ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

CD - ROM สื่อการสอนเรื่องน้ำใช้สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร

(Water Supply Courseware)

โดย

นาย รัตน์ภูมิ มาพบสุข รหัส 44040909

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..... **21/03/05** **อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ**

(ผศ.ดร. ประภาพร ขอไพบูลย์)

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

.....

( )

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20413

CD - ROM สื่อการสอนเรื่องน้ำใช้สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร

(Water Supply Courseware)

T097103

นาย รัตน์ภูมิ มาพบสุข รหัส 44040909

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2547

ปพ.
ส367ซ
2547

สขหมู่.....
เลขทะเบียน 97103
วัน เดือน ปี.....

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ขอสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ CD - ROM สื่อการสอนเรื่อง น้ำใช้สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร (Water Supply Courseware)

โดย นาย รัตน์ภูมิ มาพบสุข ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. ประภาพร ขอไพบูลย์

ปีการศึกษา 2547

บทคัดย่อ

น้ำเป็นปัจจัยสำคัญต่อการผลิตอาหาร จึงต้องมีการควบคุมการนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งพนักงานในโรงงานควรมีความรู้เกี่ยวกับการผลิตและการควบคุมน้ำใช้ ดังนั้นการจัดทำสื่อการสอนเรื่องน้ำใช้สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมอาหารในรูปแบบ e - Learning จะเป็นเครื่องมือช่วยให้ผู้ที่สนใจ สามารถศึกษาทางไกลได้ด้วยตนเอง ซึ่งขั้นตอนในการจัดทำใช้โปรแกรม SWiSH 2.0 เป็นตัวช่วยในการสร้างงาน Presentation ได้อย่างง่ายและรวดเร็ว โปรแกรม Macromedia Flash MX 2004 เป็นตัวทำภาพเคลื่อนไหว และโปรแกรม Adobe Photoshop 7.0 ในการตัดต่อและตกแต่งรูปภาพต่างๆ โดย CD - ROM สื่อการสอนที่จัดทำขึ้นประกอบด้วยเนื้อหาโดยรวมดังนี้ ความแตกต่างของน้ำบริสุทธิ์กับน้ำสะอาด วัฏจักรของน้ำ แหล่งน้ำดิบ กระบวนการทำความสะอาดน้ำประปา คุณสมบัติทางกายภาพ มาตรฐานน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลก วิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ คุณสมบัติทางเคมี โลหะที่ไม่เป็นพิษ โลหะที่เป็นพิษ เกลืออนินทรีย์ที่ไม่เป็นพิษ คุณสมบัติทางด้านแบคทีเรีย การฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน การแก้น้ำกระด้าง การเลือกระบบผลิตน้ำที่เหมาะสมกับการใช้งาน รวมถึงแบบทดสอบเพื่อความเข้าใจ

.....	.....	22/07/05
ลายมือชื่อนักศึกษา	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	วัน เดือน ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำสื่อการสอนในรูปแบบ e - Learning เรื่องน้ำใช้สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิตของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ผู้จัดทำขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. ประภาพร ขอไพบูลย์ ที่ได้มอบข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อการจัดทำและตรวจแก้ไขรายงานปัญหาพิเศษฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น รวมถึงความใจดีที่มีให้ต่อนักศึกษา ขอขอบคุณ นาง กฤษติยา มาพบสุข และ นาย สุวัฒน์ มาพบสุข ที่ได้ให้ความสนับสนุนและส่งให้ข้าพเจ้าได้ศึกษาสำเร็จจนจบปริญญาตรี ผศ. อภิชาต ศรีสันติธรรม ที่ให้ความรู้และความเมตาในทุกวิชาที่เรียนกับอาจารย์ นาย ประสิทธ์ สังข์ทอง ที่คอยให้คำปรึกษาเป็นกำลังใจให้เสมอ รวมถึงคณาจารย์ทุกท่านที่ได้สอนวิชาที่จะเป็นประโยชน์ต่อการประกอบอาชีพในอนาคตของข้าพเจ้า

รัตน์ภูมิ มาพบสุข

21 มีนาคม 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อ		ก
กิตติกรรมประกาศ		ข
สารบัญ		ค
สารบัญภาพ		จ
สารบัญตาราง		ช
บทที่ 1	**บทนำ**	
1.1	ความสำคัญและที่มาของปัญหาพิเศษ	1
1.2	วัตถุประสงค์ในการศึกษา	1
บทที่ 2	**ทฤษฎีและข้อมูลการศึกษา**	
2.1	e - Learning	2
2.2	Courseware	3
2.3	น้ำใช้สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม	4
	2.3.1 ความแตกต่างของน้ำบริสุทธิ์กับน้ำสะอาด	4
	2.3.2 วัฏจักรของน้ำ	4
	2.3.3 แหล่งน้ำดิบ	5
	2.3.4 กระบวนการทำความสะอาดน้ำประปา	6
	2.3.5 กรรมวิธีการผลิตน้ำประปา	8
	2.3.6 คุณสมบัติทางกายภาพ	10
	2.3.7 น้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท	11
	2.3.8 มาตรฐานน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลก	14
	2.3.9 วิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ	15
	2.3.10 คุณสมบัติทางเคมี	17
	2.3.11 คุณสมบัติทางด้านแบคทีเรีย	25
	2.3.12 การฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน	28
	2.3.13 การแก้น้ำกระด้าง	31
	2.3.14 การเลือกระบบผลิตน้ำที่เหมาะสมกับการใช้งาน	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

บทที่ 3 อุปกรณ์และขั้นตอนการทดลอง

3.1 อุปกรณ์ในการทดลอง 35

3.2 ขั้นตอนและวิธีการทำ 36

บทที่ 4 ผลการทดลอง

4.1 ภาพตัวอย่างจาก CD - ROM สื่อการสอน 40

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง 58

5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางพัฒนา 59

เอกสารอ้างอิง 60

ประวัติผู้เขียน 61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 การหมุนเวียนของน้ำในโลก	5
ภาพที่ 2 การแบ่งชั้นน้ำใต้ดิน	6
ภาพที่ 3 กรรมวิธีผลิตน้ำประปา	9
ภาพที่ 4 pH meter	18
ภาพที่ 5 Standard Plate Count	26
ภาพที่ 6 Multiple Tube Technique	27
ภาพที่ 7 Membrane Filter Technique	28
ภาพที่ 8 ปฏิกิริยาของคลอรีนในน้ำ	29
ภาพที่ 9 Chlorinator	31
ภาพที่ 10 Ion Exchanger	34
ภาพที่ 11 หน้าต่างโปรแกรม SWiSH	37
ภาพที่ 12 หน้าต่างโปรแกรม Macromedia Flash	38
ภาพที่ 13 หน้าต่างโปรแกรม Adobe Photoshop	39
ภาพที่ 14 หน้าแรกของสื่อการสอน	40
ภาพที่ 15 แสดงหน้าเมนูหลัก	41
ภาพที่ 16 แสดงหน้าวัตถุประสงค์	42
ภาพที่ 17 แสดงหน้าหัวข้อทั้งหมดในบทเรียน	43
ภาพที่ 18 แสดงหน้าความแตกต่างของน้ำบริสุทธิ์กับน้ำสะอาด	44
ภาพที่ 19 แสดงหน้าวัฏจักรของน้ำ	45
ภาพที่ 20 แสดงหน้าแหล่งน้ำดิบ	46
ภาพที่ 21 แสดงหน้ากระบวนการทำความสะอาดน้ำประปา	47
ภาพที่ 22 แสดงหน้าคุณสมบัติของน้ำทางกายภาพ	48
ภาพที่ 23 แสดงหน้ามาตรฐานน้ำดื่ม	49
ภาพที่ 24 แสดงหน้ามาตรฐานน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุปิดสนิท	50
ภาพที่ 25 แสดงหน้าวิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ	51
ภาพที่ 26 แสดงหน้าคุณสมบัติของน้ำทางเคมี	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 27 แสดงหน้าคุณสมบัติของน้ำทางแบคทีเรีย 53
ภาพที่ 28 แสดงหน้าการฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน 54
ภาพที่ 29 แสดงหน้าการแก้น้ำกระด้าง 55
ภาพที่ 30 แสดงหน้าการเลือกระบบผลิตน้ำ 56
ภาพที่ 31 แสดงหน้าแบบทดสอบ 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 วิธีกำจัดสารอินทรีย์ต่างๆออกจากน้ำประปา 7

ตารางที่ 2 มาตรฐานน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลก 14

ตารางที่ 3 วิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาพิเศษ

ในระบบการเรียนการสอนในปัจจุบันมีความเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีมากขึ้นและด้วยความก้าวหน้าของเทคโนโลยีนี้เอง จึงเกิดสื่อการสอนที่ถูกพัฒนาโดยใช้คอมพิวเตอร์และถูกใช้ร่วมกันกับคอมพิวเตอร์ นั่นคือ การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสื่อการสอน ขึ้นชื่อว่า "สื่อการสอน" ต้องสามารถรวบรวมเนื้อหาได้ครอบคลุมกับหัวข้อที่ต้องการจะสื่อและต้องมีความกระชับ เข้าใจได้ง่าย ที่สำคัญที่สุดคือต้องมีความดึงดูดใจ เพราะการจะสื่อให้คนเข้าใจได้ย่อมเกิดจากความสนใจในเรื่องนั้นๆ ด้วยเหตุนี้ ระบบ Multimedia จึงช่วยประกอบกันกับสื่อการสอนให้น่าสนมากยิ่งขึ้น ทำให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นอยากค้นคว้า และสามารถทบทวนข้อมูลได้ทุกที่ที่มีคอมพิวเตอร์

1.2 วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อเป็นแหล่งข้อมูลทางวิชาการสำหรับนักศึกษาและบุคคลทั่วไป
2. เพื่อศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวกับน้ำใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร
3. เพื่อเป็นเครื่องมือสำหรับอาจารย์ใช้สอนในระบบสื่อสารทางไกล
4. เพื่อสื่อเนื้อหาทางวิชาการที่มีอยู่ในสื่อดังกล่าวไปยังผู้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและข้อมูลการศึกษา

2.1 e - Learning

e - Learning เป็นอีกหนทางหนึ่งของการพัฒนาบุคลากร โดยผ่านระบบการเรียนรู้ด้วยตนเอง (Self Study) ซึ่งผู้เรียนสามารถศึกษาข้อมูลต่างๆจากแหล่งข้อมูลที่จัดเตรียมไว้ผ่านทางสื่ออิเล็กทรอนิกส์ที่มีการนำเสนอที่น่าสนใจ โดย e - Learning จะช่วยอำนวยความสะดวกให้ผู้เรียนมีอิสระและความคล่องตัวในการเลือกเรียนในเรื่องที่ตนสนใจ รวมทั้งช่วยลดปัญหาพื้นฐานความรู้ที่แตกต่างกัน เพียงแค่ผู้เรียนมีเครื่องคอมพิวเตอร์ที่สามารถต่อเข้า Internet ก็สามารถเรียนผ่านระบบ e - Learning ได้

