ 99.99 โดยใช้แสงอุลตราไวโอเล็ตที่มีความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร มีประสิทธิภาพสูง (เกรียงศักดิ์ เลิศวุฒินันท์. 2536 : 2 อ้างจาก Newcomer. 1910) หลอดอุลตราไวโอเล็ตจะให้ค่าแถบแสงที่ส่งหรือเปล่งออกไป (emission band) สามารถทำอันตรายต่อเชื้อจุลินทรีย์ได้มากที่สุด

ปัจจุบันเครื่องกรองน้ำระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ตที่ใช้ภายในครัวเรือนยังมีข้อบกพร่องด้านความปลอดภัยของผู้บริโภค รวมทั้งคุณภาพน้ำที่ระยะแรกมีการเปิดเครื่องใช้น้ำ ซึ่งเกิดจากประกายแรก ไม่มีอุปกรณ์ควบคุมอัตราการไหลของน้ำที่ผ่านเข้าเครื่องในอัตราที่เหมาะสม ทำให้ไม่มีเวลาสัมผัสแสงอย่างเพียงพอ ประการที่สอง ในกรณีที่มีเหตุขัดข้องจนทำให้เครื่องไม่ทำงาน จะไม่มีวาล์วอัตโนมัติสำหรับควบคุมไม่ให้น้ำที่ยังไม่ได้ฆ่าเชื้อโรคไหลออกเป็นน้ำดื่ม ประการที่สาม ไม่มีอุปกรณ์ป้องกันความปลอดภัยสำหรับผู้บริโภคไฟฟ้าลัดวงจร หรือไฟรั่ว ประการสุดท้าย ไม่มีอุปกรณ์หน่วงเวลาเพราะก่อนที่จะใช้เครื่องจะต้องอุ่นหลอดแสงอุลตราไวโอเล็ตประมาณ 2 นาที (มันสิน ตุนกุลเวศม์. 2538 : 216) เหตุผลที่จะต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้บริโภค เนื่องมาจากว่า จุลินทรีย์ต่าง ๆ มีความต้านทานต่อแสงอุลตราไวโอเล็ต ไม่เท่ากัน ความต้องการของแสงอุลตราไวโอเล็ตเพื่อฆ่าเชื้อโรคจุลินทรีย์มีค่าอยู่ในช่วง

3,400 - 8,000 ไมโครวัตต์ - วินาที/ตารางเซนติเมตร อย่างไรก็ตามเพื่อประสิทธิภาพสูงสุดของปริมาณแสงอุลตราไวโอเล็ตในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ไม่ควรน้อยกว่า 16,000 ไมโครวัตต์ - วินาที/ตารางเซนติเมตร ที่ 254 นาโนเมตร และจะต้องให้หลอดแสงอุลตราไวโอเล็ตทำงานก่อนประมาณ 2 นาที ทำให้หลอดอุ่นตัวเพื่อจะได้น้ำที่ผ่านการฆ่าเชื้อโรคจากแสงอุลตราไวโอเล็ตที่มีประสิทธิภาพสูงสุด (มันสิน ตุนทุลเวศม์. 2538 : 217)

จากปัญหาดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงออกแบบและสร้างอุปกรณ์หน่วยเวลาเสริมเข้าไปในเครื่องกรองน้ำประปานครหลวงระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ต เพื่อคุณภาพน้ำที่ผ่านการกรองและฆ่าเชื้อโรคตั้งแต่หยดแรกที่ออกมาได้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 257 ของกระทรวงอุตสาหกรรมและความปลอดภัยของผู้ใช้งาน

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบและสร้างชุดหน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องกรองน้ำประปา นครหลวงระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ตสำหรับดื่มภายในครัวเรือน
2. เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำที่ผ่านเครื่องกรองเดี่ยวและคู่ โดยติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์และไม่ติดตั้งเครื่องหน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์
3. เพื่อศึกษาความเหมาะสมของอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องกรองน้ำดื่มภายในครัวเรือนระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ต

ความสำคัญของการวิจัย

ได้อุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้งานร่วมกับเครื่องกรองน้ำดื่มภายในครัวเรือนระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ตสำหรับหน่วยน้ำไม่ให้ไหลออกใน 2 นาทีแรก เพื่อประสิทธิภาพสูงสุดในการฆ่าเชื้อโรคของหลอดอุลตราไวโอเล็ต

ข้อกำหนดเบื้องต้น

1. ท่อน้ำประปา ใช้ท่อ พี วี ซี แข็งสำหรับใช้เป็นท่อน้ำประปาขนาดท่อ 20 มิลลิเมตร ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมท่อ พี วี ซี แข็ง สำหรับใช้เป็นท่อน้ำดื่ม มอก. 17. 2532

2. เครื่องกรองน้ำประปานครหลวงสำหรับดื่มภายในครัวเรือนระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ต ประกอบด้วย

2.1 กระจบอกรอง มีลักษณะเป็นทรงกระบอก มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 นิ้ว มีความสูง 15 นิ้ว

2.2 ไส้กรอง จะประกอบด้วยไส้กรอง 2 ชนิดดังต่อไปนี้

2.2.1 ไส้กรองเดี่ยว จะใช้ไส้กรองคาร์บอนชนิดผงอัดแท่ง ห่อหุ้มด้วยผ้ากรองใยเทปลอน

2.2.2 ไส้กรองคู่ จะใช้ไส้กรองเรซินและไส้กรองคาร์บอนชนิดผงอัดแท่งห่อหุ้มด้วยผ้ากรองใยเทปลอน

3. หลอดแสงอุลตราไวโอเล็ต มีความยาว 12 นิ้ว กำลังไฟ 10 วัตต์

4. ชุดอุปกรณ์หน่วงเวลาอิเล็กทรอนิกส์ (electronic delay time) จะติดตั้งในกล่องควบคุมและทำหน้าที่หน่วงเวลาให้น้ำไหลเข้าใน 2 นาทีแรกที่ทำการเปิดเครื่อง

ขอบเขตของการวิจัย

เพื่อให้การวิจัยในครั้งนี้บรรลุความมุ่งหมายที่ตั้งไว้ผู้วิจัยจึงได้กำหนดขอบเขตของการวิจัยไว้ดังต่อไปนี้

ตัวแปรต้น เครื่องกรองน้ำประปานครหลวงสำหรับดื่มภายในครัวเรือน ระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ต ประกอบด้วย

1. เครื่องกรองที่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วงเวลาอิเล็กทรอนิกส์ 2 นาที
2. เครื่องกรองที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วงเวลาอิเล็กทรอนิกส์ 2 นาที

ตัวแปรต้นสอดแทรก (เงื่อนไข) ประกอบด้วย

1. เครื่องกรองชนิดไส้กรองเดี่ยวและเครื่องกรองชนิดไส้กรองคู่
2. อัตราการไหลของน้ำประปาที่ไหลเข้าสู่เครื่องกรองน้ำ โดยมีอัตราการไหลดังต่อไปนี้

อัตราการไหล 2 ลิตร/นาที่

อัตราการไหล 4 ลิตร/นาที่

อัตราการไหล 6 ลิตร/นาที่

อัตราการไหล 8 ลิตร/นาที่

ตัวแปรตาม ได้แก่

1. คุณภาพของน้ำบริโภคที่ผ่านการกรองและฆ่าเชื้อโรคจากแสงอัลตราไวโอเล็ต ได้แก่

1.1 คุณลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ กลิ่น รส ความขุ่น ความเป็นกรด - เบส

1.2 คุณลักษณะทางเคมี ได้แก่ ปริมาณสารทั้งหมด (total solids) ปริมาณเหล็ก แมงกานีส แคลเซียม แมกนีเซียม ซัลเฟต คลอไรด์ และความกระด้าง

1.3 คุณลักษณะทางจุลชีววิทยา ได้แก่ กลุ่มแบคทีเรียทั้งหมด (standard plate count) ค่า MPN และ E. coli

2. ความเหมาะสมด้านการใช้งานของอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ ที่ติดตั้งเสริมเข้าไปในเครื่องกรองน้ำประปานครหลวง สำหรับดื่มภายในครัวเรือน ระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ต แบ่งออกเป็น 4 ด้านคือ

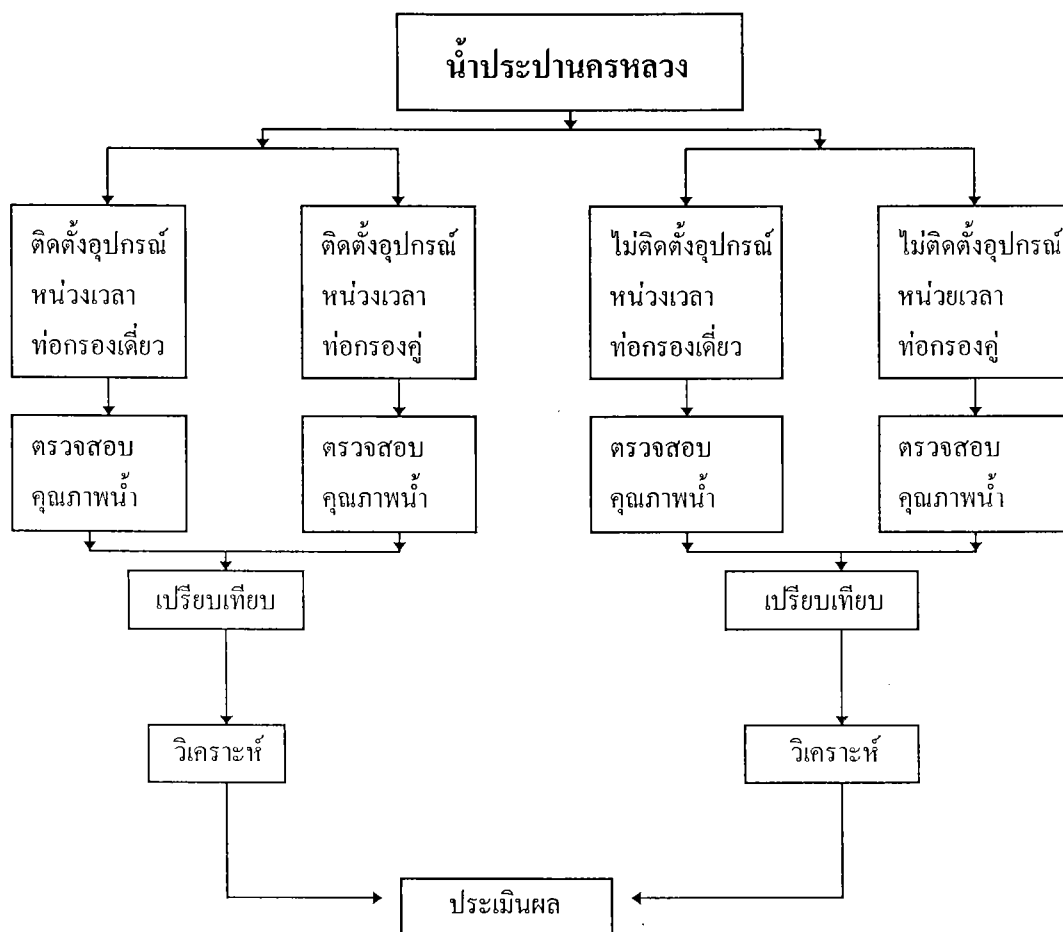
2.1 ลักษณะทางกายภาพทั่วไป

2.2 ลักษณะการใช้งาน

2.3 ลักษณะการบำรุงรักษา

2.4 ความปลอดภัยในการใช้งาน

กรอบความคิดในการวิจัย



ภาพประกอบ 1 กรอบความคิดในการวิจัย

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. เครื่องกรองน้ำประปาสำหรับดื่มระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ต หมายถึง เครื่องกรองน้ำชนิดท่อกรองเดียวกับชนิดท่อกรองคู่ และที่ติดตั้งกับไม่ติดตั้ง อุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์
2. แสงอุลตราไวโอเล็ต หมายถึง แสงที่เปล่งออกมาจากหลอดไฟแสงอุลตราไวโอเล็ตที่มีความยาวของหลอด 12 นิ้ว ให้กำลังไฟ 10 วัตต์ มีความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร
3. กล้องควบคุม หมายถึง กล้องที่ควบคุมโดยวงจรไฟฟ้าของหลอดแสงอุลตราไวโอเล็ตมีระบบสัญญาณเตือนเมื่อผิดปกติ มีสัญญาณแสดงการทำงานของเครื่อง และมีอุปกรณ์หน่วยเวลาอยู่ภายใน
4. อุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ หมายถึง อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่หน่วยเวลาไม่ให้น้ำไหลเข้าเครื่องกรองในระหว่างการอุ่นของหลอดแสงอุลตราไวโอเล็ตเป็นเวลา 2 นาที
5. คุณภาพของน้ำบริโภค หมายถึง น้ำดื่มที่ได้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค และผ่านการวิเคราะห์ทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 257 เล่ม 1 - 2 : 2521)
6. ความเหมาะสมด้านการใช้งาน หมายถึง ความเหมาะสมของอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ที่ติดตั้งกับเครื่องกรองน้ำด้วยระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ต แบ่งออกเป็น 4 ด้านคือ
 - 6.1 ลักษณะทางกายภาพทั่วไป หมายถึง ลักษณะของอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์มีความกระต๊าดสวยงาม แข็งแรง สะดวกในการติดตั้งเข้ากับเครื่องกรองน้ำระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ต
 - 6.2 ลักษณะการใช้งาน หมายถึง มีความง่ายและสะดวกในการใช้งาน เพราะอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์จะทำงานสัมพันธ์กับหลอดอุลตราไวโอเล็ต เมื่อมีกระแสไฟฟ้าเข้าวงจรอุปกรณ์ก็จะทำงานหน่วยเป็นเวลา 2 นาที
 - 6.3 ลักษณะการบำรุงรักษา หมายถึง การดูแลทำได้สะดวกและง่าย เพราะได้ออกแบบให้มีความสะดวกในการเปลี่ยนอะไหล่ได้ง่าย รวมทั้งชิ้นส่วนทุกชิ้นหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาดและราคาถูก

6.4 ลักษณะความปลอดภัย หมายถึง การออกแบบอุปกรณ์ไฟฟ้า รวมถึงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ให้ผู้ใช้งานมั่นใจในการใช้อุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์

7. มาตรฐาน มอก. 257 หมายถึง มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค กำหนดเกณฑ์คุณภาพโดยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวง อุตสาหกรรม

สมมติฐานการวิจัย

1. เครื่องกรองน้ำประปานครหลวงสำหรับดื่มภายในครัวเรือนระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ตที่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์สามารถกรองน้ำและฆ่าเชื้อโรคได้ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค มอก. 257 - 2521 ของกระทรวงอุตสาหกรรม
2. การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ใน 2 นาทีแรกมีคุณภาพน้ำด้านจุชีวิวิทยาสูงกว่าการไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ทั้งในท่อกรองคู่ และท่อกรองเดี่ยว
3. อุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ที่ติดตั้งเข้ากับเครื่องกรองน้ำประปานครหลวงสำหรับดื่มภายในครัวเรือน ระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ต ผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมด้านการใช้งานอยู่ในระดับดี

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องจากเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับน้ำประปา
2. การผลิตน้ำบริโภคจากน้ำประปา
3. การกรองโดยใช้ไส้กรองเรซินและไส้กรองคาร์บอน
4. แสงอุลตราไวโอเล็ตในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์
5. อุปกรณ์หน่วยเวลา
6. การประเมินประสิทธิภาพของอุปกรณ์หน่วยเวลา
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับน้ำประปา

น้ำเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ และเป็นสิ่งซึ่งไม่อาจขาดได้ ความเจริญทางด้านวัตถุทำให้ความต้องการน้ำเพิ่มบริโภคสูงขึ้นตามไปด้วย และแหล่งน้ำสะอาดนับวันจะหายากขึ้นทั้งนี้สืบเนื่องมาจากผลกระทบของมลภาวะต่าง ๆ การจัดหาน้ำสะอาดให้กับชุมชนจึงเป็นเรื่องสำคัญมาก การจัดการระบบประปาชุมชนจึงเกิดขึ้น ซึ่งประกอบด้วย แหล่งน้ำ ระบบทำความสะอาดน้ำหรือเรียกว่าโรงประปา และระบบขนส่งและแจกจ่ายน้ำ (มันสิน ตันฑุลเวศม์. 2537 : 3)

กระบวนการผลิตน้ำประปา น้ำดิบทั่วไปที่จะนำมาผลิตน้ำประปาควรมีคุณภาพดีพอสมควร อย่างไรก็ตามน้ำดิบทั่วไปก็ยังคงมีสิ่งปนเปื้อนที่ไม่พึงปรารถนาอยู่ โดยมีสิ่งปนเปื้อนทั้งทางกายภาพ เคมี และชีววิทยา ดังนั้นจำเป็นต้องมีกระบวนการผลิตน้ำประปาที่เหมาะสมกับคุณภาพน้ำดิบต่าง ๆ เช่น น้ำใต้ดิน น้ำจากแม่น้ำ น้ำจากคลอง เป็นต้น โดยหลักการทั่วไปคือ ต้องสามารถทำน้ำดิบให้เป็นน้ำประปาที่สะอาดจนถึง

สามารถดื่มได้ด้วยการยึดหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้ (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2536 : 76 - 78)

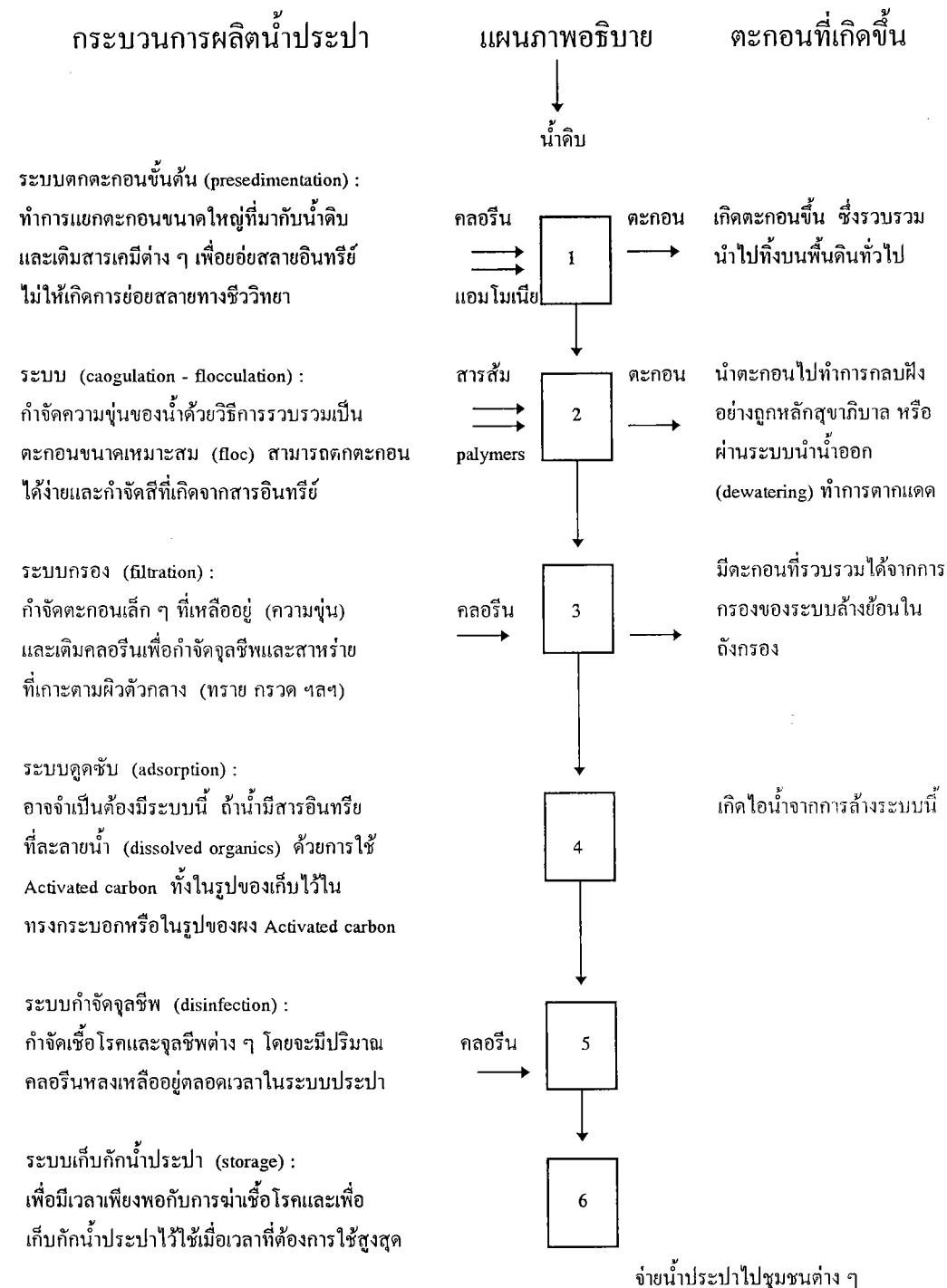
1. ต้องไม่ให้มีเชื้อจุลชีพใด ๆ หลงเหลืออยู่ในน้ำประปาตั้งแต่โรงผลิตน้ำประปา ส่งน้ำประปาไปตามท่อจนกระทั่งถึงก๊อกน้ำตามอาคารต่าง ๆ
2. ต้องไม่มีพวกสารอินทรีย์ใด ๆ ทั้งที่แขวนลอยและละลายอยู่ในน้ำหลงเหลืออยู่ในน้ำประปา
3. ต้องกำจัดแก๊สต่าง ๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำออกจากน้ำประปา
4. ต้องกำจัดสิ่งปนเปื้อนต่าง ๆ ที่ไม่พึงปรารถนาทั้งที่เป็นสารแขวนลอยและสารที่ละลายอยู่ในน้ำประปา เช่น กำจัดเหล็กออกจากน้ำให้เหลือน้อยที่สุดที่มาตรฐานกำหนดไว้หรือกำจัดเหล็กออกจากน้ำประปาให้หมด และต้องควบคุมสารฟลูออไรด์ในน้ำประปาให้เหลือประมาณไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ไม่ต้องกำจัดออกให้หมด
5. ต้องกำจัดสารพิษอันตรายต่าง ๆ ออกจากน้ำประปาให้หมดทั้งที่เป็นพิษที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายมนุษย์ในลักษณะเรื้อรังและลักษณะฉับพลัน เช่น สารแคดเมียม (cadmium) สารตะกั่ว (lead) สารฟีนอล (phenols) และสารไซยาไนด์ (cyanide) เป็นต้น
6. ต้องกำจัดสีต่าง ๆ ออกจากน้ำให้หมดหรืออย่างน้อยไม่เกินมาตรฐานน้ำดื่มที่กำหนดไว้
7. ต้องกำจัดกลิ่นและรสของน้ำประปาให้ได้มากที่สุดโดยไม่ให้น้ำประปามีกลิ่นและรสเป็นที่น่ารังเกียจต่อผู้บริโภค
8. ต้องทำให้น้ำประปาเป็นที่พอใจแก่ผู้ใช้ตลอดเวลาทั้งสำหรับดื่มปรุงอาหารชะล้างต่าง ๆ และกิจกรรมทั่วไปของโรงงานอุตสาหกรรม

ในการเลือกกระบวนการผลิตน้ำประปาจะขึ้นอยู่กับประเภทของแหล่งน้ำดิบ ซึ่งโดยมากจะมีอยู่ 2 ประเภทคือ น้ำใต้ดินและน้ำผิวดิน (คลอง แม่น้ำ) คุณลักษณะของแหล่งน้ำดิบจะมีความแตกต่างกัน ดังตาราง 1 ซึ่งได้สรุปคุณลักษณะของน้ำใต้ดินและน้ำผิวดินเพื่อจะได้ทราบว่าต้องการกำจัดอะไรออกจากน้ำบ้าง ภาพประกอบ 1 และ 2 จะเป็นการแสดงกระบวนการผลิตน้ำประปาสำหรับน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินตามลำดับ ซึ่งเป็นกระบวนการผลิตทั่วไปที่ใช้กัน แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของ น้ำดิบด้วย (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2536 : 79)

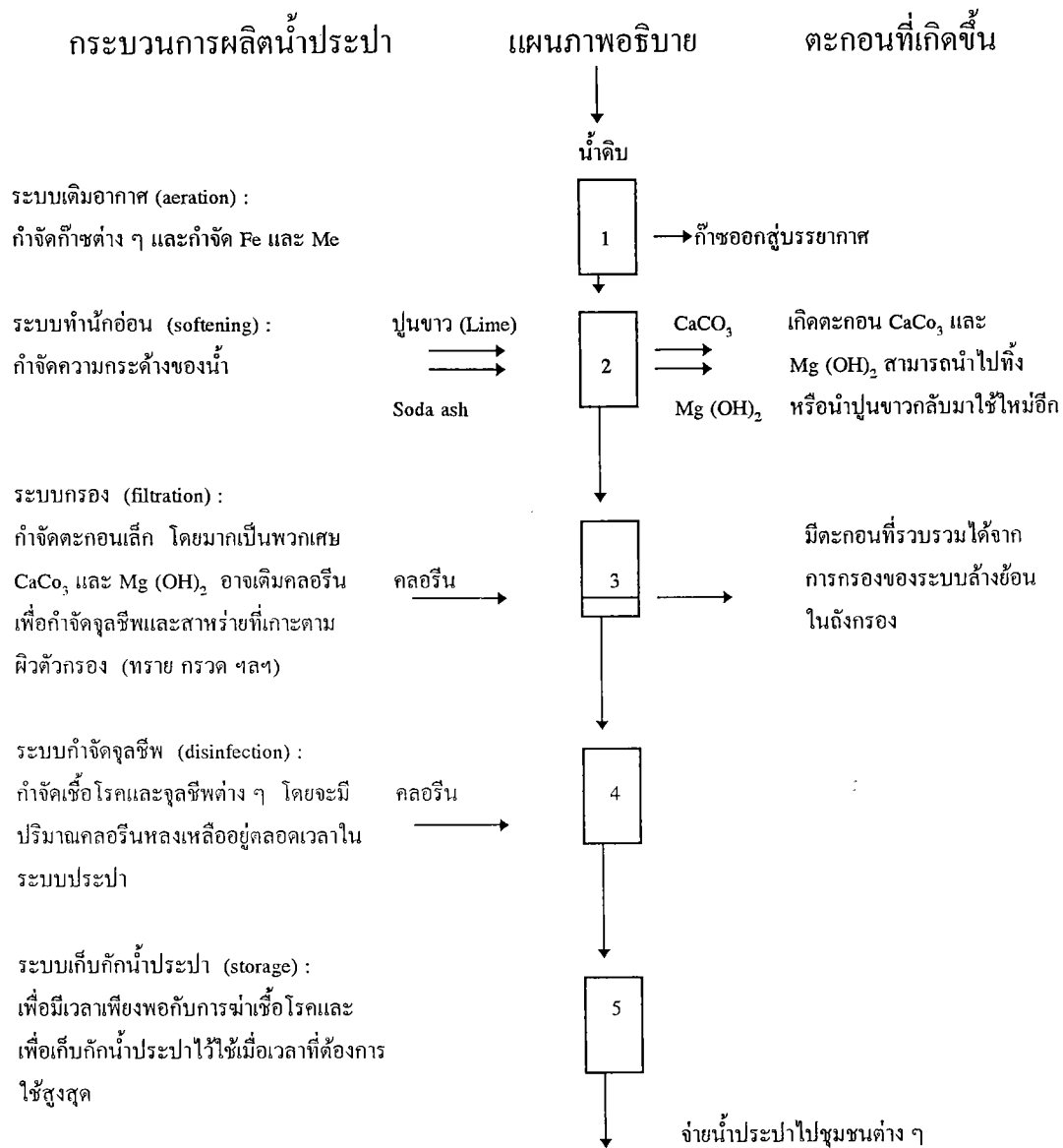
ตาราง 1 คุณลักษณะของน้ำใต้ดินและน้ำผิวดิน

น้ำใต้ดิน	น้ำผิวดิน
มีสารประกอบทั่วไปไม่เปลี่ยนแปลง	มีสารประกอบที่อาจแตกต่างกันได้
มีความขุ่นน้อย	มีความขุ่นมาก
มีแร่ธาตุต่าง ๆ มากกว่า	มีแร่ธาตุต่าง ๆ น้อยกว่า
มีสีน้อยกว่า	มีสีมากกว่า
ตัวเชื่อมจุลินชีพน้อย	ตัวเชื่อมจุลินชีพมีมากกว่า
มีความเข้มข้นของออกซิเจนละลายต่ำมาก	มีความเข้มของออกซิเจนละลายสูงกว่า
มีความกระด้างมากกว่า	มีความกระด้างน้อยกว่า
อาจพบ H_2S , Fe, Mn ได้	มีกลิ่นและรส
	อาจพบสารพิษได้

ที่มา : (เกรียงศักดิ์ อุคมสินโรจน์. 2536 : 77)



ภาพประกอบ 2 กระบวนการผลิตน้ำประปาสำหรับน้ำผิวดิน
(เกรียงศักดิ์ อุคมสินโรจน์. 2536 : 78)



ภาพประกอบ 3 กระบวนการผลิตน้ำประปาสำหรับน้ำใต้ดิน
(เกรียงศักดิ์ อุคมสินโรจน์. 2536 : 79)

มาตรฐานน้ำบริโภคของการประปานครหลวง

สำหรับมาตรฐานของน้ำประปาที่ผลิตออก การประปานครหลวงได้ตั้งเกณฑ์

มาตรฐาน ดังตาราง 2

ตาราง 2 มาตรฐานน้ำบริโภคของการประปานครหลวง

ลำดับที่	ชนิด	ที่ยอมให้มีได้ในน้ำดื่ม มิลลิกรัม/ลิตร
1	สารที่เป็นพิษถ้ามีเกินกำหนดทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพคือ	
	ตะกั่ว (lead)	0.05
	เซเลเนียม (selenium)	0.01
	โครเมียม (chromium)	0.05
	ไซยาไนด์ (cyanide)	0.01 - 0.2
	อาซีนิก (Arsenic)	0.01 - 0.05
2	สารบางจำพวกที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะของน้ำดื่ม สารพวกนี้ถ้ามีมากเกินกำหนดทำให้น้ำไม่สะอาด	
	กลิ่นและรส (odour and taste)	ไม่เป็นที่รังเกียจ
	สี (colour)	20
	ความขุ่น (Turbidity)	5
	ความเป็นกรดหรือเป็นด่าง (pH value)	6.8 - 8.2
	สารทั้งหมด (total solids)	1000
	ความกระด้าง (total hardness)	300
	เหล็ก (iron)	0.5
	แมงกานีส (manganis)	0.3
	ทองแดง (copper)	1.0 - 3.0
	สังกะสี (zinc)	15
	แมกนีเซียม (magnesium)	125
	ซัลเฟต (sulphate)	250
	คลอไรด์ (chlorino)	250
	ฟีนอล (phenol)	0.002 - 0.001

ตาราง 2 (ต่อ)

ลำดับที่	ชนิด	ที่ยอมให้มีได้ในน้ำดื่ม มิลลิกรัม/ลิตร
3	สารบางจำพวกที่เกี่ยวกับสุขภาพถ้ามีมากเกินไปจนเกินจำนวนที่กำหนดอาจทำให้เกิดโรคได้คือ ฟลูออไรด์ (fluoride) ไนเตรท (nitrate)	1.5 4.5
4	สารบางจำพวกที่มีอยู่ในน้ำมากเกินไปแสดงว่าน้ำนั้นไม่สะอาดหรือมีสิ่งสกปรกปะปนอยู่ด้วย ออกซิเจนคอนซุมด์ (oxygen consumed) แอมโมเนียอิสระ (free ammonia) อัลบูมินอยด์ (albumenoid ammonia) ไนไตรท์ (nitrite ในรูป nitrogen)	2.0 0.06 0.1 ต้องไม่มีอยู่เลยหรือ : มาก (0.001)
5	แบคทีเรียที่อาจทำให้เกิดโรคต่อมนุษย์ได้ยอมให้มี ดังนี้ น้ำที่สะอาดมาก มีโคลิฟอร์ม (Coliform Bacteria) น้อยกว่า 1 ในน้ำ 100 มิลลิลิตร หรือต้องไม่มีเลย น้ำที่สะอาด มีโคลิฟอร์มแบคทีเรีย น้อยกว่า 1 - 2 ในน้ำ 1 00 มิลลิลิตร น้ำที่สงสัยว่าสะอาดหรือไม่มีโคลิฟอร์มแบคทีเรีย 3 - 10 ในน้ำ 100 มิลลิลิตร น้ำที่ไม่สะอาด มีโคลิฟอร์มแบคทีเรียมากกว่า 10 ในน้ำ 100 มิลลิลิตร สำหรับน้ำประปาจะต้องมีโคลิฟอร์มแบคทีเรียน้อยกว่า 1 ในน้ำ 1 00 มิลลิลิตร (หรือไม่มีเลย)	

ที่มา : (การประปานครหลวง. 2540 : 7)

ลักษณะสมบัติทางกายภาพของน้ำประปา เกิดขึ้นจากสารบางอย่างซึ่งเราสามารถทราบได้จากประสาทสัมผัสทั้ง 5 ของมนุษย์ สารเหล่านี้สามารถกำจัดออกจากรน้ำโดยวิธีสามัญและมักจะเป็นอันตรายน้อยกว่าสารในน้ำประเภทอื่น ได้แก่

1. ความขุ่น น้ำส่วนใหญ่มีความขุ่นเกิดขึ้น เนื่องจากสารพวกที่แขวนลอยในน้ำ เช่น ดินโคลน ทรายละเอียด และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กจำพวกสาหร่ายเซลล์เดียว แพลงก์ตอน และไดอะตอม สารดังกล่าวมีส่วนที่ทำให้แสงเกิดหักเหและอาจดูดแสงเอาไว้มิให้ผ่านทะลุไป จึงทำให้มองเห็นน้ำมีลักษณะขุ่น เนื่องจากความขุ่นสามารถมองเห็นได้ก่อนเพราะสดูดตาได้ง่าย จึงเป็นปัจจัยเบื้องต้นในการตัดสินใจ ผู้บริโภคต้องการบริโภคน้ำหรือไม่ และเนื่องจากความขุ่นเป็นพารามิเตอร์ที่วัดได้ง่าย วิศวกรสิ่งแวดล้อมจึงนิยมใช้ความขุ่นเป็นเครื่องวัดประสิทธิภาพของขบวนการหลายประเภท เช่น กระบวนการกรองน้ำ กระบวนการตกตะกอน เป็นต้น

2. สี ในธรรมชาติสีส่วนใหญ่เกิดจากพืชและใบไม้ที่เน่าเปื่อยและมักมีสีชา อย่างไรก็ตามสีของน้ำอาจเกิดจากน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ การที่น้ำมีสีผิดปกติทำให้ไม่ชวนดื่มและไม่น่าใช้ ดังนั้นการกำจัดสีออกจากน้ำจึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการทำน้ำให้สะอาด สีอาจแบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือ

2.1 สีแท้หรือสีจริง หมายถึง สีที่ละลายจนกลายเป็นเนื้อเดียวกับน้ำ สีแท้เกิดจากสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายยากประเภทกรดฮิวมิกและฟัลวิก (humic acid & fulvic acid) ซึ่งเป็นผลที่เกิดจากการย่อยสลายพืชต่าง ๆ กรดอินทรีย์เหล่านี้เป็นสารที่มีความคงตัวสูงมากจนไม่สลายตัวอีกต่อไปแล้ว การกำจัดสีแท้ออกจากน้ำไม่อาจทำได้โดยง่าย

2.2 สีปรากฏ หมายถึง สีของน้ำที่สามารถกำจัดได้โดยวิธีทางกายภาพ เช่น ตกตะกอนหรือกรอง เป็นต้น การกำจัดสีปรากฏออกไปจะทำให้เห็นสีแท้ของน้ำ (ถ้ามี)

3. กลิ่นและรส เกิดขึ้นเนื่องจากสาเหตุดังต่อไปนี้

3.1 จุลินทรีย์ต่าง ๆ เช่น สาหร่าย ไดอะตอม และโปรโตซัว (สาหร่ายมักจะเป็นสาเหตุสำคัญที่สุด)

3.2 แก๊สต่าง ๆ ที่ละลายในน้ำ เช่น แก๊สไข่เน่า

3.3 การเน่าเปื่อยของสารอินทรีย์ในน้ำซึ่งขาดออกซิเจน

3.4 น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม

3.5 ผลจากการเติมสารเคมีบางอย่าง เช่น คลอรีน

3.6 สารอนินทรีย์ที่ละลายในน้ำ เช่น เหล็ก

มนุษย์รับรู้กลิ่นและรสได้ด้วยการดม ชิม ตามลำดับ แต่การบอกปริมาณด้วยตัวเลขว่ามีกลิ่นและรสมากน้อยเพียงใดนั้นยังไม่มีวิธีที่มาตรฐาน ด้วยเหตุนี้ขีดจำกัดของกลิ่นและรสในมาตรฐานน้ำดื่มจึงกำหนดไว้อย่างกว้าง ๆ ว่าต้องไม่เป็นที่รังเกียจเท่านั้น

4. อุณหภูมิ น้ำในธรรมชาติมักมีอุณหภูมิอยู่ในช่วงปกติเนื่องจากกระบวนการผลิตน้ำดื่มไม่ทำให้น้ำดื่มมีอุณหภูมิผิดปกติ จึงไม่มีการพูดถึงขีดจำกัดของอุณหภูมิไว้เป็นมาตรฐานน้ำดื่ม อย่างไรก็ตามต้องตระหนักไว้ว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยทำให้คุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลงได้และยังมีผลกระทบต่อกรรมวิธีผลิตน้ำดื่มอีกด้วย

ลักษณะสมบัติทางเคมีของน้ำประปา เกิดขึ้นเนื่องจากมีแร่ธาตุหรือสารประกอบต่าง ๆ ละลายอยู่ในน้ำ สารเหล่านี้อาจมีพิษหรือไม่มีพิษก็ได้

1. สารที่ไม่มีพิษต่อสิ่งมีชีวิต

1.1 ระดับความเป็นกรด (p^H range) การวัดค่า p^H เป็นการวัดความเข้มข้นของ H^+ ในน้ำ H^+ นี้เกิดขึ้นจากการแตกตัวของกรดในน้ำและอาจถูกทำลายโดยสารละลายต่าง ๆ น้ำที่มี p^H สูงกว่า 7 ถือว่าเป็นด่าง ส่วนน้ำที่มี p^H ต่ำกว่า 7 ถือว่าเป็นกรด ในทางทฤษฎีกำหนด p^H มีค่าอยู่ในช่วง 0 - 14 น้ำบริสุทธิ์ควรมี p^H เท่ากับ 7 อย่างไรก็ตามโดยเหตุที่ในอากาศมีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ด้วยน้ำบริสุทธิ์ที่สัมผัสกับอากาศจึงมี p^H ต่ำกว่า 7 เสมอ เนื่องจากเกิดการถ่ายเทของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ให้กับน้ำจนทำให้น้ำบริสุทธิ์กลายเป็นกรดอ่อนๆเสมอ น้ำในธรรมชาติส่วนใหญ่จะมี p^H อยู่ในช่วง 6 - 8.5 น้ำบาดาลที่มี p^H ต่ำ มักมีคาร์บอนไดออกไซด์ละลายอยู่มาก จะสามารถกัดกร่อนท่อโลหะ น้ำที่มี p^H สูงหรือต่ำเกินไป อาจเป็นอุปสรรคในการทำกรดตะกอน (ด้วยสารส้ม) มาตรฐานน้ำดื่มมักกำหนดพิสัยของ p^H ให้อยู่ในช่วง 6.5 - 8.5