สื่ออิเล็กทรอนิกส์ในแต่ละยุคสมัยได้มีการเปลี่ยนแปลงตามเทคโนโลยี ทำให้มีผลเข้าสู่ยุค e - Learning โดยวิวัฒนาการของสื่ออิเล็กทรอนิกส์แบ่งได้เป็น 4 ยุค ดังนี้

1. **ยุคคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและฝึกอบรม** (Instructor - Led Training Era) เป็นยุคที่อยู่ในช่วงเริ่มใช้คอมพิวเตอร์ในวงการศึกษาจนถึงปี ค.ศ. 1983

2. **ยุคมัลติมีเดีย** (Multimedia Era) เป็นยุคที่อยู่ในช่วงปี ค.ศ. 1984 - 1993 เป็นยุคที่ก่อให้เกิดโปรแกรม Microsoft Windows 3.1 การใช้ซีดีรอมในการบันทึกข้อมูล การใช้โปรแกรม Power Point เพื่อการนำเสนอ

3. **ยุคเว็บเริ่มแรก** (Web Infancy) เป็นยุคที่อยู่ในช่วงปี ค.ศ. 1994 - 1999 เป็นยุคที่เทคโนโลยีเว็บเริ่มแรกเข้ามาเป็นบริการหนึ่งในอินเตอร์เน็ต เริ่มมีเทคโนโลยีมัลติมีเดียบนเว็บที่ยังมีการส่งข้อมูลได้ช้า

4. **ยุคเว็บคนรุ่นใหม่** (Next Generation Web) เป็นยุคของปี ค.ศ. 2000 - 2005 เป็นยุคที่เทคโนโลยีมีความก้าวหน้าในการรับส่งข้อมูลมัลติมีเดีย ใช้ประโยชน์ในการฝึกอบรมและการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นการเข้าสู่ยุค e - Learning อย่างแท้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 Courseware

Courseware หมายถึง เนื้อหาและเทคนิคการเรียนรู้ที่ถูกแปลงให้อยู่ในลักษณะของสื่ออิเล็กทรอนิกส์ มีหลายรูปแบบดังนี้

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนบนเว็บ เป็นส่อที่พัฒนาด้วยโปรแกรมประเภท Authroing เช่น โปรแกรม Toolbook โปรแกรม Macromedia Director และโปรแกรม Authorware นำมาใช้บนเว็บ โดยผ่านกระบวนการบีบอัดหรือกระจายให้เป็นแฟ้มขนาดเล็กหลายแฟ้ม เพื่อให้ใช้งานบนเว็บได้อย่างมีประสิทธิภาพ ไม่ต้องรอการส่งแฟ้มเป็นเวลานาน และทำให้สะดวกต่อการส่งข้อมูลออนไลน์ที่เรียกใช้งานบนเว็บแล้วแสดงผลได้ทันทีเหมือนเรียกจากแผ่น ซีดี

2. สไลด์อิเล็กทรอนิกส์ เป็นสื่อที่พัฒนาด้วยโปรแกรมบนวินโดวส์ และให้เรียกดูผ่านเว็บหรือแปลงเป็นแฟ้มที่เรียกดูได้บนเว็บ นิยมใช้โปรแกรม Microsoft Powerpoint ในการพัฒนาสื่อ

3. หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ เป็นสื่อที่มีรูปเล่มและองค์ประกอบของเล่มหนังสือครบถ้วน เป็นสื่อที่นิยมจัดทำให้อยู่ในรูปของแฟ้มนามสกุล pdf และใช้โปรแกรม Acrobat Reader ในการอ่าน

4. เทปเสียงคำสอนดิจิทัลและวีดีโอเทปดิจิทัล จัดทำโดยใช้เทคโนโลยี Real Audio และ Real Radio เพื่อให้เรียกฟังเสียงหรือเรียกภาพวีดีโอในลักษณะรับฟังและรับชมได้ในทันที ไม่ต้องเสียเวลาในการรอถ่ายโอนแฟ้มนาน

5. เอกสารไฮเปอร์เท็กซ์และไฮเปอร์มีเดีย เป็นสื่อที่จัดทำโดยใช้ภาษา HTML หรือโปรแกรมช่วยสร้างเว็บเพจ ที่จัดทำขึ้นแล้วเชื่อมโยงไปยังแหล่งนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 น้ำใช้สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร

"น้ำ" เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการผลิตอาหารและจำเป็นอย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ น้ำที่มนุษย์สามารถนำไปใช้ในการอุปโภคและบริโภคได้ ควรมีความสะอาดและบริสุทธิ์อย่างเพียงพอ จึงทำให้การหาแหล่งน้ำธรรมชาติที่เหมาะสม มิใช่เรื่องง่าย ทั้งนี้เพราะน้ำในธรรมชาติย่อมมีสิ่งต่างๆละลายหรือปะปนอยู่มาก ทั้งที่สามารถมองเห็นและมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า เหตุนี้การทำความสะอาดน้ำก่อนนำไปใช้จึงเป็นสิ่งจำเป็น ในการทำความสะอาดน้ำมักแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการใช้น้ำและลักษณะสมบัติของน้ำดิบ ซึ่งเนื้อหาที่จะกล่าวในที่นี้คือการใช้น้ำเพื่อกิจการอุตสาหกรรมอาหาร

2.3.1 ความแตกต่างของน้ำบริสุทธิ์กับน้ำสะอาด

น้ำบริสุทธิ์ คือ น้ำที่ปราศจากสิ่งเจือปนทุกชนิด โดยทั่วไปได้จากขั้นตอนการทำน้ำให้ระเหยแล้วกลั่นตัวกลับมาเป็นหยดน้ำ จึงเรียกว่า "น้ำกลั่น" ซึ่งในปัจจุบันได้มีการพัฒนาการทำน้ำให้บริสุทธิ์ขึ้นอีกหลายวิธี เพื่อนำน้ำไปใช้ในการอุตสาหกรรม เนื่องจากน้ำเป็นตัวทำละลายที่ดี น้ำบริสุทธิ์จะยิ่งมีความสามารถในการทำละลายได้สูงกว่าน้ำทั่วไป น้ำบริสุทธิ์จึงไม่เหมาะสำหรับการอุปโภคและบริโภค เพราะจะเป็นอันตรายต่อเนื้อเยื่ออ่อนในร่างกาย และขาดแร่ธาตุที่จำเป็นต่อร่างกาย

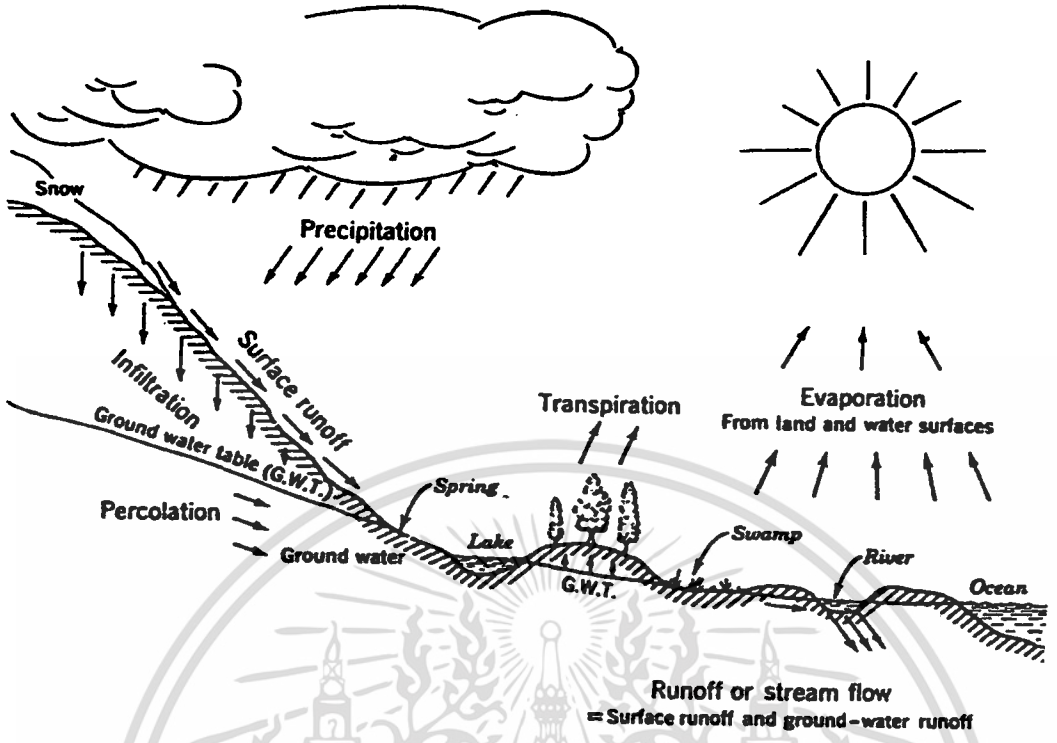
น้ำสะอาด คือ น้ำที่มีสารละลายและแร่ธาตุต่างๆอยู่ในปริมาณที่เหมาะสมต่อการบริโภค ดังนั้นการทำน้ำสะอาดเพื่อการบริโภคจึงต้องมีการกำหนดมาตรฐานน้ำดื่มไว้ โดยกำหนดปริมาณสารละลายและแร่ธาตุแต่ละรายการที่ให้มีได้ในน้ำ

2.3.2 วัฏจักรของน้ำ

การผลิตน้ำสะอาดนั้นขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำดิบเป็นสำคัญ น้ำดิบในแหล่งน้ำแต่ละประเภทจะมีลักษณะแตกต่างกันไปทั้งนี้เพราะมีต้นกำเนิดไม่เหมือนกัน ความหมายของ วัฏจักรน้ำหมายถึง วงจรของน้ำที่เกิดขึ้นในธรรมชาติซึ่งเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องไม่มีวันจบสิ้น

การหมุนเวียนของน้ำในโลก เริ่มต้นจากไอน้ำในบรรยากาศรวมตัวเป็น หมอก เมฆ กลั่นตัวเป็นน้ำแล้วตกลงสู่พื้นโลก น้ำบางส่วนได้รับความร้อนจากผิวร้อนจากผิวโลกจะระเหยเป็นไอ กลับคืนสู่บรรยากาศ เมื่อแรกที่ผิวดินยังแห้ง น้ำฝนจะถูกดินดูดไว้ เมื่อดินอิ่มตัวน้ำก็จะเอ่อล้นและไหลหลั่งเป็นน้ำท่าไปตามผิวดินจนกระทั่งลงสู่แม่น้ำลำคลอง ตลอดจน หนอง บึงต่างๆ น้ำฝนส่วนหนึ่งจะระเหยจากพื้นดินหรือผิวน้ำกลับขึ้นสู่บรรยากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(รูปภาพที่ 1 การหมุนเวียนของน้ำในโลก)

2.3.3 แหล่งน้ำดิบ

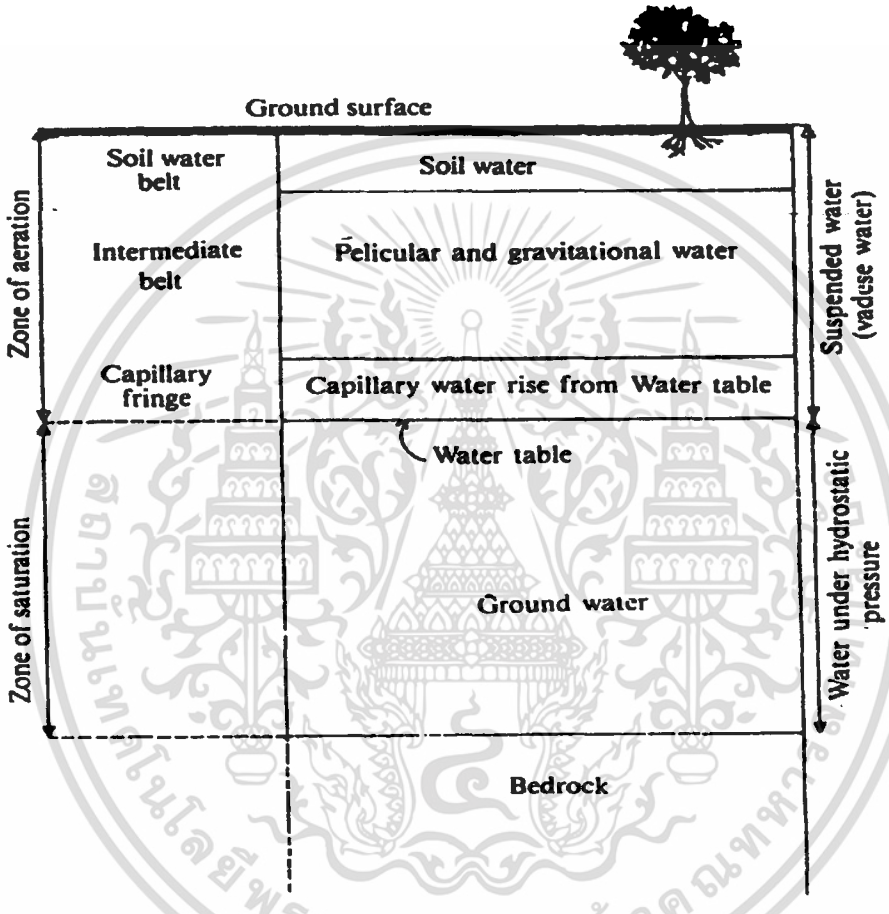
น้ำบาดาลที่มีคุณภาพดี เป็นแหล่งน้ำดิบที่เสียค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดน้อยที่สุด นอกจากนี้ยังประหยัดในการควบคุม บำรุงรักษา และติดตามดูแล ซึ่งอาจแยกประเภทตามลักษณะน้ำได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. **น้ำผิวดิน** (Surface Water) หมายถึง น้ำจากแม่น้ำลำคลอง ทะเลสาบ อ่างเก็บน้ำ หนองและบึง การไหลนองบนพื้นดินทำให้น้ำผิวดินได้รับความสกปรกจากสิ่งแวดล้อมในรูปแบบต่างๆ จึงอาจมีความขุ่นและสารอินทรีย์ในระดับสูงมาก นอกจากนี้ น้ำฝนยังชะล้างสารพิษต่างๆจากบริเวณเกษตรกรรม สารพิษเหล่านี้ได้แก่ โลหะหนัก ไนเตรต ฟอสเฟต ยาฆ่าแมลง ฯลฯ มาให้กับน้ำผิวดิน ปัจจัยอีกอย่างหนึ่งที่มีผลกระทบในทางลบต่อลักษณะสมบัติของน้ำผิวดินคือ โรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ

2. **น้ำบาดาล** (Ground Water) หมายถึง น้ำซึ่งไหลซึมลึกลงใต้ดินจนสุดท้ายถูกเก็บกักไว้ในช่องว่างของชั้นหิน แหล่งน้ำบาดาลได้แก่ บ่อบาดาล บ่อน้ำซับ น้ำบาดาลมักมีความขุ่นต่ำ ปราศจากสีและสารอินทรีย์ ปริมาณสารละลาย อาจสูงหรือต่ำก็ได้ ทั้งนี้แล้วแต่ว่าน้ำสัมผัสกับแหล่งเกลือแร่หรือไม่ น้ำบาดาลมักไม่มีออกซิเจนละลายน้ำ แต่อาจมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงมาก เนื่องจากเกิดออกซิเดชันใต้ดิน ทำให้มีการใช้ออกซิเจนและผลิตคาร์บอนไดออกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหล็กและแมงกานีสพบได้ง่ายในน้ำใต้ดิน ซึ่งอิ่มตัวด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อสูบน้ำบาดาลขึ้นมาข้างบนและสัมผัสกับอากาศ เหล็กและแมงกานีสจะทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับออกซิเจนในอากาศ ทำให้เกิดตกผลึกสีแดงเหลือง หรือ สีคล้ำ และชั้นน้ำบาดาลเหล่านี้จะรองรับด้วยหินเนื้อแน่นไม่ยอมให้น้ำไหลซึมลงไปข้างล่างได้อีกต่อไป



(รูปภาพที่ 2 การแบ่งชั้นน้ำใต้ดิน)

2.3.4 กระบวนการทำความสะอาดน้ำประปา

ระบบประปาส่วนใหญ่ ต้องการกำจัดสารแขวนลอยซึ่งส่วนประกอบสำคัญของระบบ น้ำที่ผ่านถังกรองแล้วจะมีความใสและสะอาด แต่จำเป็นต้องนำมาเติมคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรคเสียก่อน กระบวนการฆ่าเชื้อโรคด้วยการเติมคลอรีนหรือสารอื่น ถือเป็นกระบวนการที่ต้องมีเสมอ ไม่ว่าการทำความสะอาดน้ำประปาจะเป็นแบบใดก็ตาม ในกรณีที่น้ำดิบมีสารละลายต่างๆสูงเกินไป เช่น ความกระด้าง เหล็ก เป็นต้น ทำให้มีความจำเป็นต้องกำจัดออกจากน้ำ หลักในการกำจัดสารละลายมี 2 ขั้นตอนคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

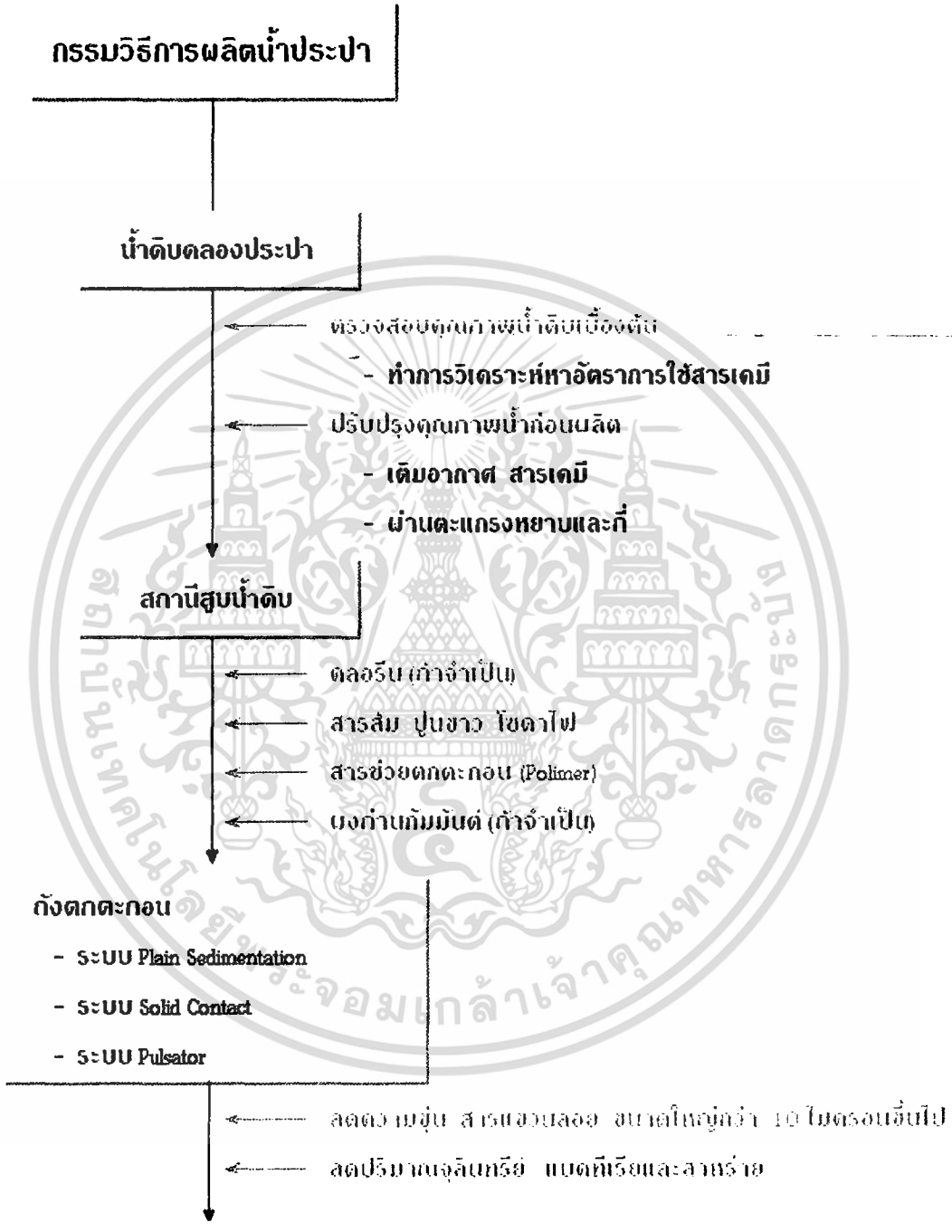
ขั้นแรกทำให้สารละลายเกิดการตกผลึกเป็นสารแขวนลอย ขั้นที่สองเป็นการกำจัดสารแขวนลอยด้วยกระบวนการโคแอกกูเลชัน (Coagulation) กระบวนการตกตะกอน (Sedimentation) และกระบวนการกรองน้ำ (Filtration) ตัวอย่างในการทำให้สารละลายตกผลึก คือ การเติมปูนขาวเพื่อให้ความกระด้างซึ่งอยู่ในรูปของ Ca^{+2} และ Mg^{+2} การกำจัดสารละลายออกจากน้ำอาจใช้กระบวนการอื่นได้ เช่น กระบวนการแลกเปลี่ยนอิออน ซึ่งกระบวนการเหล่านี้เป็นการกำจัดสารละลายออกจากน้ำโดยตรงและไม่มีผลึกเกิดขึ้น ดังนั้นจึงไม่ต้องกำจัดสารแขวนลอย