1.2 ความเป็นด่าง (alkalinity) ความเป็นด่างในน้ำ เป็นพารามิเตอร์ที่บอกให้ทราบถึงระดับของสารต่าง ๆ 3 ชนิดในน้ำคือ ไฮดรอกไซด์ (OH^-) คาร์บอเนต (CO_3^{2-}) และไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) โดยทั่วไปน้ำตามธรรมชาติมักมีสารต่าง ๆ ไม่ครบทุกชนิด น้ำอาจมีสารต่างได้ 2 ชนิดเป็นอย่างมาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ p^H ของน้ำ ดังตาราง 3

ตาราง 3 ความสัมพันธ์ของค่าต่อ p^H ของน้ำ

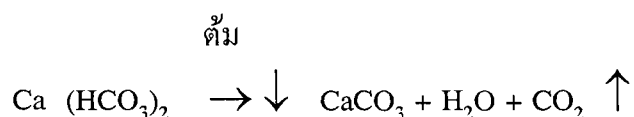
ระดับ พี เอช	ชนิดของค่า
p^H มากกว่า 11.0	OH^-
p^H 9.4 - 11.0	OH^- และ CO_3^{2-}
p^H 8.3 - 9.4	CO_3^{2-} และ HCO_3^-
p^H 4.6 - 8.3	HCO_3^-
p^H น้อยกว่า 4.6	มีแต่กรด

ที่มา : (มันสิน ตัญกุลเวศม์. 2537 : 79)

น้ำที่มีความเป็นด่างสูง เป็นน้ำที่มีความสามารถในการต้านทานความเปลี่ยนแปลงของ p^H ได้ดี คุณสมบัติข้อนี้มีความสำคัญและมีประโยชน์หลายอย่าง เช่น ช่วยให้ปฏิกิริยาโคแอกกูเลชันสามารถเกิดขึ้นได้ดี โดยไม่มีการลดค่าของค่า p^H เกิดขึ้นเป็นต้น นอกจากนี้ความเป็นด่างยังมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการกำจัดความกระด้าง การป้องกันการกัดกร่อนโลหะ เป็นต้น

1.3 ความกระด้าง น้ำกระด้างทำให้สบูเกิดฟองยาก ดังนั้นจึงทำให้สิ้นเปลืองสบูในการซักล้างต่าง ๆ ปัญหาอื่นคือทำให้เกิดตะกอนในหม้อน้ำ และทำให้รสของน้ำไม่เป็นปกติ ต้นเหตุที่ทำให้น้ำมีความกระด้างคือ แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก แมงกานีส ซึ่งเป็นโลหะที่มีไอออน + 2 ที่มักพบมากที่สุดในน้ำธรรมชาติ โดยเหตุที่ธรรมชาติมักมีแคลเซียมและแมกนีเซียมมากกว่าเหล็กและโลหะอื่น ต้นเหตุสำคัญของการกระด้างจึงมักหมายถึงแคลเซียมและแมกนีเซียม ความกระด้างในน้ำแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด ตามไอออนลบที่จับรวมอยู่กับแคลเซียมและแมกนีเซียมดังนี้

1.3.1 ความกระด้างชั่วคราวหรือความกระด้างคาร์บอเนต (carbonate hardness) ความกระด้างชนิดนี้เกิดจากสารไบคาร์บอเนตของแคลเซียมและแมกนีเซียม น้ำชนิดนี้สามารถทำให้อ่อนโดยวิธีง่าย ๆ เช่น ต้ม



1.3.2 ความกระด้างถาวรหรือความกระด้างที่ไม่เกิดจาก

คาร์บอเนต (noncarbonate hardness) ความกระด้างนี้เกิดจากสารพวกซัลเฟตและคลอไรด์ของแคลเซียมและแมกนีเซียม การแก้ไขน้ำกระด้างชนิดนี้มีความยุ่งยากกว่าชนิดแรกและจำเป็นต้องใช้วิธีทางเคมี

ในปัจจุบันไม่มีการกำหนดความกระด้างของน้ำอย่างแน่นอน ที่เป็นที่ยอมรับของทุกคน อย่างไรก็ตามอาจกำหนดความกระด้างได้คร่าว ๆ ดังนี้

น้ำอ่อน	=	น้ำที่มีปริมาณ CaCO_3 50 มิลลิกรัม/ลิตร หรือน้อยกว่า
น้ำค่อนข้างอ่อน	=	น้ำที่มีปริมาณ CaCO_3 50 - 150 มิลลิกรัม/ลิตร
น้ำกระด้างเล็กน้อย	=	น้ำที่มีปริมาณ CaCO_3 150 - 250 มิลลิกรัม/ลิตร
น้ำกระด้าง	=	น้ำที่มีปริมาณ CaCO_3 250 - 350 มิลลิกรัม/ลิตร
น้ำกระด้างมาก	=	น้ำที่มีปริมาณ CaCO_3 350 มิลลิกรัม/ลิตร หรือมากกว่า

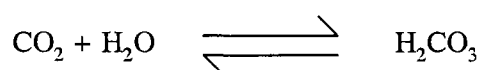
การดื่มน้ำที่มีความกระด้างสูง อาจทำให้เกิดโรคหัวใจได้ แต่ในทางตรงข้ามก็มีรายงานถึงความเป็นไปได้ถึงอันตรายจากการดื่มน้ำอ่อน อันตรายนี้คือโรคหัวใจบางชนิด การกำหนดขีดจำกัดของความกระด้างในน้ำประปายังเป็นเรื่องที่ได้โต้เถียงกันอยู่

อย่างไรก็ตามน้ำที่ดื่มไม่ควรมีความกระด้างเกิน 80 มิลลิกรัม/ลิตร CaCO_3

1.4 คาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ น้ำผิวดินมักจะมีคาร์บอนไดออกไซด์

ละลายอยู่น้อย ทั้งนี้เพราะในอากาศมีแก๊สน้อยมาก อย่างไรก็ตามน้ำใต้ดินอาจมีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ละลายอยู่มาก อันเนื่องจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ภายในดิน ซึ่งจะทำให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาและในทางตรงกันข้ามน้ำใต้ดินอาจขาดออกซิเจน เนื่องจากถูกใช้ไปในขณะที่มีการย่อยสลายของสารอินทรีย์

คาร์บอนไดออกไซด์ไม่สามารถอยู่ในน้ำได้อย่างอิสระ รูปที่ปรากฏอยู่ในน้ำคือกรดคาร์บอนิกซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาของน้ำดังนี้



โดยปกติคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำมักไม่เป็นอันตรายต่อชีวิต แต่จะมีความสำคัญบ้างต่อกระบวนการผลิตน้ำประปาบางประเภท เช่น ทำให้เปลือกปูนาขาวในระหว่างการกำจัดความกระด้างของน้ำด้วยวิธีเคมีหรือทำให้เกิดการกัดกร่อนโลหะต่าง ๆ

1.5 อลูมิเนียม แม้ว่าสารส้ม (โพแตสเซียม อะลูมิเนียมซัลเฟต) จะถูกใช้อย่างกว้างขวางและใช้เป็นประจำในกระบวนการโคแอกกูเลชันสำหรับผลิตน้ำประปา และภาชนะหุงต้มหลายอย่างก็สร้างหรือเคลือบด้วยโลหะอะลูมิเนียม แต่ขณะนี้ยังไม่มี การกำหนดอัตราขั้นต่ำของอะลูมิเนียมในน้ำดื่มหรือน้ำประปา

1.6 แอมโมเนีย เนื่องจากแอมโมเนีย เกิดจากการเน่าเปื่อยของสาร อินทรีย์ในโตรเจน น้ำที่มีแอมโมเนียมักจะถูกตีความหมายว่าเป็นน้ำเสีย จึงถือว่าเป็นน้ำ ที่มีความสกปรกและอาจมีเชื้อโรค บ่อตื้น (shallow well) ที่มีระดับแอมโมเนียเพิ่มขึ้น เรื่อย ๆ อาจแสดงว่าน้ำสกปรก (เช่น น้ำของส้วมจากบ่อเกราะบ่อซึม) ไหลเข้ามาปะปน โดยเหตุนี้ปริมาณแอมโมเนียจึงถูกจำกัดมิให้สูงกว่า 0.05 - 0.10 มิลลิกรัม/ลิตร ในน้ำ ประปาและน้ำดื่ม

1.7 แคลเซียม แคลเซียมของน้ำประปาเป็นต้นเหตุของความกระด้าง และการเกิดตะกอนในที่ต่าง ๆ ปริมาณสูงสุดในน้ำประปาคือ 75 มิลลิกรัม/ลิตร แคลเซียมจะเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นของคนและสัตว์ แต่โดยทั่วไปแล้วร่างกายต้องการ แคลเซียม ประมาณ 0.7 - 1.0 กรัมต่อวัน น้ำดื่มจึงมิใช่แหล่งแคลเซียมที่สำคัญของมนุษย์

1.8 แมกนีเซียม เป็นธาตุที่คู่กับแคลเซียมในแง่ที่เป็นต้นเหตุของความ กระด้างและตะกอน แมกนีเซียมเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นเช่นเดียวกับแคลเซียม เนื่องจาก แมกนีเซียมทำให้น้ำมีรสชาติที่ไม่ชวนดื่ม อันตรายที่เกิดจากการบริโภคสารตัวนี้มากเกินไป จึงไม่เกิดขึ้น เพราะจะรู้สึกก่อนที่จะเป็นอันตรายต่อสุขภาพ ระดับสูงสุดของแมกนี - เซียมในน้ำประปาคือ 50 มิลลิกรัม/ลิตร แต่อาจอนุญาตให้มีได้ถึง 150 มิลลิกรัม/ลิตร จิตจำกัดของสารตัวนี้กำหนดขึ้นเพื่อให้น้ำมีรสดีมากกว่าเพื่อเหตุผลทางการแพทย์

1.9 คลอไรด์ มีอยู่ทั่วไปในน้ำธรรมชาติ โดยเฉพาะผิวดินที่ใกล้ปากน้ำ หรือบริเวณที่น้ำทะเลหนุนขึ้นมาถึงได้ โดยปกติแล้วคลอไรด์ในน้ำไม่เป็นอันตรายต่อ มนุษย์ แต่อาจเป็นดัชนีชี้ถึงความสกปรกในน้ำได้ เช่นเดียวกับแอมโมเนียและไนเตรด อย่างไรก็ตามเนื่องจากคลอไรด์อาจมาจากแหล่งอื่น ๆ (ที่ไม่ใช่น้ำเสีย) จึงเป็นดัชนีที่ แสดงความสกปรกได้ไม่ดีเท่าแอมโมเนีย

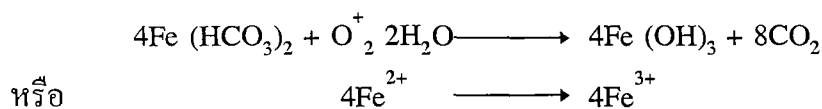
มาตรฐานของน้ำดื่มได้กำหนดให้มีคลอไรด์ไม่เกิน 250 มิลลิกรัม/ลิตร แต่อย่างไรก็ตามคนอาจดื่มน้ำที่มีคลอไรด์สูงถึง 1,000 - 2,000 มิลลิกรัม/ลิตร โดยไม่เป็นอันตราย ในบางสถานที่น้ำที่มีคลอไรด์สูงเพียง 100 มิลลิกรัม/ลิตร ก็ให้รสเค็ม ทั้งนี้เพราะส่วนประกอบทางเคมีของน้ำไม่เหมือนกัน

1.10 ทองแดง ทองแดงและอะลูมิเนียมถือว่าเป็นธาตุที่เป็นอันตราย เนื่องจากเกลือทองแดงที่ละลายอยู่ในน้ำแม้มีจำนวนน้อยมากก็ตาม สามารถชักนำให้ท่ออะลูมิเนียมและท่อเหล็กอาบสังกะสีเป็นสนิมและผุกร่อนได้

ธาตุทองแดงเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นของมนุษย์ แต่มนุษย์ต้องการทองแดงน้อยมาก ส่วนที่ร่างกายได้รับมากเกินไปจะถูกขับออกไปจากร่างกายโดยไม่มีการสะสมเหมือนตะกั่วหรือปรอท การบริโภคทองแดงประมาณ 60 - 100 มิลลิกรัม อาจทำให้เกิดอาการผิดปกติกับกระเพาะอาหาร น้ำประปาอาจได้รับทองแดงจากการผุกร่อนหรือละลายตัวของท่อทองแดง การใช้ CuSO_4 ในการป้องกันสาหร่ายในแหล่งน้ำดิบอาจทำให้ระดับทองแดงในน้ำดิบและน้ำประปามีปริมาณสูงจนก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้ น้ำประปาหรือน้ำดิบไม่ควรมีทองแดงสูงกว่า 0.01 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ยอมให้มีได้สูงถึง 1.0 มิลลิกรัม/ลิตร ทั้งนี้เพราะถือว่าทองแดงไม่ใช่สารพิษ

1.11 เหล็ก ในน้ำธรรมชาติส่วนใหญ่โดยเฉพาะน้ำใต้ดินจะพบเหล็กอยู่ด้วยเสมอ ในทำนองเดียวกับทองแดง เหล็กถือว่าเป็นธาตุที่ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ แต่เป็นสารที่ก่อปัญหาให้กับผู้ใช้น้ำประปา เช่น ทำให้น้ำมีสีแดง และมีกลิ่น ทำให้เกิดคราบสนิมขึ้นกับเครื่องสุขภัณฑ์หรือทำให้ผ้าเปื้อน เป็นต้น นอกจากนี้เหล็กยังเป็นแหล่งอาหารให้กับแบคทีเรียที่เรียกว่า Iron Bacteria อีกด้วย การเติบโตของแบคทีเรียดังกล่าวทำให้น้ำประปามีกลิ่นและรสเป็นที่น่ารังเกียจ

เหล็กในน้ำใต้ดินมักจะละลายอยู่ในรูปเฟอร์รัสไบคาร์บอเนต ($\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$) เฟอร์รัสซัลเฟต (FeSO_4) หรือเฟอร์รัสคลอไรด์ (FeCl_2) น้ำบาดาลขณะที่เพิ่งนำขึ้นมาจากใต้ดินจะใส เพราะเหล็กละลายอยู่ในน้ำในรูปเหล็กเฟอร์รัส (Fe^{++}) แต่น้ำจะขุ่นเมื่อสัมผัสกับออกซิเจนที่ได้รับจากอากาศ ทั้งนี้เพราะเหล็กเฟอร์รัสจะถูกออกซิไดซ์กลายเป็นเหล็กเฟอร์ริก ดังนี้



ความขุ่นเกิดขึ้นเป็นอนุภาคของ $\text{Fe}(\text{OH})_3$ นั่นเอง

น้ำผิวดินมักมีเหล็กละลายอยู่น้อยกว่าน้ำบาดาล เหล็กที่พบในน้ำผิวดินอาจเป็นเหล็กอินทรีย์ ซึ่งเป็นสารประกอบของเหล็กที่อยู่ร่วมกับสารอินทรีย์ที่เกิดขึ้นจากการเน่าเปื่อยของพืชในน้ำ เหล็กชนิดนี้ให้สีเข้มแต่สามารถกำจัดออกจากน้ำได้ด้วยกระบวนการโคแอกกูเลชัน

น้ำดื่มไม่ควรมีเหล็กเกินกว่า 0.3 มิลลิกรัม/ลิตร แม้ว่าเหล็กเป็นธาตุอาหารของมนุษย์เพราะช่วยทำให้เม็ดเลือดมีสีแดง (คนที่ขาดเหล็กมักเป็นโรคโลหิตจาง) แต่ถ้าร่างกายได้เหล็กมากเกินไปและไม่สามารถขับถ่ายออกได้หมด เหล็กจะถูกสะสมไว้ที่ตับทำให้เป็นโรคเกี่ยวกับตับได้

1.12 แมงกานีส มักพบอยู่ในน้ำประปาพร้อมกับเหล็ก แต่ในปริมาณที่น้อยกว่า แมงกานีสก็เช่นเดียวกับเหล็ก คือมีอยู่ในน้ำบาดาลมากกว่าน้ำผิวดิน และละลายอยู่ในน้ำในรูปของแมงกานีสไบคาร์บอเนต แมงกานีสคลอไรด์หรือแมงกานีสซัลเฟต นอกจากนี้ยังอาจพบแมงกานีสได้ทั้งที่ก้นอ่างเก็บน้ำซึ่งปราศจากออกซิเจน เนื่องมาจากการเน่าเปื่อยของพืชและสารอินทรีย์ต่าง ๆ แมงกานีสไบคาร์บอเนตละลายน้ำได้ จึงไม่ทำให้น้ำขุ่น การตกผลึกของแมงกานีสสามารถทำได้ด้วยการเพิ่ม p^{H} ให้สูงขึ้นถึง 9 - 10 แมงกานีสเพียงลำพังอาจไม่ทำให้เกิดการตกผลึกได้ จำเป็นต้องมีตัวออกซิไดซ์ออกซิเจนอยู่ด้วย เช่น คลอรีน คลอรีนไดออกไซด์ โพแตสเซียม - เปอร์แมงกานेट เป็นต้น

สำหรับในน้ำประปา แมงกานีสที่สูงกว่า 0.1 มิลลิกรัม/ลิตร อาจทำให้เสื้อผ้ามีรอยเปื้อนและถ้าสูงกว่า 0.18 มิลลิกรัม/ลิตร จะทำให้น้ำขุ่น น้ำประปาจึงไม่ควรมีแมงกานีสเกินกว่า 0.1 มิลลิกรัม/ลิตร

1.13 Methylene Blue Active Substance (MBAS) ใช้วัดปริมาณของผงซักฟอกในน้ำ การปรากฏของผงซักฟอกเป็นเครื่องชี้ถึงความสกปรกเนื่องจากน้ำเสีย ดังนั้น MBAS จึงไม่ควรเกิน 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร แต่อาจยอมให้มีได้ถึง 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร

1.14 ฟีนอล (phenol) สารตัวนี้ถูกใช้อย่างกว้างขวาง ในการผลิตยาฆ่าเชื้อโรคและสารเคมีบางอย่าง ดังนั้นจึงมักอยู่ในน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมดังกล่าว การเติมคลอรีนให้กับน้ำที่มีฟีนอลจะได้สารประกอบที่มีกลิ่นเหม็นรุนแรง น้ำประปาหรือน้ำดื่มไม่ควรมีฟีนอลเกินกว่า 0.002 มิลลิกรัม/ลิตร

1.15 ฟอสเฟต เข้าสู่แหล่งน้ำดิบได้หลายทาง เช่น ฝนทำให้เกิดน้ำไหลนองชะเอาปุ๋ยฟอสเฟตเข้าไปเก็บในแหล่งน้ำผิวดิน เป็นต้น นอกจากนี้ภายในโรงงานผลิตน้ำประปาก็มีการใช้สารประกอบฟอสเฟตด้วย เช่น ในการป้องกันมิให้เหล็กตกผลึก เป็นต้น ฟอสเฟตในน้ำดิบไม่ควรเกิน 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร ทั้งนี้เพื่อมิให้เกิดปัญหาต่อปฏิกิริยาโคแอกกูเลชัน

1.16 Total Dissolved Solids (TDS) หมายถึง ปริมาณสารทั้งหลายที่ละลายอยู่ในน้ำ น้ำบาดาลมักมี TDS สูงกว่าน้ำผิวดินเนื่องจากมีโอกาสสัมผัสกับแร่ธาตุในดินและละลายแร่ธาตุนั้นออกมาด้วย น้ำประปาไม่ควรมี TDS เกินกว่า 500 มิลลิกรัม/ลิตร แต่อาจจะยอมให้มีได้ถึง 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร ในบางครั้ง TDS อาจประมาณได้ด้วยการวัดระดับความนำไฟฟ้าของน้ำซึ่งวัดได้ง่ายกว่าและเร็วกว่า

ในมาตรฐานน้ำดื่มทั่วไปอาจพูดเฉพาะปริมาณของแข็งทั้งหมด (total solids) โดยไม่พูดถึง TDS แต่ควรเป็นที่เข้าใจว่าเมื่อกำหนดให้มีความขุ่นต่ำมาแล้ว total solids ย่อมไม่แตกต่างไปจาก TDS

1.17 ซัลเฟต ซัลเฟตที่ปรากฏอยู่ในน้ำธรรมชาติเป็นผลที่เกิดจากการละลายของแร่ธาตุในดิน เช่น แร่ยิปซัม เป็นต้น นอกจากนี้ซัลเฟตยังอาจได้มาจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของซัลไฟด์และไรโอซัลเฟตก็ได้ น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น โรงงานกระดาษ ฟอกหนัง เป็นต้น ก็มีซัลเฟตอยู่ด้วย ทำให้ซัลเฟตเข้าถึงแหล่งผิวดินมากขึ้น

น้ำประปาไม่ควรมีซัลเฟตสูงกว่า 250 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ในบางครั้งการบริโภคน้ำที่มีซัลเฟตสูงก็เป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ยกตัวอย่างเช่นถ้าแหล่งน้ำดิบมีซัลเฟตสูง น้ำประปาย่อมมีซัลเฟตในอัตราที่สูงด้วย เพราะการกำจัดซัลเฟตไม่อาจทำได้ง่าย โดยปกติกระบวนการต่าง ๆ ที่ใช้ผลิตน้ำประปาไม่อาจกำจัดซัลเฟต ด้วยเหตุนี้ น้ำประปาในบางส่วนของโลกจึงอาจมีซัลเฟตสูงถึง 3,000 มิลลิกรัม/ลิตร เท่าที่ปรากฏยังไม่มีรายงานเกี่ยวกับอันตรายที่เกิดจากน้ำที่มีซัลเฟตสูง

ระบบจ่ายน้ำแบบที่มีปลายตัน (dead end) อาจมีปัญหาที่เกิดจากซัลเฟตทั้งนี้ เพราะในบริเวณดังกล่าวมักจะขาดแคลนออกซิเจนและเป็นที่อยู่อาศัยของแบคทีเรีย พวกดีซัลโฟไวบริโอ (Desulfovibrio) ซึ่งสามารถเปลี่ยนซัลเฟตให้เป็นแก๊สไฮโดรเจน (H₂S)

1.18 สังกะสี มาตรฐานน้ำดื่มของประเทศไทยกำหนดให้มีสังกะสีไม่เกิน 5 มิลลิกรัม/ลิตร สังกะสีเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อสิ่งมีชีวิต การกำจัดสังกะสีออกจากน้ำ กระทำโดยวิธีการแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange) หรือตกผลึกด้วยปูนขาวหรือ สารประกอบซัลไฟด์ วิธีป้องกันไม่ให้สังกะสีในน้ำประปาสูงกว่า 1 มิลลิกรัม/ลิตร อาจกระทำได้โดยทำให้ พี เอช ของน้ำสูงกว่า 8 แล้วกรองด้วยเครื่องกรองน้ำ

1.19 ออกซิเจน ออกซิเจนละลายน้ำมีทั้งคุณสมบัติและโทษ โดยปกติ ออกซิเจนในน้ำผิวดินเป็นดัชนีที่แสดงถึงสารอินทรีย์ที่เป็นมลภาวะ น้ำผิวดินที่มีความ สกปรกเกินไปจะไม่มีออกซิเจนละลายน้ำปรากฏอยู่ แต่ถ้ามีออกซิเจนละลายอยู่ใน ระดับอิ่มตัวก็แสดงว่าเป็นน้ำสะอาด ความสกปรกของน้ำอาจจะสะท้อนให้เห็นได้ด้วย ปริมาณออกซิเจนที่ต่ำลงจากระดับอิ่มตัว นอกจากนี้ออกซิเจนในน้ำยังทำให้เหล็กและ แมงกานีสตกผลึกทำให้เกิดการออกซิเดชันของซัลเฟตกลายเป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งมี กลิ่นเหม็นและเป็นพิษ ด้วยเหตุดังกล่าวออกซิเจนในน้ำผิวดินจึงควรมีปริมาณใกล้เคียง ระดับ อิ่มตัวให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ในทางตรงกันข้ามออกซิเจนช่วยให้เกิดการกร่อนโลหะ ต่าง ๆ ซึ่งเป็นส่วนประกอบของระบบประปา

เมื่อชั่งน้ำหนักระหว่างข้อดีกับข้อเสียปรากฏว่าข้อดีมีมากกว่า ดังนั้นน้ำประปา จึงควรที่จะมีออกซิเจนละลายอยู่ในระดับอิ่มตัวหรือใกล้เคียง

2. สารที่มีพิษต่อสุขภาพ

2.1 ฟลูออไรด์ สารประกอบฟลูออไรด์มีอยู่บนเปลือกโลกประมาณ ร้อยละ 0.08 (น้ำทะเลมักมีฟลูออไรด์ประมาณ 1 มิลลิกรัม/ลิตร) เป็นผลให้ธาตุฟลูออรีน เป็นธาตุที่มีมากเป็นอันดับที่ 13/ฟลูออไรด์ในน้ำมักมาจากแร่ธาตุ 3 อย่างคือฟลูออสปาร์ (fluorspar) ไครออลิต์ (cryolite) และแอปพาไทต์ (apatite) ฟลูออไรด์ในระดับ ประมาณ 1 มิลลิกรัม/ลิตร ในน้ำช่วยป้องกันฟันผุได้ดีที่สุด ถ้าฟลูออไรด์น้อยกว่า 1 มิลลิกรัม/ลิตร อำนาจในการป้องกันฟันผุจะลดน้อยลงไปตามส่วน แต่ถ้าในน้ำมี ฟลูออไรด์สูงกว่า 1 มิลลิกรัม อาจเกิดโรคฟันลาย (mottled teeth) ดังนั้นน้ำประปาต้อง มีการรักษาระดับฟลูออไรด์ให้ใกล้เคียง 1 มิลลิกรัม/ลิตรพอดี แหล่งน้ำดิบบางแห่งใน

ภาคเหนือมีระดับฟลูออไรด์ในน้ำสูงกว่า 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร ในกรณีเช่นนี้การกำจัดฟลูออไรด์ที่มากเกินไปถือเป็นงานอย่างหนึ่งของระบบประปาที่นอกเหนือจากกระบวนการทำความสะอาดน้ำโดยปกติ

2.2 สารหนู ในน้ำประปาต้องไม่มีสารหนู (arsenic) อยู่เลย เนื่องจากถ้าบริโภคสารหนูเพียง 100 มิลลิกรัม/ลิตร สามารถเป็นอันตรายถึงชีวิตได้ สารนี้สามารถสะสมอยู่ในร่างกายและทำให้เป็นอันตรายได้ในระยะยาว นอกจากนี้ยังมีรายงานอีกด้วยว่าสารหนูเป็นต้นเหตุของมะเร็ง ด้วยเหตุนี้ปริมาณของสารนี้ในน้ำดื่มจึงไม่ควรเกินกว่า 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร สารพิษตัวนี้อาจมีโอกาสดพบในน้ำบาดาลได้บ่อยกว่าสารพิษตัวอื่น

2.3 แบเรียม น้ำประปาไม่ควรมีแบเรียมอยู่เลย แต่อาจมีได้ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม/ลิตร สารประกอบของแบเรียมหลายชนิดสามารถละลายน้ำได้ เกลือคาร์บอเนตและซัลเฟตของแบเรียมสามารถตกผลึกได้ง่าย ทำให้ปริมาณของแบเรียมในน้ำธรรมชาติมีระดับต่ำและมักพบอยู่ในดินเลนก้นอ่างเก็บน้ำ แหล่งน้ำดิบที่อยู่บริเวณที่มีการทำเหมืองแบไรต์ อาจมีแบเรียมละลาย อยู่ในน้ำ

2.4 โบรอน ในน้ำดื่มไม่ควรมีโบรอนเกินกว่า 1 มิลลิกรัม/ลิตร การบริโภคโบรอนในรูปของโบเรต (borate) มากเกินไปทำให้ร่างกายเกิดอาการผิดปกติต่าง ๆ และถ้าบริโภคเกินกว่า 5 - 45 กรัม อาจเป็นอันตรายถึงแก่ชีวิตได้ ปริมาณของโบรอนที่จะเป็นอันตรายต่อชีวิตขึ้นอยู่กับความสามารถในการขับถ่าย คนที่สามารถขับถ่ายออกมาได้เร็วจะสามารถทนโบรอนได้ในระดับสูงกว่า

2.5 แคดเมียม ในทางทฤษฎีในน้ำดื่มไม่ควรมีแคดเมียมอยู่เลย อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติย่อมเป็นไปได้จึงมีการจำกัดระดับของแคดเมียมในน้ำประปาให้มีได้ไม่เกิน 0.01 มิลลิกรัม/ลิตร แคดเมียมถูกใช้มากในการทำโลหะผสม การชุบโลหะ เซรามิก และอุตสาหกรรมถ่ายรูป ด้วยเหตุนี้จึงมีแคดเมียมปรากฏอยู่ในน้ำผิวดินและใต้ดิน น้ำประปาที่กักกร่อนท่อได้มักมีโลหะนี้และตะกั่วละลายอยู่เสมอ

2.6 โครเมียม (Cr) มักปรากฏอยู่ในรูปของไอออน +3 และ +6 การบริโภค Cr ในปริมาณที่พบในน้ำประปามักไม่เกิดอันตราย จึงมีการกำหนดระดับของ Cr ในน้ำประปาไม่ให้เกิน 0.05 มิลลิกรัม/ลิตร โครเมียมที่เข้าสู่ร่างกายจะถูกขับถ่ายออกมาทั้งหมด

2.7 ไซยาไนด์ (CN⁻) จะอยู่ในรูปของไฮโดรเจนไซยาไนด์ (HCN) ซึ่งไม่แตกตัวที่ พี เอช 8 หรือต่ำกว่า

ไซยาไนด์มีอยู่ในน้ำเสียและน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท เช่น โรงงานเหล็กกล้า โรงงานชุบโลหะ และผลิตภัณฑ์เคมีบางชนิด ดังนั้นจึงมีโอกาสพบไซยาไนด์ในแม่น้ำลำคลองซึ่งเป็นที่รองรับน้ำเสีย โดยปกติร่างกายของมนุษย์สามารถทนไซยาไนด์ได้ประมาณ 2.9 - 4.7 มิลลิกรัม/ลิตร ถ้าได้รับไซยาไนด์สูงกวานั้นอาจเป็นอันตรายถึงแก่ความตายได้ ปลามีความทนทานต่อไซยาไนด์ได้ต่ำมาก

ไซยาไนด์ในน้ำสามารถถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรีย ทำให้กลายเป็นสารซึ่งไม่มีพิษ คลอรีนก็สามารถทำลายไซยาไนด์ได้ไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณของไซยาไนด์ในน้ำอาจให้มีถึง 0.02 มิลลิกรัม/ลิตร

2.8 ตะกั่ว ในทางทฤษฎีไม่ควรมีตะกั่วในน้ำประปาจนถึงระดับที่วัดได้ ในทางปฏิบัติจะยอมให้มีตะกั่วในน้ำประปาได้ไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำบาดาลอาจมีตะกั่วสูงถึง 15 มิลลิกรัม/ลิตร ตะกั่วอาจรวมอยู่ในสารอื่นของน้ำธรรมชาติและสามารถกำจัดออกไปโดยกระบวนการโอเอกกูเลชั่น ตกตะกอนและการกรอง

2.9 ไนเตรตและไนไตรต์ น้ำดื่มไม่ควรมีไนเตรตและไนไตรต์ รวมกันสูงกว่า 10 มิลลิกรัม/ลิตร โดยวัดในเทอมของไนโตรเจนหรือสูงกว่า 45 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวัดในเทอมของไนเตรต ถ้าน้ำประปามีไนเตรตและไนไตรต์สูงเกินไป อาจทำให้เกิดโรค methemoglobinemia หรือ blue babies กับทารก อย่างไรก็ตามน้ำผิวดินมักมีไนเตรตสูงตั้งแต่ 0 - 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวัดในเทอมของไนโตรเจน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ น้ำใต้ดินที่มีไนเตรตเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ แสดงว่าได้มีการสัมผัสกับน้ำเสียเกิดขึ้น

2.10 เซเลเนียม เนื่องจากเซเลเนียมอาจเป็นต้นเหตุของโรคมะเร็ง ระดับสูงที่ยอมให้มีในน้ำประปาจึงถูกกำหนดไว้ที่ 0.01 มิลลิกรัม/ลิตร เซเลเนียมมักพบในดินบางแห่งและในสารอินทรีย์ที่ได้จากการเน่าเปื่อยของเนื้อเยื่อของพืช

2.11 ยาทำลายศัตรูพืชและยาปราบวัชพืช เป็นสารอินทรีย์เคมีที่มีพิษร้ายแรงมากเพราะเป็นอันตรายต่อร่างกายของคนหากสัมผัสหรือรับประทานเข้าไปมากก็อาจถึงแก่ชีวิตได้ อาการแพ้พิษยาเหล่านี้มีได้ต่าง ๆ เช่น ตาอักเสบ เลือกลำคอไหล เล็บหลุด ถ้ารับประทานเข้าไปจะเป็นอันตรายต่อปอด ตับ ไต หัวใจ และอวัยวะอื่น ๆ

ลักษณะสมบัติทางด้านแบคทีเรีย ลักษณะสมบัตินี้ถือว่าสำคัญที่สุด เพราะเป็นจุดอันตรายที่ทำให้เกิดโรคร้ายไข้เจ็บขึ้นได้ โรคที่เกิดจากน้ำเป็นสื่อ (water born disease) หลายชนิดด้วยกัน เช่น บิด อหิวาตกโรค ไทฟอยด์ และโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินอาหารต่าง ๆ เกิดขึ้นเนื่องจากแบคทีเรียชนิดที่เป็นอันตราย (pathogenic bacteria) นำโรคเหล่านี้ปนเปื้อนลงไปในน้ำ ดังนั้นจะเห็นว่าโรคเหล่านี้ระบาดในประเทศที่ด้อยพัฒนาหรือกำลังพัฒนา ทั้งนี้เพราะประเทศเหล่านี้มีความเป็นอยู่และการดำเนินชีวิตไม่ถูกต้องตามสุขลักษณะ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสุขาภิบาลเรื่องน้ำยังไม่ดีพอ เชื้อแบคทีเรียที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำอาจจะแบ่งเป็นพวกใหญ่ ๆ ได้ 2 พวกคือ

1. เอนเทอริก พาโทเจน (enteric pathogens) พวกที่สามารถทำให้เกิดโรคได้ในคน เป็นแบคทีเรียชนิดที่เป็นอันตรายและมีอยู่ในลำไส้คน เชื้อพวกนี้จะสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส คือเท่ากับอุณหภูมิในร่างกายของคน เมื่อคนป่วยเป็นโรคบิดก็ดี อหิวาตกโรคก็ดี ถ่ายอุจจาระลงไปในน้ำแบคทีเรียพวกนี้ก็จะไปปนเปื้อนอยู่ในน้ำและสามารถดำรงชีวิตอยู่ในน้ำได้เป็นเวลานาน การที่จะตรวจวิเคราะห์เชื้อแบคทีเรียพวกนี้จากน้ำมีกรรมวิธีที่ละเอียดรอบคอบและยุ่งยากมาก ดังนั้นการตรวจวิเคราะห์น้ำทางด้านแบคทีเรียจึงไม่นิยมตรวจเชื้อพวกนี้

2. โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (coliform bacteria) แบคทีเรียพวกที่อยู่ในลำไส้คนและสัตว์มากที่สุด พวกนี้มีอยู่ในลำไส้สัตว์เลื้อยคลานทุกชนิด ในอุจจาระปกติของคน 1 กรัมจะมีโคลิฟอร์มแบคทีเรียประมาณ 100 ถึง 1,000,000,000 ตัว โดยปกติแล้วแบคทีเรียพวกนี้ไม่ก่อให้เกิดโรค แต่เมื่อถ่ายออกมากับอุจจาระลงไปในน้ำมันจะสามารถดำรงชีวิตอยู่ในน้ำได้นานกว่าพวกแรก การตรวจวิเคราะห์ก็ง่ายกว่าพวกแรก ดังนั้นจึงนิยมใช้โคลิฟอร์มแบคทีเรียเป็นดัชนีชี้ถึงคุณภาพทางแบคทีเรียของน้ำ เหตุที่เลือกเอาโคลิฟอร์มแบคทีเรียเป็นดัชนีในการตรวจสอบคุณภาพน้ำมีดังนี้

- 2.1 การตรวจโคลิฟอร์มแบคทีเรียที่มีอยู่ในน้ำทำได้ง่ายกว่าการตรวจหาพวกเอนเทอริก พาโทเจน ตัวอื่น ๆ เพราะโคลิฟอร์มแบคทีเรียสามารถย่นน้ำตาลแลคโตสได้กรดกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แบคทีเรียอื่น ๆ ที่ย่อยสลายน้ำตาลแลคโตสได้ก็มีเหมือนกันแต่จำนวนน้อยมาก

2.2 เนื่องจากโคลิฟอร์มแบคทีเรียปกติจะอยู่ในอุจจาระคนและสัตว์ ร้อยละ 95 แต่อยู่ในดินเพียงร้อยละ 5 ดังนั้นน้ำที่มีอุจจาระปนอยู่จึงมีโอกาสตรวจพบ โคลิฟอร์มแบคทีเรียได้อย่างแน่นอน

2.3 ในสภาวะเดียวกันคือ น้ำชนิดเดียวกันอุณหภูมิเท่ากัน โคลิฟอร์มแบคทีเรียจะมีความทนทานได้ดีกว่าแบคทีเรียเอนเทอริค พาโทเจน ตัวอื่น ๆ

2.4 การตรวจพบโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำจึงเป็นเครื่องชี้ให้ทราบว่า น้ำนั้นมีความสกปรกมากน้อยเพียงใดเหมาะสมที่จะใช้หรือไม่ กล่าวคือถ้าตรวจพบ โคลิฟอร์มแบคทีเรียมากแสดงว่าน้ำนั้นสกปรกมาก ถ้าน้ำสกปรกน้อยก็พบโคลิฟอร์มแบคทีเรีน้อย หรืออาจจะไม่พบเลย

2.5 เมื่อตรวจพบโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำก็พอจะลงความเห็นได้ว่าน้ำนั้นมีอุจจาระของคนหรือสัตว์ปะปนอยู่ด้วยแน่ และอาจคาดการณ์ได้ว่าอาจจะมีเชื้อโรคของโรคทางเดินอาหารปะปนอยู่ด้วย ทั้งนี้เพราะโรคที่อาศัยน้ำเป็นสื่อส่วนใหญ่นั้นเป็นโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินอาหาร ซึ่งโดยธรรมชาติแล้วจะปะปนออกมาพร้อมกับอุจจาระเสมอ