ตารางที่ 1 วิธีกำจัดสารอินทรีย์ต่างๆออกจากน้ำประปา

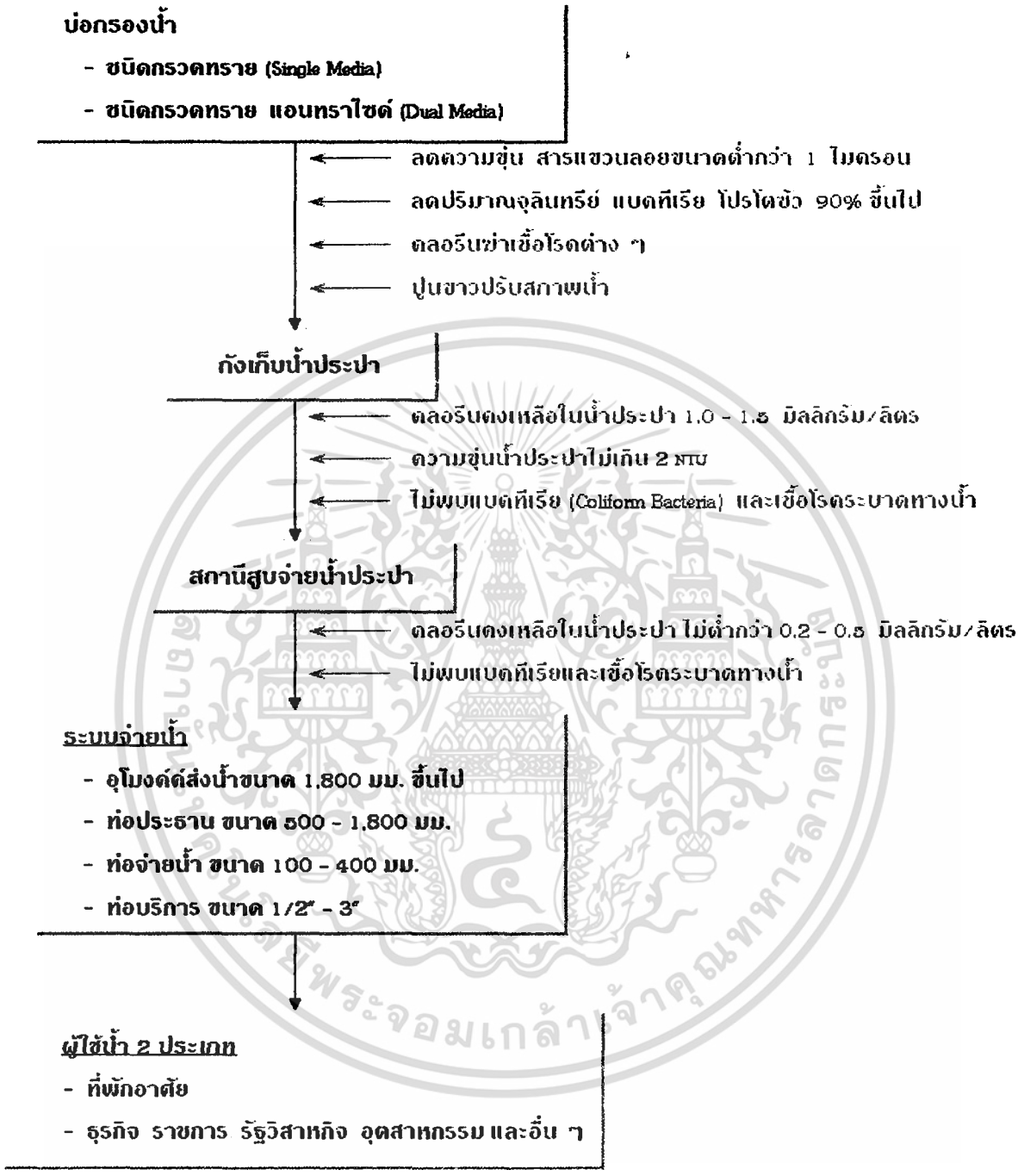
Contaminant	Methods	% Removal
Arsenic (As^{+5})	Ferric Sulfate Coagulation, pH 6 - 8	> 90
	Alum Coagulation, pH 6 - 7	> 90
	Lime Softening, pH 11	> 90
Barium	Lime Softening, pH 10 - 11	> 80
	Ion Exchange	> 90
Cadmium	Ferric Sulfate Coagulation, >Ph 8	> 90
	Lime Softening, >pH 8.5	> 95
Chromium (Cr^{+6})	Ferrous Sulfate Coagulation, pH 6.5 - 9	> 95
Fluoride	Ion Exchange	> 90
Lead	Ferric Sulfate Coagulation, pH 6 - 9	> 95
	Alum Coagulation, pH 6 - 9	> 95
	Lime Softening, pH 7 - 8.5	> 95
Nitrate	Ion Exchange	> 90
Silver	Ferric Sulfate Coagulation, pH 7 - 9	70 - 80
	Alum Coagulation, pH 6 - 8	70 - 80
	Lime Softening, pH 7 - 9	70 - 90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5 กรรมวิธีการผลิตน้ำประปา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(รูปภาพที่ 3 กรรมวิธีผลิตน้ำประปา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6 คุณสมบัติทางกายภาพ

คือลักษณะของน้ำที่สามารถมองเห็นหรือสัมผัสได้ การวัดปริมาณสิ่งปนเปื้อนเหล่านี้ทำได้ไม่ละเอียดนัก มักใช้วิธีเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานต่างๆ จึงมีหน่วยแตกต่างกันไป คุณสมบัติทางกายภาพได้แก่ ของแข็งแขวนลอย ความขุ่น สี กลิ่นรส และอุณหภูมิ

1. **ของแข็งแขวนลอย** (Suspended Solids) ประกอบด้วย สารอนินทรีย์ สารอินทรีย์ และของเหลวที่ไม่ผสมกับน้ำ เช่น น้ำมัน ส่วนประกอบอนินทรีย์ที่พบในน้ำผิวดินทั่วไปคือ ดิน กรวด โคลน และเศษหิน ในขณะที่ของแข็งอินทรีย์จะเป็นเศษใบไม้ใบหญ้า หรือซากสิ่งมีชีวิตต่างๆ ของแข็งแขวนลอยเหล่านี้จะปะปนเข้ามาระหว่างที่น้ำไหลเซาะหรือผ่านผิวดิน แต่ในน้ำบาดาลจะไม่ค่อยพบของแข็งแขวนลอยเพราะถูกกรองโดยดินชั้นต่างๆ ของแข็งแขวนลอยจะทำให้น้ำไม่น่าอุปโภคบริโภค และยังเป็นตัวดูดซับสารเคมีปนเปื้อนในน้ำ สารอินทรีย์ธรรมชาติในน้ำ เชื้อโรคและสาหร่ายบางชนิดที่ผลิตสารพิษ

2. **ความขุ่น** (Turbidity) เกิดขึ้นเนื่องจากสารพวกที่ลอยแขวนในน้ำ เช่น ดิน โคลน ทรายละเอียด และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กจำพวกสาหร่ายเซลล์เดียว และแพลงค์ตอน สารดังกล่าวสามารถทำให้แสงเกิดหักเห และอาจดูดแสงเอาไว้มิให้ผ่านทะลุไป จึงทำให้มองเห็นน้ำมีลักษณะขุ่น การฆ่าเชื้อในน้ำขุ่นจะกระทำได้ยากขึ้น เพราะความขุ่นจะทำตัวเป็นเกราะกำบังเชื้อโรคไว้ ความขุ่นในน้ำธรรมชาติมีสีน้ำตาล แต่อาจมีสีอื่นขึ้นอยู่กับคุณสมบัติการดูดกลืนแสงของสารที่ก่อให้เกิดความขุ่น การทราบค่าความขุ่นจะช่วยในการพิจารณา การหาปริมาณสารส้มที่ใช้ในการตกตะกอน ใช้บอกประสิทธิภาพของเครื่องกรอง เป็นต้น

3. **สี** (Color) น้ำที่บริสุทธิ์จะไม่มีสี แต่น้ำธรรมชาติจะมีสีปรากฏอยู่เสมอ เพราะการเน่าเปื่อยทับถมของพืชและจุลินทรีย์ ทำให้เกิดสารพวก แทนนิน ฮิวมิคแอซิด และฮิวเมต ซึ่งจะให้สีเหลืองน้ำตาล สาหร่ายจะทำให้น้ำมีสีเขียว ในขณะที่ออกไซด์ของเหล็กจะให้สีส้มออกแดงส่วนออกไซด์ของแมงกานีสจะให้สีน้ำตาลหรือดำ สีที่เกิดจากสารแขวนลอยไม่ละลายน้ำ เรียกว่าสีเทียม ถ้ามีสารเหล่านี้อยู่จะต้องนำไปแยกออกก่อน โดยวิธีเหวี่ยง (Centrifuge) แล้วจึงนำไปวัดสีแท้ โดยปกติสีธรรมชาติของน้ำจะไม่เป็นอันตรายสำหรับการบริโภค แต่ทำให้น่ารังเกียจ น้ำที่มีสีไม่เหมาะที่จะใช้ซักล้างเสื้อผ้า ทำกระดาษ ผลิตเครื่องดื่ม ทอ ย้อมผ้าและอุตสาหกรรมพลาสติก ฯ ลฯ ดังนั้นการกำจัดสีจึงเป็นเป้าหมายที่สำคัญในการผลิตน้ำใช้ทั้งในครัวเรือนและอุตสาหกรรม สำหรับสีของน้ำเสียซึ่งมีสีต่างจากสีธรรมชาติจะวัดโดยอาศัยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ซึ่งอาศัยหลักการดูดกลืนแสงของสีต่างๆ การวัดสีควรทำทันทีหรือไม่เกิน 72 ชั่วโมงหลังจากเก็บตัวอย่าง เพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงของสีที่อาจเกิดขึ้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. กลิ่นและรส (Odor and Taste) ส่วนใหญ่เกิดจากสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ ก๊าซทั้งจากธรรมชาติและผลิตผลของมนุษย์ เช่น น้ำทิ้งน้ำเสียจากบ้านเรือน โรงงานอุตสาหกรรมและการเกษตร สารอนินทรีย์มักจะทำให้เกิดรสเพียงอย่างเดียวโดยไม่มีกลิ่น สารอินทรีย์จำนวนมากเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดทั้งกลิ่นและรสของน้ำในเวลาเดียวกัน กลิ่นและรสในน้ำเกิดขึ้นเนื่องจากสาเหตุดังต่อไปนี้

1. จุลินทรีย์ต่างๆ เช่น สาหร่าย ไดอะตอม และโปรโตซัว

2. ก๊าซต่างๆ ที่ละลายในน้ำ เช่นก๊าซไข่เน่าเกิดจากการรีดิวซ์กำมะถัน

3. การเน่าเปื่อยของสารอินทรีย์ในน้ำซึ่งขาดออกซิเจน

4. น้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรม

5. ผลจากการเติมสารเคมีบางอย่าง เช่น คลอรีน

6. สารอนินทรีย์ที่ละลายในน้ำ เช่น เหล็ก

5. อุณหภูมิ (Temperature) เป็นปัจจัยที่สำคัญสำหรับกำหนดคุณภาพน้ำผิวดินธรรมชาติ น้ำผิวดินที่มีอุณหภูมิต่ำจะมีสิ่งมีชีวิตหลากหลายชนิดอาศัยอยู่ เมื่อใดที่อุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้นจากเดิม 10 องศาเซลเซียส และไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส จะมีผลให้ปฏิกิริยาภายในเซลของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า นั่นคือ ทำให้จุลินทรีย์บางชนิดเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็ว ในขณะที่จุลินทรีย์หลายชนิดลดจำนวนลงหรือไม่สามารถดำรงชีพอยู่ได้ สาหร่าย เป็นตัวอย่างที่ดีที่มักพบเจริญเติบโตหนาแน่นจนจับกันเป็นแพในน้ำอุ่นและกลายเป็นปัญหาของกลิ่นและรสในน้ำผิวดิน เนื่องจากสารไขมันที่สาหร่ายขับออกมาหรือเกิดจากการตายเน่าเปื่อยของสาหร่ายเอง สาเหตุที่มีผลต่ออุณหภูมิของน้ำผิวดิน ได้แก่ อุณหภูมิบรรยากาศ การถ่ายน้ำทิ้งอุณหภูมิสูงจากอุตสาหกรรมบางประเภท เช่น โรงกลั่นสุรา โรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์

2.3.7 ประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 61 เรื่อง น้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 5 และมาตรา 6 (1) (2) และ (6) แห่งพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุขออกประกาศไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 ให้ยกเลิก

(1) ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 20 (พ.ศ.2522) เรื่อง กำหนดน้ำบริโภคและเครื่องดื่มเป็นอาหารควบคุมเฉพาะและกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐาน เงื่อนไข วิธีการผลิต และฉลาก ลงวันที่ 13 กันยายน พ.ศ.2522

(2) ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 50 (พ.ศ.2523) เรื่อง แก้ไขเพิ่มเติมประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 20 (พ.ศ.2522) ลงวันที่ 18 มีนาคม พ.ศ.2523

ข้อ 2 ให้น้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทเป็นอาหารควบคุมเฉพาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อ 3 น้ำบริโภคต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐาน ดังต่อไปนี้

(1) คุณสมบัติทางฟิสิกส์

(ก) สี ต้องไม่เกิน 20 ฮาเซนยูนิต

(ข) กลิ่น ต้องไม่มีกลิ่น แต่ไม่รวมถึงกลิ่นคลอรีน

(ค) ความขุ่น ต้องไม่เกิน 5.0 ซิลิกาสเกล

(ง) ค่าความเป็นกรด-ด่าง ต้องอยู่ระหว่าง 6.5 ถึง 8.5

(2) คุณสมบัติทางเคมี

(ก) ปริมาณสารทั้งหมด (Total Solid) ไม่เกิน 500.0 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร

(ข) ความกระด้างทั้งหมด โดยคำนวณเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต ไม่เกิน 100.0 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร

(ค) สารหนู ไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร

(ง) แบเรียม ไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร

(จ) แคดเมียม ไม่เกิน 0.01 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร

ความใน (จ) ถูกยกเลิกและใช้ความใหม่แทนแล้วโดยข้อ 1 แห่งประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 135 (พ.ศ.2534)

(ฉ) คลอไรด์ โดยคำนวณเป็นคลอรีน ไม่เกิน 250.0 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร

(ช) โครเมียม ไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร

(ซ) ทองแดง ไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร

(ฌ) เหล็ก ไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร

(ญ) ตะกั่ว ไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร

ความใน (ฌ) และ (ญ) ถูกยกเลิกและใช้ความใหม่แทนแล้วโดยข้อ 2 แห่งประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 135 (พ.ศ.2534)

(ฎ) แมงกานีส ไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร

(ฏ) ปรอท ไม่เกิน 0.002 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร

(ฐ) ไนเตรท โดยคำนวณเป็นไนโตรเจน ไม่เกิน 4.0 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร

(ฑ) ฟีนอล ไม่เกิน 0.001 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร

(ฒ) ซีลีเนียม ไม่เกิน 0.01 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร

(ณ) เงิน ไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร

(ด) ซัลเฟต ไม่เกิน 250.0 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร

(ต) สังกะสี ไม่เกิน 5.0 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร

(ถ) ฟลูออไรด์ โดยคำนวณเป็นฟลูออรีน ไม่เกิน 1.5 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีความเพิ่มขึ้นเป็น (ท) (ธ) และ (น) ของ (2) โดยข้อ 3 แห่งประกาศฯ ฉบับที่ 135 (พ.ศ.2534)

(3) คุณสมบัติเกี่ยวกับจุลินทรีย์

(ก) ตรวจพบบักเตรีชนิดโคลิฟอร์ม น้อยกว่า 2.2 ต่อน้ำบริโภค 100 มิลลิลิตร โดยวิธี เอ็ม พี เอ็น (Most Probable Number)

(ข) ตรวจไม่พบบักเตรีชนิด อี.โคไล

(ค) ไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค

ข้อ 4 ภาชนะบรรจุที่ใช้บรรจุน้ำบริโภค ให้ปฏิบัติตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วย เรื่อง ภาชนะบรรจุ และจะต้องมีลักษณะอย่างหนึ่งอย่างใด ดังต่อไปนี้ด้วย

(1) เป็นภาชนะบรรจุที่ต้องมีฝาหรือจุกปิด เมื่อใช้บรรจุจะต้องปิดผนึกหรือผนึกโดยรอบระหว่างฝาหรือจุกกับขวดหรือภาชนะบรรจุ

(2) เป็นภาชนะบรรจุที่ปิดผนึกซึ่งไม่ใช่ภาชนะบรรจุตาม (1)

สิ่งที่ปิดผนึกหรือส่วนที่ปิดผนึกของภาชนะบรรจุตาม (1) และ (2) ต้องมีลักษณะที่เมื่อเปิดใช้ทำให้สิ่งที่ปิดผนึกหรือส่วนที่ปิดผนึกหรือภาชนะบรรจุนั้นเสียไป

ข้อ 5 การแสดงฉลากของน้ำบริโภค ให้ปฏิบัติตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่อง ฉลาก

ประกาศฉบับนี้ไม่กระทบกระเทือนถึงใบสำคัญการขึ้นทะเบียนตำรับอาหาร ซึ่งออกให้ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 20 (พ.ศ.2522) เรื่อง กำหนดน้ำบริโภคและเครื่องดื่มเป็นอาหารควบคุมเฉพาะ และกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐาน เงื่อนไข วิธีการผลิต และฉลาก ลงวันที่ 13 กันยายน 2522 ซึ่งได้แก้ไขเพิ่มเติมโดยประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 50 (พ.ศ.2523) เรื่อง แก้ไขเพิ่มเติมประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 20 (พ.ศ.2522) ลงวันที่ 18 มีนาคม พ.ศ.2523 และให้ผู้ที่ได้รับใบสำคัญการขึ้นทะเบียนตำรับอาหารตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขดังกล่าว มาดำเนินการแก้ไขตำรับอาหารให้มีรายละเอียดถูกต้องตามประกาศฉบับนี้ ภายในเก้าสิบวันนับแต่วันที่ประกาศนี้ใช้บังคับ

ประกาศฉบับนี้ให้ใช้บังคับตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ 7 กันยายน พ.ศ.2524

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.8 ตารางที่ 2 มาตรฐานน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลก

Standard of Drinking Water (WHO)
(Physical and Chemical)

Toxic Substance	Maximum Allowable mg/l
Lead (as Pb)	0.05
Selenium (as Se)	0.01
Arsenic (as As)	0.05
Chromium (as Cr hexavalent)	0.05
Cyanide (as CN)	0.2
Cadmium	0.01

Substances Affecting the Potability of Water

Substance	Max.Acceptable	Max.Allowable
Total Solids	500 mg/l	1,500 mg/l
Color	5 Units	50 Units
Turbidity	5 Units	25 Units
Taste	Unobjectionable	–
Odor	Unobjectionable	–
Iron (Fe)	0.3 mg/l	1.0 mg/l
Manganese (Mn)	0.1 mg/l	0.5 mg/l
Copper (Cu)	1.0 mg/l	1.5 mg/l
Zinc (Zn)	5.0 mg/l	15 mg/l
Calcium (Ca)	75 mg/l	200 mg/l
Magnesium (Mg)	50 mg/l	150 mg/l
Sulfate (SO_4)	200 mg/l	400 mg/l
Chloride (Cl)	200 mg/l	600 mg/l
pH range	7.0–8.5	
Magnesium+Sodium Sulfate	500 mg/l	1,000 mg/l
Phenolic Substances (as Phenol)	0.001 mg/l	0.002 mg/l
Carbon Chloroform Extract	0.2 mg/l	0.5 mg/l
Alkyl Benzyl Sulfonates	0.5 mg/l	1.0 mg/l

Standard of Bacteriological Quality

90% of Samples in year negative for Coliforms i.e.
90% of Samples MPN $<$ 1.0
No Samples MPN $>$ 10
MPN 8-10 not to occur in Consecutive Sample