ลักษณะสมบัติทางด้านการกักกรองของน้ำ น้ำสะอาดที่ไม่มีออกซิเจนละลายอยู่และมี พี เอช เป็นกลางมักไม่กักกรองโลหะ ทั้งนี้เพราะไม่มีสารรับอิเล็กตรอนในปฏิกิริยากักกรองโลหะ ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องมีการปรับปรุงคุณภาพอีก แต่อย่างไรก็ดีน้ำประปาหรือน้ำสะอาดเพื่อการบริโภคและอุปโภคมักมีออกซิเจนละลายอยู่ด้วยเสมอ การป้องกันและควบคุมการกักกรองโลหะจึงเป็นเรื่องจำเป็น วิธีที่นิยมใช้ในการสร้างตะกอนหรือฟิล์มของหินปูน (แคลเซียมคาร์บอเนต) เคลือบผิวโลหะเพื่อมิให้สัมผัสกับน้ำ ฟิล์มเคลือบผิวไม่จำเป็นต้องเป็นหินปูนเสมอไป จะเป็นสารอื่นก็ได้ข้อสำคัญต้องเป็นฟิล์มที่มีเนื้อแน่นและมีความหนาแน่นสม่ำเสมอแต่ต้องไม่หนามากเกินไป อย่างไรก็ตามเนื่องจากน้ำในธรรมชาติมักมีสารประกอบคาร์บอเนตและแคลเซียมมากกว่าสารอื่น ฟิล์มหินปูนจึงมีบทบาทในการป้องกันโลหะจากการกักกรองได้มากกว่าฟิล์มของสารอื่น น้ำที่มีอำนาจต้านทานการกักกรองโลหะเพราะสามารถสร้างฟิล์มหินปูนเคลือบโลหะได้ควรมีคุณสมบัติต่อไปนี้

1. ควรมีหินปูนละลายอยู่ในน้ำสูงกว่าระดับอิ่มตัวพอดี ประมาณ 4 - 10 มิลลิกรัม/ลิตร

2. ควรมีแคลเซียมและความเป็นด่างแต่ละอย่างไม่น้อยกว่า 40 มิลลิกรัม/ลิตร วัดในเทอมของหินปูนและทั้งสองอย่างควรมีปริมาณที่ใกล้เคียงกันด้วย
3. อัตราส่วนระหว่างความเป็นด่างต่อผลบวกของคลอไรด์และซัลเฟตไม่ควรมี พี เอช น้อยกว่า 5
4. พี เอช ควรอยู่ในช่วง 6.8 - 7.3

2. การผลิตน้ำบริโภคน้ำประปา

จุดประสงค์การผลิตน้ำบริโภคน้ำประปาเพื่อต้องการน้ำบริโภคที่สะอาดปลอดภัยและหลีกเลี่ยงกลิ่นคลอรีนจากน้ำประปา โดยเครื่องกรองน้ำจะมีหลักการพื้นฐานที่สำคัญแบ่งตามหน้าที่ 3 ส่วนดังนี้

1. ส่วนที่ทำหน้าที่ดูดซับ กลิ่น สี และรสที่เกิดขึ้นจากสิ่งเจือปนในน้ำ
2. ส่วนที่ทำหน้าที่กำจัดเกลือแร่ที่ละลายอยู่ในน้ำ
3. ส่วนที่ทำหน้าที่กำจัดจุลินทรีย์

(กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2531 : 23)

กระบวนการผลิตน้ำบริโภคน้ำประปา การนำน้ำประปามาบริโภคจำเป็นต้องมีการปรับปรุงคุณภาพของน้ำให้เหมาะสม ซึ่งหลักการสำคัญในการปรับปรุงคุณภาพน้ำเพื่อกำจัดสิ่งเจือปนทางกายภาพและทางชีววิทยา ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมจะนำไปบริโภค ขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพน้ำประปาจะประกอบด้วยหลักและขั้นตอนดังนี้

1. การกรอง (filtration) เป็นวิธีการที่สำคัญอย่างหนึ่งในการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั้งทางกายภาพและทางชีววิทยา โดยใช้สารกรองหรืออุปกรณ์ที่กรอง แบ่งเป็น

1.1 สารกรองกรวดทราย มักใช้กรองน้ำประปาหรือน้ำบาดาล เพื่อกำจัดสิ่งเจือปนทางฟิสิกส์ เช่น ตะกอน และดินทราย ฯลฯ โดยจัดให้น้ำไหลผ่านถังกรองทรายที่มีชั้นของกรวดทรายเรียงตามขนาดที่พอเหมาะภายในถัง ซึ่งจะเป็นการกรองก่อนนำเข้าสู่กระบวนการกรองอื่น ๆ ต่อไป เพื่อใช้สารกรองไปเป็นเวลานานการทำความสะอาดสารกรองกรวดทรายทำได้โดยวิธี “Back Wash” คือใช้แรงดันน้ำที่สะอาดฉีดอัดเข้าทางด้านล่างของถังกรองจากล่างขึ้นชั้นบนถึงสวนทางกับการไหลของน้ำที่ผ่านเครื่องปกติ แรงดันน้ำจะทำให้สารกรองเสียสัดกันโดยมีน้ำเป็นตัวกลาง ซึ่งทำให้สิ่งสกปรกที่ติดอยู่กับสารกรองหลุดออกมากับน้ำได้

1.2 สารกรองผงถ่าน มีลักษณะคล้ายถ่านบดละเอียดสีดำ ภายในมีรูพรุนคดเคี้ยวไปมาทำให้อัตราส่วนผิวหน้าต่อปริมาตรสูง ผงถ่านนี้ได้รับการผ่านกระบวนการความร้อนสูงและลดความดันมาเป็นพิเศษ มีคุณสมบัติในการดูดซับ กลิ่น คลอรีน แก๊ส และสิ่งเจือปนในน้ำไว้ในรูพรุน ผงถ่านอาจใช้ร่วมกับทรายหรือสารกรองอื่น ๆ เช่น เรซิน แอนทราไซต์ เมงกานีสแซนด์ เป็นต้น

1.3 สารกรองเรซิน เป็นสารสังเคราะห์ที่สามารถกรองน้ำดิบที่มีความกระด้างให้เป็นน้ำอ่อนได้ โดยเรซินสามารถกำจัดไอออนต่าง ๆ ได้ เช่น แคลเซียมและแมกนีเซียม โดยการแลกเปลี่ยนอนุมูล และยังสามารถกำจัดเหล็กและเมงกานีสรวมทั้งสิ่งสกปรกอื่น ๆ ในน้ำได้ เรซินมีรูปร่างกลมคล้ายลูกปัดขนาดเล็กตั้งแต่ 0.25 - 2.00 มิลลิเมตร

1.4 ไส้กรอง ที่นิยมใช้มี 2 ชนิดคือ ไส้กรองเซรามิก ทำจากเซรามิกที่มีรูพรุนละเอียดถึง 0.2 - 3.0 ไมครอน มีประสิทธิภาพในการกรองสิ่งเจือปนที่มีขนาดเล็กมากได้ดี เช่น อมิบา หรือยีสต์บางชนิด และไส้กรองใยสังเคราะห์ ซึ่งทำจากโพลีเอสเตอร์ มีคุณสมบัติกรองสารเจือปนต่าง ๆ ออกจากน้ำจะมีรูพรุนใหญ่และกว้างกว่าไส้กรองเซรามิก

ไส้กรองแอนทราไซต์และเมงกานีสแซนด์ โดยเมงกานีสจะคุณสมบัติใช้กำจัดสนิมธาตุเหล็ก ตะกั่ว กำมะถัน สังกะสีในน้ำ ส่วนแอนทราไซต์จะใช้กำจัดสนิมเหล็ก ตะกอนและความขุ่นได้

2. การฆ่าเชื้อโรค (disinfection) โดยใช้อุปกรณ์ดังต่อไปนี้

2.1 ไส้กรองแบคทีเรีย (bacteria filter) เป็นไส้กรองเซรามิกที่ผสมกับธาตุเงินซึ่งมีคุณสมบัติฆ่าเชื้อจุลินทรีย์และมีขนาดของรูกรองที่เล็กมาก บางชนิดรูกรองมีขนาดไม่ถึง 1 ไมครอน ซึ่งมีคุณสมบัติที่ดีที่จะกรองจุลินทรีย์ขนาดใหญ่ ควรจะให้น้ำผ่านชั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนสุดท้ายก่อนการบรรจุ มิฉะนั้นจะอุดตันง่าย ควรล้างไส้กรองด้วยน้ำสะอาดเป็นประจำเพื่อล้างสิ่งสกปรกออกจากไส้กรอง

2.2 แสงอุลตราไวโอเล็ต (UV light) โดยใช้หลอดแก้วใสทำด้วยควอทซ์ ซึ่งสามารถให้แสงที่มีช่วงคลื่นที่ทำลายจุลินทรีย์ได้ ภายในเวลาที่พอเหมาะ ถ้าแสงนี้จะทำให้เกิดกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในเซลล์ และจะทำให้จุลินทรีย์ตายในที่สุด ควรใช้ระบบนี้ภายหลังการฆ่าเชื้อโรคโดยวิธีอื่น ๆ และก่อนการบรรจุ ในการใช้ควรอุ่น

หลอดก่อนใช้อย่างน้อย 2 นาที และควรตรวจสอบระบบอยู่เสมอว่าหลอดยังอยู่ในสภาพดีตลอดเวลาใช้งาน

มาตรฐานน้ำบริโภคตาม มอก 257 เล่ม 1 - 2521

1. ขอบข่าย มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดคุณลักษณะที่ต้องการ การทำเครื่องหมายและฉลาก การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน และการวิเคราะห์ทดสอบ น้ำที่บริโภคทั่วไป ตลอดจนน้ำที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม

2. บทนิยาม ความหมายของคำที่ใช้มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้มีดังต่อไปนี้

2.1 หน่วยปลาตินัม โคบอลต์ (platinum cobalt scale) หมายถึง หน่วยวัดระดับความเข้มของสีในน้ำ

2.2 หน่วยซิลิกา (silica scale unit) หมายถึง หน่วยวัดค่าความขุ่นในน้ำ

2.3 สเตนดาร์ดเพลตเคาน์ (standard plate count) หมายถึง จำนวน โคโลนีของแบคทีเรียต่อหนึ่งลูกบาศก์เซนติเมตรของน้ำ เมื่อเลี้ยงในอาหารที่กำหนด อบที่ อุณหภูมิและระยะเวลาที่กำหนด

2.4 เอ็ม พี เอ็น (most probable number of coliform หรือ MPN) หมายถึง ดัชนีแสดงค่าของโคลิฟอร์ม - ออร์แกนีสซึม (coliform organism) ที่พบจากการเลี้ยงเชื้อจากตัวอย่างน้ำที่ผสมเจือจางแล้วตามส่วน

3. คุณลักษณะที่ต้องการ

3.1 น้ำที่จะถือว่าเป็นน้ำบริโภคตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ ต้องมีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนด ดังตาราง 4 5 6 และ 7

3.2 หากมีคุณลักษณะที่แตกต่างไปจากที่ระบุไว้ในข้อ 3.1 ไม่ถือว่าเป็น น้ำบริโภคตามมาตรฐานฉบับนี้ (มอก 257 เล่ม 1. 2521 : 1 - 5)

ตาราง 4 คุณลักษณะทางกายภาพของน้ำบริโภค

1	2	3
รายการ	เกณฑ์ที่กำหนดสูงสุด (maximum acceptable concentration)	เกณฑ์ที่อนุโลมให้สูงสุด (maximum allowable concentration)
สี (colour) (หน่วยปลาตินัม - โคบอลต์)	5	15
รส (taste)	ไม่เป็นที่รังเกียจ	ไม่เป็นที่รังเกียจ
กลิ่น (odour)	ไม่เป็นที่รังเกียจ	ไม่เป็นที่รังเกียจ
ความขุ่น (turbidity) (หน่วยซีลีกา)	5	20
ความเป็นกรด - ด่าง (pH range)	6.5 - 8.5	ไม่เกิน 0.2
ที่มา : (มอก 257. 2521 : 2)		

ตาราง 5 คุณลักษณะทางเคมี

1	2	3
รายการ	เกณฑ์ที่กำหนดสูงสุด มิลลิกรัมต่อ ลูกบาศก์เดซิเมตร	เกณฑ์ที่อนุญาตให้สูงสุด มิลลิกรัมต่อ ลูกบาศก์เดซิเมตร
ปริมาณสารทั้งหมด (total solids)	500	1500
เหล็ก (Fe)	0.5	1.0
แมงกานีส (Mn)	0.3	0.2
เหล็กและแมงกานีส	0.5	1.0
ทองแดง (Cu)	1.0	1.5
สังกะสี (Zn)	5.0	15
แคลเซียม (Ca)	75**	200
แมกนีเซียม (Mg)	50	150
ซัลเฟต (SO ₄)	200	250***
คลอไรด์ (Cl)	250	600
ฟลูออไรด์ (F)	0.7	1.0
ไนเตรต (NO ₃)	45	45
อัลคิลเบนซิลซัลโฟเนต (alkyl benzyl sulfonates, ABS)	0.5	1.0
ฟีนอลิกซัสเตนซ์ (Phenolic substances, as phenol)	0.001	0.002

ที่มา : (มอก 257, 2521 : 3)

หมายเหตุ

* หมายถึง เกณฑ์ที่อนุญาตให้สูงสุดเป็นเกณฑ์ที่อนุญาตให้สำหรับน้ำประปาหรือน้ำบาดาลที่มีความจำเป็นต้องใช้บริโภคเป็นการชั่วคราว

** หมายถึง หากแคลเซียมมีปริมาณสูงกว่าที่กำหนดและแมกนีเซียมมีปริมาณต่ำกว่าที่กำหนดในมาตรฐานให้พิจารณาแคลเซียมและแมกนีเซียมในเทอมของความกระด้างทั้งหมด ถ้าความกระด้างทั้งหมดเมื่อคำนวณเป็นแคลเซียมคาร์บอเนตมีปริมาณต่ำกว่า 500 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตรให้ถือว่าน้ำนั้นเป็นไปตามมาตรฐาน

การแบ่งระดับความกระด้างของน้ำดังต่อไปนี้

0 - 75 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร เรียก น้ำอ่อน

75 - 150 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร เรียก น้ำกระด้างปานกลาง

150 - 300 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร เรียก น้ำกระด้าง

300 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร เรียก น้ำกระด้างมาก

*** หมายถึง หากซัลเฟตมีปริมาณถึง 250 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร แมกนีเซียมต้องมีปริมาณไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

ตาราง 6 สารเป็นพิษ

รายการ	เกณฑ์ที่กำหนดสูงสุด มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร
ปรอท (Hg)	0.001
ตะกั่ว (Pb)	0.05
อาร์เซนิก (As)	0.05
เซลีนียม (Se)	0.01
โครเมียม (Cr hexavalent)	0.02
ไซอะไนต์ (CN)	0.2
แคดเมียม (Cd)	0.01
แบเรียม (Ba)	1.0
ที่มา : (มอก. 257. 2521 : 4)	

ตาราง 7 คุณลักษณะทางจุลชีววิทยา

รายการ	เกณฑ์ที่กำหนดสูงสุด
สแตนด์การ์ดเฟลตเคานต์	500
โคโลนีต่อลูกบาศก์เซนติเมตร	
เอ็ม พี เอ็น	น้อยกว่า 2.2
โคลิฟอร์มออร์แกนีสซึมต่อ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร	
อี โค ไล (E. coli)	ไม่มี
ที่มา : (มอก 257. 2521 : 5)	

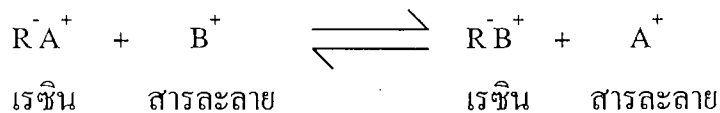
3. การกรองโดยใช้ไส้กรองเรซินและไส้กรองคาร์บอน

การกรองโดยใช้ไส้กรองเรซินและไส้กรองคาร์บอน จะแบ่งออกเป็นส่วนดังนี้

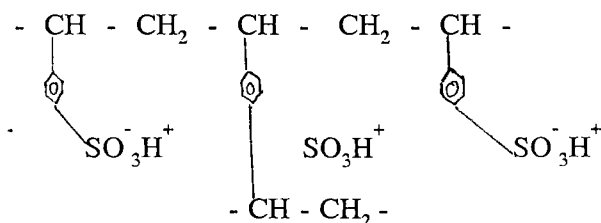
3.1 การกรองโดยใช้ไส้กรองเรซิน การกรองน้ำนั้นเรซินมีหน้าที่สำหรับที่จะแลกเปลี่ยนไอออนของเรซินกับไอออนของสารที่มีอยู่ในน้ำ เรซินที่ใช้คือสารพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างของโมเลกุลซับซ้อนเกิดจากพอลิเมอร์หลาย ๆ หน่วยเชื่อมต่อกันเป็นตาข่ายแบบต่าง ๆ เรซินเป็นของแข็งที่ไม่ละลายในตัวทำละลายทั่ว ๆ ไป เมื่อเกิดการแลกเปลี่ยนไอออนของเรซินกับไอออนของสารในน้ำแล้ว โครงสร้างของเรซินไม่เปลี่ยนแปลง ตามปกติเรซินจะมีความจุในการแลกเปลี่ยนไอออนได้ 1 - 5 กรัม สมดุลย์ของไอออน/เรซิน 1 กิโลกรัม

ชนิดของเรซิน เรซินที่ใช้งานนั้นแบ่งเป็น 2 ชนิดคือ

1. เรซินชนิดแลกเปลี่ยนไอออนบวก (cation exchange resin) คือ เรซินที่สามารถแลกเปลี่ยนไอออนบวกของตัวเองกับไอออนบวกของสารละลายที่ผ่าน มีปฏิกิริยาทั่วไปเป็นดังนี้



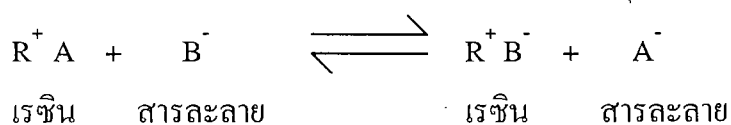
เรซินชนิดนี้ประกอบด้วยหมู่ฟังก์ชันนัล (functional group) เช่น - OH, - COOH, - SO₃H เป็นต้น ในการกำจัดความกระด้างของน้ำนิยมใช้เรซินที่เป็นกรดแก่ (strong acid cation exchange resin) เช่น สไตรีนไดไวนิล เบนซีนโคพอลิเมอร์ที่มี - SO₃H เป็นหมู่ฟังก์ชันซึ่งอาจจะอยู่ในรูปไฮโดรเจน (- SO₃⁻ H⁺) หรือรูปโซเดียม (- SO₃⁻ Na⁺) ก็ได้



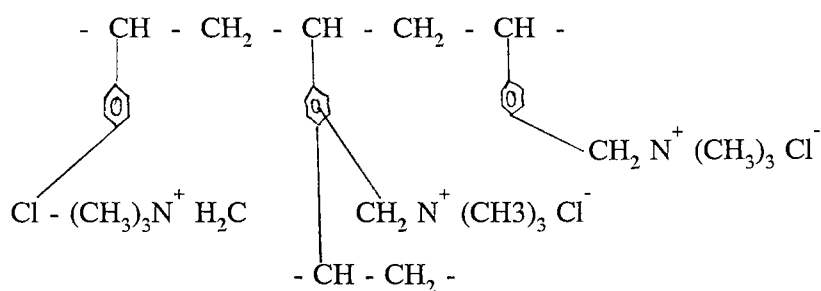
ภาพประกอบ 4 โครงสร้างของ styrene divinyl benzene copolymer ที่มี - SO₃H เป็นหมู่ฟังก์ชัน

การเตรียมเรซินก่อนใช้งานจะต้องแช่น้ำก่อนเป็นเวลาพอสมควรแล้วจึงมาใช้งานได้

2. เรซินชนิดแลกเปลี่ยนไอออนลบ (anion exchange resin) คือ เรซินที่สามารถแลกเปลี่ยนไอออนลบของตัวเรซินเองกับไอออนลบของสารละลายที่ผ่านปฏิกิริยาทั่วไปเป็นดังนี้



เรซินชนิดนี้ประกอบด้วยหมู่ฟังก์ชันลบ เช่น RNH_2 , $\text{R}_3\text{-N}$, $\text{R}_4\text{-N}^+$ เป็นต้น ในการกำจัดแอนไอออนที่ละลายในน้ำจะใช้เรซินที่เป็นเบสแก่ (strong base anion exchange resin) เช่น สไตรีนไดไวนิลเบนซีนโคพอลิเมอร์ที่มี $\text{N}^+ \text{R}_4 \text{Cl}^-$ เป็นหมู่ฟังก์ชัน



ภาพประกอบ 5 โครงสร้าง styrene divinyl benzene copolymer ที่มี $\text{N}^+ \text{R}_4 \text{Cl}^-$ เป็นหมู่ฟังก์ชัน

การเตรียมเรซินก่อนใช้งานจะต้องนำเรซินมาล้างเพื่อเอาสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนออกและฆ่าเชื้อด้วยสารละลายที่ประกอบด้วยเกลือแกง ร้อยละ 10 โซดาไฟ ร้อยละ 2 ก่อนใช้งาน อุ่นสารละลายที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส แล้วใช้ล้างเรซิน ต่อจากนั้นจึงล้างอีกครั้งด้วยน้ำสะอาด (วิธีการนี้เรียกว่า brine cleaning) ในกรณีที่ไม่ได้ใช้งานเป็น

เวลานาน หลังจากล้างด้วยน้ำเกลือผสมโซดาไฟแล้วล้างอีกครั้งด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ที่มีคลอรีนประมาณ ร้อยละ 1

การเลือกเรซิน มีหลักเกณฑ์ในการเลือก 3 ประการ

1. เลือกตามขนาดของเรซิน เรซินที่ใช้ต้องมีขนาดประมาณ 200 - 400 เมช
2. เลือกตามลักษณะของเรซิน แบ่งเป็น 2 ชนิดคือ

2.1 มาโครพอร์ัสเรซิน (macroporous resin) มีลักษณะผิวขรุขระและมีรูพรุนมาก

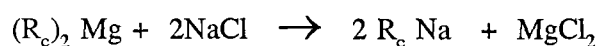
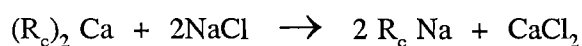
2.2 เจลเรซิน (gel resin) มีลักษณะผิวเรียบและมีรูพรุนน้อย

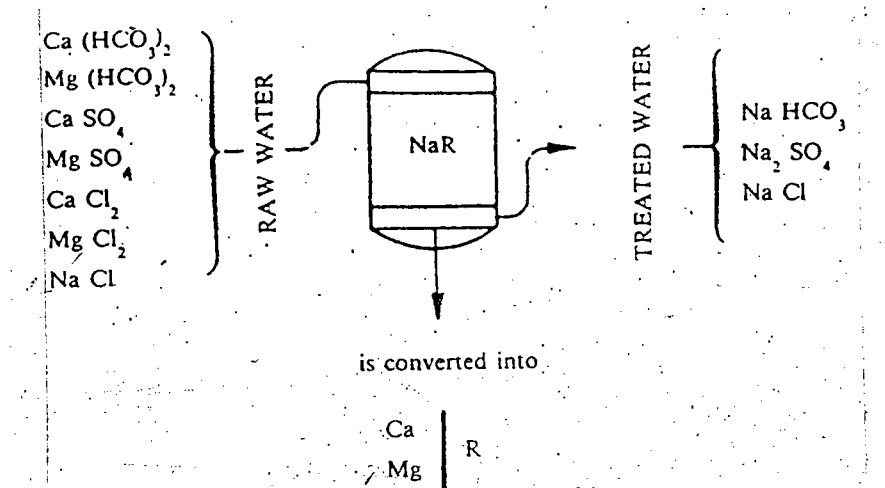
การกรองน้ำควรใช้มาโครพอร์ัสเรซิน ทั้งนี้เนื่องจากเรซินชนิดนี้ทนต่อสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับน้ำได้ ทำให้อายุการใช้งานนานกว่าชนิดเจลเรซิน และคุณภาพของน้ำที่ผ่านจะดีกว่า เพราะสารอินทรีย์จะถูกดูดซับโดยผิวของเรซินที่เป็นรูพรุนและขรุขระในขณะที่เจลเรซินไม่สามารถดูดซับจับสารอินทรีย์ไว้ได้

3. เลือกตามลักษณะการใช้งาน ได้แก่ การเปลี่ยนน้ำกระด้างให้เป็นอ่อน (softening) ซึ่งหมายถึง การแยกแคลเซียมไฮดรอกไซด์และแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ออกจากน้ำ ความต้องการใช้งานข้อนี้ควรเลือกเรซินชนิดแลกเปลี่ยนไอออนบวกที่เป็นกรดแก่ ซึ่งมีหมู่ฟังก์ชันเป็น $-SO_3^- Na^+$ โดยโซเดียมไฮดรอกไซด์ของเรซินจะเป็นตัวแลกเปลี่ยนไอออนบวกของสารละลาย

การปรับสภาพเรซิน (regeneration) เรซินเมื่อใช้งานไปเป็นเวลานาน โซเดียมไฮดรอกไซด์จะถูกแทนที่ด้วยไอออนบวกของสารละลายหมด ซึ่งจะทำให้เรซินหมดสภาพในการแลกเปลี่ยนไอออนบวก จึงต้องนำเอาเรซินหมดสภาพมาทำให้คืนสภาพเดิมโดยล้างด้วยสารละลายเกลือแกงก็จะได้เรซินในรูปโซเดียมกลับคืนมา

ปฏิกิริยาการปรับสภาพเรซิน





ภาพประกอบ 6 แผนภาพการแลกเปลี่ยนน้ำกระด้างให้เป็นน้ำอ่อนและการปรับสภาพ
ของเรซิน (กรมวิทยาศาสตร์. 2531 : 24)

โดยทั่วไปน้ำที่ผ่านขบวนการ softening นี้สามารถนำมาดื่มได้ จึงนิยมนำมาใช้
กรองน้ำดื่มในบ้านเพราะการเปลี่ยนเรซินที่หมดสภาพให้กลับมาใช้งานได้อีกนั้นทำได้ง่าย
เพียงใส่น้ำเกลือลงไปล้างแล้วล้างด้วยน้ำสะอาดหลาย ๆ ครั้งจะได้เรซินที่นำมาใช้งานได้
เช่นเดิม แต่มีข้อสังเกตว่าขบวนการนี้ไม่สามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำได้ เรซินที่
ได้ปรับสภาพแล้วสามารถนำกลับมาใช้งานได้อีกต่อไปอีก กระบวนการ deionization นี้
อาจใช้เทคนิคที่ต่างกันก็ได้ 2 แบบคือ

1. เทคนิคการผ่านน้ำลงไปคอลัมน์ 2 คอลัมน์ ทั้งคอลัมน์ที่บรรจุเรซินชนิด
แลกเปลี่ยนไอออนบวก และคอลัมน์ที่บรรจุเรซินชนิดแลกเปลี่ยนไอออนลบ (two - bed
resin) ข้อดีของเทคนิคนี้คือสามารถปรับสภาพเรซินได้ง่าย ข้อเสียคือน้ำที่ได้จะมีไอออน
ของเกลือแร่และคาร์บอนไดออกไซด์ปนอยู่เล็กน้อย จัดเป็นน้ำที่ใช้ในอุตสาหกรรมทำ
น้ำดื่ม

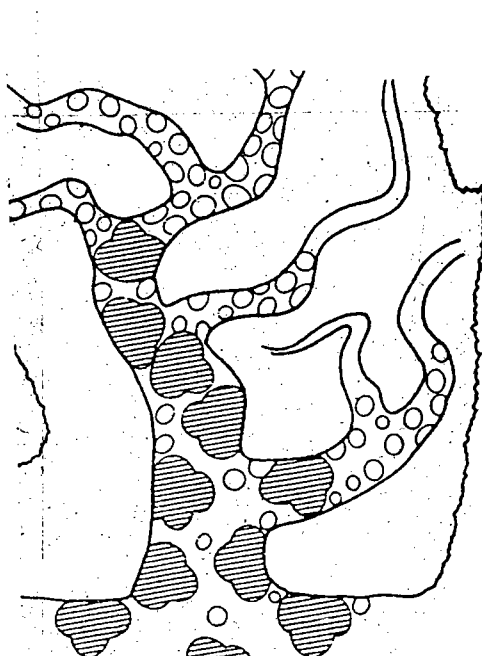
2. เทคนิคการผ่านน้ำไปคอลัมน์เดียวที่มีเรซินชนิดแลกเปลี่ยนไอออนบวก
และเรซินชนิดแลกเปลี่ยนไอออนลบผสม (mix - bed resin) น้ำที่ผ่านเข้าคอลัมน์นี้จะ
สัมผัสกับเม็ดของเรซินทั้งสองสลับกันไป เสมือนกับว่าน้ำผ่านคอลัมน์ที่มีเรซินชนิด
แลกเปลี่ยนไอออนบวกและคอลัมน์ที่มีเรซินชนิดแลกเปลี่ยนไอออนลบวางอยู่สลับกันไป
หลาย ๆ คอลัมน์แบบอนุกรม เมื่อน้ำผ่านไปตามคอลัมน์เป็นลำดับ ความสะอาดของน้ำ

จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งเป็นข้อดีของเทคนิคนี้คือจะมีไอออนตกค้างน้อยมาก เทคนิคนี้ใช้ในอุตสาหกรรมทำยา และเครื่องดื่ม (กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2531 : 23 - 25)

3.2 การกรองน้ำโดยใช้ไส้กรองคาร์บอน เป็นกระบวนการผลิตน้ำดื่มที่สำคัญ ไส้กรองทำหน้าที่กรองหรือแยกตะกอนแขวนลอย น้ำที่ผ่านการกรองจะมีความใสปราศจากสี กลิ่น และตะกอนแขวนลอยต่าง ๆ มีค่าความขุ่นต่ำ

ลักษณะของคาร์บอนสังเคราะห์พิเศษแอคทีเวเต็ดคาร์บอน (activated carbon) เป็นลักษณะของคาร์บอนสังเคราะห์พิเศษเพื่อให้มีพื้นที่ผิวมากที่สุด โดยจะทำให้มีรูพรุนมากเพื่อช่วยในการเกาะหรือดูดติดผิว (adsorption) เป็นความสามารถของสารบางชนิดในการดึงโมเลกุลหรือคอลลอยด์ ซึ่งอยู่ในของเหลวหรือแก๊สให้มาเกาะจับและติดบนผิวของสารนั้น ๆ ปรากฏการณ์เช่นนี้จัดเป็นการเคลื่อนย้ายสาร (mass transfer) จากของเหลวหรือแก๊สมายังผิวของของแข็ง โมเลกุลหรือคอลลอยด์ เรียกว่า สารดูดซับ ตัวอย่างของการดูดติดผิว ได้แก่ การดูดติดผิวของโมเลกุลสีบนถ่านแอคทีเวเต็ดคาร์บอน

แอคทีเวเต็ดคาร์บอน (activated carbon) เป็นถ่านที่สังเคราะห์ขึ้นมาเป็นพิเศษเพื่อให้มีพื้นที่ผิวมากที่สุด ซึ่งทำได้โดยการทำให้มีรูพรุนหรือโพรงภายในเนื้อคาร์บอนมากเท่าที่จะทำได้ รูพรุนหรือโพรงมีขนาดตั้งแต่ 20 แอมสตรอม ถึง 20,000 แอมสตรอม การสังเคราะห์คาร์บอนชนิดนี้กระทำได้โดยไล่ความชื้น (dehydration) ออกจากวัตถุดิบเสียก่อน จากนั้นจึงเผาวัตถุดิบที่แห้งให้เป็นถ่าน (carbonization) ที่อุณหภูมิ ประมาณ 400 - 600 องศาเซลเซียส คาร์บอนที่ได้ยังมิอำนาจการดูดติดผิวต่ำ เนื่องจากโพรงภายในคาร์บอนยังมีน้ำมันดิบอุดตันอยู่ คาร์บอนนี้จึงต้องเผาต่อไปที่อุณหภูมิประมาณ 750 - 950 องศาเซลเซียส ภายใต้อุณหภูมิที่เหมาะสมเพื่อไล่น้ำมันดิน (tar) ออกให้หมด ขั้นตอนนี้เรียกว่า แอคทีเวชัน (activation) จึงจะได้แอคทีเวเต็ดคาร์บอน วัตถุดิบที่ใช้สังเคราะห์แอคทีเวเต็ดคาร์บอนมีหลายชนิด เช่น กระดูกสัตว์ ถ่านหินบางชนิด กะลามะพร้าว เมล็ดในผลไม้บางชนิด เทคโนโลยีปัจจุบันสามารถทำให้แอคทีเวเต็ดคาร์บอนหนัก 1 กรัม มีพื้นที่ผิวประมาณ 600 - 1,000 ตารางเมตร



ภาพประกอบ 7 รูปตัดโครงโพรงหรือช่องว่างภายในแอ็คติเวเต็ดคาร์บอน
(มันสิน ตัณฑุลเวศม์. 2538 : 134)

ลักษณะของไส้กรองคาร์บอนชนิดผงอัด แอ็คติเวเต็ดคาร์บอนผง (powder activated carbon) มีขนาดประมาณ 10 - 50 ไมครอน หรือน้อยกว่า ลักษณะเช่นนี้ทำให้คาร์บอนผงคล้ายกับสารเคมีอื่น ๆ ที่ใช้ในการผลิตน้ำประปา การเติมคาร์บอนผงอาจจะทำพร้อมกับการเติมโคแอกกูแลนก็ได้ คาร์บอนที่ใช้แล้วจะรวมอยู่กับตะกอนแขวนลอยในน้ำกลายเป็นฟล็อก ซึ่งสามารถแยกออกจากน้ำได้โดยการตกตะกอนหรือการกรอง ด้วยเหตุนี้คาร์บอนผงจึงนิยมเติมก่อนขบวนการตกตะกอนหรือการกรองน้ำในกรณีที่มีสีและความขุ่นต่ำ อาจแก้ไขโดยการเติมคาร์บอนผงประมาณ 5 - 20 มิลลิกรัม/ลิตร และกรองออกด้วยเครื่องกรองน้ำ (แบบนี้เรียกว่า direct filtration) ถึงตกตะกอนแบบโซลิดซ์ - คอนแทคท์ (solids contact clarifier) สามารถใช้ร่วมกับคาร์บอนผงได้เป็นอย่างดีและดีกว่าการใช้ถึงตกตะกอนแบบธรรมดา ทั้งนี้เพราะมีเวลาสัมผัสระหว่างน้ำและคาร์บอนนานมาก ถึงแบบโซลิดซ์คอนแทคไม่ว่าจะเป็นแบบหมุนเวียนตะกอนหรือแบบมีชั้นตะกอน ช่วยประหยัดปริมาณคาร์บอนได้ประมาณร้อยละ 15 - 40 ของที่ใช้กับถึงตกตะกอนแบบธรรมดา นอกจากนี้คาร์บอนผงอาจใช้เป็นตัวกรองชั้นแรกของเครื่องกรองแบบแท่งที่เรียกว่า candle filter สำหรับใช้ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์หรืออื่น ๆ

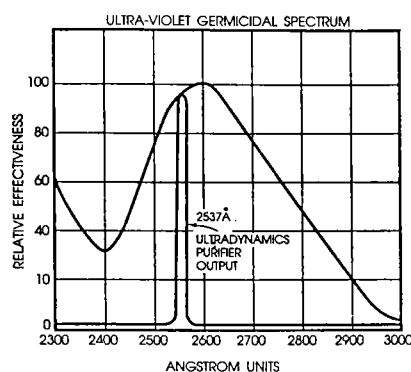
คุณสมบัติของไส้กรองชนิดเกร็ด คาร์บอนแบบเกร็ดมีขนาดใหญ่กว่าขนาดของเม็ดทรายกรองน้ำมีลักษณะแข็งและเปราะและเบากว่าทราย คาร์บอนแบบเกร็ดที่ใช้และเสื่อมแล้วสามารถไปทำรีเจนเนอเรชั่นและนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ข้อนี้ถือว่าเป็นข้อดีอีกประการหนึ่งของคาร์บอนแบบเกร็ด แต่การทำรีเจนเนอเรชั่นทุกครั้งต้องมีการ์บอนสูญเสียไปประมาณ ร้อยละ 5 ทั้งนี้เพราะการทำรีเจนเนอเรชั่นต้องเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูงมากทำให้คาร์บอนบางส่วนปน กลายเป็นผลเสียจนใช้การไม่ได้ (มันสิน ตันกุลเวศม์. 2538 : 133 - 141)

4. แสงอุตราไวโอเลตในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์

แสงอุตราไวโอเลตเป็นแสงที่อยู่ในช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและเป็นแสงที่ได้รับจากดวงอาทิตย์โดยตรง แต่ละปีโลกจะได้รับแสงอุตราไวโอเลตที่มีความยาวคลื่นน้อยกว่า 250 นาโนเมตร แสง UV จะเคลื่อนที่ผ่านสูญญากาศด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วของแสง นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติหลายอย่างที่เหมือนกับแสงโดยทั่วไป เช่น มีการหักเห การสะท้อน การกระจาย และการแทรกสอด เป็นต้น

แสงอุตราไวโอเลตมีความยาวคลื่นตั้งแต่ 200 นาโนเมตร ซึ่งอาจแบ่งได้เป็น 3 ช่วง คือ

1. ช่วงคลื่นยาว 325 - 390 นาโนเมตร แสงช่วงนี้มีอำนาจฆ่าเชื้อโรค จุลินทรีย์ได้ไม่ค่อยดี
2. ช่วงคลื่นปานกลาง 295 - 325 นาโนเมตร มีอำนาจที่จะฆ่าเชื้อโรค จุลินทรีย์ได้หากมีเวลาสัมผัสกับแสง (contact time) แสงช่วงคลื่นนี้ยังทำให้ผิวคล้ำได้
3. ช่วงคลื่นสั้น 200 - 295 นาโนเมตร แสงช่วงนี้ใช้ในการฆ่าเชื้อ จุลินทรีย์ได้ดีที่สุด โดยเฉพาะที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ซึ่งจะให้ค่าประสิทธิผล (effectiveness) สูงสุด (มันสิน ตันกุลเวศม์. 2527 : 274)



ภาพประกอบ 8 ช่วงคลื่นแสงอุลตราไวโอเล็ตที่ใช้ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์
(มันลิน ดัชนีทูลเวสม์. 2525 : 275)

เนื่องจากแสง UV มีประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์ได้ดี จึงได้มีการประดิษฐ์หลอดแสงอุลตราไวโอเล็ตเพื่อใช้ฆ่าจุลินทรีย์ในทางการแพทย์ที่เรียกว่า germicidal lamp ซึ่งเป็นรังสีที่เกิดจากการเผาปรอทในหลอดแก้วที่มีความดันต่ำ หลอด UV ที่ทำขึ้นเพื่อใช้ฆ่าจุลินทรีย์ในน้ำมักมีความยาวคลื่นประมาณ 254 นาโนเมตร แก้วที่ใช้ทำหลอดเป็นแก้วพิเศษที่ยอมให้แสง UV ส่องผ่านได้ตลอด เช่น ควอทซ์ หรือแก้วที่มีองค์ประกอบของซิลิกาสูงมาก ๆ เป็นต้น