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.9 ตารางที่ 3 วิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

คุณลักษณะทางเคมี		วิธีการวิเคราะห์
Alkalinity (Total)	ภาวะความเป็นด่าง	Titration Method
Hardness (Total)	ความกระด้างทั้งหมด	EDTA Titrimetric Method
Hardness (Carbonate)	ความกระด้างชั่วคราว	Calculation Method
Hardness (nonCarbonate)	ความกระด้างถาวร	Calculation Method
Chloride (Cl^-)	คลอไรด์	Argentometric Method
Sulphate (SO_4^{-2})	ซัลเฟต	Turbidimetric Method
Nitrate	ไนเตรท-ไนเตรท	Cadmium Reduction Method
Nitrite	ไนไตรท์-ไนไตรท์	Colorimetric Method
Fluoride (F)	ฟลูออไรด์	Alizarin Photometric Method
Calcium (Ca) as hardness	แคลเซี่ยม	EDTA Titrimetric Method
Magnesium (Mg) as hardness	แมกนีเซี่ยม	Calculation Method
Iron (Fe)	เหล็ก	Phenanthroline Method
Manganese (Mn)	แมงกานีส	Persulfate Method
Total dissolved Solids TDS	ของแข็งละลาย	Calculation Method
Ammonia nitrogen	แอมโมเนียอิสระ-ไนโตรเจน	Preliminary Distillation Step and Colorimetric Method
DO.	ออกซิเจนละลายน้ำ	Azide Modification Method
BOD.	บี.โอ.ดี.	5-day BOD Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณลักษณะทางกายภาพ		วิธีการวิเคราะห์
Color	ความเข้มสี	Visual Comparison Method
Conductivity	การนำไฟฟ้า	Electrical Conductivity Method
pH	ความเป็นกรด-ด่าง	Electrometric Method
Turbidity	ความขุ่น	Nephelometric Method
Temperature	อุณหภูมิ	Electrometric Method

คุณลักษณะทางจุลินทรีย์		วิธีการวิเคราะห์
Heterotrophic Bacteria	แบคทีเรียทั้งหมด	Pour Plate Method
Total *Coliform*	โคลิฟอร์มแบคทีเรีย	Multiple Tube Fermentation Technique (MPN) 10 Tube
Fecal *Coliform*	ฟีคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย	Fecal *Coliform* Test (EC Medium)
E.coli	แบคทีเรียชนิด อีโคไล	*E.coli* Test (Rapid Test)
Algae	สาหร่าย	Microscopic Method
Vibrio cholerae	*Vibrio cholerae*	Biochemical Test (API Test Kit)
Salmonella typhi	*Salmonella typhi*	Biochemical Test (API Test Kit)
Stapphylococcus aureus	*Stapphylococcus aureus*	Biochemical Test
Clostridium perfringen	*Clostridium perfringen*	Biochemical Test
Cryptosporidium sp.	*Cryptosporidium sp.*	Immunofluorescence Method

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.10 คุณสมบัติทางเคมี (Chemical Quality)

คุณสมบัติทางเคมีของน้ำส่วนใหญ่เกิดจากการละลายของสารประกอบทั้งอินทรีย์และอนินทรีย์ต่างๆที่เจือปนอยู่ในน้ำ เนื่องจากน้ำเป็นตัวทำละลายที่ดีมาก คุณสมบัติทางเคมีของน้ำสามารถวิเคราะห์หาได้ด้วยวิธีการทางเคมี ในที่นี้จะจัดแบ่งคุณสมบัติทางเคมีออกเป็นกลุ่มใหญ่ๆตามผลกระทบที่มีต่อน้ำ ดังนี้

1. **ปริมาณของแข็งละลายน้ำ** (Total Dissolved Solids)

ของแข็งละลายน้ำเป็นผลจากความสามารถของน้ำที่จะละลายก๊าซ ของแข็งและของเหลวจากชั้นดินหิน กรวด และทรายที่ไหลผ่าน ดังนั้นจึงเจือปนอยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติทั่วๆไป ปริมาณมากน้อยขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของชั้นดินและหิน สารอนินทรีย์ในน้ำธรรมชาติประกอบด้วย อนุมูลสามัญได้แก่ โซเดียม แคลเซียม แมกนีเซียม ไบคาร์บอเนต ซัลเฟตและคลอไรด์ อนุมูลเหล่านี้มักมีความเข้มข้น 1.0-1,000 มก./ล. ส่วนองค์ประกอบรอง ได้แก่ เหล็ก สตรอนเซียม โปตัสเซียมคาร์บอเนต ไนเตรท ฟลูออไรด์ ของแข็งละลายน้ำในรูปสารอินทรีย์เกิดจากซากเน่าเปื่อยของพืชและสัตว์ จากสารเคมีอินทรีย์หรือจากก๊าซอินทรีย์

อย่างไรก็ตามน้ำทิ้งจากบ้านเรือน การเกษตรและอุตสาหกรรม ล้วนแต่เป็นตัวการเพิ่มปริมาณของแข็งละลายน้ำ ซึ่งปริมาณของแข็งละลายน้ำเป็นตัวชี้บอกความเหมาะสมของน้ำที่จะนำไปใช้ในการอุปโภคบริโภค และในอุตสาหกรรม เช่น น้ำที่ใช้ในหม้อต้มไอน้ำ

2. **คุณสมบัติทางเคมีที่มีผลต่อ pH**

2 .1 **pH** เป็นค่าที่ใช้วัดความเข้มข้นของอนุมูลไฮโดรเจนอิสระในน้ำ (H^+) น้ำบริสุทธิ์จะแตกตัวให้ประจุ H^+ และ OH^- (อนุมูลไฮดรอกซิล) แต่มีปริมาณน้อยมาก ในน้ำบริสุทธิ์จะมี H^+ อยู่ 10^{-7} โมล/ลิตร น้ำที่มี pH สูงกว่า 7 ถือว่าเป็น ด่าง ส่วนน้ำที่มี pH ต่ำกว่า 7 ถือว่าเป็น กรด ในน้ำบริสุทธิ์ควรมี pH เท่ากับ 7 ซึ่งหมายถึงสารละลายที่เป็นกลาง น้ำธรรมชาติโดยปกติมีสภาพเป็นกลาง คือ มี pH อยู่ในช่วง 6-8 ยกเว้นน้ำที่มีก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์อยู่ อาจมี pH ต่ำถึง 5 น้ำกระด้างที่มีคาร์บอเนตอยู่อาจมี pH สูงกว่า 9 มาตรฐานน้ำดื่มค่า pH ควรอยู่ในช่วง 6.5-8.5 ค่า pH มีความสำคัญต่อระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยเฉพาะเมื่อมีการตกตะกอนด้วยสารส้ม ถ้าน้ำมี pH ต่ำ จะเกิดตะกอนสารส้มที่ไม่ดี

pH มีประโยชน์สำหรับการพิจารณาควบคุมฤทธิ์กัดกร่อนของน้ำ นอกจากนี้ pH ของแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีค่าสูงหรือต่ำกว่าปกติจะสามารถใช้เป็นตัวชี้บอกการปนเปื้อนที่เกิดจากกรดแก่หรือด่างแก่จากน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมได้ การวัดค่า pH วิธีมาตรฐานที่วัดได้ละเอียด ถูกต้องและไม่มีข้อจำกัด คือวิธี electrometric โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า pH meter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
97103

(รูปภาพที่ 4 pH meter)

2 .2 **ก๊าซคาร์บอนไดอกไซด์** (CO_2) ปกติน้ำผิวดินจะมี CO_2 อยู่น้อยกว่า 10 มก./ล. ซึ่งส่วนมากมาจากบรรยากาศในภาวะเดียวกัน CO_2 สามารถละลายน้ำได้ดีกว่า O_2 การหายใจของพืชกับสัตว์และการย่อยสลายซากพืชกับสัตว์ก็เป็นตัวเติม CO_2 ให้แก่น้ำที่สำคัญอีกแหล่งหนึ่ง ในขณะที่น้ำบาดาลและน้ำบาดาลและน้ำใต้ดินจะมี CO_2 ละลายอยู่มาก อันเนื่องมาจากมีการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยแบคทีเรียในชั้นดิน ปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารประกอบพวกคาร์บอเนตที่อยู่ในชั้นดิน หิน หรือน้ำกับกรดก็มีผลให้เกิด CO_2 ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับน้ำได้กรดคาร์บอนิค (H_2CO_3) สามารถแตกตัวให้อนุมูลไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) และอนุมูลคาร์บอเนต ($CO_3^=$) CO_2 กับ H_2CO_3 ในน้ำมักเรียกว่า Free CO_2 ซึ่งทำให้น้ำมีฤทธิ์กัดกร่อนและเกิดความเป็นกรด ดังนั้นน้ำที่จะใช้ในหม้อไอน้ำ (Stream-Boiler) จึงควรตรวจสอบปริมาณ CO_2 และ HCO_3^- วิธีกำจัดที่ใช้กันทั่วไปคือ การเติมด่างหรือปูนขาว

2 .3 **ความเป็นด่าง** (Alkalinity) หมายถึง ความสามารถที่จะรับอนุมูล H^+ หรือความสามารถของน้ำที่จะสะเทินกรดแก่จนถึง pH ที่กำหนดไว้ ความเป็นด่างของน้ำตามธรรมชาติมักเกิดจาก คาร์บอเนต (CO_3^{-2}) ไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) ไฮดรอกไซด์ (OH^-) บอเรต ($H_2BO_3^-$) ฟอสเฟต ($H_2PO_4^-$) ซิลิเกต (SiO_3^{-2}) ซัลไฟด์ (HS^-) และแอมโมเนีย (NH_3) โดยละลายออกมาจากชั้นดิน หิน และบรรยากาศลงสู่แหล่งน้ำ เกลือฟอสเฟตจะมาจากผงซักฟอกหรือปุ๋ย แม้แต่สารเคมีปราบศัตรูพืชที่ใช้ในการเกษตร สำหรับไฮโดรเจนซัลไฟด์และแอมโมเนียอาจมาจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยจุลินทรีย์ในธรรมชาติ โดยทั่วไปน้ำตามธรรมชาติมักมีสารด่างไม่ครบทุกชนิด น้ำอาจมีสารด่างได้ 2 ชนิดเป็นอย่างมาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ pH ของน้ำดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับ pH	ชนิดของด่าง
pH มากกว่า 11.0	OH^-
pH 9.4 - 11.0	OH^- และ CO_3^{-2}
pH 8.3 - 9.4	CO_3^{-2} และ HCO_3^-
pH 4.6 - 8.3	HCO_3^-
pH น้อยกว่า 4.6	มีแต่กรด