หลอดแสง UV ที่ผลิตขึ้นมาเป็นท่อยาวตั้งแต่ 12 - 48 นิ้ว มีอายุการใช้งาน (ที่ประกันโดยผู้ผลิต) ไม่ต่ำกว่า 7,500 ชั่วโมง (มันลิน ดัชนีทูลเวสม์. 2538 : 213) และมีการสิ้นเปลืองไฟฟ้า ดังตาราง 8

ตาราง 8 พลังงานไฟฟ้าที่ต้องการและพลังงานแสง UV

ความยาวของหลอด (นิ้ว)	พลังงานที่ต้องการ (วัตต์)	พลังงานของแสง UV ที่มี ความยาวคลื่น 254 (วัตต์)
12	8	1.3
18	18	5.8
36	39	146
48	110	51.5

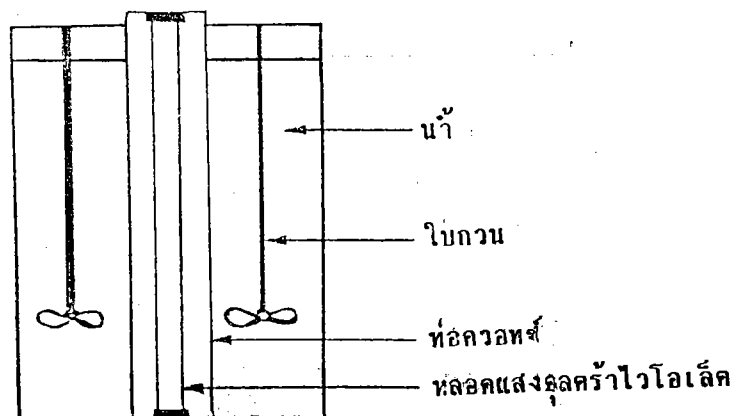
ที่มา : (มันลิน ดัชนีทูลเวสม์. 2538 : 213)

เรดรี (Radley) และแกรนท์ (Grant). (1954) พบว่า ความเข้มของหลอดแสงยูวี จะลดลง $1/2$ หรือ $1/3$ เท่าของความเข้มข้นเริ่มต้นเมื่ออายุการใช้งานมีค่าประมาณ 1,000 - 1,500 ชั่วโมง ส่วนในช่วง 500 ชั่วโมงแรก ความเข้มแสงไม่มีการเปลี่ยนแปลง

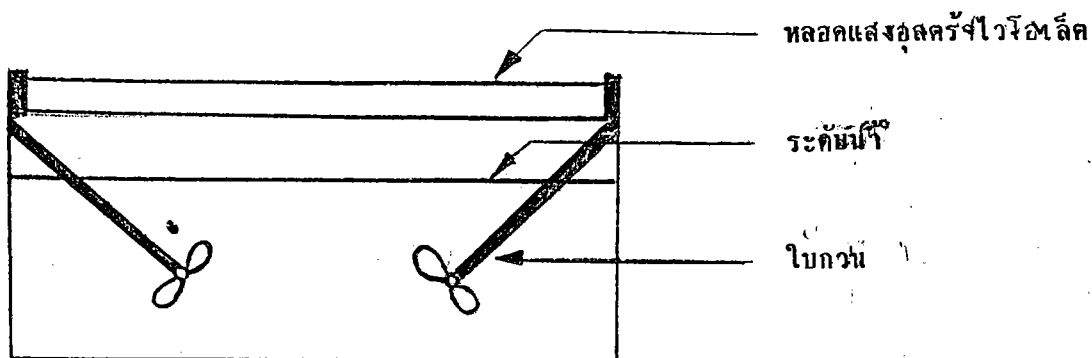
เครื่องปฏิกรณ์แสงอุลตราไวโอเล็ตสำหรับทำน้ำสะอาดในการบริโภค ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำต้องมีอุปกรณ์ที่เรียกว่าเครื่องปฏิกรณ์แสงอุลตราไวโอเล็ต แบ่งออกเป็น 2 ระบบคือ

1. เครื่องปฏิกรณ์แบบกะ (batch reactor) การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์โดยเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ ทำได้โดยนำน้ำที่ต้องการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์มากักไว้ในเครื่องปฏิกรณ์ชั่วระยะเวลาหนึ่งให้เพียงพอที่จะทำให้จุลินทรีย์สัมผัสแสง UV จนกระทั่งตายแล้วจึงปล่อยออกไปภายในจะมีใบกวนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ (อรรถกร คำธิตา. 2529 : 10)

ภาพประกอบ 9 และ 10

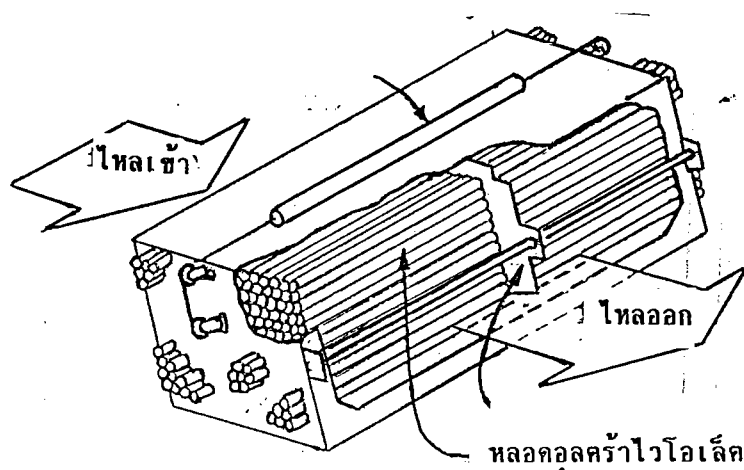


ภาพประกอบ 9 เครื่องปฏิกรณ์แบบกะที่หลอดแสงอุลตราไวโอเล็ตจุ่มในน้ำ
(อรรถกร คำธิตา. 2529 : 10)

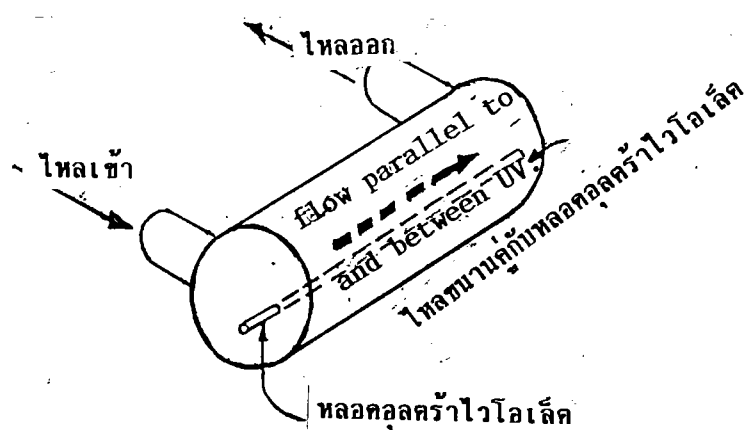


ภาพประกอบ 10 เครื่องปฏิกรณ์แบบกะที่หลอดแสงอุลตราไวโอเล็ตอยู่เหนือน้ำ
(อรรถพร คำธิตา. 2529 : 10)

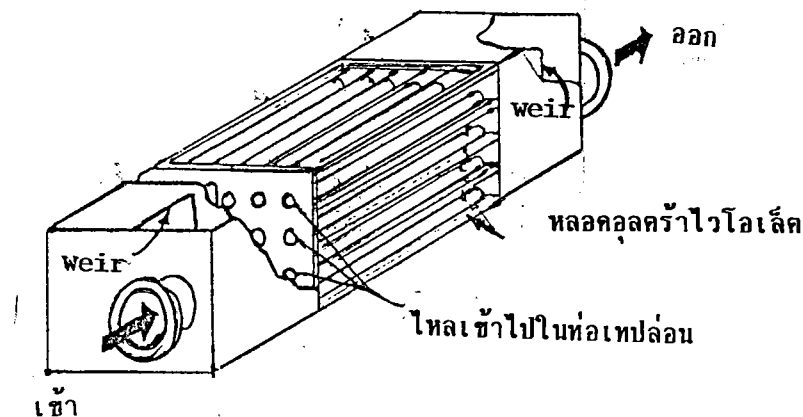
2. เครื่องปฏิกรณ์แบบต่อเนื่อง (Continuous reactor) น้ำที่ปนเปื้อนจุลินทรีย์จะถูกผ่านเข้าไปในปฏิกรณ์และน้ำที่สะอาดก็ไหลออกมาตลอดเวลา เวลาสัมผัสแสงขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของน้ำและลักษณะการไหล ตลอดจนขึ้นอยู่กับรูปร่างของเครื่องปฏิกรณ์ด้วย ภาพประกอบ 11 เป็นเครื่องปฏิกรณ์ที่ออกแบบให้ทิศทางการไหลของน้ำตั้งฉากกับหลอดแสงอุลตราไวโอเล็ตที่วางค่อนข้างชิดกันระหว่างแต่ละหลอดเพื่อเพิ่มความปั่นป่วน (turbulence) เมื่อน้ำไหลผ่านทำให้โอกาสที่จุลินทรีย์ถูกแสงมีมากขึ้น ส่วนภาพประกอบ 12 เป็นเครื่องปฏิกรณ์แบบวงแหวน (annular reactor) มีการไหลของน้ำไปในช่องระหว่างท่อควอทซ์กับผนังของเครื่องปฏิกรณ์ โดยมีทิศทางการไหลขนานกับหลอดแสง UV ภาพประกอบ 13 เป็นเครื่องปฏิกรณ์ที่มีการไหลในทิศทางที่ขนานกับหลอดเช่นเดียวกับแบบวงแหวนแต่มีการเพิ่มจำนวนหลอดมากขึ้นและใช้ท่อเทฟลอน (teflon) แทนท่อควอทซ์ (อรรถพร คำธิตา. 2529 : 10 - 12)



ภาพประกอบ 11 เครื่องปฏิกรณ์แสงอุลตราไวโอเล็ตแบบทิศทางการไหลตั้งฉากกับหลอด (อรรถกร คำธิตา. 2529 : 11)

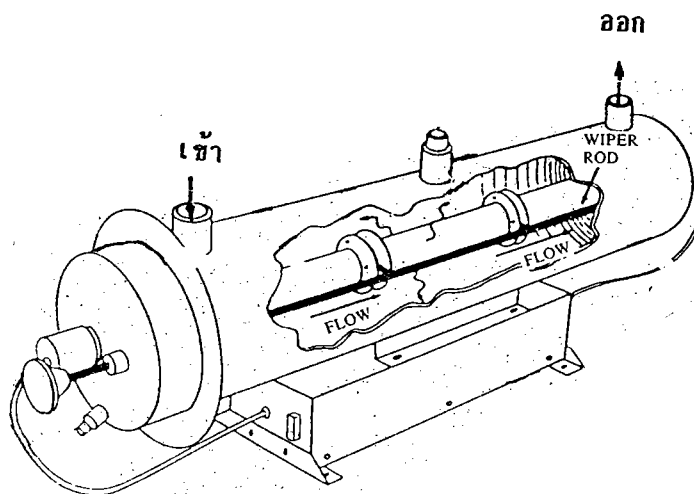


ภาพประกอบ 12 เครื่องปฏิกรณ์แสงอุลตราไวโอเล็ตแบบวงแหวนโดยมีทิศทางการไหลขนานกับหลอด (อรรถกร คำธิตา. 2529 : 12)



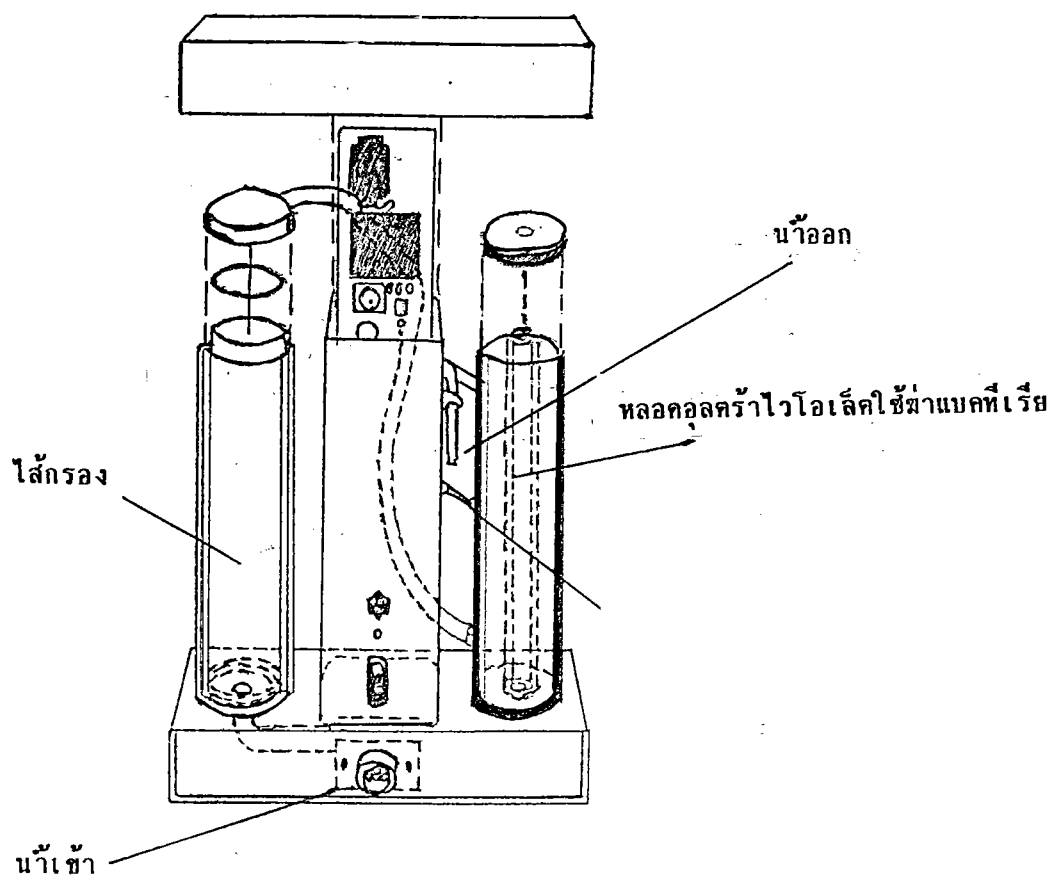
ภาพประกอบ 13 เครื่องปฏิกรณ์แสงอุลตราไวโอเลตแบบทิศทางการไหลขนาน
กับหลอด (อรรถกร คำธิตา. 2529 : 12)

นอกจากนี้ยังมีการออกแบบเครื่องปฏิกรณ์ที่มีรูปร่างแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับระบบการใช้งาน แต่ยังคงอาศัยหลักการเดิมอยู่ ภาพประกอบ 14 แสดงให้เห็นถึงส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องปฏิกรณ์แสงอุลตราไวโอเลต แบบหนึ่งที่ใช้ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำ ออกแบบโดยอาศัยหลักการไหลของน้ำที่ขนานกับหลอด มีการเพิ่มเครื่องเช็ด (wiper) ท่อควอทซ์ให้ใสอยู่ตลอดเวลาเพื่อแสงอุลตราไวโอเลตจะได้ส่งผ่านได้ดี เครื่องปฏิกรณ์เหล่านี้มักสร้างให้มีขนาดกระทัดรัดไม่ใหญ่จนเกินไป ถ้าใช้หลาย ๆ เครื่องต่อกันอย่างขนานจะสามารถใช้ได้กับน้ำที่มีปริมาตรสูงขึ้นตามลำดับ นิยมใช้ในการผลิตน้ำดื่ม น้ำบริโภคในโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ตลอดจนใช้ในการประปา (มันสิน ตัณฑุลเวศม์. 2538 : 214)



ภาพประกอบ 14 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องปฏิกรณ์แสงอุลตราไวโอเล็ตที่ใช้
ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำ (อรรถกร คำธิตา. 2529 : 13)

ที่กล่าวมานั้นเป็นเครื่องปฏิกรณ์ที่ใช้ในระดับอุตสาหกรรมมีความจุสูง ปัจจุบัน
นี้มีบางบริษัทได้ผลิตเครื่องทำน้ำสะอาดสำหรับดื่มด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ตขนาดเล็ก
สำหรับใช้ภายในครัวเรือน ขนาดความจุประมาณ 2 ลิตร/นาที่ ออกจำหน่าย ดังภาพ
ประกอบ 14 ซึ่งมี 2 ส่วนคือส่วนกรองและกำจัดกลิ่นกับส่วนที่ใช้ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ด้วย
แสงอุลตราไวโอเล็ต โดยเฉพาะส่วนหลังนี้เป็นเครื่องปฏิกรณ์แบบวงแหวน คือมีท่อ
ควอทซ์กั้นระหว่างน้ำกับหลอดแสงอุลตราไวโอเล็ต ทิศทางการไหลของน้ำจะขนานกับ
หลอด น้ำที่ผ่านระบบแสงอุลตราไวโอเล็ตดังกล่าวมาแล้วนี้จะสะอาด ปราศจากเชื้อ
จุลินทรีย์เหมาะสำหรับการบริโภคได้อย่างปลอดภัย แต่ระบบการควบคุมอัตราการ
ไหลของน้ำยังไม่สามารถควบคุมได้อย่างสม่ำเสมอ และยังไม่มีการพัฒนาความปลอดภัย
เนื่องจากไฟฟ้าช็อตหรืออื่น ๆ (อรรถกร คำธิตา. 2529 : 14)



ภาพประกอบ 15 เครื่องทำน้ำสะอาดสำหรับดื่มด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ต

ปริมาณ dosage ของแสงอุลตราไวโอเล็ตที่ให้กับน้ำ ในขณะที่ปริมาณการใช้สารเคมีต่าง ๆ (Chemical Dosage) จัดหรือแสดงได้ด้วยน้ำหนัก เช่น ต้องใช้สารส้ม 50 มิลลิลิตร/ลิตร หรือ 230 กิโลกรัม/วัน เป็นต้น ปริมาณการใช้แสงอุลตราไวโอเล็ต (UV dosage) จะวัดได้ด้วยหน่วยไมโครวัตต์ - วินาที/ตารางเซนติเมตร ซึ่งเกิดจากผลคูณของความเข้มของแสงใน 1 หน่วยพื้นที่ (หน่วยไมโครวัตต์/ต่อตารางเซนติเมตร) กับเวลาสัมผัสระหว่างแสงและน้ำ (หน่วยวินาที)

เชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ มีความต้านทานต่อแสง UV ได้ไม่เท่ากันดังจะเห็นได้ดังตาราง 9 ความต้องการของแสง UV เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์มีค่าอยู่ในช่วง 3,400 - 8,000 ไมโครวัตต์ - วินาที/ตารางเซนติเมตร อย่างไรก็ตามเพื่อให้มีความแน่ใจในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ด้วยแสง UV จึงควรใช้ปริมาณแสง UV ไม่น้อยกว่า 20,000 ไมโครวัตต์ -

วินาที /ตารางเซนติเมตร กรณีเช่นนี้หลอดแสง UV ควรให้ปริมาณแสงไม่ต่ำกว่า 30,000 ไมโครวัตต์ - วินาที/ตารางเซนติเมตร ที่ 254 nm. ทั้งนี้เพราะมักมีการสูญเสียแสงบางส่วนเกิดขึ้นเสมอ

ตาราง 9 ปริมาณแสงอุลตราไวโอเล็ต (UV dosage) ที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโรคชนิดต่าง ๆ

ชนิดจุลินทรีย์	สาเหตุของโรค	Ultrads (ไมโครวัตต์ - วินาที/ ตารางเซนติเมตร)
Salmonella Typhosa	ไทฟอยด์	4,100
Salmonella Paratyphi	โรคฉี่หนู	6,100
Shigella Disenterica	โรคบิด	4,200
Shigella Flexneri	โรคบิด	3,400
Vibro Comma	อหิวาตกโรค	6,500
Leptospira spp	โรคฉี่หนู	6,000
Poliovirus	โรคเส้นสันหลังอักเสบ	6,000
Unidentified	โรคตับอักเสบ	8,000

ที่มา : (มันลิน ตันจุลเวศม์. 2538 : 216)

คุณสมบัติของเครื่องปฏิกรณ์แสงอุลตราไวโอเล็ตที่ใช้ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำ

เครื่องปฏิกรณ์แสงอุลตราไวโอเล็ตที่ใช้ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำควรมีลักษณะดังนี้

1. แสง UV ควรมีความยาวคลื่น 254 nm และมีปริมาณไม่น้อยกว่า 16,000 ไมโครวัตต์ - วินาที/ตารางเซนติเมตร ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ภายในเครื่องปฏิกรณ์ฆ่าเชื้อ
2. ตัวหลอดแสง UV ควรสร้างขึ้นจากควอตซ์หรือแก้วที่มีซิลิกาสูง ทั้งนี้เพื่อให้มีการดูดกลืนแสง UV เกิดขึ้นน้อยที่สุด
3. ก่อนใช้ปฏิกรณ์แสง UV ต้องอุ่นเครื่องประมาณ 2 นาที ดังนั้นจึงต้องมีอุปกรณ์หน่วงเวลาไม่ให้น้ำไหลเข้าเครื่องระหว่างอุ่นเครื่อง ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้ผลิสน้ำที่ยังไม่ได้ฆ่าเชื้อผ่านออกไป

4. ต้องมีอุปกรณ์ทำความสะอาดผิวนอก (ด้านที่สัมผัสกับน้ำ) ของหลอดแสง UV อย่างสม่ำเสมอ เพื่อป้องกันไม่ให้สิ่งสกปรกมาเคลือบหลอดแสง UV จนทำให้การฆ่าเชื้อไม่เกิดผล

5. ต้องมีอุปกรณ์ควบคุมอัตราการไหลของน้ำที่ผ่านเข้าเครื่องปฏิกรณ์ไม่ให้สูงกว่าอัตราที่เหมาะสมเพื่อจะมีเวลาสัมผัสแสงอย่างเพียงพอ

6. ในกรณีที่มิเหตุขัดข้องจนทำให้เครื่องปฏิกรณ์ไม่ทำงานต้องมีวาล์วอัตโนมัติสำหรับควบคุมไม่ให้น้ำที่ยังไม่ได้ฆ่าเชื้อไหลไปเข้าระบบน้ำดื่ม

7. ควรมีระบบสัญญาณเตือนให้รู้ถึงความผิดปกติของเครื่องปฏิกรณ์ฆ่าเชื้อ

8. วัสดุที่ใช้สร้างเครื่องปฏิกรณ์แสง UV ต้องไม่ทำให้น้ำเป็นพิษทั้งทางตรงและทางอ้อม

9. เครื่องปฏิกรณ์แสง UV ต้องไม่ทำให้ผู้ใช้ได้รับอันตรายเนื่องมาจากการสัมผัสแสง UV ที่มากเกินไปหรือเนื่องจากไฟฟ้าช็อตหรืออื่น ๆ

(มันสิน ตันกุลเวศม์. 2538 : 217)

ขีดจำกัดของข้อดีของการใช้แสงอุลตราไวโอเล็ตในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์สำหรับน้ำบริโภค

แสง UV ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำได้ก็ต่อเมื่อแสงสัมผัสกับจุลินทรีย์ ดังนั้นน้ำจะต้องปราศจากความขุ่น สิ่งสกปรกมักจะเกาะจับอยู่บนหลอดแสง UV จนทำให้แสง UV ไม่สามารถส่องผ่านได้ตลอดความลึก สาเหตุอย่างหนึ่งที่ทำให้การฆ่าเชื้อด้วยแสง UV ไม่ได้ความนิยมในอดีต ก็คือการจำแนกไม่ได้ถึงสาเหตุของความล้มเหลวของแสง UV ว่าเกิดขึ้นจากหลอดเสียหรือมีความสกปรกมากกั้นการส่องผ่านของแสง แต่ในปัจจุบันนี้สามารถวัดระดับความเข้มของแสงได้ ตลอดจนมีการสร้างระบบทำความสะอาดหลอดและเครื่องปฏิกรณ์ทำให้ทราบถึงสาเหตุความผิดปกติของแสง UV จนสามารถแก้ไขจุดบกพร่องเหล่านั้นได้ง่ายขึ้น

แสง UV มีข้อดีเหนือกว่าคลอรีนและสารเคมีชนิดอื่นคือไม่ทำให้น้ำเกิดสี กลิ่น รส และไม่สร้างสารตกค้างในน้ำซึ่งอาจเป็นพิษต่อผู้บริโภคได้

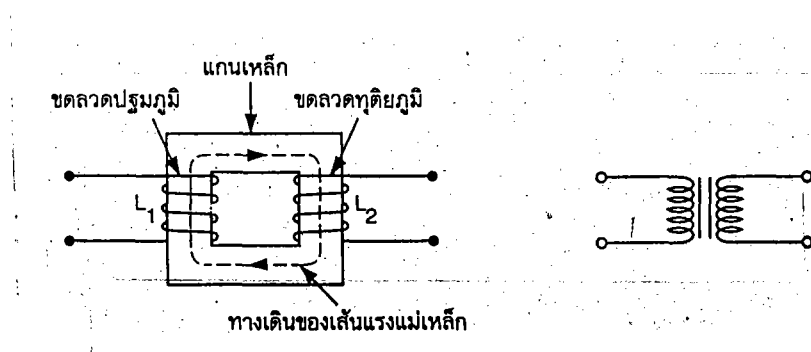
กลไกของรังสีต่อจุลินทรีย์ กลไกการเข้าทำลายจุลินทรีย์ของรังสีแบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือ

1. ทฤษฎีเป้าหมาย (Target Theory) รังสีจะเข้าทำลายส่วนของกรดนิวคลีอิกภายในเซลล์โดยตรงทำให้เกิดการตายและผ่าเหล่าได้ รังสีนี้ได้แก่ แสงอัลตราไวโอเล็ต
2. ทฤษฎีอ้อม (Indirect Theory) การทำลายเซลล์เกิดขึ้นโดยอ้อม เนื่องจาก รังสีนี้จะทำให้น้ำในเซลล์แตกตัวเป็น H^+ และ OH^- เพื่อรบกวนการทำงานของเอนไซม์จนทำให้ขบวนการเมตาบอลิซึมและสารพันธุกรรมเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม จนกระทั่งเซลล์ตาย รังสีพวกนี้ได้แก่ รังสีเอกซ์ และรังสีแกมมา

5. อุปกรณ์หน่วยเวลา

อุปกรณ์หน่วยเวลาที่ออกแบบในงานวิจัยนี้จะประกอบด้วยส่วนสำคัญคือ หม้อแปลง (transformers) ไดโอดในวงจรเรกติไฟเออร์ และ รีเลย์ (relays)

1 หม้อแปลง คือ เครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับหนึ่งไปยังอีกวงจรไฟฟ้าหนึ่งได้ โดยมีความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับคงเดิม หม้อแปลงเป็นอุปกรณ์ที่อาศัยหลักการเช่นเดียวกันกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า คือการใช้เส้นแรงแม่เหล็กตัดกับขดลวด ซึ่งโครงสร้างพื้นฐานของหม้อแปลงจะประกอบด้วยขดลวด 2 ชุด คือ ขดลวดปฐมภูมิ (Primary Winding) และขดลวดทุติยภูมิ (Secondary Winding) พันอยู่กับแกนเหล็ก (Iron Core) ดังภาพประกอบ 16



(ก) โครงสร้างของหม้อแปลง

(ข) สัญลักษณ์ของหม้อแปลง

ภาพประกอบ 16 แสดงส่วนประกอบโครงสร้างและสัญลักษณ์ของหม้อแปลง

(ภูสิทธิ์ บวรวัฒนดิลก. 2538 : 119)

การทำงานของหม้อแปลง เมื่อต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับเข้าที่ขดลวดปฐมภูมิ กระแสไฟฟ้าสลับที่ไหลเข้าไปในขดลวดนี้จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเริ่มขยายตัวออกจากขดลวดปฐมภูมิ โดยแพร่กระจายไปรอบ ๆ และเมื่อสนามแม่เหล็กไฟฟ้าแพร่ไปกระทบกัน แกนเหล็กที่ใช้พันขดลวดซึ่งจะทำให้มีเส้นแรงแม่เหล็กเคลื่อนที่ไปตามแกนเหล็ก เมื่อเส้นแรงแม่เหล็กเคลื่อนที่มาถึงขดลวดทุติยภูมิที่พันอยู่บนแกนเหล็กเดียวกัน เส้นแรงแม่เหล็กนี้จะตัดกับขดลวดทุติยภูมิ ซึ่งมีผลทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำออกมาที่ปลายของขดลวดทุติยภูมิได้

ดังนั้นการใช้หม้อแปลงจะต้องใช้กับแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับเท่านั้น แต่ถ้าเราใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสตรงต่อเข้ากับหม้อแปลง ซึ่งจะทำให้มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นทางขดลวดทุติยภูมิในขณะที่มีการเปิด - ปิดสวิตช์เท่านั้น เพราะการเปิด - ปิดสวิตช์จะมีผลทำให้กระแสไฟฟ้าในขดลวดปฐมภูมิเปลี่ยนแปลง

ประโยชน์ของการใช้หม้อแปลง

1) ใช้ถ่ายทอดพลังงานไฟฟ้าจากวงจรหนึ่งไปยังอีกวงจรหนึ่งได้ โดยที่วงจรทั้งสองไม่มีส่วนต่อเชื่อมถึงกัน ซึ่งการถ่ายทอดพลังงานไฟฟ้าจะเป็นการนำร่วม (Mutual Induction) ระหว่างขดลวดทั้งสอง

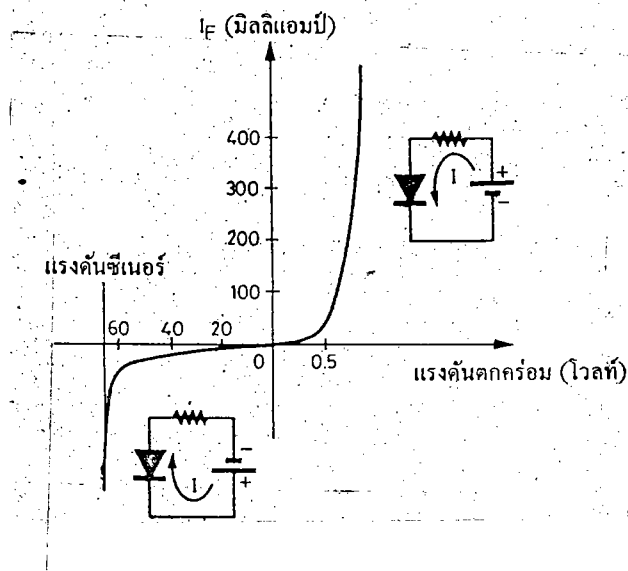
2) ใช้ในการเปลี่ยนค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้เหมาะสมกับงาน เช่น เครื่องเชื่อมไฟฟ้า เครื่องประจุแบตเตอรี่ และขดลวดจุดระเบิดในเครื่องยนต์ เป็นต้น

3) ให้ทำเป็นแมทชิงอิมพีแดนซ์ (Matching Impedance) เพื่อให้ได้กำลังงานจากวงจรหนึ่งไปยังอีกวงจรหนึ่งได้เต็มที่ โดยให้การสูญเสียเกิดขึ้นน้อยที่สุด

(ภูสิทธิ์ บวรรัตนดิลก. 2538 : 119 - 120)

2. ไดโอดในวงจรเรกติไฟเออร์ ไดโอดเป็นอุปกรณ์พื้นฐานอย่างหนึ่งที่

แพร่หลายในหมู่ผู้ออกแบบหรือเกี่ยวข้องกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ไดโอดเป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่สามารถเป็นตัวนำแสงได้ในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง ลักษณะสมบัติทั่วไปของไดโอด แสดงดังภาพประกอบ 17

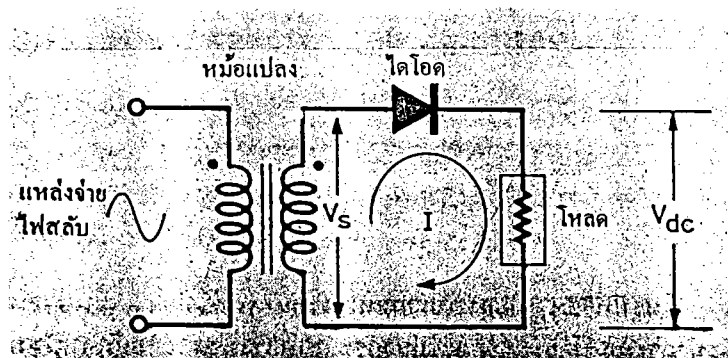


ภาพประกอบ 17 ลักษณะสมบัติของไดโอด (ยื่น ภู่วรรณ. 2538 : 12)

การใช้ไดโอดในวงจรเรกติไฟเออร์ สามารถแบ่งวงจรได้ดังต่อไปนี้

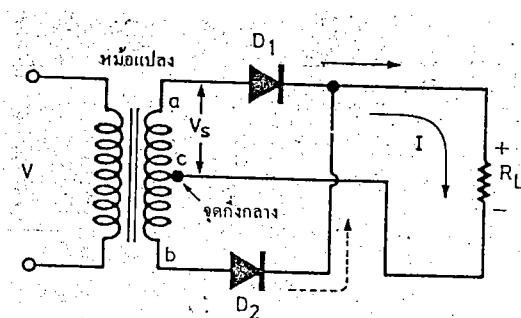
1) วงจรเรกติไฟเออร์แบบครึ่งคลื่น (half wave rectifier) หม้อแปลงทำหน้าที่ลดแรงดันลงมาให้พอเหมาะตามต้องการของผู้ใช้งาน แรงดันทางด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงจะยังคงเป็นแรงดันไฟสลับอยู่ ในกรณีนี้ไดโอดจะนำกระแสได้ ในขณะที่แรงดัน V_s อยู่ทางด้านบวกและจะไม่นำกระแสเมื่อแรงดัน V อยู่ทางด้านลบ กระแสที่ไหลผ่านโหลดจึงเป็นกระแสห้วง ๆ ตามจังหวะของแรงดันไฟสลับ ผลของกระแสที่ไหลผ่านโหลดจึงมีลักษณะไหลในทางเดียว ถือเป็นลักษณะของไฟตรง ดังภาพประกอบ

18

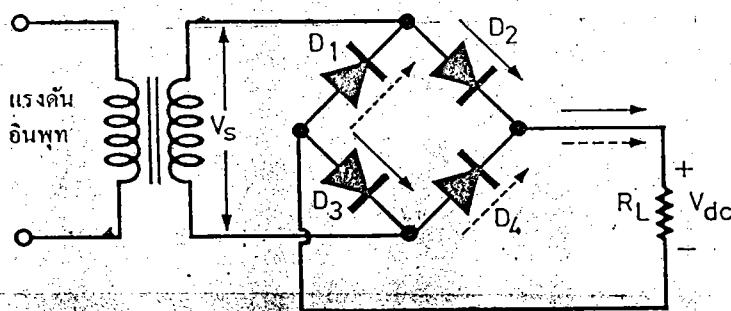


ภาพประกอบ 18 การใช้ไดโอดในวงจรเรกติไฟเออร์ แบบครึ่งคลื่น
(ยื่น ภู่วรรณ. 2538 : 13)

2) วงจรเรกติไฟเออร์แบบเต็มคลื่น (full wave rectifier) ในกรณีของวงจรเรกติไฟเออร์แบบเต็มคลื่น ส่วนของกระแสตรงจะมาจากทั้งครึ่งไซเคิลบวกและครึ่งไซเคิลลบของไฟฟ้ากระแสสลับ วงจรจ่ายไฟตรงแบบนี้มีข้อดีกว่าแบบครึ่งคลื่น ลักษณะของวงจรที่นิยมใช้กันมากมีสองแบบคือ วงจรที่ใช้หม้อแปลงที่มีแท็ปกึ่งกลางและวงจรบริดจ์เรกติไฟเออร์ ดังภาพประกอบ 19 และ 20



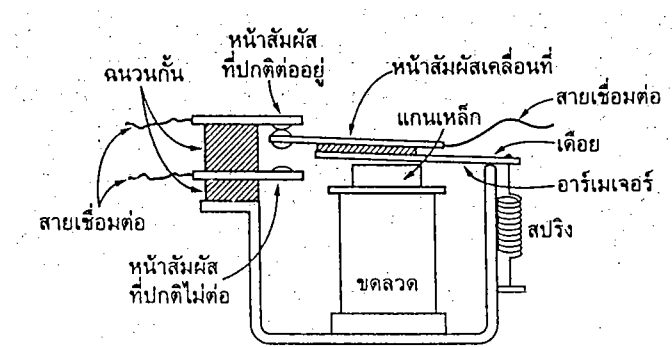
ภาพประกอบ 19 วงจรเรกติไฟเออร์แบบเต็มคลื่น ใช้หม้อแปลงที่มีแท็ปกึ่งกลาง
(ยีน ภูววรรณ. 2538 : 14)



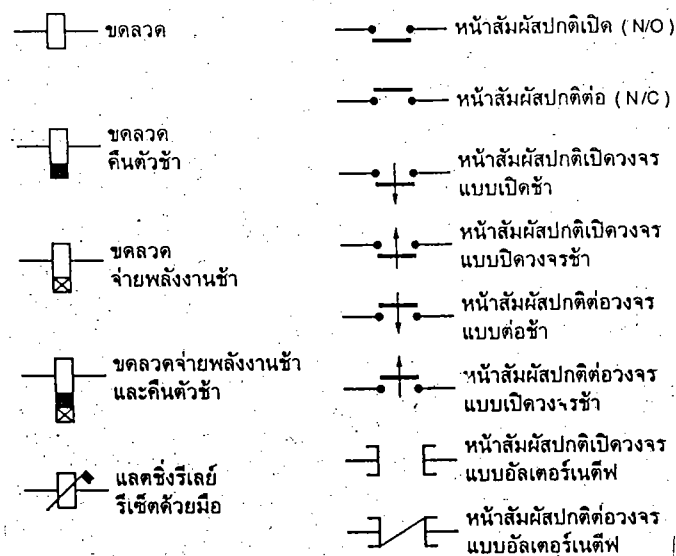
ภาพประกอบ 20 วงจรบริดจ์เรกติไฟเออร์ (ยีน ภูววรรณ. 2538 : 15)

3. รีเลย์ (relays) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้กระแสต่ำ ๆ เพื่อควบคุมสวิตช์ให้ตัดต่อโหลดที่มีกระแสสูง ๆ โครงสร้างส่วนประกอบของรีเลย์ การทำงานของรีเลย์คือ เมื่อมีแรงดันตกคร่อมขดลวดจะทำให้เกิดกระแสไหลผ่านขดลวด ซึ่งจะทำให้หน้าสัมผัสเคลื่อน

ที่ (moving contact) เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าดูดหน้าสัมผัส NO (ปกติเปิดวงจร : normally open) ให้ต่อวงจร และเมื่อปลดแรงดันออก สนามแม่เหล็กก็จะหมดลง หน้าสัมผัสเคลื่อนที่ก็จะติดกลับมาต่อยังหน้าสัมผัส NC (ปกติต่อวงจร : normally close) สัญลักษณ์ทางไฟฟ้าของรีเลย์มีหลายแบบ ดังภาพประกอบ 21 และ 22