ระดับความเป็นด่างที่ยอมรับได้ในน้ำประปา ควรอยู่ในช่วง 30-500 มก./ล. ในรูป $CaCO_3$ น้ำที่มีความเป็นด่างสูงเรียกว่าน้ำที่มีบัฟเฟอร์สูง ถ้าแหล่งน้ำใดมีค่าความเป็นด่างมากกว่า 500 มก./ล. ในรูป $CaCO_3$ ไม่สมควรนำมาใช้เป็นน้ำบริโภค เพราะจะมีรสไม่น่าดื่ม น้ำที่มีความเป็นด่างจะมีคุณสมบัติในการรักษา pH ของตัวเองไม่ให้แปรเปลี่ยนไปจากเดิมนัก หรือที่เรียกว่า Buffering Capacity คุณสมบัตินี้มีความสำคัญสำหรับการตกตะกอนด้วยสารส้ม เนื่องจากสารส้มเมื่อละลายน้ำจะปล่อยอนุมูลไฮโดรเจนทำให้ pH ลดลง การเกิดตะกอนจะไม่สมบูรณ์ ในกรณีที่น้ำดิบมีค่าความเป็นด่างอยู่จำนวนหนึ่ง จะสามารถสะเทินกรดและรักษา pH ไม่ให้เปลี่ยนไป

2.4 ความเป็นกรด (Acidity) ความเป็นกรดของน้ำคือความสามารถของน้ำที่จะให้อนุมูลไฮโดรเจน (H^+) หรือได้แก่ ปริมาณของกรดที่มีอยู่ในน้ำธรรมชาติ เช่น กรดคาร์บอนิค กรดอินทรีย์ที่เกิดจากการย่อยสลายของจุลินทรีย์ กรดแทนนิค กรดแร่ และเกลือของเหล็กกับอลูมิเนียม จากความสามารถในการแตกตัวให้อนุมูล H^+ ที่ต่างกันของกรดข้างต้น ทำให้แบ่งความเป็นกรดได้ 2 ประเภท

1. ความเป็นกรดเนื่องจาก CO_2 ซึ่งพบเสมอในน้ำธรรมชาติทั่วไป เพราะเป็นผลของปฏิกิริยา CO_2 กับ น้ำเกิดเป็นกรดคาร์บอนิค ทำให้น้ำธรรมชาติที่มีแต่ความเป็นกรดประเภทนี้เพียงอย่างเดียวจะมี pH สูงกว่า 4.5

2. ความเป็นกรดเนื่องจาก กรดแร่ เกิดจากการปนเปื้อนของน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีสารประกอบกำมะถันเจือปนอยู่ น้ำจากเหมืองแร่ หรืออาจถูกออกซิไดซ์โดยแบคทีเรียในดินได้กรดกำมะถัน ค่าความเป็นกรดมีประโยชน์ตรงที่สามารถบอกปริมาณด่างหรือเกลือที่จะต้องใช้เพื่อปรับ pH ให้เป็นกลาง ซึ่งจำเป็นสำหรับน้ำประปา และใช้คำนวณปริมาณปูนขาวที่ต้องการใช้ในการกำจัดความกระด้างโดยวิธี Lime Soda นอกจากนี้ยังใช้สำหรับควบคุม pH ของน้ำทิ้งที่จะระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะเพื่อมิให้กระทบกระเทือนต่อสมดุลธรรมชาติที่มีอยู่เดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ความกระด้าง (Hardness)

หมายถึง ความเข้มข้นหรือปริมาณอนุมูลโลหะที่มีประจุ +2 ในน้ำได้แก่ แคลเซียม (Ca^{+2}) แมกนีเซียม (Mg^{+2}) เหล็ก (Fe^{+2}) แมงกานีส (Mn^{+2}) สตรอนเซียม (Sr^{+2}) และอลูมิเนี่ยม (Al^{+3}) โดยทั่วไปในน้ำธรรมชาติจะมี Ca^{+2} และ Mg^{+2} อยู่เป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นค่าความกระด้างจึงเป็นผลรวมของ Ca^{+2} และ Mg^{+2} ยกเว้นกรณีที่มีอนุมูลโลหะอื่นเจือปนอยู่มาก ความกระด้างมีหน่วยเป็น มก./ล. ในรูปแคลเซียมคาร์บอเนต น้ำจากแหล่งต่างๆจะมีความกระด้างไม่เท่ากัน อาจแบ่งระดับความกระด้างตามปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต ได้ดังนี้

ประเภทของน้ำ	ระดับความกระด้าง (มก./ล. $CaCO_3$)
น้ำอ่อน	0-50
น้ำอ่อนปานกลาง	50-100
น้ำกระด้างเล็กน้อย	100-150
น้ำกระด้างปานกลาง	150-200
น้ำกระด้าง	200-300
น้ำกระด้างมาก	มากกว่า 300

น้ำกระด้างผิวดินจะมีความกระด้างในช่วง 80-100 มก./ล. $CaCO_3$ ในขณะที่น้ำใต้ดินจะมีความกระด้างสูงกว่าน้ำผิวดิน น้ำประปาควรมีความกระด้างประมาณ 50-80 มก./ล. $CaCO_3$ ความกระด้างในน้ำเกิดจากน้ำธรรมชาติซึ่งมักจะมี CO_2 ละลายอยู่หรือในดินที่มี CO_2 จากปฏิกิริยาของแบคทีเรีย จะทำให้ได้กรดคาร์บอนิค (H_2CO_3) เมื่อน้ำที่มีกรดไหลผ่านชั้นของดินหรือหิน โดยเฉพาะหินปูน กรดอ่อนตัวนี้สามารถจะละลาย $CaCO_3$ และ $MgCO_3$ ออกมาได้ดี ทำให้เกิดความกระด้างในน้ำ

$$CaCO_3 + H_2CO_3 \longrightarrow Ca(HCO_3)_2$$

$$MgCO_3 + H_2CO_3 \longrightarrow Mg(HCO_3)_2$$

โดยเหตุที่น้ำธรรมชาติมักมีแคลเซียมและแมกนีเซียมมากกว่าเหล็กและโลหะอื่นๆ ต้นเหตุที่สำคัญของความกระด้างจึงมักหมายถึงแคลเซียมและแมกนีเซียม ความกระด้างในน้ำแบ่งได้เป็น 2 ชนิด ตามอิออนลบที่จับรวมอยู่กับแคลเซียมและแมกนีเซียมดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20413

1. ความกระด้างเนื่องจากคาร์บอเนต คือ ความกระด้างของเกลือ CO_3^{-2} และ HCO_3^- เช่น $CaCO_3$ และ $Mg(HCO_3)_2$ พวกนี้สามารถกำจัดได้โดยการต้ม จึงเรียกอีกชื่อว่า ความกระด้างชั่วคราว ปฏิกิริยาที่เกิดจากการต้มเป็นดังนี้

$$Ca(HCO_3)_2 \longrightarrow CaCO_3 + CO_2 + H_2O$$

$$Mg(HCO_3)_2 \longrightarrow Mg(OH)_2 + 2CO_2$$

2. ความกระด้างที่ไม่ได้เกิดจากคาร์บอเนต คือ ความกระด้างของเกลืออื่นๆ ซึ่งไม่ใช่คาร์บอเนต เช่น $CaSO_4$, $MgCl_2$, $Ca(NO_3)_2$ เนื่องจากไม่สามารถกำจัดได้โดยการต้ม จึงเรียกว่า ความกระด้างถาวร บางครั้งน้ำธรรมชาติจากบางแห่งที่มีปริมาณโซเดียม (Na^+) อยู่มาก ซึ่งไม่ใช่ความกระด้าง แต่จะมีผลในการขัดขวางการเกิดฟองของสบู่เช่นเดียวกับน้ำกระด้าง น้ำพวกนี้มักมีรสกร่อย เรียกว่า Pseudo-Hardness หรือ ความกระด้างเทียม

การวิเคราะห์ความกระด้างอาจใช้วิธีคำนวณหากรู้ความเข้มข้นของ Ca^{+2} และ Mg^{+2} ในน้ำ ส่วนวิธีที่นิยมคือ EDTA Titrimetric Method โดยใช้ Eriochrome Black T เป็นตัวชี้จุดสมดุล ซึ่งจะเปลี่ยนจากสีม่วงอมุ่นเป็นสีน้ำเงิน

ผลเสียของน้ำที่มีความกระด้าง

1. ทำให้เปลืองสบู่ในการซักล้าง เพราะ Ca^{+2} และ Mg^{+2} จะทำปฏิกิริยากับสบู่เกิดเป็นตะกอน จึงต้องใช้สบู่เพิ่มในน้ำกระด้าง ด้วยเหตุนี้จึงทำให้เกิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงซักฟอก ซึ่งจะไม่มีปัญหาตกตะกอนในน้ำกระด้าง

2. ปัญหาการเกิดตะกรันในหม้อน้ำ ซึ่งเกิดจาก $CaCO_3$ หรือ $CaSO_4$ ตะกรันพวกนี้จะทำตัวเป็นฉนวนทำให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและอาจเป็นสาเหตุให้หม้อน้ำระเบิดได้เพราะการขยายตัวของตะกรันกับแผ่นเหล็กของหม้อน้ำไม่เท่ากัน เกิดรอยกะเทาะ น้ำเย็นในหม้อน้ำที่มาถูกกับรอยแตกจะกลายเป็นไออย่างรวดเร็ว จึงเกิดความดันขึ้น นอกจากนี้น้ำกระด้างชั่วคราวยังมีผลทำให้เกิดการกัดกร่อนในหม้อน้ำได้เนื่องจาก CO_2 ที่แตกตัวออกมาเมื่อได้รับความร้อน

Public Health Service ของ USA ได้กำหนดมาตรฐานค่าสูงสุดของความกระด้างสำหรับน้ำดื่ม อยู่ที่ 500 มก./ล. $CaCO_3$ โดยทั่วไปถ้าน้ำดื่มมีความกระด้างมากกว่า 300 มก./ล. $CaCO_3$ ควรจะผ่านขบวนการกำจัดความกระด้างเสียก่อน วิธีที่นิยมใช้กันมี 2 แบบ คือ Lime-Soda และ Ion-Exchange

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

4. โลหะที่ไม่เป็นพิษ (Non-Toxic Metals)

4.1 แคลเซียมและแมกนีเซียม (Ca and Mg) โลหะทั้งสองชนิดนี้เป็น Alkaline Earth Metals ที่เจือปนอยู่ในน้ำจืดในปริมาณมากกว่าชนิดอื่นๆ นอกจากนี้โลหะทั้งสองยังมีคุณสมบัติทางเคมีคล้ายคลึงกัน ซึ่งเป็นต้นเหตุของความกระด้าง และการเกิดตะกรัน ปริมาณแคลเซียมในน้ำมากน้อยไม่ใช่สิ่งสำคัญ และไม่มีอันตรายในด้านอนามัยหากมีปริมาณสูง การก่อให้เกิดความกระด้างในน้ำเป็นตัวจำกัดปริมาณแคลเซียมในน้ำไปในตัว น้ำกระด้างมีรสชาติดีกว่าน้ำอ่อน

อย่างไรก็ตามแคลเซียมในน้ำที่ใช้ในหม้อต้มไอน้ำควรจะมีปริมาณน้อยที่สุดหรือไม่มีเลย เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดตะกรัน ซึ่งอาจทำให้หม้อน้ำระเบิด โดยแหล่งน้ำที่มีปริมาณแคลเซียมต่ำกว่า 10 มก./ล. จัดเป็นแหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ แหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงควรมีปริมาณแคลเซียมอยู่มากกว่า25 มก./ล.