ภาพประกอบ 21 โครงสร้างของรีเลย์ (ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. 2538 : 148)



ภาพประกอบ 22 สัญลักษณ์ของรีเลย์ในแบบต่าง ๆ (ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. 2538 : 149)

เรเลย์เป็นอุปกรณ์ที่มีความเร็วในการทำงานต่ำ ดังนั้นในรีเลย์ชนิดแรงดันต่ำ จะใช้เวลาในการทำงานราว 15 - 30 มิลลิวินาที และใช้เวลามากกว่า 100 มิลลิวินาที สำหรับรีเลย์ขนาดใหญ่ที่ใช้ในวงจรมอเตอร์

6. การประเมินประสิทธิภาพของอุปกรณ์หน่วยเวลา

การประเมินประสิทธิภาพของอุปกรณ์หน่วยเวลา คือ การพิจารณาประเมินด้านการใช้งานของอุปกรณ์หน่วยเวลา ซึ่งจะประกอบด้วย

1. ความแม่นยำ (repeat accuracy) คือการตั้งเวลาในแต่ละครั้งจะมีการคลาดเคลื่อนในด้านเวลาสูงสุดไม่มากกว่าหรือน้อยกว่าร้อยละ 0.3 ($\pm 0.3 \% \text{ at mase}$)
2. การตั้งเวลา (reset time) คือการตั้งเวลาได้อย่างต่ำ 0.1 วินาที เป็นต้นไป
3. รอบการทำงานสูงสุด (mase. operating cycle) คือรอบการทำงานสูงสุดไม่เกิน 8,000 รอบต่อชั่วโมง
4. อุณหภูมิ (temperature) คืออุณหภูมิที่อุปกรณ์หน่วยเวลาสามารถทำงานได้อย่างปกติให้อยู่ในช่วง -10° C ถึง $+55^{\circ} \text{ C}$
5. อายุการใช้งาน (life mechanical) คืออายุการใช้งานของอุปกรณ์หน่วยเวลาจะต้องมากกว่า 20 ล้านครั้งขึ้นไป
6. ฉนวนความต้านทาน (insulation resistance) คือความต้านทานจะต้องมีตั้งแต่ $100 \text{ m}\Omega$ ที่ 500 V DC ของเครื่องวัดความต้านทาน
7. การสั่นสะเทือน (vibration) คือการสั่นสะเทือน แบ่งได้เป็น 2 อย่างคือ
 - 7.1 แรงสั่นที่เกิดจากเครื่องกรองน้ำ มีผลกระทบต่ออุปกรณ์หน่วยเวลาให้อยู่ในช่วง 10 ถึง 55 HZ ที่ช่วงกว้างของคลื่น (double amplitude) 0.75 มิลลิเมตร
 - 7.2 แรงสั่นที่เกิดจากอุปกรณ์หน่วยเวลาอยู่ในช่วง 10 ถึง 55 HZ ที่ช่วงกว้างของคลื่น (double amplitude) 0.5 มิลลิเมตร

7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Severin และคณะ (1984) ได้พัฒนารูปแบบจำลองการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ตในหลายเป้าหมาย ได้แก่ จลนศาสตร์การฆ่าเชื้อแบบอนุกรม และยังทำนายว่าการไหลแบบปลั๊ก (plug flow) มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อได้ดีที่สุด นอกจากนี้ในการทดลองยังพบว่า การผสมในแนวนั้นจะให้ผลดีกว่าการผสมในทิศทางตามยาวหรือทิศทางขนานกับหลอดแสงอุลตราไวโอเล็ต

Sewerin และ Suidan (1985) ทำการทดลองและศึกษาถึงจลนศาสตร์การตายของเชื้อจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ เช่น E.coli, parapsilosis ภายใต้แสงอุลตราไวโอเล็ต พร้อมทั้งได้ชี้ให้เห็นถึงการประยุกต์โดยใช้ข้อมูลจากการทดลองแบบกะ (batch experiment data) เพื่อการออกแบบระบบต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังได้นิยามอีกว่าสามารถออกแบบระบบสำหรับฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ต่างชนิดกัน โดยการปรับค่าความเข้มแสงอุลตราไวโอเล็ตหรือปรับค่าเวลาที่จุลินทรีย์สัมผัสกับแสง (contact time)

Sobotka และ Krzysztofise (1984) ได้ทดลองใช้แสง UV ร่วมกับการใช้คลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในสระว่ายน้ำปรากฏว่าได้ผลดีคือ สามารถลดกากคลอรีน (chlorine residue) ในสระว่ายน้ำจาก 0.4 มิลลิกรัม/ลิตร ลงเหลือ 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร

Borup และ Adams (1985) ได้ทำการทดลองใช้ระบบแสง UV กับขบวนการตกตะกอนร่วมกันในการกำจัดน้ำเสีย ซึ่งเรียกว่า UV process ปรากฏว่าได้ผลดีกว่าการใช้ขบวนการตกตะกอนเพียงอย่างเดียวกล่าวคือ สามารถลดสารแขวนลอย (suspended solid) ได้ถึงร้อยละ 30 - 54 นอกจากนี้แสง UV ยังทำลายเซลล์สาหร่ายให้ลดลงได้ถึงร้อยละ 99.984

อรรถกร คำชิตา (2529) ทำการศึกษาจลนศาสตร์ (kinetics) ของการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ต จากการทดลองในระบบเครื่องปฏิกรณ์แสงแบบฟิล์มบาง พบว่าสัดส่วนการรอดชีวิตของจุลินทรีย์ไม่ขึ้นอยู่กับปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้น และจากการทดลองเครื่องปฏิกรณ์แสงแบบทรงกระบอกวงแหวน พบว่านอกจากสัดส่วนการรอดชีวิตจะขึ้นอยู่กับเวลาของการสัมผัสแสงแล้ว ยังขึ้นอยู่กับปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นเมื่อเพิ่มแสงขึ้นค่าสัดส่วนการรอดชีวิตจะลดลง

เกรียงศักดิ์ เลิศสุพัฒน์ (2536) ศึกษาผลการกระจายเวลาต่อจลนศาสตร์การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ต ในการทดลองในระบบเครื่องปฏิกรณ์แสง

แบบฟิล์มบาง พบว่า ปฏิกริยาการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์สามารถประมาณได้ด้วยจลนศาสตร์การตายแบบกำลังสองผสม โดยแปรผันตรงกับความเข้มแสงและปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่รอดชีวิต ส่วนการทดลองโดยใช้เครื่องปฏิกรณ์แสงแบบทรงกระบอกวงแหวน โดยใช้ค่าคงที่ของปฏิกริยา (k) จากจลนศาสตร์ในระบบเครื่องปฏิกรณ์แสงแบบฟิล์มบางมาแทนในแบบจำลองการไหล จากการทดลองหาค่ากระจายเวลานำมาประกอบกับจลนศาสตร์การตายแบบกำลังสองผสม พบว่า ค่าสัดส่วนการรอดชีวิตที่ได้จากการคำนวณมีค่าต่ำกว่าที่ได้จากการทดลอง

จิราพร สมนาวรรณ (2530) ศึกษาการใช้รังสีอัลตราไวโอเล็ตฆ่าเชื้อโรคในน้ำดื่มโดยการวิเคราะห์หาปริมาณ Faecal coliform ด้วยวิธี MPN ในน้ำตัวอย่างที่เก็บจากบ่อน้ำตื้นในจังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคจะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาที่น้ำสัมผัสกับแสงมากขึ้น โดยมีประสิทธิภาพสูงสุด ร้อยละ 99.17 ที่เวลาสัมผัสแสง 60 นาที ซึ่งก็คือที่ $UV\ dose = 1.642 \times 10^7$ ไมโครวัตต์วินาที/ตารางเซนติเมตร และน้ำที่ผลิตได้มีคุณภาพต่ำกว่ามาตรฐานน้ำดื่มของกระทรวงสาธารณสุข ดังนั้นจึงไม่ปลอดภัยที่จะนำมาบริโภค

สุพจน์ ดิยาภรณ์ (2527) ศึกษาเครื่องกรองน้ำแบบสำเร็จภาคเหนือ พบว่า เครื่องกรองน้ำแบบสำเร็จที่มีจำหน่ายอย่างแพร่หลายในภาคเหนือมักประสบปัญหาการเสื่อมคุณภาพของเครื่องกรองเร็วกว่าที่ควรจะเป็น แต่ถ้าให้น้ำผ่านระบบสัมผัสอากาศ (aeration) ก่อนจะทำให้เครื่องกรองมีอายุการใช้งานนานขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากน้ำในเขตภาคเหนือจะมีปริมาณเหล็กปนเปื้อนอยู่สูง โดยเฉลี่ยมากกว่า 20 mg

กองอนามัยสิ่งแวดล้อม (2528) สำรวจคุณภาพน้ำประปาใน 9 จังหวัดภาคเหนือ จำนวน 56 ตัวอย่าง จากการประปา 20 แห่ง ในช่วงปี พ.ศ. 2525 - 2527 พบว่า คุณภาพน้ำประปาที่เข้าเกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่มในแต่ละด้านเป็นดังนี้

1. คุณภาพด้านกายภาพ เข้าเกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่ม 10 ตัวอย่าง (ร้อยละ 5.6)
2. คุณภาพด้านเคมี เข้าเกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่ม 6 ตัวอย่าง (ร้อยละ 3.4)
3. คุณภาพด้านจุลชีววิทยา เข้าเกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่ม 3 ตัวอย่าง (ร้อยละ 1.7)

จำรูญ ยาสมุทร และคณะ (2530) ศึกษาคุณภาพน้ำบ่อทางด้านเบคทีเรียในจังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ตัวอย่างน้ำบ่อที่เข้าเกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่มของ กระทรวงสาธารณสุข มีเพียง 9 ตัวอย่าง (ร้อยละ 6.8) ใน 123 ตัวอย่างที่ไม่เข้าเกณฑ์มาตรฐาน

ตรวจพบ (Faecal coliform) ถึง 100 ตัวอย่าง (ร้อยละ 75.7) นอกจากนั้นยังพบเชื้อ Salmonella group B 1 ตัวอย่าง (ร้อยละ 0.8) เฉพาะในเขตอำเภอเมือง จากจำนวนน้ำ ตัวอย่าง 14 ตัวอย่าง พบว่า มี Total Coliform $> 2/100$ ml. จำนวน 13 ตัวอย่าง (ร้อยละ 92.9) และพบ E.coli $> 1/100$ ml จำนวน 10 ตัวอย่าง (ร้อยละ 71.4)

จุริย์ บริสุทธารักษ์ และคณะ. (2531) สำรวจน้ำบริโภคจากโรงเรียนในจังหวัด เชียงใหม่ โดยสุ่มตัวอย่างน้ำบริโภค ซึ่งส่วนใหญ่เป็นน้ำบาดาลและน้ำประปา จำนวน 96 ตัวอย่าง ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ - พฤศจิกายน 2529 ทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ พบว่า เข้าเกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่มตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุขเพียง 20 ตัวอย่าง (ร้อยละ 20.8) สาเหตุที่ทำให้ไม่เข้ามาตรฐานที่สำคัญได้แก่ การตรวจพบ Coliform, E. coli, และความกระด้างเกินมาตรฐานที่กำหนด

ญาติี วรรณสถิตย์ และคณะ (2532) ศึกษาโครงการยกระดับการผลิตน้ำ บริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ปรากฏว่าผลการตรวจสอบสถานที่ผลิตจำนวน 95 ราย ก่อนการแนะนำให้ความรู้ตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่ดีในการผลิต (GMP) แล้วมีสถาน ผลิตฯ ที่อยู่ในระดับ A, B, C และ D คิดเป็น ร้อยละ 6.31, 16.85 41.05 และ 35.79 ตามลำดับ และผลการตรวจสอบสถานผลิต ในกลุ่มเดียวกันหลังการแนะนำความรู้ตาม หลัก GMP แล้วปรากฏว่ามีสถานผลิต ในระดับ A, B, C และ D คิดเป็นร้อยละ 11.51, 17.95, 46.15 และ 24.36 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบคะแนนรวมเฉลี่ยของสถานผลิต ที่ได้ตรวจสอบหลังการแนะนำทางวิชาการสูงขึ้นกว่าก่อนแนะนำอย่างมีนัยสำคัญ(t - test) ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ซึ่งสรุปได้ว่า ภายหลังการแนะนำตามหลัก GMP แล้ว สถานผลิต ได้มีการปรับปรุงการผลิตโดยใช้แนวทาง GMP มากขึ้น

ประทุม ชูรัตน์ และคณะ (2534) ศึกษาคุณภาพน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ ปิดสนิทในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน 10 จังหวัด ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ 2532 - มกราคม 2533 จำนวน 52 ตัวอย่าง พบว่า น้ำตัวอย่างไม่เข้ามาตรฐาน ร้อยละ 19.2 ปัญหาที่พบได้แก่ ปริมาณ Coliform, Nitrate, และความกระด้างเกินมาตรฐานที่ กำหนด

นฤมล เหลืองดำรงกิจ และคณะ (2534) ศึกษาคุณภาพน้ำบริโภคในภาชนะ บรรจุที่ปิดสนิทด้านจุลินทรีย์ ใน 14 จังหวัดภาคใต้ ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ - กรกฎาคม 2533 จำนวน 92 ตัวอย่าง พบว่า ไม่ได้มาตรฐาน 21 ตัวอย่าง (ร้อยละ 22.8) เชื้อที่พบ

ได้แก่ Coliform (ร้อยละ 22.8) E.coli (ร้อยละ 1.1) S.aureus (ร้อยละ 1.1) และ C. perfringens (ร้อยละ 1.1)

จุริย์ บริสุทธนารักษ์ และคณะ (2535) ศึกษาคุณภาพน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทเขตภาคเหนือ ในช่วงเดือนสิงหาคม 2534 - มีนาคม 2535 จำนวน 408 ตัวอย่าง พบว่า ไม่เข้ามาตรฐาน จำนวน 83 ตัวอย่าง (ร้อยละ 20.3) และมีปริมาตรสุทธิไม่ตรงตามที่ระบุในฉลาก จำนวน 107 ตัวอย่าง (ร้อยละ 41.0)

ทวีเกียรติ เลหาะวลีสันต์ และคณะ (2536) ศึกษาปัจจัยที่มีต่อคุณภาพน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทในจังหวัดสงขลา ช่วงเดือนสิงหาคม 2535 โดยการตรวจสอบสถานที่ผลิตน้ำบริโภคฯ จำนวน 40 แห่ง พบว่า ค่าคะแนนการตรวจสอบสถานที่ผลิตตามแบบของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ไม่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพและมาตรฐานของน้ำที่ได้จากการตรวจวิเคราะห์ ส่วนการปฏิบัติงานตามคำบรรยายงาน (job description) ของพนักงานเจ้าหน้าที่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพของน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คุณฉวี สุทธิปริยาศรี (2537) ศึกษาคุณภาพน้ำดื่มในเขตกรุงเทพมหานคร โดยเก็บตัวอย่างจากน้ำประปา 100 ตัวอย่าง น้ำดื่มบรรจุขวด 159 ตัวอย่าง ในช่วงเดือนพฤษภาคม 2536 พบว่า คุณภาพน้ำดื่มด้านฟิสิกส์และเคมีทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุข ยกเว้นความขุ่น พบน้ำประปา 13 ตัวอย่าง และน้ำดื่มบรรจุขวด 3 ตัวอย่าง ที่มีค่าเกินมาตรฐาน ส่วนคุณภาพน้ำดื่มด้านแบคทีเรีย พบว่า

1. น้ำประปาร้อยละ 98 และน้ำดื่มบรรจุขวดร้อยละ 100 มีเชื้อ E.coli อยู่ในมาตรฐาน
2. น้ำประปาร้อยละ 89 และน้ำดื่มบรรจุขวดร้อยละ 91 มี total coliform อยู่ในมาตรฐาน
3. ทั้งน้ำประปาและน้ำดื่มบรรจุขวด ไม่พบแบคทีเรียที่ก่อโรคอุจจาระร่วง (salmonella, shigella, V. cholerae)
4. น้ำดื่มบรรจุขวดตรวจพบเชื้อได้หลายชนิด และมีปริมาณเชื้อมากกว่าน้ำประปาโดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำดื่มบรรจุขวด ที่ได้จากสถานผลิตที่ไม่เข้าข่ายโรงงาน ซึ่งมีมากถึง 145 จาก 155 ตัวอย่าง และพบว่า น้ำดื่มบรรจุขวดที่มีฉลากและเครื่องหมาย

“อย” กำกับมีเพียง 131 ตัวอย่างและจากการตรวจสอบมีเพียง 36 ตัวอย่างที่พบว่าเป็นทะเบียนจริง

มานิต พันธาสุ และนิทรา เนื่องจาง (2537) ศึกษาจำนวนจุลินทรีย์ที่พบในภาชนะบรรจุน้ำดื่มซึ่งนำกลับมาใช้ซ้ำ และผลการใช้สารละลายฟงปุนคลอรีนช่วยในการทำมาสะอาด โดยใช้ถึง PE 20 ลิตร ของสถานที่ผลิตแห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลก พบว่า ถึงที่ไม่ผ่านการทำความสะอาดจะมีค่า MPN Coliform > 480 (ร้อยละ 40 ของจำนวนทั้งหมด) ส่วนถึงที่ไม่ผ่านการทำความสะอาดจะมีค่า MPN Coliform ตั้งแต่ 4.4 ถึง มากกว่า 480 แต่ถ้าใช้สารละลายของฟงปุนคลอรีน ขนาดความเข้มข้น 70 ppm มาช่วยเสริมในการทำมาสะอาดจะสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนภายในถึงได้อย่างน่าพอใจ

ศุภวรรณ จิงจิตต์รัตน์ และคณะ (2539) ได้ดำเนินการศึกษาคุณภาพน้ำอุปโภค - บริโภค ได้แก่ น้ำบ่อตื้น น้ำบาดาล น้ำประปาหมู่บ้าน น้ำฝน เป็นต้น ในเขตจังหวัดเชียงรายและพะเยา จำนวน 239 ตัวอย่าง ซึ่งเก็บตรวจวิเคราะห์ในระหว่างเดือนมกราคม 2537 ถึง พฤษภาคม 2538 พบว่า มีตัวอย่างผิดมาตรฐาน จำนวน 178 ตัวอย่าง (คิดเป็นร้อยละ 74.5) พบว่า ผิดมาตรฐานด้านแบคทีเรีย ร้อยละ 33.1 ผิดมาตรฐานด้านเคมี - ฟิสิกส์อย่างเดียว ร้อยละ 27 ผิดทั้งด้านแบคทีเรียและเคมี - ฟิสิกส์ ร้อยละ 99.9

นิทรา เนื่องจางค์ และคณะ (2539) ศึกษาวิเคราะห์คุณภาพน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทในเขตภาคเหนือตอนล่างในปีงบประมาณ 2538 วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 61 (พ.ศ. 2524) และฉบับที่ 135 (พ.ศ. 2534) จำนวน 468 ตัวอย่าง พบว่า ไม่ได้มาตรฐาน ร้อยละ 51.9 สามารถจำแนกได้คือ ไม่ได้มาตรฐานทางกายภาพร้อยละ 27.4 ทางเคมี ร้อยละ 17.3 ทางจุลชีววิทยา ร้อยละ 29.3

สมพร ต้นสกุล และคณะ. (2540) ทำการวิจัยตรวจสอบคุณภาพน้ำอุปโภค - บริโภคในหมู่บ้านรอบอ่าวปัตตานี โดยใช้แบคทีเรียเป็นดัชนีบ่งบอก ได้นำตัวอย่างน้ำรวม 72 ตัวอย่างจาก 5 หมู่บ้านรอบอ่าวปัตตานีมาวิเคราะห์โดยวิธี total bacterial plate count และ multiple - tube fermentation technique ในเดือนพฤษภาคม สิงหาคม

พฤศจิกายน (2535) และกุมภาพันธ์ 2536) พบว่า ร้อยละ 22, 50, 67 และ 33 ของตัวอย่างทั้งหมดในเดือนต่าง ๆ ตามลำดับ เกินค่ามาตรฐาน

คุณณี สุทธิปริยาศรี และคณะ (2539) วิจัยในหัวข้อ คุณภาพน้ำดื่มในกรุงเทพฯ ได้เปรียบเทียบคุณภาพน้ำดื่มทั้งทางด้านกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยาและน้ำประปา จำนวน 100 ตัวอย่าง ที่สุ่มเก็บจากสถานที่บ้านเรือนในเขตกรุงเทพฯ และน้ำดื่มบรรจุขวด จำนวน 155 ตัวอย่าง ที่ซื้อจากร้านค้าในเขตพื้นที่ต่าง ๆ ของกรุงเทพฯ พบว่า คุณภาพน้ำดื่มทั้งทางด้านกายภาพ และเคมี มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน แต่สำหรับคุณภาพน้ำดื่มทางด้านแบคทีเรียยังไม่ได้มาตรฐาน โดยน้ำดื่มบรรจุขวดพบปริมาณเชื้อแบคทีเรียมากกว่าน้ำประปา

สรุป การศึกษาทดลองรูปแบบการฆ่าเชื้อโรคในน้ำด้วยแสงอุลตราไวโอเลตในต่างประเทศ ได้มีงานวิจัยที่พบว่า จลนศาสตร์การฆ่าเชื้อโรคแบบปลั๊กมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคในน้ำได้ดีที่สุด และการทดลองใช้แสงอุลตราไวโอเลตร่วมกับคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรคในสระว่ายน้ำสามารถลดทากคลอรีนได้ถึงร้อยละ 50 อีกทั้งการทดลองใช้แสงอุลตราไวโอเลตร่วมกับขบวนการตกตะกอนของการกำจัดน้ำเสีย สามารถลดสารแขวนลอยอยู่ในร้อยละ 30 - 54 จึงเห็นได้ว่าการใช้แสงอุลตราไวโอเลตมีประโยชน์ในการฆ่าเชื้อโรคในน้ำและช่วยลดคลอรีนและสารแขวนลอยได้ดี

การศึกษาวิจัยในประเทศ นักวิจัยได้ทำการศึกษาสัดส่วนการรอดชีวิตของจุลินทรีย์ขึ้นอยู่กับเวลาของการสัมผัสแสงอุลตราไวโอเลต และปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นเมื่อเพิ่มแสงอุลตราไวโอเลต ค่าสัดส่วนของการรอดชีวิตจะลดลงโดยประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคสูงสุดคือ ร้อยละ 99.17 ที่เวลาสัมผัสแสง 60 นาที ซึ่งคือ UV dose เท่ากับ 1.642×10^7 ไมโครวัตต์วินาที/ตารางเซนติเมตร

เมื่อได้ศึกษาจากงานวิจัยคุณภาพน้ำบริโภคในภาชนะปิดสนิทในด้านจุลินทรีย์พบว่า ส่วนใหญ่จะไม่ได้มาตรฐานน้ำบริโภคของกระทรวงอุตสาหกรรม และมีราคาแพง เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำประปา ดังนั้นการบริโภคน้ำประปาจึงเป็นทางเลือกที่เสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่าหลายเท่าตัว แต่น้ำบริโภคที่ได้มาตรฐานต้องสะอาดปราศจากสี กลิ่น คลอรีนและเชื้อจุลินทรีย์ จึงแนะนำที่จะให้ใช้เครื่องกรองน้ำระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเลตเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภคน้ำดื่ม

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาวิจัย ผู้วิจัยได้มีวัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้เพื่อที่ศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อติดตั้งเครื่องกรองน้ำประปาครหลวง สำหรับดื่มภายในครัวเรือน ทั้งชนิดท่อกรองเดี่ยวและท่อกรองคู่ระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ต

1. ขั้นตอนการศึกษาเพื่อออกแบบ
2. การสร้างอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์สำหรับติดตั้งในเครื่องกรองน้ำประปาสำหรับดื่มภายในครัวเรือน ชนิดท่อกรองเดี่ยวและคู่ระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ต
3. ประเมินประสิทธิภาพและความเหมาะสมด้านการใช้งาน
4. วิเคราะห์ข้อมูล
5. นำเสนอวิเคราะห์ข้อมูล

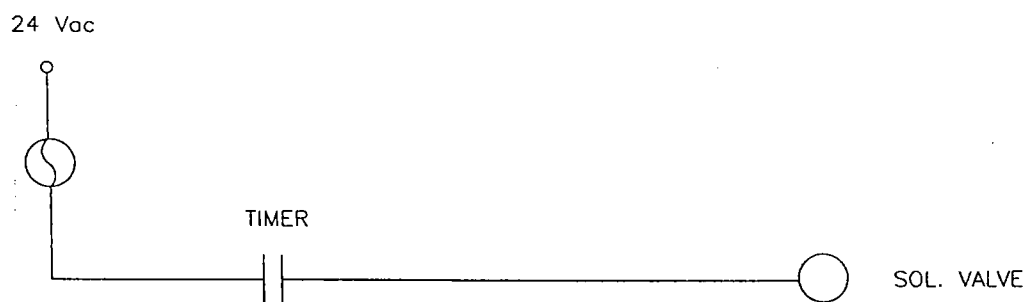
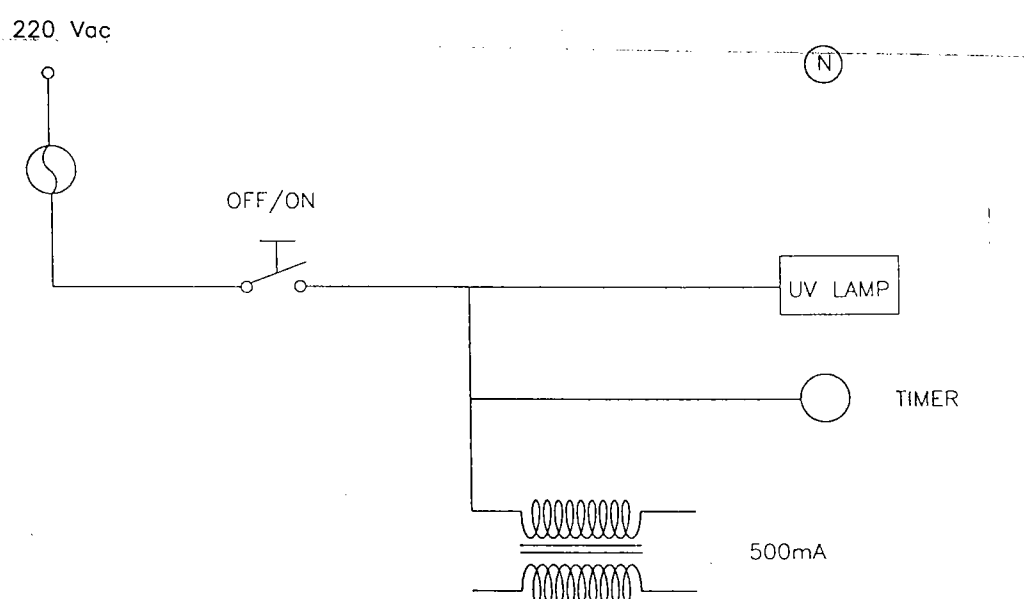
1. ขั้นตอนในการศึกษาเพื่อออกแบบ

- 1.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น
 - 1.1.1 ศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้น
 - 1.1.2 ศึกษารายละเอียดของเครื่องกรองน้ำประปาสำหรับดื่มภายในครัวเรือนชนิดท่อกรองเดี่ยวและคู่ระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ต
 - 1.1.3 ศึกษารายละเอียดของอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์
- 2.2 การออกแบบ
 - 2.2.1 นำสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นข้อมูลเพื่อนำมาออกแบบอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์
 - 2.2.2 นำข้อมูลให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและเสนอแนะเพื่อที่จะนำข้อมูลที่ได้มาใช้ปรับปรุงแก้ไข

2.23 จัดสร้างชิ้นงานที่ได้รับการแก้ไขแล้ว

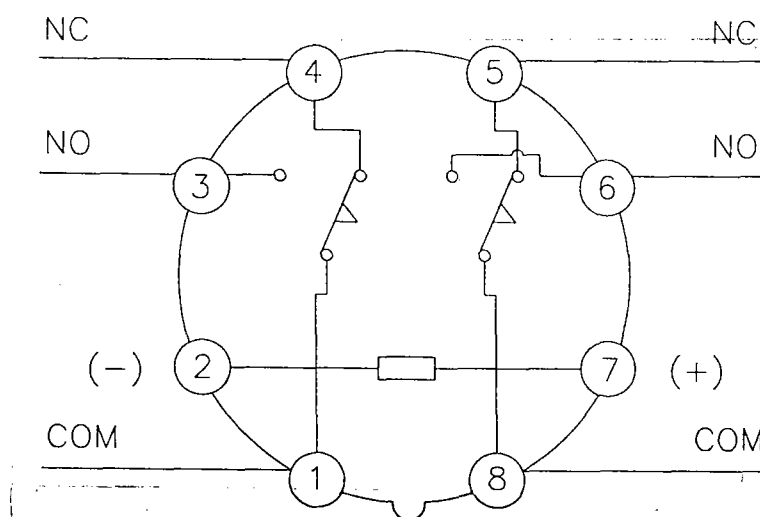
2. การสร้างอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์สำหรับติดตั้งในเครื่องกรองน้ำ ประปาสำหรับดื่มภายในครัวเรือน

การออกแบบอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อติดตั้งในกล่องควบคุม
อิเล็กทรอนิกส์สามารถออกแบบตามวงจร ดังภาพประกอบ 23



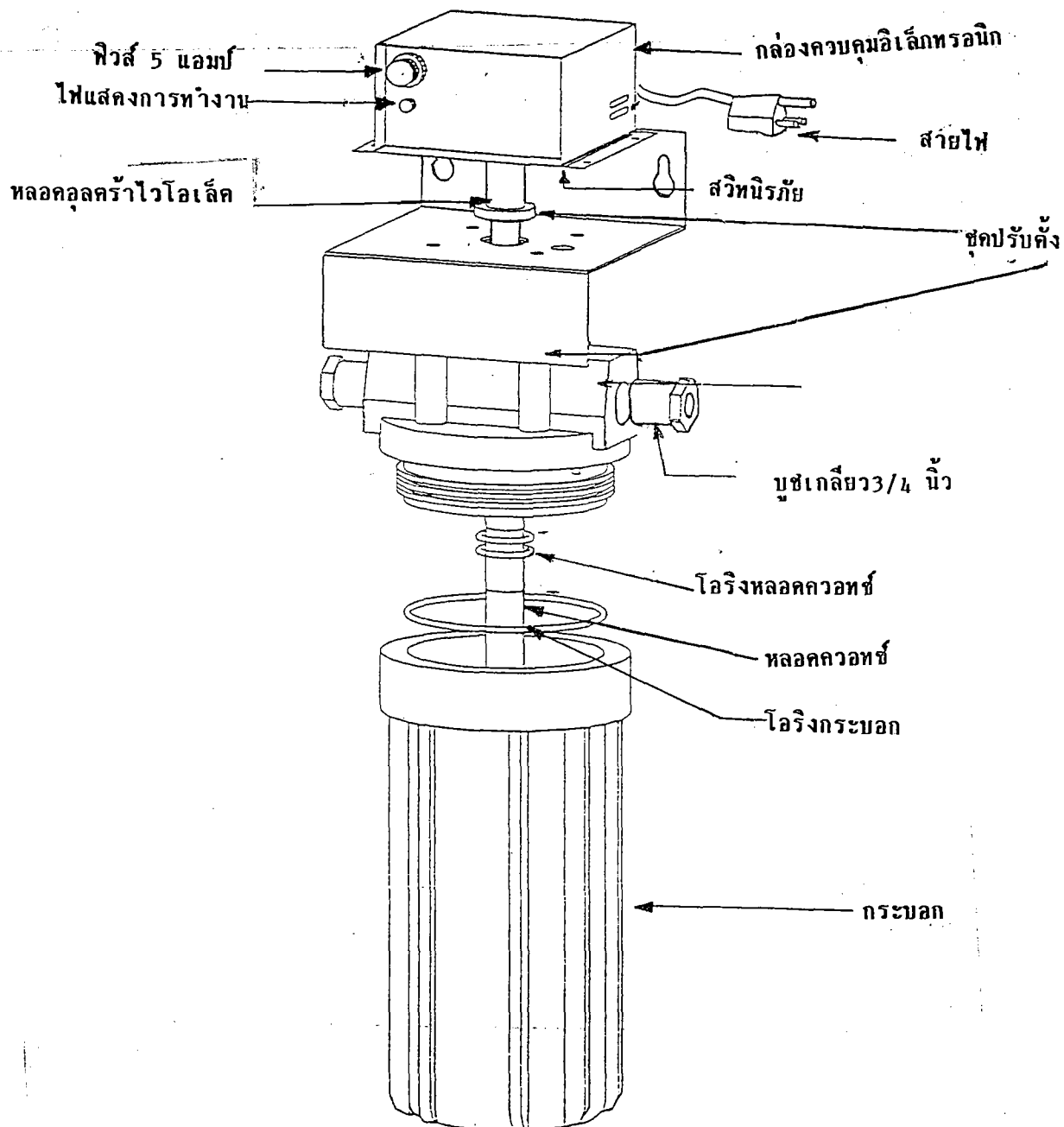
ภาพประกอบ 23 การออกแบบอุปกรณ์หน่วยเวลาในกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์

จากภาพประกอบ 23 สามารถอธิบายได้ดังนี้ กระแสไฟฟ้า 220 โวลต์ ถูกแปลงเป็น 24 โวลต์ เข้าสู่วงจรโดยการเปิดสวิตช์ จากนั้นกระแสไฟฟ้าจะเข้าสู่หลอดแสงอุลตราไวโอเล็ตให้ทำงานและพร้อมกันกระแสไฟฟ้าเข้าหม้อแปลงไฟไปยังชุดหน่วยเวลาให้เริ่มทำงาน โดยจะหน่วงใช้เวลา 2 นาที เมื่อเวลา 2 นาทีผ่านไป ไฟ 24 โวลต์ ที่แปลงไฟมาจากหม้อแปลงจึงผ่านไปยังคัปโซลินอย์วาล์ เพื่อเปิดท่อน้ำเข้าเครื่องกรองน้ำจึงผ่านการกรองและฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ตเต็มประสิทธิภาพได้ ส่วนวงจรของอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์สามารถแสดงเป็นวงจรได้ ดังภาพประกอบ 24



ภาพประกอบ 24 วงจรอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์

เครื่องกรองน้ำประปาสำหรับดื่มภายในครัวเรือนชนิดใต้ กรองเดี่ยวระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ตที่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์มีส่วนประกอบดังรายละเอียด ดังภาพประกอบ 25



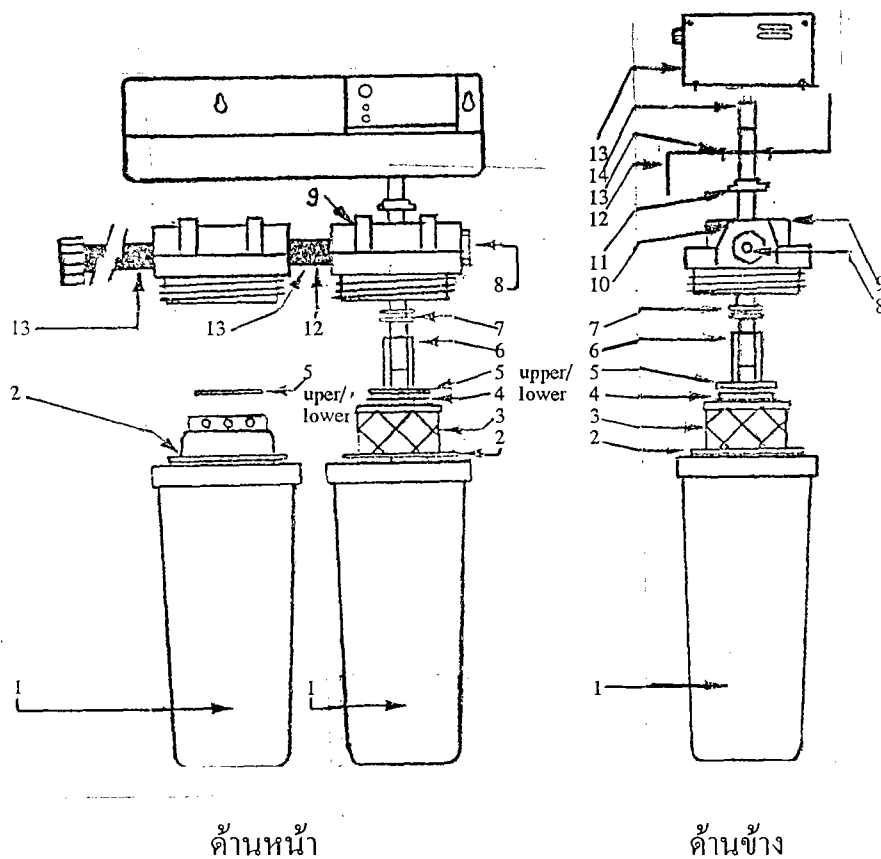
ภาพประกอบ 25 แสดงภาพแยกส่วนของเครื่องกรองน้ำประปาสำหรับดื่มชนิดท่อกรองเดี่ยวระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ตที่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์

จากภาพประกอบ 25 สามารถอธิบายส่วนประกอบต่าง ๆ ได้ดังนี้

1. ฟิวส์ขนาด 5 แอมป์ (fuse holder 5 amp.) ทำหน้าที่ป้องกันอันตรายจากไฟฟ้าลัดวงจร โดยลักษณะการตัดทางเดินของกระแสไฟฟ้าซึ่งเรียกว่าฟิวส์ขาด เพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้แรงงาน
2. กล้องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (electronic control module) ทำหน้าที่ควบคุมวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อหน่วงเวลาในขณะที่หลอดแสงอุลตราไวโอเล็ตมีการอุ่นตัวประมาณ 2 นาที ทั้งนี้เพื่อป้องกันมิให้ผลิตน้ำที่ยังไม่ได้ฆ่าเชื้อโรคผ่านออกไปในขณะที่หลอดแสงอุลตราไวโอเล็ตยังไม่พร้อมที่จะฆ่าเชื้อโรคอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด อีกทั้งกล้องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์มีระบบสัญญาณเตือนเมื่อมีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้นและจะแสดงไฟเขียวเมื่อพร้อมที่จะทำงาน
3. สายไฟ (power cord) ทำหน้าที่นำไฟฟ้า 220 โวลต์ เข้าสู่ตัวเครื่องให้ทำงาน
4. สวิตช์ป้องกัน (safty switch) ทำหน้าที่ตัดระบบการทำงานเมื่ออุปกรณ์ผิดปกติ หรือประกอบไม่แน่นเพื่อความปลอดภัย
5. ชุดตั้งระยะ (spacer) ทำหน้าที่ตั้งจัดระยะของอุปกรณ์ที่มีตำแหน่งใกล้เคียงกันเพื่อความสวยงามและความปลอดภัย วัสดุทำจากยางเพื่อรองกล้องควบคุม
6. ชุดควบคุมการไหลของน้ำ (safty plunger) ทำหน้าที่ควบคุมการไหลของน้ำให้ผ่านการกรองและฆ่าเชื้อด้วยประสิทธิภาพสูง
7. บูชเกลียว 3/4 นิ้ว (bushing 3/4 ") ทำหน้าที่เป็นข้อต่อกับอุปกรณ์ท่อจากชุดกรอง เป็นลักษณะเกลียวท่อนขนาด 3/4 นิ้ว
8. หลอดแก้วควอทซ์ (quartz) ทำหน้าที่ป้องกันมิให้น้ำสัมผัสกับหลอดแสงอุลตราไวโอเล็ต
9. ยางโอริง (O - ring) ทำหน้าที่ป้องกันมิให้น้ำซึมเข้าไปสัมผัสกับหลอดอุลตราไวโอเล็ตและป้องกันมิให้น้ำซึมออกมานอกตัวกระบอกกรอง (sump)
10. ไส้กรองคาร์บอนผงอัด (powder activated carbon) ทำหน้าที่กรองสี กลิ่น รส คลอรีนในน้ำ อีกทั้งไส้กรองดังกล่าวหุ้มด้วยผ้าใยเทปลอนซึ่งมีคุณสมบัติกรองสารแขวนลอย

11. หลอดอุลตราไวโอเลต (U.V. lamp) ทำหน้าที่ฆ่าเชื้อโรคในน้ำดื่ม ขนาดของหลอดมีความยาว 12 นิ้ว ใช้กำลังไฟ 10 วัตต์

เครื่องกรองน้ำประปาสำหรับดื่มภายในครัวเรือน ชนิดไส้กรองทุกระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเลต ที่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ สามารถแยกส่วนประกอบได้ ดังภาพประกอบ 26



ภาพประกอบ 26 แสดงภาพแยกส่วนของเครื่องกรองน้ำประปาสำหรับดื่มชนิดไส้กรองทุกระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเลตที่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์

จากภาพประกอบ 27 สามารถอธิบายส่วนประกอบต่าง ๆ ได้ดังนี้

1. ครอบก้วกรอง (sump) ทำหน้าที่บรรจุไส้กรองและหลอดอุลตราไวโอเลต

2. ยางโอริง (O - ring) ของกระบอกไส้กรอง ทำหน้าที่ป้องกันมิให้น้ำซึมออกมานอกกระบอกบรรจุไส้กรองและหลอดดูดน้ำไวโอลิต
3. ไส้กรอง (filter) จะประกอบด้วย
 - 3.1 ไส้กรองเรซิน (resin filter) ทำหน้าที่เป็นสารแลกเปลี่ยนไอออนในการกำจัดเหล็กและแมงกานีสและไอออนอื่น ๆ ออกจากน้ำได้
 - 3.2 ไส้กรองคาร์บอนผงอัด (powder activated carbon filter) ทำหน้าที่กรองสี กลิ่น และรส รวมถึงคลอรีนในน้ำ ไส้กรองดังกล่าวจะมีใบผ้าเทฟลอน โดยทำหน้าที่กรองสารแขวนลอย
4. เทปเลื่อนกันน้ำซึม (teflon sleeve) ทำหน้าที่เป็นซีลประกอบระหว่างไส้กรองกับตัวกระบอกมิให้น้ำซึมไหลออก
5. ยางรองไส้กรอง (gasket) ทำหน้าที่กันน้ำซึมจากไส้กรองชั้นนอกเข้าไปในท่อที่ผ่านการกรองจากไส้กรอง
6. หลอดแก้วควอทซ์ (quartz) ทำหน้าที่ไม่ให้น้ำไปสัมผัสกับหลอดแสงดูดน้ำไวโอลิต
7. ยางโอริง (O - ring) ของหลอดดูดน้ำไวโอลิตทำหน้าที่มิให้น้ำซึมผ่านขึ้นไปเข้าในหลอดดูดน้ำไวโอลิต
8. บุชลดการไหลของน้ำ (reducer bushings) ทำหน้าที่เปลี่ยนให้อัตราการไหลออกของน้ำให้ลดลง แต่จะเพิ่มแรงดันน้ำให้เพิ่มขึ้น
9. ชูควบคุมทางเดินของน้ำ (machined head) ทำหน้าที่เป็นชุดทางเดินของน้ำ
10. ปุ่มระบายลม (plunger rod) ทำหน้าที่ระบายอากาศออกจากตัวเครื่องกรองน้ำ ซึ่งอากาศจะเข้ามาโดยท่อน้ำประปา
11. ตัวแปรรยะของหลอด UV (spacer bushings) ทำหน้าที่ปรับตั้งระยะของหลอดดูดน้ำไวโอลิต
12. แผ่นป้องกัน (mounting bracket) ทำหน้าที่ป้องกันอันตรายจากการสัมผัสแสงและเพื่อความสวยงาม
13. ตัวยึดแผ่นป้องกัน (mounting screws) ทำหน้าที่ยึดแผ่นป้องกันให้แข็งแรง

14. หลอดแสงอุลตราไวโอเล็ต (UV lamp) ทำหน้าที่ฆ่าเชื้อโรคในน้ำ
ตัวหลอดมีความยาว 12 นิ้ว ใช้กำลังไฟ 10 วัตต์

15. กล้องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ ทำหน้าที่ควบคุมวงจรอิเล็กทรอนิกส์
เพื่อหน่วงเวลาให้มีการอุ่นหลอดอุลตราไวโอเล็ตประมาณ 2 นาที ก่อนที่จะปล่อยให้น้ำ
ผ่าน กล้องควบคุมจะแสดงไฟเขียวเมื่อเครื่องพร้อมที่จะทำงาน

สถานที่และระยะเวลาในการสร้างอุปกรณ์หน่วงเวลา

สถานที่และระยะเวลาในการสร้างอุปกรณ์หน่วงเวลา เพื่อติดตั้งในเครื่องกรอง
น้ำไส้กรองเดี่ยวและตู้ระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ต

1. ผู้วิจัยใช้สถานที่คือ บริษัทเคลแมกซ์เมชีนเอนรี จำกัด 156/46
ซอยพัฒนานันท์ ถนนวิภาวดีรังสิต แขวงสีกัน เขตดอนเมือง กรุงเทพฯ
2. ระยะเวลาที่สร้างผู้วิจัยเตรียมการสร้างใช้เวลา 4 เดือน
เริ่มจากมกราคม - เมษายน พ.ศ. 2542

3. ประเมินประสิทธิภาพและความเหมาะสมด้านการใช้งาน

3.1 การประเมินประสิทธิภาพของเครื่องจะประเมินจากคุณภาพของน้ำโดยการ
ตรวจสอบคุณภาพของน้ำที่ผ่านการกรองจากไส้กรองเดี่ยวที่ติดตั้งและไม่ติดตั้งอุปกรณ์
หน่วงเวลาอิเล็กทรอนิกส์กับไส้กรองคู่ที่ติดตั้งและไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วงเวลาอิเล็กทรอนิกส์
ระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ตกับมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.) โดยเก็บ
ตัวอย่างครั้งละ 2 ตัวอย่างมาตรวจสอบ

1. คุณลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ กลิ่น รส ความขุ่น ความเป็นกรด - ด่าง
2. คุณลักษณะทางเคมี ได้แก่ ปริมาณสารทั้งหมด (total solids) ปริมาณเหล็ก
ปริมาณ망กานีส ปริมาณความกระด้างคือแคลเซียมและแมกนีเซียม ปริมาณซัลเฟต และ
ปริมาณคลอไรด์

3 คุณลักษณะทางจุลชีววิทยา ได้แก่ กลุ่มแบคทีเรียทั้งหมด (standard plate
count) ค่า MPN และ E. coli

สถานที่และระยะเวลาที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของน้ำ

1. สถานที่ของหน่วยงานที่ประเมินคุณภาพน้ำคือ กองอาหาร
กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ถนนติวานนท์ นนทบุรี 11000

2. ระยะเวลาที่ใช้ในการประเมินคุณภาพน้ำ ผู้วิจัยได้ดำเนินงานเมื่ออุปกรณ์
 หน่วยงานเสร็จสิ้นแล้ว จะใช้ระยะเวลา 60 วัน ตั้งแต่เดือนกันยายน - ตุลาคม พ.ศ. 2542

3.2 การประเมินด้านความเหมาะสมด้านการใช้งานจะประเมินจากการสร้าง
 แบบประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

3.2.1 ผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องกล

อาจารย์ประเสริฐ วังสุข บริษัทเคลแมกแมชินเนอรี จำกัด

3.2.2 ผู้เชี่ยวชาญด้านอิเล็กทรอนิกส์

อาจารย์สนธิ์ สุกุล บริษัทเคลแมกแมชินเนอรี จำกัด

3.2.3 ผู้เชี่ยวชาญด้านไฟฟ้า

ดร.ศิริพงษ์ เขยพันธุ์ บริษัทชลัมเบอร์เจอร์อินเตอร์สตีส์ (ประเทศไทย) จำกัด

การสร้างแบบประเมินความเหมาะสมด้านการใช้งาน มีรายละเอียด 4 ขั้นตอน
 ดังนี้

ตอนที่ 1 เป็นคำชี้แจงวัตถุประสงค์และการตอบแบบประเมินความเหมาะสม
 ด้านการใช้งาน

ตอนที่ 2 เป็นข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญ

ตอนที่ 3 เป็นแบบสอบถามความคิดเห็นเรื่องความเหมาะสมด้านการใช้งาน
 ของอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ ใช้มาตราส่วนประมาณค่า (rating scale) กำหนดค่า
 คะแนนเป็น 5 ระดับ ตามวิธีของ ลิเคอร์ท (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2538 : 117)

5	หมายถึง	ผลการประเมินในระดับดีมาก
4	หมายถึง	ผลการประเมินในระดับดี
3	หมายถึง	ผลการประเมินในระดับพอใช้
2	หมายถึง	ผลการประเมินในระดับต้องปรับปรุง
1	หมายถึง	ผลการประเมินในระดับที่ใช้ไม่ได้

ความเหมาะสมด้านการใช้งานจะประเมินจากผู้เชี่ยวชาญแบ่งออกเป็น 4 ด้านคือ

1. ลักษณะทางกายภาพ
2. ลักษณะการใช้งาน
3. ลักษณะการบำรุงรักษา
4. ลักษณะความปลอดภัย

ตอนที่ 4 เป็นคำถามปลายเปิดสำหรับผู้เชี่ยวชาญ 3 คน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องกล ผู้เชี่ยวชาญด้านอิเล็กทรอนิกส์ และผู้เชี่ยวชาญด้านไฟฟ้า ในการประเมินและแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมรวมไปถึงข้อเสนอแนะต่าง ๆ

การดำเนินการเก็บข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ

1. ติดต่อผู้เชี่ยวชาญให้รับทราบถึงการประเมินงานวิจัย
2. มอบคู่มือการใช้งานก่อนการดำเนินการทดสอบ 7 วัน
3. แนะนำการใช้งานและให้ผู้เชี่ยวชาญทดลองใช้ 7 วัน
4. เมื่อทดลองใช้แล้วให้ผู้เชี่ยวชาญแสดงความคิดเห็นลงในแบบประเมิน

ความเหมาะสมด้านการใช้งาน

5. นำข้อมูลไปวิเคราะห์ต่อไป

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลของประสิทธิภาพของอุปกรณ์หนึ่งเวลา จะวิเคราะห์จากคุณภาพของน้ำ โดยวิธีการตรวจสอบตามมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.) ตามคุณลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

4.1.1 คุณลักษณะทางกายภาพ วิเคราะห์เปรียบเทียบโดยหาค่าเฉลี่ย

เลขคณิต

4.1.2 คุณลักษณะทางเคมี วิเคราะห์เปรียบเทียบโดยหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต

4.1.3 คุณลักษณะทางจุลชีววิทยา วิเคราะห์โดยวิธีทดสอบค่าเฉลี่ย

2 กลุ่มที่ไม่เกี่ยวข้องกัน (Independent samples) ซึ่งใช้ t - test

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลด้านความเหมาะสมในการใช้งานจะนำแบบประเมินผลมาดำเนินการวิเคราะห์หาความเหมาะสมของอุปกรณ์หนึ่งเวลาด้วยวิธีทางสถิติดังนี้

1 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในด้านความเหมาะสมด้านการใช้งาน

มากที่สุด	5	คะแนน
มาก	4	คะแนน
ปานกลาง	3	คะแนน
น้อย	2	คะแนน

น้อยที่สุด 1 คะแนน

2. นำคะแนนที่ได้มาคำนวณ

2.1 หาค่าร้อยละ

2.2 หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต

2.3 หาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3. กำหนดเกณฑ์ในการแปลความหมายข้อมูลที่เป็นค่าเฉลี่ยต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

คะแนนเฉลี่ยระหว่าง	แปลความ
4.51 - 5.00	ผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก
3.51 - 4.50	ผลการประเมินอยู่ในระดับดี
2.51 - 3.50	ผลการประเมินอยู่ในระดับดีพอใช้
1.51 - 2.50	ผลการประเมินอยู่ในระดับต้องปรับปรุง
1.00 - 1.50	ผลการประเมินอยู่ในระดับใช้ไม่ได้

5. การนำเสนอผลการประเมินประสิทธิภาพและผลการวิเคราะห์การประเมิน

ความเหมาะสมในการใช้งาน

จัดกระทำ 2 แบบดังนี้

1. การนำเสนอผลการประเมินประสิทธิภาพของอุปกรณ์หนึ่งเวลา โดยนำเสนอจากผลการวิเคราะห์คุณภาพในด้านต่าง ๆ ในรูปของตารางเปรียบเทียบ
2. เสนอเป็นการบรรยายความเหมาะสมในด้านการใช้งานทั้ง 3 ด้าน โดยแสดงตารางแปลความหมายเกี่ยวกับข้อมูลที่ประเมินหาความเหมาะสม ด้านการใช้งานของอุปกรณ์หนึ่งเวลา ที่ติดตั้งกับเครื่องกรองน้ำประปาที่กรองเดี่ยวและที่กรองคู่ระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ต ส่วนข้อมูลจากคำถามปลายเปิดแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ ผู้วิจัยจะนำคำตอบและข้อเสนอแนะมารวบรวมเรียงลำดับเสนอเป็นข้อ ๆ จากข้อที่มีความถี่ของผู้ตอบมากที่สุดไปจนถึงน้อยที่สุดตามลำดับ

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่องการออกแบบและสร้างชุดอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ ที่ใช้งานร่วมกับหลอดแสงอุลตราไวโอเล็ตในเครื่องกรองน้ำประปานครหลวงสำหรับดื่มภายในครัวเรือน ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนการดำเนินการวิจัยไว้ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาเพื่อออกแบบอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ โดยจะศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้น และนำสภาพปัญหามาเป็นข้อมูลเพื่อนำมาออกแบบอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ใช้ในระบบเครื่องกรองน้ำประปาสำหรับดื่มภายในครัวเรือน ชนิดท่อกรองเดี่ยวและคู่ระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ต

ขั้นตอนที่ 2 เป็นการสร้างอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์สำหรับติดตั้งในเครื่องกรองน้ำระบบแสงอุลตราไวโอเล็ต

ขั้นตอนที่ 3 เป็นการประเมินเปรียบเทียบประสิทธิภาพและความเหมาะสมด้านการใช้งานของอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ จะประกอบด้วย

ส่วนที่ 1 การประเมินเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกรองและฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ตระหว่างการติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองเดี่ยวกับไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองเดี่ยว และการติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองคู่กับไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองคู่ โดยการเปรียบเทียบดังกล่าวจะอยู่ภายใต้เงื่อนไขของอัตราการไหลของน้ำ 2, 4, 6, 8 ลิตร/นาที อุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์จะทำหน้าที่หน่วยเวลา 2 นาที เพื่อไม่ให้น้ำไหลออกจากเครื่องระหว่างการอุ่นหลอดแสงอุลตราไวโอเล็ต ผลการเปรียบเทียบจะวัดจากการตรวจสอบคุณภาพน้ำ

ส่วนที่ 2 การประเมินความเหมาะสมด้านการใช้งาน โดยจะประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ

ขั้นตอนที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ขั้นตอนที่ 5 เป็นการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ได้นำเสนอผลการวิเคราะห์เป็นลำดับดังต่อไปนี้

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลของคุณภาพน้ำประปานครหลวงที่ผ่านเครื่องกรองที่ติดตั้งและไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้งานร่วมกับหลอดแสงอุลตราไวโอเล็ตในเครื่องกรองน้ำแบบท่อกรองเดี่ยวและท่อกรองคู่
2. ผลการประเมินความเหมาะสมในด้านการใช้งานของอุปกรณ์หน่วยเวลาที่ติดตั้งกับเครื่องกรองน้ำ

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลของคุณภาพน้ำประปานครหลวงที่ผ่านเครื่องกรองที่ติดตั้งและไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้งานร่วมกับหลอดแสงอุลตราไวโอเล็ตในเครื่องกรองน้ำแบบท่อกรองเดี่ยวและท่อกรองคู่

การประเมินเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกรองน้ำและฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ต จะเปรียบเทียบระหว่างการติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองเดี่ยวกับไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองเดี่ยว และการติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองคู่กับไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองคู่ โดยทั้งหมดดังกล่าวจะอยู่ภายใต้เงื่อนไขของอัตราการไหลของน้ำที่ออกจากเครื่องกรองในระดับ 2, 4, 6, และ 8 ลิตร/นาที น้ำที่ผ่านการกรองและฆ่าเชื้อโรคคือข้อมูลที่จะต้องบันทึกโดยวัดได้จากคุณภาพของน้ำในด้านคุณลักษณะทางกายภาพ คุณลักษณะทางเคมี คุณลักษณะทางจุลชีววิทยา ซึ่งจะอ้างอิงตามมาตรฐาน มอก. 257 นำผลการตรวจมาบันทึกเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกรองจะฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ต

1.1 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทางกายภาพที่ผ่านการกรองจากเครื่องกรองเดี่ยวและคู่ทั้งที่ติดตั้งและไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้จากตาราง 10 ดังต่อไปนี้

ตาราง 10 ผลบันทึกการเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพ

อัตราการใช้ (ลิตร/นาฬิกา)	เกณฑ์มาตรฐาน มอก. 257	กลิ่น (ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ)				รส (ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ)				ความขุ่น 5 ซิลิกา				กรดเบส 6.5 - 8.5 pH range			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
		ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	0.3	0.4	0.6	0.5	7.6	7.5	7.7	7.7
2		ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	0.2	0.4	0.4	0.4	7.7	7.4	7.8	7.7
4		ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	0.2	0.3	0.6	0.6	7.6	7.4	7.8	7.7
6		ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	0.2	0.3	0.3	0.3	7.7	7.5	7.8	7.7
8		ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	0.2	0.3	0.3	0.3	7.7	7.5	7.8	7.7

หมายเหตุ

- หมายถึง ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในห้องกรองเดียว
- หมายถึง ไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในห้องกรองเดียว
- หมายถึง ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในห้องกรองคู่
- หมายถึง ไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในห้องกรองคู่

จากตาราง 10 สามารถเปรียบเทียบคุณภาพน้ำจากการกรองและฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ตในด้านคุณลักษณะทางกายภาพ

ด้านกลิ่น ตามมาตรฐานไม่เป็นที่น่ารังเกียจ การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองเดียวอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานไม่แตกต่างกับการไม่ติดตั้ง การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองคู่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานไม่แตกต่างกับการไม่ติดตั้ง ผลที่เกิดขึ้นดังกล่าวเพราะกลิ่นของน้ำจะถูกดูดซับจากไส้กรองคาร์บอน

ด้านรส ตามมาตรฐานไม่เป็นที่น่ารังเกียจ การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองเดียวอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานไม่แตกต่างกับการไม่ติดตั้ง การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองคู่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานไม่แตกต่างกับการไม่ติดตั้ง ผลที่เกิดขึ้นดังกล่าวเพราะรสของน้ำจะถูกดูดซับจากไส้กรองคาร์บอน

ด้านความขุ่น ตามมาตรฐาน 5 ซิลิกา การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองเดียวอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานไม่แตกต่างกับการไม่ติดตั้ง การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองคู่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานไม่แตกต่างกับการไม่ติดตั้ง ผลที่เกิดขึ้นดังกล่าวเพราะน้ำผ่านการกรองความขุ่นโดยไส้กรองคาร์บอน

ด้านเป็นกรด - เบส ตามมาตรฐานให้อยู่ในช่วง 6.5 - 8.5 p^H rang การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองเดียวอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานไม่แตกต่างกับการไม่ติดตั้ง การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองคู่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานไม่แตกต่างกับการไม่ติดตั้ง ผลที่เกิดขึ้นเพราะคุณภาพน้ำก่อนการทดสอบอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้แล้ว และสารกรองเรซินทำหน้าที่ปรับสภาพอีกครั้ง

สรุป ท่อกรองเดี่ยวที่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์และไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 257 ทั้งหมด

ท่อกรองคู่ที่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ และไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 257 ทั้งหมด

ท่อกรองเดี่ยวมีคุณภาพน้ำดีกว่าท่อกรองคู่ในด้านความขุ่นที่ค่าเฉลี่ยระหว่าง 0.2875 ซิลิกา กับ 0.4625 ซิลิกา และด้านความเป็นกรด - เบส ที่ค่าเฉลี่ยระหว่าง p^H 7.55 เทียบกับ p^H 7.73

อัตราการไหลของน้ำที่ออกจากเครื่องกรอง 2, 4, 6 และ 8 ลิตร/นาที
ไม่ทำให้คุณภาพน้ำด้านคุณลักษณะทางกายภาพแตกต่างกัน

1.2 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทางเคมีที่ผ่านการกรองจากเครื่องกรอง
เดี่ยวและคู่ทั้งที่ติดตั้งและไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ สามารถวิเคราะห์
ข้อมูลได้จากตาราง 11 ดังต่อไปนี้

ตาราง 11 ผลบันทึกการเปรียบเทียบคุณลักษณะทางเคมี

เกณฑ์มาตรฐาน มอก.257	ปริมาณสารทั้งหมด (total solids) 500				เหล็ก (Fe)				แมงกานีส (Mn)				เบร็กเก็ตซีรัม (Mn)				แคลเซียม (Ca)				ซัลเฟต				คลอไรด์				
					0.5				0.3				50				75				200				250				
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
อัตราการไหล (ลิตร/นาที)	192	154	167	166	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	ไม่พบ	ไม่พบ	0.006	ไม่พบ	ไม่พบ	4.6	4.3	ไม่พบ	ไม่พบ	18.8	18	0.04	0.18	52	48	45	39	20	17	15	13
	181	183	140	158	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	ไม่พบ	ไม่พบ	0.006	ไม่พบ	ไม่พบ	4.5	4.5	ไม่พบ	ไม่พบ	18.4	17.2	0.03	0.08	52	53	44	44	18	19	14	14
	188	190	161	162	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	ไม่พบ	ไม่พบ	0.004	ไม่พบ	ไม่พบ	4.5	4.3	ไม่พบ	ไม่พบ	18.5	16.9	0.03	0.04	54	54	46	46	20	20	15	15
	207	196	163	194	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	ไม่พบ	ไม่พบ	0.003	ไม่พบ	ไม่พบ	4.7	4.3	ไม่พบ	ไม่พบ	19.3	17.8	0.02	0.05	54	54	46	46	20	20	16	16

หน่วย มิลลิกรัม/เดซิเมตร

หมายเหตุ

- 1

หมายถึง

ติดตั้งอุปกรณ์ในช่วงเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองเดียว
- 2

หมายถึง

ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์ในช่วงเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองเดียว
- 3

หมายถึง

ติดตั้งอุปกรณ์ในช่วงเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองตู้
- 4

หมายถึง

ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์ในช่วงเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองตู้

จากตาราง 11 สามารถเปรียบเทียบคุณภาพน้ำจากการกรองและฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ตในด้านคุณลักษณะทางเคมี

ปริมาณสารทั้งหมด (total solids) ตามมาตรฐานไม่เกิน 500 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เดซิเมตร การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองเดี่ยวอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานไม่แตกต่างกับการไม่ติดตั้ง การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองคู่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานไม่แตกต่างกับการไม่ติดตั้ง ผลที่เกิดขึ้นดังกล่าวเพราะน้ำถูกปรับสภาพโดยไส้กรองเรซิน

ปริมาณเหล็ก (Fe) ตามมาตรฐานไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เดซิเมตร การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองเดี่ยวอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานไม่แตกต่างกับการไม่ติดตั้ง การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองคู่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานไม่แตกต่างกับการไม่ติดตั้ง

ปริมาณแมกนีเซียม (Mn) ตามมาตรฐานไม่เกิน 0.3 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เดซิเมตร การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองเดี่ยวอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานไม่แตกต่างกับการไม่ติดตั้ง การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองคู่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานไม่แตกต่างกับการไม่ติดตั้ง

ปริมาณแมกนีเซียม (Mg) ตามมาตรฐานไม่เกิน 50 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เดซิเมตร การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองคู่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานไม่แตกต่างกับการไม่ติดตั้ง การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองคู่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานไม่แตกต่างกับการไม่ติดตั้ง

ปริมาณแคลเซียม (Ca) ตามมาตรฐานไม่เกิน 75 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เดซิเมตร การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองเดี่ยวอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานไม่แตกต่างกับการไม่ติดตั้ง การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองคู่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานไม่แตกต่างกับการไม่ติดตั้ง

ปริมาณซัลเฟต ตามมาตรฐานไม่เกิน 200 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เดซิเมตร การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองเดี่ยวอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานไม่แตกต่างกับการไม่ติดตั้ง การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองคู่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานไม่แตกต่างกับการไม่ติดตั้ง

ปริมาณคลอไรด์ ตามมาตรฐานไม่เกิน 250 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เดซิเมตร การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองเดี่ยวอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานไม่แตกต่างกับการไม่ติดตั้ง การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองคู่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานไม่แตกต่างกับการไม่ติดตั้ง

สรุป ท่อกรองเดี่ยวที่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาและไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลา คุณภาพน้ำทางด้านเคมีผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 257 ทั้งหมด

ท่อกรองคู่ที่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาและไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลา คุณภาพน้ำทางด้านเคมีผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 257 ทั้งหมด

ท่อกรองคู่มีมีคุณภาพน้ำสูงกว่าท่อกรองเดี่ยวในด้านปริมาณสารทั้งหมดที่ค่าเฉลี่ย 164 เทียบกับ 186 ด้านแอมโมเนียส ที่ค่าเฉลี่ยไม่พบ เทียบกับ 0.003 ด้านแมกนีเซียม ที่ค่าเฉลี่ยไม่พบ เทียบกับ 4.46 ด้านแคลเซียม ที่ค่าเฉลี่ย 0.058 เทียบกับ 18.11 ด้านซัลเฟต ที่ค่าเฉลี่ย 44.50 เทียบกับ 52.62 และด้านคลอไรด์ ที่ค่าเฉลี่ย 14.75 เทียบกับ 19.25 ค่าทั้งหมดมีหน่วย มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เดซิเมตร

อัตราการไหลของน้ำที่ออกจากเครื่องกรองไม่ทำให้คุณภาพน้ำด้านคุณลักษณะทางเคมีแตกต่างกัน

1.3 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทางจุลชีววิทยาที่ผ่านการกรองจากเครื่องกรองเดี่ยวและเครื่องกรองคู่ทั้งที่ติดตั้งและไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลา สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้จากตาราง 12 ดังต่อไปนี้

ตาราง 12 ผลบันทึกเปรียบเทียบคุณลักษณะทางจุลชีววิทยา

เกณฑ์มาตรฐาน มอก. 257		Standard Plate Count				E, Coil				MPN น้อยกว่า 2.2				โคลิฟอร์ม			
อัตราการไหล (ลิตร/นาที)		ไม่เกิน 500 โคโลนี/ลูกบาศก์เซนติเมตร				ไม่มี				ออร์แกนีสซึม/100 ลูกบาศก์เซนติเมตร				โคลิฟอร์ม			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
		19	71	430	290	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1				
		6.7	40	57	96	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1				
		4.3	27	35	87	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1				
8		3.8	27	19	7.4	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1				

หมายเหตุ

- 1 หมายถึง ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในห้องทดลองเดียว
- 2 หมายถึง ไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในห้องทดลองเดียว
- 3 หมายถึง ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในห้องทดลองคู่
- 4 หมายถึง ไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในห้องทดลองคู่

Standard plate Count ที่แสดงผลในตารางแปลค่าจากผลการทดลอง ดังนี้

Standard plate Count =

จากตาราง 12 สามารถเปรียบเทียบคุณภาพน้ำจากการกรองและฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเลตในด้านคุณลักษณะทางจุลชีววิทยา

ปริมาณกลุ่มแบคทีเรียทั้งหมด (standard plate count) ตามมาตรฐานไม่เกิน 500 โคโลนีต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด แต่การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองเดี่ยวมีคุณภาพน้ำที่สูงกว่าการไม่ติดตั้ง และการติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองคู่มีคุณภาพน้ำที่สูงกว่าการไม่ติดตั้ง ดังตาราง 13 และ 14 โดยใช้ t - test

ตาราง 13 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าปริมาณกลุ่มแบคทีเรียทั้งหมดที่ติดตั้งและไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองเดี่ยว

อุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์	N	$\bar{X}$	S.D	t
ไม่ติดตั้ง	4	41.25	20.75	11.59*
ติดตั้ง	4	6.95	11.33	

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ข้อมูลจากตาราง 13 คุณภาพน้ำด้านปริมาณกลุ่มแบคทีเรียทั้งหมด การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ มีคุณภาพน้ำที่สูงกว่าการไม่ติดตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สอดคล้องกับสมมติฐานข้อ 2

ตาราง 14 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าปริมาณกลุ่มแบคทีเรียทั้งหมด ที่ติดตั้งและไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองคู่

อุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์	N	$\bar{X}$	S.D	t
ไม่ติดตั้ง	4	135.29	120.06	1.7
ติดตั้ง	4	120.1	197.11	

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ข้อมูลจากตาราง 14 คุณภาพน้ำด้านปริมาณกลุ่มแบคทีเรียทั้งหมด การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ มีคุณภาพน้ำที่สูงกว่าการไม่ติดตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สอดคล้องกับสมมติฐานข้อ 2

ปริมาณ MPN ตามมาตรฐานต้องน้อยกว่า 2.2 โคลิฟอร์ม ออร์แกนีสซึม ต่อ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองเดี่ยวอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานไม่แตกต่างกับการไม่ติดตั้ง การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองคู่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานไม่แตกต่างกับการไม่ติดตั้ง ผลที่เกิดขึ้นดังกล่าวเพราะได้ผ่านการฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ต ทำให้ปริมาณ MPN น้อยกว่า Limit of Detection ของวิธีวิเคราะห์

ปริมาณ E. Coil ตามมาตรฐานต้องไม่มี การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองเดี่ยวอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานไม่แตกต่างกับการไม่ติดตั้ง การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองคู่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานไม่แตกต่างกับการไม่ติดตั้ง ผลที่เกิดขึ้นดังกล่าวเพราะได้ผ่านการฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ตทำให้ไม่พบปริมาณ E.Coil

สรุป ท่อกรองเดี่ยวที่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์และไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ คุณภาพน้ำทางด้านจุลชีววิทยาผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 257 ทั้งหมด แต่การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลามีคุณภาพน้ำสูงกว่าการไม่ติดตั้งในด้าน Standard Plate Count ที่ค่าเฉลี่ย 6.95 เปรียบเทียบกับ 41.25 โคโลนี/ลูกบาศก์เซนติเมตร เพราะการติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์จะไม่ปล่อยน้ำที่ยังไม่ผ่านการฆ่าเชื้อโรคอย่างเต็มประสิทธิภาพผ่านออกมาในช่วง 2 นาทีแรก

ท่อกรองคู่ที่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์และไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ คุณภาพน้ำทางด้านจุลชีววิทยาผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 257 ทั้งหมด แต่การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์มีคุณภาพน้ำสูงกว่าการไม่ติดตั้งในด้าน Standard Plate Count ที่ค่าเฉลี่ย 38.5 เปรียบเทียบกับ 54.85 โคโลนี/ลูกบาศก์เซนติเมตร เพราะการติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์จะไม่ปล่อยน้ำที่ยังไม่ผ่านการฆ่าเชื้อโรคอย่างเต็มประสิทธิภาพผ่านออกมาในช่วง 2 นาทีแรก

ท่อกรองเดี่ยวและท่อกรองคู่ มีคุณภาพน้ำทางด้านจุลชีววิทยาได้มาตรฐานตาม มอก. 257 ทั้งหมด

อัตราการไหลของน้ำที่ออกจากเครื่องกรองไม่ทำให้คุณภาพน้ำด้านคุณลักษณะทางจุลชีววิทยาแตกต่างกัน

1.4 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพของน้ำที่มีการติดตั้งและไม่ติดตั้งอุปกรณ์
หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองเดียว สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้จากตาราง 15
ดังต่อไปนี้

ตาราง 15 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพของน้ำที่มีการติดตั้งและไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์ในท่อกรองเดี่ยว

	ลักษณะทางกายภาพ			คุณลักษณะทางเคมี						คุณลักษณะทางจุลชีววิทยา			
	กลิ่น	รส	ความขุ่น	กรดเบส	ปริมาณสารทั้งหมด	เหล็ก	แมงกานีส	ความกระด้าง	แคลเซียม	ซัลเฟต	คลอไรด์	กลุ่มแบคทีเรียทั้งหมด	ค่า MPN E.Coli
ติดตั้งอุปกรณ์ช่วงเวลา	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์ช่วงเวลา	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

หมายเหตุ

- 1
หมายถึง
ยอมรับในเกณฑ์มาตรฐาน
- 0
หมายถึง
ไม่ยอมรับในเกณฑ์มาตรฐาน

จากตาราง 15 คุณภาพน้ำที่ได้จากการติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองเดี่ยว พบว่า อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานไม่แตกต่างกับการไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองเดี่ยว

สรุป ท่อกรองเดี่ยวที่ติดตั้งและไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์มีประสิทธิภาพในการกรองน้ำและฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ต ทำให้ได้น้ำที่มีคุณภาพในเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 257 แต่การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์มีคุณภาพที่สูงกว่าการไม่ติดตั้งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในด้านจุลชีววิทยาในช่วง 2 นาทีแรก

1.5 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพของน้ำที่มีการติดตั้งและไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองคู่ สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้จากตาราง 16 ดังต่อไปนี้

ตาราง 16 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพของน้ำที่มีการติดตั้งและไม่ได้ตั้งอุปกรณ์ในเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในห้องเครื่อง

	ลักษณะทางกายภาพ				คุณลักษณะทางเคมี							คุณลักษณะทางจุลชีววิทยา		
	กลิ่น	รส	ความขุ่น	กรดเบส	ปริมาณสารทั้งหมด	เหล็ก	แมงกานีส	ความกระด้าง	แคลเซียม	ซัลเฟต	คลอไรด์	กลุ่มแบคทีเรียทั้งหมด	ค่า MPN	E.Coil
ติดตั้งอุปกรณ์ช่วงเวลา	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ไม่ได้ตั้งอุปกรณ์ช่วงเวลา	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

หมายเหตุ

- 1
หมายเหตุ
ยอมรับในเกณฑ์มาตรฐาน
- 0
หมายเหตุ
ไม่ยอมรับในเกณฑ์มาตรฐาน

จากตาราง 16 คุณภาพน้ำที่ได้จากการติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ไม่แตกต่างกับการไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรอง

สรุป ท่อกรองที่ติดตั้งและไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์มีประสิทธิภาพในการกรองน้ำและฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ตทำให้น้ำที่มีคุณภาพในเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 257 แต่การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์มีคุณภาพที่สูงกว่าการไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในด้านจุลชีววิทยาในช่วง 2 นาทีแรก

2. ผลการประเมินความเหมาะสมในการใช้งานของอุปกรณ์หน่วยเวลาที่ติดตั้งอยู่กับเครื่องกรองน้ำ

การประเมินความเหมาะสมในการใช้งานของอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ ผู้วิจัยประเมินความเหมาะสมในการใช้งาน 4 ด้านคือ ลักษณะทางกายภาพทั่วไป ลักษณะการใช้งาน ลักษณะการบำรุงรักษา และความปลอดภัย ดังตาราง 17 18 19 และ 20 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน และแบบสอบถามมีคะแนนเต็มข้อละ 5 คะแนน

2.1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพทั่วไปของอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ สามารถแสดงผลและวิเคราะห์จากตาราง 17 ดังต่อไปนี้

ตาราง 17 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพทั่วไปของอุปกรณ์หน่วยเวลา

รายละเอียด	X	S.D.	แปลความ
1. การออกแบบได้อย่างเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในครัวเรือน	4.67	0.58	ดีมาก
2. ความกระชับรัดสวยงาม	3.67	0.58	ดี
3. ความสวยงามในตัวเครื่อง	4.33	1.15	ดี
4. ความแข็งแรงของโครงสร้าง	4.33	0.58	ดี
5. ความสะดวกในการแยกประกอบ	4.00	0.00	ดี
รวม	4.20	0.58	ดี

จากตาราง 17 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพทั่วไปของอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ พบว่า

การออกแบบได้อย่างเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในครัวเรือนของอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ จากตารางแสดงว่าอยู่ในระดับดีมาก คือมีค่าเฉลี่ย 4.67

ความกระชับรัดสวยงามของอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ จากตารางแสดงว่าอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ย 3.67

ความสวยงามในตัวเครื่องของอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ จากตารางแสดงว่าอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ย 4.33

ความแข็งแรงของโครงสร้างอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ จากตารางแสดงว่าอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ย 4.33

ความสะดวกในการแยกประกอบของอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ จากตารางแสดงว่า อยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ย 4.00

การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพทั่วไปของอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ ข้อมูลจากตารางการวิเคราะห์แสดงว่าอยู่ในระดับดี คือมีค่าเฉลี่ย 4.20

2.2 ผลการวิเคราะห์ลักษณะการใช้งานของอุปกรณ์หน่วยเวลา สามารถแสดงผลและวิเคราะห์จากตาราง 18 ดังต่อไปนี้

ตาราง 18 การวิเคราะห์ลักษณะการใช้งานของเครื่องกรองน้ำที่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลา

รายละเอียดความเหมาะสมในการใช้งาน	X	S.D.	แปลความ
1. ความสะดวกในการใช้งาน	3.33	0.58	พอใช้
2. ความง่ายในการใช้งาน	4.00	0.00	ดี
3. ประหยัดเวลาในการใช้งาน	4.33	0.15	ดี
4. ติดตั้งไว้ในส่วนที่เหมาะสม	4.33	0.58	ดี
5. ควบคุมน้ำไหลออกมาอย่างสม่ำเสมอ	4.33	0.58	ดี
รวม	4.06	0.37	ดี

จากตาราง 18 การวิเคราะห์ลักษณะการใช้งานของอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ -
 ทรอนิกส์ ตามรายละเอียดความเหมาะสมในการใช้งานดังนี้

ความสะดวกในการใช้งานของอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ จากตาราง
 แสดงว่าอยู่ในระดับพอใช้ คือมีค่าเฉลี่ย 3.33

ความง่ายในการใช้งานของหน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ จากตารางแสดงว่าอยู่ใน
 ระดับดี คือมีค่าเฉลี่ย 4.00

ประหยัดเวลาในการใช้งานของหน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ จากตารางแสดงว่า
 อยู่ในระดับดี คือมีค่าเฉลี่ย 4.33

ติดตั้งไว้ในส่วนที่เหมาะสมของอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ จากตาราง
 แสดงว่าอยู่ในระดับดี คือมีค่าเฉลี่ย 4.33

ควบคุมน้ำไหลออกมาอย่างสม่ำเสมอของอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์
 จากตารางแสดงว่าอยู่ในระดับดี คือมีค่าเฉลี่ย 4.33

การวิเคราะห์ลักษณะการใช้งานของอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ ข้อมูลจาก
 ตารางการวิเคราะห์แสดงว่าอยู่ในระดับดี คือมีค่าเฉลี่ย 4.06

2.3 ผลการวิเคราะห์ลักษณะการบำรุงรักษาของอุปกรณ์หน่วยเวลา
 สามารถแสดงผลและวิเคราะห์จากตาราง 19 ได้ดังต่อไปนี้

ตาราง 19 การวิเคราะห์ลักษณะการบำรุงรักษาของอุปกรณ์หน่วยเวลา

รายละเอียดความเหมาะสมในการใช้งาน	X	S.D.	แปลความ
1. การตรวจสอบบำรุงรักษาก่อนการใช้เครื่องทำได้ง่าย	4.33	0.58	ดี
2. สามารถถอดหรือประกอบได้ง่าย	4.33	0.58	ดี
3. วงจรไม่ซับซ้อนสามารถอ่านได้ง่ายเพื่อตรวจวงจร	4.00	0.00	ดี
4. การตรวจสอบและบำรุงรักษาล่องควบคุม	3.66	0.58	ดี
5. วัสดุในการประกอบเครื่องหาได้ง่ายและราคาถูก	4.67	0.58	ดีมาก
รวม	4.20	0.46	ดี

จากตาราง 19 การวิเคราะห์ลักษณะการบำรุงรักษาของอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ ตามรายละเอียดความเหมาะสมในการใช้งานดังนี้

การตรวจสอบบำรุงรักษาก่อนการใช้เครื่องทำได้ง่าย จากตารางแสดงว่าอยู่ในระดับดี คือมีค่าเฉลี่ย 4.33

สามารถถอดหรือประกอบได้ง่าย จากตารางแสดงว่าอยู่ในระดับดี คือมีค่าเฉลี่ย 4.33

วงจรไม่ซับซ้อนสามารถอ่านได้ง่ายเพื่อตรวจวงจร จากตารางแสดงว่าอยู่ในระดับดี คือมีค่าเฉลี่ย 4.00

การตรวจสอบและบำรุงรักษากล่องควบคุม จากตารางแสดงว่าอยู่ในระดับดี คือมีค่าเฉลี่ย 3.66

วัสดุในการประกอบเครื่องหาได้ง่ายและราคาถูก จากตารางแสดงว่าอยู่ในระดับดีมาก คือมีค่าเฉลี่ย 4.67

การวิเคราะห์ลักษณะการบำรุงรักษาของอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ ข้อมูลจากตารางการวิเคราะห์แสดงว่าอยู่ในระดับดี คือมีค่าเฉลี่ย 4.20

2.4 ผลการวิเคราะห์ลักษณะความปลอดภัยของอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ สามารถแสดงผลและวิเคราะห์จากตาราง 20 ได้ดังต่อไปนี้

ตาราง 20 การวิเคราะห์ลักษณะความปลอดภัยของอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์

รายละเอียดความเหมาะสมในการใช้งาน	X	S.D.	แปลความ
1. การติดตั้งฟิวส์	4.33	0.57	ดี
2. แปลงกระแสไฟฟ้าจาก 220 โวลต์ เป็น 24 โวลต์	4.33	0.57	ดี
3. มีกล่องเพื่อป้องกันการสัมผัสวงจรโดยตรง	4.33	0.57	ดี
4. ตัวหน่วยงานอย่างเป็นปกติ	4.67	0.57	ดีมาก
5. มีไฟเตือนเมื่อเกิดความผิดปกติขึ้น	3.67	0.57	ดี
รวม	4.26	0.57	ดี

จากตาราง 20 สามารถวิเคราะห์ลักษณะความปลอดภัยของอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ ตามรายละเอียดความเหมาะสมในการใช้งานดังนี้

การติดตั้งฟิวส์ จากตารางแสดงว่าอยู่ในระดับดี คือมีค่าเฉลี่ย 4.33

แปลงกระแสไฟฟ้า 220 โวลต์ เป็น 24 โวลต์ จากตารางแสดงว่าอยู่ในระดับดี คือมีค่าเฉลี่ย 4.33

มีกล่องเพื่อป้องกันการสัมผัสวงจรโดยตรง จากตารางแสดงว่าอยู่ในระดับดี คือมีค่าเฉลี่ย 4.33

ตัวหน่วงทำงานอย่างเป็นปกติ จากตารางแสดงว่าอยู่ในระดับดีมาก คือมีค่าเฉลี่ย 4.67

มีไฟเตือนเมื่อเกิดความผิดปกติขึ้น จากตารางแสดงว่าอยู่ในระดับดี คือมีค่าเฉลี่ย 3.67

การวิเคราะห์ลักษณะความปลอดภัยของอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ ข้อมูลจากตารางการวิเคราะห์แสดงว่าอยู่ในระดับดี คือมีค่าเฉลี่ย 4.26

เมื่อทราบผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมในการใช้งานของอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ทั้ง 4 ด้านแล้ว ผู้วิจัยได้นำผลการวิเคราะห์รวมเข้าด้วยกันแล้วหาค่าเฉลี่ยดังตาราง 21

2.5 สรุปผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมในการใช้งานของอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ สามารถแสดงผลและวิเคราะห์จากตาราง 21 ได้ดังต่อไปนี้

ตาราง 21 การวิเคราะห์ความเหมาะสมในการใช้งานของอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์

ความเหมาะสมในการใช้งาน	X	S.D.	แปลความ
1. ลักษณะทางกายภาพทั่วไป	4.20	0.58	ดี
2. ลักษณะการใช้งาน	4.06	0.78	ดี
3. ลักษณะการบำรุงรักษา	4.20	0.46	ดี
4. ลักษณะความปลอดภัย	4.26	0.57	ดี
รวม	4.18	0.60	ดี

จากตาราง 21 สามารถวิเคราะห์ความเหมาะสมในการใช้งานของอุปกรณ์
หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ ได้ดังนี้

ผลรวมค่าเฉลี่ยความเหมาะสมด้านการใช้งานที่เกี่ยวกับลักษณะทางกายภาพ
เท่ากับ 4.20 ลักษณะการใช้งาน 4.06 ลักษณะการบำรุงรักษา 4.20 ลักษณะความ
ปลอดภัย 4.26 รวมค่าเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 4.18 จากนั้นนำข้อมูลทั้งหมดหาค่าเฉลี่ย
จึงสามารถสรุปได้ว่าความเหมาะสมด้านการใช้งานของอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์
อยู่ในระดับดี

2.6 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

สำหรับข้อมูลจากคำถามปลายเปิดผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องกรองน้ำระบบ
ฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ต โดยมีรายละเอียดข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงที่สำคัญ
จำนวน 4 ข้อ ดังตาราง 22

ตาราง 22 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องกรองน้ำจำนวน 3 คน

ความคิดเห็นที่สำคัญ	จำนวน ความคิดเห็น
1. กล่องอุปกรณ์ควมคุมหน่วยเวลาควรมีช่วงระบายความร้อน	1
2. การติดตั้งกล่องอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ไม่ควรอยู่ติด กับท่อน้ำไหลออก	1
3. ท่อน้ำที่ต่อมาจากตัวหน่วยควรเป็นท่อ PVC อ่อนแบบด้ายถัก	1
4. ควรมีการป้องกันไม่ให้แสง UV สัมผัสผู้ใช้โดยตรง	1

จากตาราง 22 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องกรองน้ำระบบฆ่าเชื้อโรค
ด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ต จำนวน 3 คน ที่มีต่อความเหมาะสมด้านการใช้งานของเครื่อง
กรองน้ำที่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ ดังนี้คือ

จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน พบว่า

1. กล่องอุปกรณ์ควบคุมหน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ ควรมีช่องระบายความร้อน เพราะอุปกรณ์ไฟฟ้าจำเป็นจะต้องมีการระบายความร้อนที่ดี เพื่อให้อุปกรณ์ไฟฟ้ามีอายุการใช้งานนานขึ้น
2. การติดตั้งกล่องอุปกรณ์ควบคุมหน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ไม่ควรอยู่ติดกับทางน้ำไหลออกเพื่อการหลีกเลี่ยงมิให้น้ำเข้าไปในกล่องควบคุม
3. ท่อน้ำที่ต่อมาจากตัวหน่วยอิเล็กทรอนิกส์ ควรเป็นท่อ PVC อ่อนแบบด้ายถัก แทนท่อสแตนเลสตัด เนื่องจากดูแลรักษาง่ายกว่า
4. ควรมีการป้องกันไม่ให้แสง UV สัมผัสกับผู้ใช้โดยตรง เพราะมีความอันตรายต่อดวงตาและผิวหนัง

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเพื่อออกแบบสร้างชุดหน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์สำหรับติดตั้งกับเครื่องกรองน้ำประปานครหลวง ระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ตที่ติดตั้งและไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาจากท่อกรองคู่และเดี่ยว ทำการทดสอบคุณภาพของน้ำที่ผ่านการกรองและฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ต และประเมินความเหมาะสมด้านการใช้งานโดยผู้เชี่ยวชาญ ในบทนี้ได้นำเสนอการวิจัยโดยสรุปดังต่อไปนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบและสร้างชุดหน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องกรองน้ำประปา นครหลวงระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ตสำหรับติดตั้งภายในครัวเรือน
2. เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำที่ผ่านเครื่องกรองเดี่ยวและคู่ โดยติดตั้งเครื่องหน่วย เวลาและไม่ติดตั้งเครื่องหน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์
3. เพื่อศึกษาความเหมาะสมของอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่อง กรองน้ำดื่มภายในครัวเรือนระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ต

ความสำคัญของการวิจัย

ได้อุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้งานร่วมกับเครื่องกรองน้ำดื่มภายในครัว เรือนระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ต สำหรับหน่วยน้ำไม่ให้ไหลออกใน 2 นาทีแรก เพื่อประสิทธิภาพสูงสุดในการฆ่าเชื้อโรคของหลอดอุลตราไวโอเล็ต

สมมติฐานการวิจัย

1. เครื่องกรองน้ำประปานครหลวงสำหรับดื่มภายในครัวเรือน ระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ตที่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ สามารถกรองน้ำได้ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค มอก. 257 - 2521 ของกระทรวงอุตสาหกรรม
2. การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองคู่ และท่อกรองเดี่ยว มีคุณภาพน้ำด้านจุลชีวะวิทยาใน 2 นาทีแรก สูงกว่าการไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองคู่และท่อกรองเดี่ยว
3. อุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ที่ติดตั้งเข้ากับเครื่องกรองน้ำประปานครหลวง สำหรับดื่มภายในครัวเรือน ระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ต ผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมด้านการใช้งานในระดับดี

การดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยได้แบ่งกระบวนการวิจัยออกเป็น 5 ขั้นตอนดังนี้คือ

1. ขั้นตอนการศึกษาเพื่อออกแบบ
2. การสร้างอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์สำหรับติดตั้งในเครื่องกรองน้ำประปาสำหรับดื่มภายในครัวเรือนชนิดท่อกรองเดี่ยวและคู่ระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ต
3. ประเมินประสิทธิภาพและความเหมาะสมด้านการใช้งาน ซึ่งแบ่งออกได้ดังนี้
 - 3.1 ประเมินประสิทธิภาพ คือการประเมินจากคุณภาพน้ำที่ผ่านการกรองและฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ต จากการติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์และไม่ติดตั้งในท่อกรองเดี่ยวและคู่ โดยตรวจสอบคุณลักษณะทางกายภาพ คุณลักษณะทางเคมี และคุณลักษณะทางจุลชีวะวิทยา
 - 3.2 ประเมินความเหมาะสมด้านการใช้งาน คือการประเมินจากรูปลักษณะภายนอก การใช้งานจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน คือ ด้านเครื่องกล ด้านไฟฟ้า และด้านอิเล็กทรอนิกส์ โดยการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ แบ่งออกเป็น 4

ลักษณะคือ ลักษณะทางกายภาพ ลักษณะการใช้งาน ลักษณะการบำรุงรักษา และลักษณะความปลอดภัย

4. การวิเคราะห์ข้อมูล ประกอบด้วย

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลของประสิทธิภาพของอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ ได้ทำการวิเคราะห์จากคุณภาพของน้ำ

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลด้านความเหมาะสมในการใช้งาน ได้ทำการวิเคราะห์จากแบบประเมินผลจากผู้เชี่ยวชาญ

5. นำเสนอวิเคราะห์ข้อมูล จัดกระทำ 2 แบบดังนี้

5.1 การนำเสนอประสิทธิภาพโดยนำเสนอจากผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำด้านต่าง ๆ ในรูปของตารางเปรียบเทียบ

5.2 เสนอด้านความเหมาะสมในการใช้งาน ในลักษณะบรรยายความเหมาะสมด้านการใช้งานทั้ง 3 ด้าน โดยแสดงตารางแปลความหมายและข้อมูลจากคำถามปลายเปิดแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ จะนำเสนอเรียงเรียงเป็นข้อ ๆ จากความถี่ของผู้ตอบมากที่สุดไปจนถึงน้อยที่สุดตามลำดับ

ผลการวิจัย

การออกแบบและสร้างชุดอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้งานร่วมกับหลอดแสงอุลตราไวโอเล็ตในเครื่องกรองน้ำประปานครหลวง สำหรับดื่มในครัวเรือน มีสิ่งที่น่าสนใจคือ คุณภาพของน้ำที่ผ่านการกรองและฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ต มีคุณภาพน้ำได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 257 แต่ค่าที่ได้จากการทดลองแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับตัวแปรต้นคือ เครื่องกรองที่ติดตั้งและไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ใน 2 นาที ตัวแปรต้นสอดคล้องคือ เครื่องกรองชนิดไส้กรองเดี่ยวและคู่ อัตราการไหลของน้ำประปา 2 4 6 และ 8 ลิตร/นาที รวมถึงระดับความเหมาะสมในการใช้งานจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน ซึ่งมีความเชี่ยวชาญด้านอิเล็กทรอนิกส์ ด้านไฟฟ้า และด้านเครื่องกล จากผลการทดลองและแบบสอบถามสามารถสรุปได้ในเรื่องที่สำคัญ ดังนี้

1. การประเมินเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกรองและฆ่าเชื้อโรคด้วยแสง
 อุลตราไวโอเล็ต ระหว่างการติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองเดี่ยว
 กับไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองเดี่ยว และการติดตั้งอุปกรณ์
 หน่วยเวลาในท่อกรองคู่กับไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองคู่ โดยการเปรียบเทียบ
 ดังกล่าวจะทำหน้าที่หน่วยเวลา 2 นาที เพื่อไม่ให้น้ำไหลออกจากเครื่องระหว่างการอุ่น
 หลอดแสงอุลตราไวโอเล็ต ผลการเปรียบเทียบได้วัดจากการตรวจสอบคุณภาพน้ำ
 ดังต่อไปนี้

1.1 คุณภาพน้ำด้านกายภาพ ประกอบด้วย กลิ่น รส ความขุ่น
 ค่าความเป็นกรดเบส การติดตั้งและไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อ
 กรองเดี่ยวและท่อกรองคู่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 257 ทั้งหมด

1.1.1 กลิ่น การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองเดี่ยว
 ไม่แตกต่างจากการไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองเดี่ยว คือต้องไม่เป็นที่น่า
 รังเกียจ ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด

การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองคู่ไม่แตกต่างจากการ
 ไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองคู่ ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด
 ท่อกรองเดี่ยวมีคุณภาพน้ำด้านกลิ่นได้ตามมาตรฐานซึ่ง
 ไม่แตกต่างจากท่อกรองคู่

1.1.2 รส การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองเดี่ยว
 ไม่แตกต่างจากการไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองเดี่ยว คือต้องไม่เป็นที่น่า
 รังเกียจ ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด

การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองคู่ไม่แตกต่างจากการ
 ไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองคู่ ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด
 ท่อกรองเดี่ยวมีคุณภาพน้ำด้านรสได้ตามมาตรฐานซึ่งไม่แตกต่าง
 จากท่อกรองคู่

1.1.3 ความขุ่น ตามมาตรฐานต้องไม่เกิน 6 ซิลิกา การติดตั้ง
 อุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองเดี่ยวไม่แตกต่างจากการไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อ
 กรองเดี่ยว ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด

การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองคูไม่แตกต่างจากการ
ไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองคู ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด
จากงานวิจัยพบว่า ท่อกรองเดี่ยวมีคุณภาพน้ำสูงกว่าท่อกรองคู
ในด้านความขุ่น ที่ค่าเฉลี่ย 0.29 ซิลิกา เทียบกับ 0.46 ซิลิกา

1.1.4 ค่าความเป็นกรดเบสตามมาตรฐานควรอยู่ในช่วง p^H 6.5 - 8.5
การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองเดี่ยวไม่แตกต่างจากการไม่ติดตั้งอุปกรณ์
หน่วยเวลาในท่อกรองเดี่ยว ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด ที่ค่าเฉลี่ย 7.6 และ 7.4
การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองคูไม่แตกต่างจากการ
ไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองคู ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด ที่ค่าเฉลี่ย 7.8
และ 7.7

จากงานวิจัยพบว่า ท่อกรองเดี่ยวมีคุณภาพสูงกว่าท่อกรองคูใน
ด้านค่าความเป็นกรด และเบส ที่ค่าเฉลี่ย p^H 7.5 เทียบกับ p^H 7.7

อัตราการไหลของน้ำที่ออกจากเครื่องกรอง 2, 4, 6 และ 8
ลิตร/นาที่ ไม่ทำให้คุณภาพน้ำด้านกายภาพแตกต่างกัน

1.2 คุณภาพน้ำด้านเคมี ประกอบด้วย ปริมาณสารทั้งหมด เหล็ก
แมงกานีส แมกนีเซียม แคลเซียม ซัลเฟต คลอไรด์ การติดตั้งและไม่ติดตั้งอุปกรณ์
หน่วยเวลาในท่อกรองเดี่ยวและคู ทั้งหมดผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 257 ทั้งหมด

1.2.1 ปริมาณสารทั้งหมดตามมาตรฐานต้องไม่เกิน 500
มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เดซิเมตร การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองเดี่ยวไม่แตกต่าง
จากการไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองเดี่ยว ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด
ที่ค่าเฉลี่ย 192 และ 180.75 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เดซิเมตร การไม่ติดตั้งมีคุณภาพน้ำที่ดี
กว่าการติดตั้งที่ค่าเฉลี่ย 181 เทียบกับ 192 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เดซิเมตร

การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองคูไม่แตกต่างจากการ
ไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองคู ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด จากงานวิจัย
พบว่า การติดตั้งมีคุณภาพน้ำที่ดีกว่าการไม่ติดตั้งที่ค่าเฉลี่ย 158 เทียบกับ 170 มิลลิกรัม/
ลูกบาศก์เดซิเมตร

จากงานวิจัยพบว่า ท่อกรองคูมีคุณภาพน้ำสูงกว่าท่อกรองเดี่ยว ในด้านปริมาณสารทั้งหมด ที่ค่าเฉลี่ย 164 เทียบกับ 186 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เดซิเมตร

1.2.2 เหล็ก ตามมาตรฐานต้องไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เดซิเมตร การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองเดี่ยวไม่แตกต่างจากการไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองเดี่ยว ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด จากงานวิจัยพบว่า ปริมาณเหล็ก มีค่าเฉลี่ย <0.02 และ <0.02 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เดซิเมตร

การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองคูไม่แตกต่างจากการไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองคู ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด จากงานวิจัยพบว่า ปริมาณเหล็ก มีค่าเฉลี่ย <0.02 และ <0.02 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เดซิเมตร

จากงานวิจัยพบว่า ท่อกรองคูมีคุณภาพด้านเหล็กได้คุณภาพน้ำ ไม่แตกต่างจากท่อกรองเดี่ยว

1.2.3 แอมโมเนีย ตามมาตรฐานต้องไม่เกิน 50 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เดซิเมตร การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองเดี่ยวไม่แตกต่างจากการไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองคู ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด จากงานวิจัยพบว่า การติดตั้งมีคุณภาพน้ำที่ดีกว่าการไม่ติดตั้ง ที่ค่าเฉลี่ย 0.002 เทียบกับ 0.004 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เดซิเมตร

การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองคูไม่แตกต่างจากการไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองคู ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมดที่ จากงานวิจัยพบว่า ทุกตัวอย่างไม่พบแอมโมเนีย

จากงานวิจัยพบว่า ท่อกรองคูมีคุณภาพน้ำสูงกว่าท่อกรองเดี่ยว ในด้านแอมโมเนีย ที่ค่าเฉลี่ย ไม่พบ เทียบกับ 0.003 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เดซิเมตร

1.2.4 แมกนีเซียม ตามมาตรฐานต้องไม่เกิน 50 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เดซิเมตร การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองเดี่ยวไม่แตกต่างจากการไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองเดี่ยว ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมดที่ค่าเฉลี่ย 4.6 และ 4.4 มิลลิกรัม/เดซิเมตร

การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองคูไม่แตกต่างจากการไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองคู ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด จากงานวิจัยพบว่า ที่ทุกตัวอย่างไม่พบแมกนีเซียม

จากงานวิจัยพบว่า ท่อกรองคูมีคุณภาพน้ำสูงกว่าท่อกรองเดี่ยว
ในด้านแอมโมเนียไนโตรเจน ที่ค่าเฉลี่ย ไม่พบ เทียบกับ 4.46 มิลลิกรัม/เดซิเมตร

1.2.5 แคลเซียม ตามมาตรฐานต้องไม่เกิน 75 มิลลิกรัม/
ลูกบาศก์เดซิเมตร การติดตั้ง
อุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองเดี่ยวไม่แตกต่างจากการไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อ
กรองเดี่ยว ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด ที่ค่าเฉลี่ย 18.8 และ 17.3 มิลลิกรัม/
ลูกบาศก์เดซิเมตร

การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองคูไม่แตกต่างจากการ
ไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองคู ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด ที่ค่าเฉลี่ย 0.03
และ 0.08 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เดซิเมตร

จากงานวิจัยพบว่า ท่อกรองคูมีคุณภาพน้ำสูงกว่าท่อกรองเดี่ยว
ในด้านแคลเซียม ที่ค่าเฉลี่ย 0.058 เทียบกับ 18.112 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เดซิเมตร

1.2.6 ซัลเฟต ตามมาตรฐานต้องไม่เกิน 200 มิลลิกรัม/
ลูกบาศก์เดซิเมตร การติดตั้ง
อุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองเดี่ยวไม่แตกต่างจากการไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อ
กรองเดี่ยว ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด ที่ค่าเฉลี่ย 53 และ 52.25 มิลลิกรัม/
ลูกบาศก์เดซิเมตร

การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองคูไม่แตกต่างจากการ
ไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองคู ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด ที่ค่าเฉลี่ย
45.25 และ 43.75 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เดซิเมตร

จากงานวิจัยพบว่า ท่อกรองคูมีคุณภาพน้ำสูงกว่าท่อกรองเดี่ยว
ในด้านซัลเฟต ที่ค่าเฉลี่ย 44.5 เทียบกับ 52.625 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เดซิเมตร

1.2.7 คลอไรด์ ตามมาตรฐานต้องไม่เกิน 250 มิลลิกรัม/
ลูกบาศก์เดซิเมตร การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองเดี่ยวไม่แตกต่างจากการไม่
ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองเดี่ยว ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมดที่ค่าเฉลี่ย 19.5
และ 19.0 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เดซิเมตร

การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองคูไม่แตกต่างจากการ
ไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองคู ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด ที่ค่าเฉลี่ย 15.0
และ 14.5 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เดซิเมตร

จากงานวิจัยพบว่า ท่อกรองคูมีคุณภาพน้ำสูงกว่าท่อกรองเดี่ยว
ในด้านคลอไรด์ มีค่าเฉลี่ย 14.75 เทียบกับ 19.25 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เดซิเมตร

อัตราการไหลของน้ำที่ออกจากเครื่องกรองไม่ทำให้คุณภาพน้ำ
ด้านเคมีแตกต่างกัน

1.3 คุณภาพน้ำด้านจุลชีววิทยา ประกอบด้วย สแตนด์การ์ดเพลตเคานต์
(Standard Plate Count) อี โคไล (E.coli) และ เอ็ม พี เอ็น (MPN) การติดตั้งและ
ไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองเดี่ยวและคูทั้งหมดผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 257
ทั้งหมด

1.3.1 สแตนด์การ์ดเพลตเคานต์ (Standard Plate Count) ตาม
มาตรฐานต้องไม่เกิน 500 โคโลนี/ลูกบาศก์เซนติเมตร การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาใน
ท่อกรองเดี่ยวไม่แตกต่างจากการไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองเดี่ยว ซึ่งผ่าน
เกณฑ์มาตรฐานทั้งหมดค่าเฉลี่ย 6.95 และ 41.25 โคโลนี/ลูกบาศก์เซนติเมตร
จากงานวิจัยพบว่า การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์มีคุณภาพน้ำที่ดีกว่าการไม่
ติดตั้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.5

การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองคูไม่แตกต่างจากการ
ไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองคู ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด มีค่าเฉลี่ย 38.5
และ 120.1 โคโลนี/ลูกบาศก์เซนติเมตร จากงานวิจัยพบว่า การติดตั้งอุปกรณ์หน่วย เวลา
มีคุณภาพน้ำที่ดีกว่าการไม่ติดตั้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.5

จากงานวิจัยพบว่า ท่อกรองเดี่ยวมีคุณภาพน้ำสูงกว่าท่อกรองคู
ในด้านสแตนด์การ์ดเพลตเคานต์ ที่ค่าเฉลี่ย 24.10 เทียบกับ 46.67 ค่าดังกล่าว
มีหน่วยโคโลนี/ ลูกบาศก์เซนติเมตร

1.3.2 อี โคไล (E.Coil) ตามมาตรฐานต้องไม่มีการติดตั้ง
อุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองเดี่ยวไม่แตกต่างจากการไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อ
กรองเดี่ยว ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด จากงานวิจัยไม่พบ E.Coil ดังกล่าว

การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองคูไม่แตกต่างจากการ
ไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองคู ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด จากงานวิจัย
ไม่พบ E.Coli ดังกล่าว

จากงานวิจัยพบว่า ท่อกรองเดียวไม่พบ E.Coli เช่นเดียวกับ
น้ำที่ผ่านท่อกรองคู

1.3.3 เอ็ม พี เอ็น (MPN) ตามมาตรฐานต้องน้อยกว่า 2.2

โคลิฟอร์มออร์แกนีสซึม/ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อ
กรองเดียวไม่แตกต่างจากการไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองเดียว ซึ่งผ่านเกณฑ์
มาตรฐานทั้งหมด จากงานวิจัยพบว่า มีค่าเฉลี่ยน้อยกว่า 1.1 และน้อยกว่า 1.1 ออร์แก -
นิสซึม/100 ลูกบาศก์ เซนติเมตร

การติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองคูไม่แตกต่างจากการ
ไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองคู ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด จากงาน
วิจัยพบว่า มีค่าเฉลี่ยน้อยกว่า 1.1 และน้อยกว่า 1.1 ออร์แกนีสซึม/100 ลูกบาศก์
เซนติเมตร

จากงานวิจัยพบว่า ท่อกรองเดียวมีปริมาณ เอ็ม พี เอ็น (MPN)
ได้ตามมาตรฐาน ไม่แตกต่างจากท่อกรองคู ที่ค่าเฉลี่ยน้อยกว่า 1.1 ออร์แกนีสซึม
และน้อยกว่า 1.1 ออร์แกนีสซึม/100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

อัตราการไหลของน้ำที่ออกจากเครื่องกรองไม่ทำให้คุณภาพน้ำ
ด้านจุลชีววิทยาแตกต่างกัน

2. การประเมินความเหมาะสมด้านการใช้งาน โดยจะประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ
วิเคราะห์ได้ดังนี้

2.1 ลักษณะทางกายภาพทั่วไป การออกแบบได้อย่างเหมาะสมที่จะนำ
ไปใช้ในครัวเรือน มีค่าเฉลี่ย 4.67 อยู่ในระดับดีมาก ความกระตือรือร้นสวยงามมีค่าเฉลี่ย
3.67 อยู่ในระดับดี ความสวยงามในตัวเรือน มีค่าเฉลี่ย 4.33 อยู่ในระดับดี ความ
แข็งแรงของโครงสร้าง มีค่าเฉลี่ย 4.33 อยู่ในระดับดี ความสะดวกในการแยกประกอบ
มีค่าเฉลี่ย 4.00 อยู่ในระดับดี ดังนั้นลักษณะทางกายภาพทั่วไป มีค่าเฉลี่ย 4.20 ซึ่งอยู่
ในระดับดี

2.2 ลักษณะการใช้งาน ความสะดวกในการใช้งาน มีค่าเฉลี่ย 3.33 อยู่ในระดับพอใช้ ความง่ายในการใช้งาน มีค่าเฉลี่ย 4.00 อยู่ในระดับดี ประหยัดเวลาในการใช้งาน มีค่าเฉลี่ย 4.33 อยู่ในระดับดี ติดตั้งไว้ในส่วนที่เหมาะสม 4.33 อยู่ในระดับดี ควบคุมน้ำไหลออกมาอย่างสม่ำเสมอ มีค่าเฉลี่ย 4.33 อยู่ในระดับดี ดังนั้นลักษณะการใช้งาน มีค่าเฉลี่ย 4.06 อยู่ในระดับดี

2.3 ลักษณะการบำรุงรักษา การตรวจสอบบำรุงรักษาก่อนการใช้เครื่องทำได้ง่าย มีค่าเฉลี่ย 4.33 อยู่ในระดับดี สามารถถอดหรือประกอบได้ง่าย มีค่าเฉลี่ย 4.33 อยู่ในระดับดี วงจรไม่ซับซ้อนสามารถอ่านได้ง่ายเพื่อตรวจวงจร มีค่าเฉลี่ย 4.00 อยู่ในระดับดี การตรวจสอบและบำรุงรักษากล่องควบคุม มีค่าเฉลี่ย 3.66 อยู่ในระดับดี วัสดุในการประกอบเครื่องหาได้ง่ายและราคาถูก มีค่าเฉลี่ย 4.67 อยู่ในระดับดีมาก ดังนั้นลักษณะการบำรุงรักษา มีค่าเฉลี่ย 4.20 อยู่ในระดับดี

2.4 ลักษณะความปลอดภัย การติดตั้งฟิวส์ มีค่าเฉลี่ย 4.33 อยู่ในระดับดี การแปลงกระแสไฟฟ้า 220 โวลต์ เป็น 24 โวลต์ มีค่าเฉลี่ย 4.33 อยู่ในระดับดี การมีกล่องเพื่อป้องกันการสัมผัสวงจรโดยตรง มีค่าเฉลี่ย 4.33 อยู่ในระดับดี ตัวหน่วยงานอย่างเป็นปกติ มีค่าเฉลี่ย 4.67 อยู่ในระดับดีมาก มีไฟเตือนเมื่อเกิดความผิดปกติขึ้นมีค่าเฉลี่ย 3.67 อยู่ในระดับดี ดังนั้นลักษณะความปลอดภัย มีค่าเฉลี่ย 4.26 อยู่ในระดับดี

2.5 สรุปผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมในการใช้งานของอุปกรณ์หน่วยเวลา

ความเหมาะสมในการใช้งานสามารถวิเคราะห์ผลด้านลักษณะทางกายภาพทั่วไป ลักษณะการใช้งาน ลักษณะการบำรุงรักษา ลักษณะความปลอดภัย ทั้งหมดค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.18 ซึ่งแปลความอยู่ในระดับดี

2.6 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

กล่องควบคุมควรมีช่องระบายความร้อน การติดตั้งกล่องควบคุมไม่ควรอยู่ใกล้ทางน้ำไหล ท่อน้ำควรจะเป็น PVC แบบด้ายถัก และควรป้องกันไม่ให้ผู้ใช้งานสัมผัสกับแสง UV โดยตรง

อภิปรายผล

จากผลการทดลองที่ได้ทดลองมาปรากฏว่า สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ดังต่อไปนี้

คุณภาพน้ำที่ผ่านการทดลองทุกตัวอย่างในด้านคุณลักษณะทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลชีววิทยา ได้น้ำที่มีคุณภาพน้ำได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 257 - 2521 ซึ่งรายงานผลโดยกองอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข สอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 1 อีกทั้งประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคของหลอดแสงอุลตราไวโอเลตที่ติดตั้งอุปกรณ์หนึ่งเวลามีประสิทธิภาพสูงกว่าการไม่ติดตั้งอุปกรณ์หนึ่งเวลา ซึ่งดูผลจากปริมาณของจุลชีววิทยาที่มีจำนวนที่น้อยกว่า ในส่วนของ Standard Plate Count ค่า E.Coli และค่า MPN สอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 2 ในด้านการประเมินความเหมาะสมการใช้งานจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 คน ได้แก่ ด้านอิเล็กทรอนิกส์ ด้านไฟฟ้า ด้านเครื่องกล ซึ่งประเมินจากทางด้านลักษณะทางกายภาพทั่วไป ลักษณะการใช้งาน ลักษณะการบำรุงรักษา และลักษณะความปลอดภัย จากการประเมินจะอยู่ในระดับดี ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 3 องค์ประกอบที่ทำให้งานวิจัยได้ผลตามที่ตั้งสมมติฐานไว้คือ

1. เครื่องกรองน้ำการประปานครหลวงสำหรับดื่มภายในครัวเรือนระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเลต ที่ติดตั้งอุปกรณ์หนึ่งเวลาอิเล็กทรอนิกส์ สามารถกรองน้ำและฆ่าเชื้อโรคได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 257 - 2521 ของกระทรวงอุตสาหกรรม ได้ตรงตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ในข้อที่ 1 เพราะจากผลการทดลองพบว่า

- 1.1 คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ ประกอบด้วย กลิ่น รส ความขุ่น และค่าความเป็นกรดเบส มีคุณภาพน้ำได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งท่อกรองเดียวทำให้น้ำมีคุณภาพสูงกว่าท่อกรองคู่ เนื่องจากระยะทางที่น้ำไหลออกจากท่อกรองเดียว มีระยะใกล้กว่าท่อกรองคู่ทำให้น้ำมีโอกาสปนเปื้อนน้อยกว่า

- 1.2 คุณภาพน้ำทางด้านเคมี ประกอบด้วย ปริมาณสารทั้งหมด แอมโมเนียส แมกนีเซียม แคลเซียม ซัลเฟต และคลอไรด์ ในท่อกรองเดียว และท่อกรองคู่ มีคุณภาพน้ำได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งท่อกรองคู่ทำให้น้ำมีคุณภาพสูงกว่าท่อกรองเดียว เนื่องจากขั้นตอนการกรองมีเรซินเพิ่มเข้ามา ซึ่งช่วยในการปรับความกระด้างและลดปริมาณสารเคมีในน้ำประปาได้ดีกว่า

1.3 คุณภาพน้ำทางด้านจุลชีววิทยา ประกอบด้วย สแตนด์การ์ด เพลตเคานต์ ด้านอีโวล และMPN ในท่อกรองเดี่ยวและท่อกรองคู่ มีคุณภาพน้ำได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน อาจเป็นเพราะหลอดแสงอุลตราไวโอเล็ตมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อ ไม่ว่าจะมีการหน่วงหรือไม่หน่วงเวลา

2. การติดตั้งอุปกรณ์หน่วงเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองคู่และท่อกรองเดี่ยว มีคุณภาพน้ำทางด้านจุลชีววิทยาใน 2 นาทีแรก สูงกว่าการไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วงเวลาอิเล็กทรอนิกส์ในท่อกรองคู่และเดี่ยว ตรงตามที่สมมติฐานข้อที่ 2 เนื่องจากก่อนการใช้หลอดอุลตราไวโอเล็ตต้องอุ่นหลอดประมาณ 2 นาที ดังนั้นจึงต้องมีอุปกรณ์หน่วงเวลาไม่ให้น้ำไหลผ่านออก เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำที่ยังไม่ได้ฆ่าเชื้อผ่านออกไป (มันสัน ตันทุลเวศม์. 2538 : 216)

3. อุปกรณ์หน่วงเวลาอิเล็กทรอนิกส์ถูกประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมด้านการใช้งานอยู่ในระดับดี ตรงตามสมมติฐานข้อที่ 3 เพราะลักษณะด้านทางกายภาพมีความแข็งแรงออกแบบได้อย่างเหมาะสม ลักษณะการใช้งานมีความง่าย สะดวกต่อการใช้งาน ลักษณะการบำรุงรักษาง่ายต่อการซ่อมบำรุง ลักษณะความปลอดภัยออกแบบไว้รัดกุมเหมาะสมเพื่อป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้า

ข้อเสนอแนะ

เพื่อให้การวิจัยนี้เกิดประโยชน์สูงสุด ผู้วิจัยจึงได้เสนอแนะการนำผลการวิจัยมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน และงานวิจัยที่ควรจะพัฒนาในอนาคต ดังนี้

1. การนำผลการวิจัยมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

จากข้อมูลงานวิจัย พบว่า คุณภาพน้ำที่ได้โดยผ่านการกรองและฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ตทั้ง 4 ตัวอย่างคือ ท่อกรองเดี่ยวหน่วงเวลา ท่อกรองเดี่ยวไม่หน่วงเวลา ท่อกรองคู่หน่วงเวลา และท่อกรองคู่ไม่หน่วงเวลา คุณภาพของน้ำดังกล่าวทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำบริโภคตาม มอก. 257 ผู้วิจัยจึงขอเสนอแนะว่า ถ้าต้องการเพียงแต่น้ำบริโภคที่สะอาดตามมาตรฐาน มอก. 257 ก็ไม่จำเป็นที่จะต้องซื้อเครื่องกรองคู่ให้สิ้นเปลืองเงิน เครื่องกรองเดี่ยวระบบแสงอุลตราไวโอเล็ต ก็สามารถกรองและฆ่าเชื้อโรค

ได้อย่างเพียงพอ แต่จะต้องให้เวลาให้หลอดแสงอุลตราไวโอเล็ตได้อุ่นตัว 2 นาที เพื่อประสิทธิภาพสูงสุดในการฆ่าเชื้อโรคเสมอ

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรศึกษาพัฒนาอุปกรณ์ตรวจสอบคุณภาพน้ำที่สามารถติดตั้งกับตัวเครื่องกรองน้ำ โดยผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบคุณภาพน้ำที่ได้ตามความต้องการ และใช้งานง่ายและสะดวก

2.2 ควรศึกษาพัฒนาอุปกรณ์ตรวจสอบคุณภาพไส้กรอง ให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบได้ง่ายและสะดวก เพื่อการเปลี่ยนไส้กรอง หรือล้างไส้กรอง จากการที่ได้ใช้ไส้กรองให้ได้ยาวนานคุ้มค่าที่สุด

2.3 ควรศึกษาพัฒนาวัสดุที่ใช้ในการทำตัวเครื่องกรองน้ำให้มีคุณลักษณะที่เบา แข็งแรง และปลอดภัย

2.4 ควรศึกษาพัฒนาหลอดแสงอุลตราไวโอเล็ตให้มีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าในปัจจุบัน

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- การประปานครหลวง. โรงกรองน้ำประปาบางเขน. กรุงเทพฯ : สำนักงานการประปา
นครหลวง, 2540.
- เกรียงศักดิ์ เลิศสุดินันท์. การศึกษาผลของการกระจายเวลาต่อผลงานศาสตร์การฆ่า
เชื้อโรคจุลินทรีย์ในน้ำด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ต. วิทยานิพนธ์ วศ.ม.
กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2536. ถ่ายเอกสาร.
- เกรียงศักดิ์ อุคมสินโรจน์. วิศวกรรมประปา. กรุงเทพฯ : มิตรนราการพิมพ์, 2536.
- “เครื่องกรองน้ำ,” ใน วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ. หน้า 116. กรุงเทพฯ :
ม.ป.ท., 2531.
- จิราพร สมนาวรรณ. การใช้รังสีอัลตราไวโอเล็ตฆ่าเชื้อโรคในน้ำสำหรับดื่ม. เชียงใหม่ :
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2530.
- จूरีย์ บริสุทธนารักษ์ และคณะ. “การสำรวจคุณภาพน้ำบริโภคจากโรงเรียนในจังหวัด
เชียงใหม่,” ใน วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. หน้า 25 - 38.
เชียงใหม่. โรงพยาบาลเชียงใหม่, 2531.
- _____ น้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทในภาคเหนือ. เชียงใหม่ :
ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์เขต 10, 2535.
- จำริญ ยาสุมุท และคณะ. “การวิเคราะห์น้ำป้อนทางด้านแบคทีเรียในจังหวัด
เชียงใหม่,” ใน วารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่. หน้า 75 - 80.
เชียงใหม่ : โรงพยาบาลเชียงใหม่, 2531.
- ชลทิพย์ นาคาสัย. “เครื่องกรองน้ำดื่ม - น้ำใช้ภายในบ้าน,” ใน หมอชาวบ้าน. หน้า
41 - 42. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์หมอชาวบ้าน, 2536.
- ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. “รีเลย์,” ใน คู่มืออิเล็กทรอนิกส์. หน้า 148 กรุงเทพฯ :
ห้างหุ้นส่วนจำกัด เอช - เอน การพิมพ์, 2538.
- ญาณิ วรรณสถิตย์ และคณะ. การยกระดับมาตรฐานการผลิตของอุตสาหกรรม
ผลิตน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะ
กรรมการอาหาร, กระทรวงสาธารณสุข, 2532.

คุณฉวี สุทธปรียาศรี. คุณภาพน้ำดื่มในเขตเมืองกรุงเทพมหานคร. กรุงเทพฯ :

คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2537.

คุณฉวี สุทธปรียาศรี และคณะ. คุณภาพน้ำดื่มในกรุงเทพ. กรุงเทพฯ : คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2539.

ทวีเกียรติ เลาหะวลีสันต์ และคณะ. ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทในจังหวัดสงขลา. สงขลา : สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดสงขลา, 2536.

นิทรา เนื่องจำนงค์ และคณะ. “คุณภาพน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทในเขตภาคเหนือตอนล่าง,” ใน วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. หน้า 203 - 208.

พิษณุโลก : ห้างหุ้นส่วนจำกัด อรุณการพิมพ์, 2539.

นิรัตน์ เตียสุวรรณ. “น้ำบริโภค,” ใน วารสารการประปาส่วนภูมิภาค. หน้า 18.

กรุงเทพฯ : ม.ป.ท., 2540.

นฤมล เหลืองดำรงกิจ และคณะ. คุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำแข็ง น้ำผลิตอาหารและน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท. กรุงเทพฯ : กองวิเคราะห์อาหารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2534.

ประทุม ชูรัตน์ และคณะ. คุณภาพน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน 10 จังหวัด. ขอนแก่น : ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ เขต 4, 2534.

พงษ์เทพ วิไลพันธ์. “น้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท,” ใน อาหาร. หน้า 157 - 165. กรุงเทพฯ : บริษัทประชาชน จำกัด, 2540.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.

พิชิต บุตรสิงห์. สภาพของการผลิตน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทของสถานที่ผลิตในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2540. ถ่ายเอกสาร.

ภูสิทธิ์ บวรวัฒนดิลก. “หม้อแปลงและรีเลย์,” ใน อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น. หน้า 119 - 121. กรุงเทพฯ : บริษัทสยามสปอร์ตซินดิเคท จำกัด, 2538.

มานิต พันธาสุ และ นิทรา เนื่องจำนง. จำนวนจุลินทรีย์ที่พบในภาชนะบรรจุน้ำดื่ม
ซึ่งนำกลับมาใช้ซ้ำและผลการใช้สารละลายผงปูนคลอรีนช่วยในการทำ ความ

สะอาด. พิษณุโลก : ฝ่ายเภสัชกรรม สำนักงานสาธารณสุข, 2537.

มันสิน ตันทุลเวศม์. วิศวกรรมการประปา เล่ม 1. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ :

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537.

..... วิศวกรรมการประปา. เล่ม 2. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ :

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.

ไมตรี ลิ้มปิจาติ. “มาดื่มน้ำประปา กันเถอะ,” ใน วารสารการประปานครหลวง.

หน้า 33 - 35. กรุงเทพฯ : 2539.

เย็น ภู่วรรณ. “รีเลย์,” ใน อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น. หน้า 13 - 15. กรุงเทพฯ :

สยามสปอร์ตซินดิเคท จำกัด, 2538.

“ระวังน้ำดื่มไม่ผ่านมาตรฐานระบาด,” ใน เสียงผู้บริโภค. หน้า 8. กรุงเทพฯ :

2540.

สุพจน์ ดิยาภรณ์. เครื่องกรองน้ำแบบสำเร็จภาคเหนือ. เชียงใหม่ : คณะวิศวกรรม

ศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2527.

สมพร ตันสกุล และคณะ. “การตรวจสอบคุณภาพน้ำอุปโภคบริโภคในหมู่บ้าน

รอบอ่าวปัตตานี โดยใช้แบคทีเรียเป็นดัชนีบ่งบอก,” ใน วารสารสงขลา

นครินทร์. หน้า 487 - 494. ปัตตานี : 2540.

ศุภวรรณ จีจิดัตต์รัตน์ และคณะ. “การศึกษาคุณภาพน้ำอุปโภค - บริโภค ในเขตจังหวัด

เชียงรายและพะเยา,” ใน วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. กรุงเทพฯ :

2539.

อนามัย, กรม. การสำรวจคุณภาพน้ำประปาในประเทศไทย. กรุงเทพฯ : กองอนามัย

สิ่งแวดล้อม กรมอนามัย, 2528.

อรรถกร คำธิตา. จลนศาสตร์ของการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำ โดยใช้แสงอัลตราไวโอเล็ต.

วิทยานิพนธ์ วศ.ม. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2529.

ถ่ายเอกสาร.

อุตสาหกรรม, กระทรวง. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค เล่ม 1 ข้อกำหนด
เกณฑ์คุณภาพ (มอก. 257 เล่ม 1 - 2521).** กรุงเทพฯ : สำนักงานกระทรวง
อุตสาหกรรม, 2521.

Borup, M.B., and V.D. Adams. "Upgrading Wastewater Lagosn Effluents with the
UV/Sedimentation Process," **JWPCF.** 57(3) : 196 - 200 ; 1985.

Radley, J.A., and J. Grant, **Fluorescence Analysis in Ultraviolet Light.** 4th. ed.,
Chapman & haul Ltd., London, 16 - 17, 1954.

Severin, B.F., Suidan, M.T. and Engelbrecht, RS., "Mixing Effect in UV
Disinfection," **Journal of Water Pollution Control Federal.** 56(7) : 881 -
888 ; 1984.

Severin, B.F. and Suidan, M.T., "Ultraviolet Disinfection for Municipal Wastewater,"
Journal of Water Pollution Control Federal. 81(4) : 37 - 44 ; 1985.

Sobotka, J., and B. Krzysztofise., "Biochemical Changes Drawing UV Disinfection,"
Effluent and Water Treatment Journal. 20(8) : 295 - 298 ; 1984.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
แบบสอบถามเพื่อการวิจัย

แบบสอบถาม

เรื่อง

การสร้างอุปกรณ์หน่วยเวลาที่ติดตั้งกับเครื่องกรองน้ำประปานครหลวงสำหรับดื่มภายใน
ครัวเรือนระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ต

แบบประเมินชุดนี้ เป็นแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการ
ออกแบบ และสร้างอุปกรณ์หน่วยเวลาที่ติดตั้งกับเครื่องกรองน้ำระบบฆ่าเชื้อโรค ด้วย
อุลตราไวโอเล็ตเกี่ยวกับความเหมาะสมด้านการใช้งาน

คำชี้แจง แบบประเมินชุดนี้แบ่งออกเป็น 4 ตอนคือ

ตอนที่ 1 วัตถุประสงค์ของแบบประเมิน

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญ ประกอบด้วยคำถาม
จำนวน 5 ข้อ

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างอุปกรณ์หน่วยเวลา
ที่ติดตั้งกับเครื่องกรองน้ำระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ต จำนวน 5 ข้อ
สามารถจำแนกได้ดังนี้

1. ลักษณะทางกายภาพ 5 ข้อ
2. ลักษณะการใช้งาน 5 ข้อ
3. ลักษณะการบำรุงรักษา 5 ข้อ
4. ลักษณะความปลอดภัย 5 ข้อ

ตอนที่ 4 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

ตอนที่ 1 วัตถุประสงค์ของแบบประเมิน

แบบประเมินชุดนี้สร้างขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือในงานวิจัย มีวัตถุประสงค์เพื่อ
สำรวจความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างอุปกรณ์หน่วยเวลา ที่ติดตั้งในกล่อง
ควบคุมของเครื่องกรองน้ำระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ต เกี่ยวกับความ
เหมาะสมในด้านการใช้งานของเครื่องดังกล่าวที่ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้าง

ดังนั้นแบบประเมินนี้จึงมีสาระครอบคลุมด้านความเหมาะสมในการใช้งานไว้
ดังนี้

1. ลักษณะทางกายภาพ
2. ลักษณะการใช้งาน
3. ลักษณะการบำรุงรักษา
4. ลักษณะความปลอดภัย

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญ

กรุณาเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในกรอบ () หน้าข้อความที่ตรงกับความเป็นจริงและ/หรือเติมคำหรือข้อความลงในช่องว่าง

1. เพศ

() ชาย () หญิง

2. อายุ.....ปี

3. ระดับการศึกษา

() ประถมศึกษา

() มัธยมศึกษา หรือเทียบเท่า

() ปริญญาตรี หรือเทียบเท่า

() อื่น ๆ (ระบุ).....

4. ประสบการณ์ด้านการออกแบบและผลิตที่เกี่ยวข้องกับเครื่องกรองน้ำระบบฆ่าเชื้อโรค
ด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ต.....ปี

5. ตำแหน่งหน้าที่ในปัจจุบัน.....

.....

6. อื่น ๆ (ระบุ).....

.....

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างอุปกรณ์หน่วยเวลาที่ติดตั้งกับเครื่องกรองน้ำระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ต ในการประเมินความเหมาะสมด้านการใช้งาน

ข้อเสนอแนะในการตอบแบบประเมิน

1. แบบประเมินในตอนที่ 3 จะเป็นแบบสอบถามความคิดเห็นในเนื้อหาเกี่ยวกับความคิดเห็นของท่านจากการประเมินอุปกรณ์หน่วยเวลาที่ติดตั้งกับเครื่องกรองน้ำระบบฆ่าเชื้อโรค ด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ต มี 20 ข้อ

2. โปรดเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับตามความคิดเห็นของท่านหลังจากประเมินความเหมาะสมด้านการใช้งาน

3. ค่าระดับคะแนนกำหนดได้ดังนี้

5	หมายถึง	ผลการประเมินในระดับดีมาก
4	หมายถึง	ผลการประเมินในระดับดี
3	หมายถึง	ผลการประเมินในระดับพอใช้
2	หมายถึง	ผลการประเมินในระดับต้องปรับปรุง
1	หมายถึง	ผลการประเมินในระดับใช้ไม่ได้

ความคิดเห็นของผู้ประเมินอุปกรณ์หน่วยเวลาที่ติดตั้งกับเครื่องกรองน้ำประปาชนิดท่อกรองเดี่ยวและคู่ระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ต

ข้อที่	รายละเอียด	ระดับการประเมิน				
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง	ใช้ไม่ได้
		5	4	3	2	1
	ลักษณะทางกายภาพทั่วไป					
1	การออกแบบได้อย่างเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในครัวเรือน.....	.....	.....	.....	.....	.....
2	ความกระตือรือร้นสวยงาม.....	.....	.....	.....	.....	.....
3	ความสวยงามในตัวเครื่อง.....	.....	.....	.....	.....	.....
4	ความแข็งแรงของโครงสร้าง.....	.....	.....	.....	.....	.....

ข้อที่	รายละเอียด	ระดับการประเมิน				
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง	ใช้ไม่ได้
		5	4	3	2	1
5	ความสะดวกในการแยกประกอบ.....	.....	.....	.....	.....	.....
	ลักษณะการใช้งาน					
1	ความสะดวกในการใช้งาน.....	.....	.....	.....	.....	.....
2	ความง่ายในการใช้งาน.....	.....	.....	.....	.....	.....
3	ประหยัดเวลาในการใช้งาน.....	.....	.....	.....	.....	.....
4	ติดตั้งไว้ในส่วนที่เหมาะสม.....	.....	.....	.....	.....	.....
5	ควบคุมน้ำไหลออกมาอย่างสม่ำเสมอ.....	.....	.....	.....	.....	.....
	ลักษณะการบำรุงรักษา					
1	การตรวจสอบบำรุงรักษาก่อนการใช้เครื่องทำได้ง่าย.....	.....	.....	.....	.....	.....
2	สามารถถอดหรือประกอบได้ง่าย.....	.....	.....	.....	.....	.....
3	วงจรไม่ซับซ้อนสามารถอ่านได้ง่ายเพื่อการตรวจวงจร.....	.....	.....	.....	.....	.....
4	การตรวจสอบและบำรุงรักษากล่องควบคุม.....	.....	.....	.....	.....	.....
5	วัสดุในการประกอบตัวเครื่องหาได้ง่ายและราคาถูก.....	.....	.....	.....	.....	.....
	ลักษณะความปลอดภัย					
1.	การติดตั้งฟิวส์.....	.....	.....	.....	.....	.....
2.	แปลงกระแสไฟฟ้าจาก 220 โวลต์ เป็น 24 โวลต์.....	.....	.....	.....	.....	.....
3.	มีกล่องเพื่อป้องกันการสัมผัสวงจรโดยตรง.....	.....	.....	.....	.....	.....
4.	ตัวหน่วงทำงานอย่างเป็นปกติ.....	.....	.....	.....	.....	.....
5.	มีไฟเตือนเมื่อเกิดความผิดปกติขึ้น.....	.....	.....	.....	.....	.....

ตอนที่ 4 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

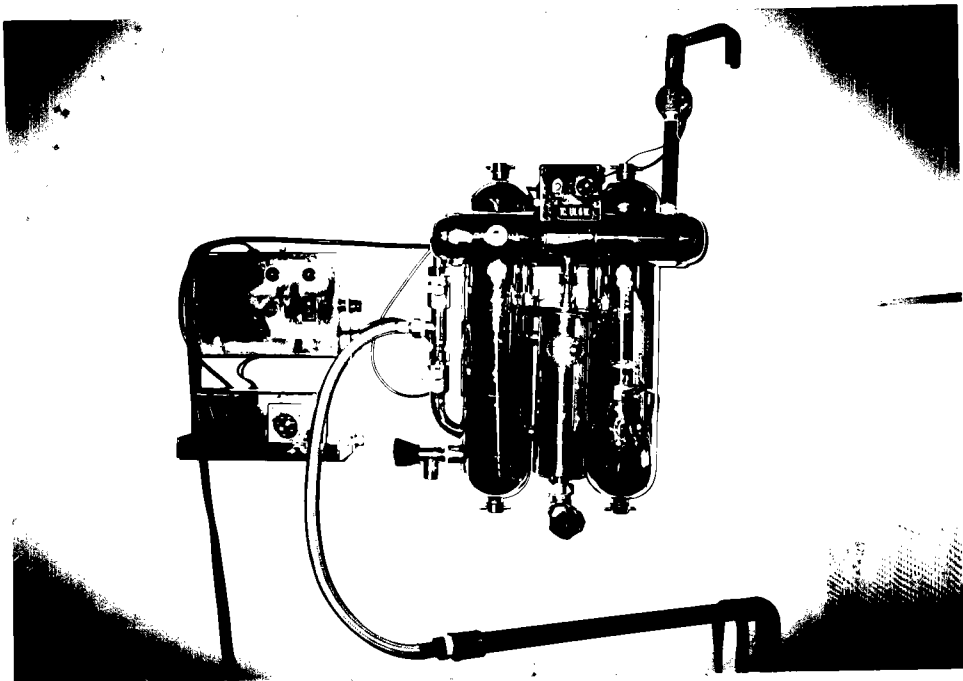
.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ข
ภาพถ่ายของเครื่องมือการใช้งาน



ภาคผนวก ก
หนังสือขอความอนุเคราะห์

ที่ ทม 1007/ 415๙



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๙ สิงหาคม 2542

เรื่อง ขอความร่วมมือเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการกองอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข

เนื่องด้วย นายวสันต์ นาคเสนีย์ นิสิตปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กำลังดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การออกแบบและสร้างชุดอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้งานร่วมกับหลอดแสงอุลตราไวโอเลตในเครื่องกรองน้ำประปานครหลวง สำหรับดื่มภายในครัวเรือน" โดยมี ดร.บรรชา รัตนชัย และ อาจารย์วิโรจน์ เอ็งสุโสภณ เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย โดยขออนุญาตใช้ห้องปฏิบัติการ (LAB) กองอาหาร ในการทดลองวิจัยการวิเคราะห์น้ำ และรับรองผลการวิเคราะห์ด้านคุณลักษณะทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลชีววิทยาของน้ำ จำนวน 16 ตัวอย่าง โดยขออนุญาตให้นางสาวกรรณิกา จิตติยศรา นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ 5 และนางสาวปิยมาศ รอดมา นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ 4 เป็นผู้ทำการวิเคราะห์ ในระหว่างเดือนสิงหาคม - กันยายน 2542

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่าน ได้โปรดพิจารณาให้ นายวสันต์ นาคเสนีย์ ได้เก็บข้อมูลในการทำปริญญานิพนธ์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร./โทรสาร. 258-4119

ที่ ทม 1007/ 4630



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๒๖ กรกฎาคม 2542

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้จัดการบริษัท เคลแมกซ์แมชชีนเนอร์รี่ จำกัด

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสอบถาม

เนื่องด้วย นายวสันต์ นาคเสนีย์ นิสิตปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กำลังดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การออกแบบและสร้างชุดอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้งานร่วมกับหลอดแสงอุลตราไวโอเล็ต" โดยมี ดร.บรรชา รัตนชัย และ อาจารย์วิโรจน์ เอ็งสุโสภณ เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำวิทยานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญอาจารย์ประเสริฐ ว่างสุข และ อาจารย์สนธิ์ สุกุล เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่าน ได้โปรดพิจารณาให้บุคลากรในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายวสันต์ นาคเสนีย์ ซึ่งเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร./โทรสาร. 258-4119

ที่ ทม 1007/ 4014



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๒๐ กรกฎาคม 2542

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้จัดการบริษัท ชลัมเบอร์เจอร์อินเตอร์ีส (ประเทศไทย) จำกัด

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสอบถาม

เนื่องด้วย นายวสันต์ นาคเสนีย์ นิสิตปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กำลังดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การออกแบบและสร้างชุดอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้งานร่วมกับหลอดแสงอุลตราไวโอเล็ต" โดยมี ดร.บรรชา รัตนวัย และ อาจารย์วิโรจน์ เอ็งสุโสภณ เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำวิทยานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ ดร.ศิริพงษ์ เขยพันธุ์ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่าน ได้โปรดพิจารณาให้บุคลากรในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายวสันต์ นาคเสนีย์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร. เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร./โทรสาร. 258-4119

ภาคผนวก ง
รายงานการตรวจวิเคราะห์น้ำ

ที่ สธ. 0510/4776



กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

กระทรวงสาธารณสุข

88/7 ซ.4 ถ.ติวานนท์ นนทบุรี 11000

เรื่อง รายงานการตรวจวิเคราะห์

7 ต.ค. 2542

เรียน นายวสันต์ นาคเสนีย์

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ขอแจ้งผลการตรวจวิเคราะห์ น้ำประปา

ซึ่งได้รับเมื่อวันที่ 30 สิงหาคม 2542

พร้อมกับหนังสือที่ -

ลงวันที่ 30 สิงหาคม 2542

ตามรายงานการตรวจวิเคราะห์ท้ายหนังสือนี้

ขอแสดงความนับถือ

(นายประกาย บริบูรณ์)

นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ 8 ว.

กองอาหาร

รักษาราชการแทน ผู้อำนวยการกองอาหาร
ปฏิบัติราชการแทน อธิบดีกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

รายงานการตรวจวิเคราะห์

หมายเลขวิเคราะห์ที่ อ.5565-5580/42

รายละเอียดวัตถุประสงค์ที่ทำการตรวจวิเคราะห์

ชนิดของตัวอย่าง น้ำประปา

ชื่อ	1) ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองเดียว	อัตราการไหล 2 ลิตร/นาที
	2) ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองเดียว	อัตราการไหล 4 ลิตร/นาที
	3) ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองเดียว	อัตราการไหล 6 ลิตร/นาที
	4) ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองเดียว	อัตราการไหล 8 ลิตร/นาที
	5) ไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองเดียว	อัตราการไหล 2 ลิตร/นาที
	6) ไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองเดียว	อัตราการไหล 4 ลิตร/นาที
	7) ไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองเดียว	อัตราการไหล 6 ลิตร/นาที
	8) ไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองเดียว	อัตราการไหล 8 ลิตร/นาที
	9) ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองคู่	อัตราการไหล 2 ลิตร/นาที

xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

หน้า 1/6

ห้ามนำรายงานนี้ไปประกาศโฆษณา

(ว.พ. ๕๒)

รายละเอียดวัตถุที่ทำการตรวจวิเคราะห์

- | | |
|--|--------------------------|
| 10) ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองคู่ | อัตราการไหล 4 ลิตร/นาที่ |
| 11) ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองคู่ | อัตราการไหล 6 ลิตร/นาที่ |
| 12) ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองคู่ | อัตราการไหล 8 ลิตร/นาที่ |
| 13) ไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองคู่ | อัตราการไหล 2 ลิตร/นาที่ |
| 14) ไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองคู่ | อัตราการไหล 4 ลิตร/นาที่ |
| 15) ไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองคู่ | อัตราการไหล 6 ลิตร/นาที่ |
| 16) ไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วยเวลาในท่อกรองคู่ | อัตราการไหล 8 ลิตร/นาที่ |

ผู้ส่ง นายวสันต์ นาคเสนีย์ นิสิตปริญญาโท บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ

สถานที่เก็บ 156/46 ถ.วิภาวดีรังสิต แขวงสีกัน เขตดอนเมือง กทม.

ภาษาชนะบรรจุ ขวดพลาสติกใสสีฟ้า ฝาเกลียวพลาสติกสีขาว ปิดไม่สนิท ขนาดบรรจุ 1.5 ลิตร 15 ขวด
ขวดพลาสติกใส ฝาเกลียวพลาสติกสีน้ำเงิน ปิดไม่สนิท ขนาดบรรจุ 1.5 ลิตร 1 ขวด
และขวดแก้วปราศจากเชื้อ จำนวน 16 ขวด

ลักษณะ ทกตัวอย่าง ของเหลวใส ไม่มีสี กลิ่น และตะกอน

ผลการตรวจวิเคราะห์

ทางกายภาพ	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	มาตรฐาน
pH	7.6	7.7	7.6	6.5-8.5
Turbidity (ซีลีกาสเกล)	0.3	0.2	0.2	ไม่เกิน 5.0
ทางเคมี (มิลลิกรัม/ลิตร)				ไม่เกิน
Total solids	192	181	188	500.0
ความกระด้าง	83	82	83	100.0
เหล็ก	น้อยกว่า 0.02	น้อยกว่า 0.02	น้อยกว่า 0.02	0.3
แมกนีเซียม	4.6	4.6	4.5	-
แมงกานีส	0.002	0.003	0.002	0.05
แคลเซียม	18.8	18.4	18.5	-
ซัลเฟต	52	52	54	250.0
คลอไรด์	20	18	20	250.0

[illegible]

ผลการตรวจวิเคราะห์	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	มาตรฐาน
ทางจุลชีววิทยา				
MPN Coliforms/100 มิลลิลิตร	น้อยกว่า 1.1	น้อยกว่า 1.1	น้อยกว่า 1.1	น้อยกว่า 2.2
<i>E.coli</i> /100 มิลลิลิตร	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด/มิลลิลิตร	19×10^2	670	430	-

ทางกายภาพ	ตัวอย่างที่ 4	ตัวอย่างที่ 5	ตัวอย่างที่ 6	มาตรฐาน
pH	7.7	7.5	7.4	6.5-8.5
Turbidity (ซีลีกาสเกล)	0.2	0.4	0.4	ไม่เกิน 5.0
ทางเคมี (มิลลิกรัม/ลิตร)				ไม่เกิน
Total solids	207	154	183	500.0
ความกระด้าง	83	77	84	100.0
เหล็ก	น้อยกว่า 0.02	น้อยกว่า 0.02	น้อยกว่า 0.02	0.3
แมกนีเซียม	4.7	4.3	4.5	-
แมงกานีส	0.002	0.006	0.006	0.05
แคลเซียม	19.3	18.0	17.2	-
ซัลเฟต	54	48	53	250.0
คลอไรด์	20	17	19	250.0

ทางจุดชีววิทยา	ตัวอย่างน้ำดื่ม	น้ำดื่มบรรจุขวด	น้ำดื่มบรรจุขวด	น้ำดื่มบรรจุขวด
MPN Coliforms/100 มิลลิลิตร	น้อยกว่า 1.1	น้อยกว่า 1.1	น้อยกว่า 1.1	น้อยกว่า 2.2
<i>E.coli</i> /100 มิลลิลิตร	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด/มิลลิลิตร	380	71×10^2	40×10^2	-

ทางกายภาพ	ตัวอย่างที่ 7	ตัวอย่างที่ 8	ตัวอย่างที่ 9	มาตรฐาน
pH	7.4	7.5	7.7	6.5-8.5
Turbidity (ซีลีกาสเกล)	0.3	0.3	0.6	ไม่เกิน 5.0

หน้า 3/6

ผลการตรวจวิเคราะห์

	ตัวอย่างที่ 7	ตัวอย่างที่ 8	ตัวอย่างที่ 9	มาตรฐาน ไม่เกิน
ทางเคมี (มิลลิกรัม/ลิตร)				
Total solids	190	196	167	500.0
ความกระด้าง	82	83	ไม่พบ	100.0
เหล็ก	น้อยกว่า 0.02	น้อยกว่า 0.02	น้อยกว่า 0.02	0.3
แมกนีเซียม	4.3	4.3	ไม่พบ	-
แมงกานีส	0.004	0.003	ไม่พบ	0.05
แคลเซียม	16.9	17.8	0.04	-
ซัลเฟต	54	54	45	250.0
คลอไรด์	20	20	15	250.0

MPN Coliforms/100 มิลลิลิตร	น้อยกว่า 1.1	น้อยกว่า 1.1	น้อยกว่า 1.1	น้อยกว่า 2.2
<i>E.coli</i> /100 มิลลิลิตร	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด/มิลลิลิตร	27×10^2	27×10^2	43×10^3	-

ทางกายภาพ	ตัวอย่างที่ 10	ตัวอย่างที่ 11	ตัวอย่างที่ 12	มาตรฐาน
pH	7.8	7.8	7.8	6.5-8.5
Turbidity (ซีลีกาสเกล)	0.4	0.6	0.3	ไม่เกิน 5.0
ทางเคมี (มิลลิกรัม/ลิตร)				ไม่เกิน
Total solids	140	161	163	500.0
ความกระด้าง	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	100.0
เหล็ก	น้อยกว่า 0.02	น้อยกว่า 0.02	น้อยกว่า 0.02	0.3
แมกนีเซียม	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	-
แมงกานีส	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	0.05
แคลเซียม	0.03	0.03	0.02	-
ซัลเฟต	44	46	46	250.0
คลอไรด์	14	15	16	250.0

[illegible]

ทางจิตชีววิทยา

	ตัวอย่างที่ 10	ตัวอย่างที่ 11	ตัวอย่างที่ 12	มาตรฐาน
MPN Coliforms/100 มิลลิลิตร	น้อยกว่า 1.1	น้อยกว่า 1.1	น้อยกว่า 1.1	น้อยกว่า 2.2
<i>E.coli</i> /100 มิลลิลิตร	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด/มิลลิลิตร	57×10^2	35×10^2	19×10^2	-

ทางกายภาพ	ตัวอย่างที่ 13	ตัวอย่างที่ 14	ตัวอย่างที่ 15	มาตรฐาน
pH	7.7	7.7	7.7	6.5-8.5
Turbidity (ซีลีกาสเกล)	0.5	0.4	0.6	ไม่เกิน 5.0
ทางเคมี (มิลลิกรัม/ลิตร)				ไม่เกิน
Total solids	166	158	162	500.0
ความกระด้าง	6	ไม่พบ	ไม่พบ	100.0
เหล็ก	น้อยกว่า 0.02	น้อยกว่า 0.02	น้อยกว่า 0.02	0.3
แมกนีเซียม	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	-
แอมโมเนีย	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	0.05
แคลเซียม	0.18	0.08	0.04	-
ซัลเฟต	39	44	46	250.0
คลอไรด์	13	14	15	250.0

ทางจุลชีววิทยา	ตัวอย่างน้ำดื่ม	น้ำดื่มบรรจุขวด	น้ำดื่มบรรจุขวด	น้ำดื่มบรรจุขวด
MPN Coliforms/100 มิลลิลิตร	น้อยกว่า 1.1	น้อยกว่า 1.1	น้อยกว่า 1.1	น้อยกว่า 2.2
<i>E.coli</i> /100 มิลลิลิตร	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด/มิลลิลิตร	29×10^3	96×10^2	87×10^2	-

ทางกายภาพ	ตัวอย่างที่ 16	มาตรฐาน
pH	7.7	6.5-8.5
Turbidity (จิลิกาสเกล)	0.3	ไม่เกิน 5.0

หน้า 5/6

หมายเลขวิเคราะห์ที่ อ.5565-5580/42

ผลการตรวจวิเคราะห์

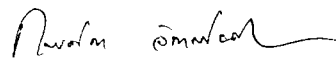
	ตัวอย่างที่ 16	มาตรฐาน
<u>ทางเคมี</u> (มิลลิกรัม/ลิตร)		ไม่เกิน
Total solids	194	500.0
ความกระด้าง	ไม่พบ	100.0
เหล็ก	น้อยกว่า 0.02	0.3
แมงกานีส	ไม่พบ	-
แอมโมเนีย	ไม่พบ	0.05
แคลเซียม	0.05	-
ซัลเฟต	46	250.0
คลอไรด์	16	250.0

ทางจุลชีววิทยา

MPN Coliforms/100 มิลลิลิตร	น้อยกว่า 1.1	น้อยกว่า 2.2
E.coli/100 มิลลิลิตร	ไม่พบ	ไม่พบ
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด/มิลลิลิตร	740	-

หมายเหตุ : มาตรฐานที่อ้างอิงเป็นมาตรฐานน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท

: ผลการตรวจวิเคราะห์ทางเคมี ไม่พบ คือผลวิเคราะห์น้อยกว่า Limit of Detection ของวิธีวิเคราะห์

ลงชื่อ  ผู้วิเคราะห์
(นางสาวกรรณิกา จิตติยศรา)

นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ 5

ลงชื่อ  ผู้วิเคราะห์
(นางสาวปิยมาศ รอดมา)

นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ 4

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ ว่าที่ ร.ต. วสันต์ ชื้อสกุล นาคเสนีย์
เกิดวันที่ 8 เดือน มีนาคม พุทธศักราช 2516
สถานที่เกิด อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง
สถานที่อยู่ปัจจุบัน 156/46 ซอยพัฒนานันท์ ถนนวิภาวดี - รังสิต
แขวงสีกัน เขตดอนเมือง กรุงเทพฯ 10210
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน รองหัวหน้าแผนกผลิต
สถานที่ทำงานปัจจุบัน บริษัทเคลแมกซ์แมชีนเนอร์รี่ จำกัด

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2531	มัธยมศึกษาปีที่ 3 จากโรงเรียนอัสสัมชัญลำปาง อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง
พ.ศ. 2534	ปวช. (ช่างกลโรงงาน) จากวิทยาลัยเทคนิคลำปาง อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง
พ.ศ. 2536	ปวส. (เทคนิคการผลิต) จากวิทยาลัยเทคนิคลำปาง
พ.ศ. 2538	บริหารธุรกิจบัณฑิต (บร.บ.) สาขาการจัดการอุตสาหกรรม จากมหาวิทยาลัยสยาม กรุงเทพมหานคร
พ.ศ. 2543	กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การออกแบบและสร้างชุดอุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้งานร่วมกับ
หลอดแสงอุลตราไวโอเล็ตในเครื่องกรองน้ำประปานครหลวงสำหรับดื่มในครัวเรือน

บทคัดย่อ

ของ

วสันต์ นาคเสนีย์

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา

มีนาคม 2548

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างชุดหน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องกรองน้ำประปานครหลวง ระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ตสำหรับดื่มภายในครัวเรือน ทำการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องกรองน้ำที่สร้างขึ้นด้วยการตรวจวัดคุณภาพน้ำที่ผ่านการฆ่าเชื้อโรคและผ่านการกรองด้วยท่อกรองเดี่ยว ซึ่งบรรจุไส้กรองคาร์บอนผงอัด และท่อกรองคู่ ซึ่งบรรจุไส้กรองเรซินเพิ่มเข้าไปด้วย รวมทั้งทำการประเมินความเหมาะสมด้วยการใช้งานของเครื่องกรองน้ำจากผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้แบบประเมิน

ผลการวิจัยพบว่า

1. การวิเคราะห์น้ำที่ผ่านเครื่องกรองที่สร้างขึ้นในท่อกรองเดี่ยวทั้งทำการหน่วยเวลาและไม่หน่วยเวลาในท่อกรองคู่ทั้งหน่วยและไม่หน่วยเวลา พบว่า คุณภาพน้ำด้านต่าง ๆ ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำบริโภคทั้งหมด (มอก. 257 เล่ม 1 - 2521)

เมื่อเปรียบเทียบตัวเลขแสดงคุณภาพน้ำในแต่ละด้านเพิ่มเติมพบว่า

1.1 ด้านกายภาพ น้ำที่ผ่านท่อกรองเดี่ยวมีคุณภาพดีกว่าน้ำที่ผ่านท่อกรองคู่ในด้านความขุ่น

1.2 ด้านเคมี น้ำที่ผ่านท่อกรองคู่มีคุณภาพดีกว่าน้ำที่ผ่านท่อกรองเดี่ยวในด้านปริมาณสารทั้งหมด แอมโมเนีย แมกนีเซียม แคลเซียม ซัลเฟต และคลอไรด์

1.3 ด้านจุลชีววิทยา น้ำที่ผ่านท่อกรองเดี่ยวมีคุณภาพไม่แตกต่างจากน้ำที่ผ่านท่อกรองคู่ในด้าน เอ็ม พี เอ็น และ อี โอลิ

เมื่อเปรียบเทียบอัตราการไหลของน้ำที่ออกจากเครื่องกรองน้ำพบว่า ไม่มีผลต่อคุณภาพน้ำทั้งทางด้านกายภาพ ด้านเคมี และด้านจุลชีววิทยา

2. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ตจากการใช้และไม่ใช้อุปกรณ์หน่วยเวลาอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้ค่าสแตนด์การ์ดเพลตเคานต์เป็นเกณฑ์ทั้งในท่อกรองเดี่ยวและท่อกรองคู่ พบว่า การใช้อุปกรณ์หน่วยเวลาให้คุณภาพน้ำสูงกว่าการไม่ใช้อุปกรณ์หน่วยเวลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3. การประเมินความเหมาะสมด้านการใช้งานของเครื่องกรองน้ำ ใช้ผลการตอบแบบประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ความเหมาะสมอยู่ในระดับดีทั้งด้านลักษณะทางกายภาพ การใช้งาน การบำรุงรักษา และความปลอดภัยในการใช้งาน

**THE DESIGN AND CONSTRUCTION OF ELECTRONIC RELAYS FOR
ULTRAVIOLET WATER - FILTER INSTRUMENT TO PRODUCE
HOUSEHOLD DRINKING WATER**

**AN ABSTRACT
BY
WASAN NAKSANE**

**Presented in partial fulfillment of the requirements for the
Master of Education degree in Industrial Education
at Srinakharinwirot University
March 2000**

The objectives of this research were to design and construct of electronic relays for ultraviolet disinfection water - filter instrument. The instrument was used for producing household drinking water from metropolitan water supply. Water flowed through either single filter contained powder activated carbon or double filter with the addition of mix - bed resin. Efficiency of the instrument was estimated from the quality of drinking water and the proper usage.

Research finding revealed the followings :

1. Analysis of water flowed through the instrument, of single filter either using or unusing of electronic relays, of double filter either using or unusing of electronic relays found that the quality of water passed Thai industrial standard for drinking water. (UDC 663.6)

Additional comparision of the figure of water quality, it was found that :

1.1 Physical, single filter produced lower turbidity water than double filter ;

1.2 Chamical, double filter produced higher quality water than single filter ;

1.3 Microbiology of MPN and E.Coli, single filter and double filter produced no different quality water.

The rate of water flow out of the instrument did not affect of water quality.

2. In comparision of the efficiency in disinfection by ultraviolet radiation both in single and double filter, using standard plate count as a criterion, the analysis found that using electronic relays produced higher quality water than unusing one significantly at 0.05 level.

3. The proper usage of the instrument was evaluated by three experts. It was found to be in good level relating to appearance, usableness, maintenance, and safety.