โดยทั่วไปในน้ำธรรมชาติจะพบแคลเซียมมีอยู่ในปริมาณมากกว่าแมกนีเซียมเสมอ โดยที่ในน้ำอ่อนจะมีสัดส่วนของแคลเซียมและแมกนีเซียม ประมาณ 48% และ 14% ของธาตุประจุบวกทั้งหมด ส่วนในน้ำกระด้างจะมีสัดส่วนประมาณ 53% และ 35% ตามลำดับ

4.2 เหล็ก (Fe) เหล็กที่อยู่ในน้ำส่วนใหญ่จะมีอยู่ 2 รูปคือ เฟอรัส (Fe^{+2}) และเฟอริค (Fe^{+3}) ขึ้นอยู่กับค่า pH, ปริมาณออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ที่อยู่ในน้ำ ตามปกติน้ำบาดาลหรืออ่างเก็บน้ำลึกๆ ที่ขาดออกซิเจน จะพบสารละลายเหล็กในรูปเฟอรัสในปริมาณสูง และถ้ามี CO_2 อยู่ด้วยจะได้เฟอรัสไบคาร์บอเนต [$Fe(HCO_3)_2$] ที่ละลายน้ำได้ดี แต่ถ้าในสภาวะที่มีออกซิเจน $Fe(HCO_3)_2$ จะถูกออกซิไดซ์ไปอยู่ในรูป เฟอริคไฮดรอกไซด์ [$Fe(OH)_3$] ที่ละลายน้ำได้น้อยมาก

น้ำที่มีเหล็กที่ความเข้มข้น 1 มก./ล. เมื่อสัมผัสกับอากาศจะทำให้เกิดสนิมเหล็กเปรอะเปื้อนเครื่องสุขภัณฑ์ต่างๆ ใช้ซักเสื้อผ้าขาวก็จะมีจุดสนิม หากความเข้มข้นสูงถึง 2 มก./ล. จะทำให้น้ำมีรสไม่น่าดื่ม หุงข้างก็บูดเร็ว นอกจากนี้เหล็กที่อยู่ในน้ำยังเป็นตัวการให้เกิดแบคทีเรียเหล็ก เช่น Crenothrix ซึ่งทำให้เกิดกลิ่นและรสที่ไม่พึงประสงค์ เมือกของจุลินทรีย์ในท่อจะทำให้เกิดการอุดตันท่อ น้ำที่มีเหล็กจะมีฤทธิ์กัดกร่อนด้วย

4.3 ทองแดง (Cu) ทองแดงไม่ค่อยพบในน้ำธรรมชาติ แต่อาจเกิดขึ้นได้จากการใช้ท่อทองแดงหรือจากการใช้จุนสี ($CuSO_4.7H_2O$) กำจัดสาหร่ายและตะไคร่น้ำ ทองแดงมีพิษอย่างแรงต่อปลา แต่มีผลน้อยมากต่อคน น้ำซึ่งมีทองแดง 1 มก./ล. อาจทำให้เกิดคราบสีเขียวเกาะตามข้อต่อท่อ ทองแดงในปริมาณ 0.1 มก./ล. พอเพียงที่จะทำให้อัตราการกัดกร่อนของท่อเหล็กอาบสังกะสีเพิ่มขึ้น ความเข้มข้น 1-5 มก./ล. มีผลด้านรสและความกัดกร่อน แต่ไม่เป็นอันตรายแก่มนุษย์ เพราะทองแดงเป็นสารจำเป็นต่อเมแทบอลิซึมของร่างกาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 แมงกานีส (Mn) โดยทั่วไปแมงกานีสมีคู่กับเหล็กในน้ำ แต่จะมีอยู่ในปริมาณที่น้อยกว่า น้ำผิวดินที่ไม่มีการไหลถ่ายเทจะมีแมงกานีสสูง โดยเฉพาะบริเวณก้นอ่างเก็บน้ำ เนื่องจากแมงกานีสเป็นโลหะจำเป็นสำหรับการทำงานของเอ็มไซม์บางตัว ดังนั้นการรับแมงกานีสจากอาหารในระดับ 10 มก./วัน จึงไม่ถือว่าเป็นอันตราย ในขณะที่แมงกานีสปริมาณมากๆเป็นพิษ แต่กว่าจะถึงระดับนั้น ก็จะก่อให้เกิดความรำคาญอย่างหนักขึ้นก่อน แมงกานีสความเข้มข้นเกินกว่า 0.05 มก./ล. หรือความเข้มข้นรวมกับเหล็กที่มากกว่า 0.3-0.5 มก./ล. จะเริ่มสร้างปัญหา โดยที่แมงกานีสจะตกตะกอนแยกตัวจากน้ำถ้าสัมผัสกับออกซิเจนหรือคลอรีน เกิดเป็นคราบจับติดอยู่ภายในท่อ ซึ่งบางครั้งก็หลุดติดไปกับน้ำประปาด้วย คราบที่เกิดจากแมงกานีสไดออกไซด์จะมีสีดำ แต่ถ้ามีเหล็กอยู่ด้วยจะเป็นคราบสีน้ำตาลเข้ม ถ้าใช้น้ำประปาที่มีแมงกานีสเจือปนอยู่ซักผ้าสีอ่อนๆจะมีรอยด่าง หรือถ้าใช้กับสุขภัณฑ์สีขาวจะมีคราบ ส่วนน้ำที่มีแมงกานีสอยู่จะเปลี่ยนรสของเครื่องดื่ม

5. โลหะที่เป็นพิษ (Toxic Metals)

5.1 อลูมิเนียม (Al) อลูมิเนียมในน้ำธรรมชาติมีปริมาณน้อย อาจมาจากอุตสาหกรรมชุบโลหะ ทำถังน้ำหรือท่อน้ำ อลูมิเนียมอาจถูกกัดกร่อนได้ในน้ำที่มีทองแดงเจือปนแม้ปริมาณน้อย ดังนั้นต้องระวังในการนำท่อทองแดงขนาดยาวต่อเชื่อมเข้ากับถังอลูมิเนียม น้ำซึ่งมีความเป็นด่างและมี Na_2CO_3 ก็กัดกร่อนอลูมิเนียม ที่มาของอลูมิเนียมในน้ำประปาอีกอย่างหนึ่ง คือการใช้ปริมาณสารส้มไม่ถูกส่วน ทำให้เกิดการตกตะกอนของ Aluminium Hydroxide [$Al(OH)_3$] น้ำที่ผ่านการกรองแล้วไม่ควรมีอลูมิเนียมสูงกว่า 0.15 มก./ล.

5.2 สารหนู (Arsenic, As) สารหนูเป็นสารพิษที่รู้จักกันดี การปะปนในน้ำเพียงเล็กน้อยก็ต้องหาแหล่งที่มา ซึ่งอาจมาจากท่อระบายน้ำเสีย แหล่งบริเวณแร่เหล็ก หรือแหล่งเหมืองเก่า สารหนูจะทำให้เกิดอาการเบื่ออาหาร อ่อนเพลีย ขับถ่ายผิดปกติ ชาบริเวณปลายมือ ปลายเท้า นิ้วเน่า ผิวหนังดำ แห้งกร้านซึ่งต่อไปจะเป็นมะเร็งผิวหนัง การควบคุมแหล่งน้ำใช้ต้องระวังบริเวณใกล้เคียงที่มีการใช้สารหนูเป็นสารกำจัดวัชพืช มาตรฐานกำหนดค่าสูงสุดของสารหนูในน้ำดื่มอยู่ที่ 0.05 มก./ล.

5.3 ตะกั่ว (Lead, Pb) ตะกั่วไม่ค่อยพบในแหล่งน้ำธรรมชาติ ยกเว้นในแม่น้ำลำคลองที่อยู่ในเขตชุมชน ซึ่งอาจมีการปนเปื้อนของตะกั่วจากไอเสียรถยนต์ ตะกั่วในน้ำประปาอาจมาจากท่อประปาโลหะที่มีตะกั่วผสมอยู่หรือท่อพลาสติกบางชนิด การละลายของตะกั่วจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของน้ำ เช่น น้ำอ่อนหรือน้ำที่มีกรดเล็กน้อย รวมทั้งน้ำฝนที่มักจะมีคาร์บอนไดออกไซด์ละลายอยู่สูง ซึ่งจะละลายตะกั่วได้ดี โลหะที่ใช้สำหรับเก็บน้ำไม่ควรทาภายในด้วยสีที่มีตะกั่วเจือปนอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร่างกายคนเราสามารถขับตะกั่วออกไปได้ หากได้รับตะกั่วทั้งหมดไม่เกิน 0.3-0.4 มก./วัน พิษของตะกั่วแบบเฉียบพลันมีอยู่หลายอาการ เช่น อ่อนเพลีย คลื่นไส้ วิงเวียน การกระตุกของกล้ามเนื้อ สำหรับพิษเรื้อรังที่สำคัญ ได้แก่ โรคโลหิตจาง เนื่องจากตะกั่วไปขัดขวางการสร้างฮีโมโกลบินของเม็ดเลือดแดง นอกจากนี้ยังมีผลต่อระบบประสาทด้วย EPA ได้กำหนดมาตรฐานไว้ที่ 0.05 มก./ล.

5.4 **โครเมียม** (Chromium as Hexavalent Ion, Cr^{+6}) โครเมียมใช้ผสมโลหะทำให้แข็ง ป้องกันสนิมและทนต่อการผุกร่อน ใช้ในการชุบโลหะ ทำสี และอุตสาหกรรมฟอกหนังย้อมสี พิษจากโครเมียมเกิดจากการสูดดม หรือได้รับฝุ่นผงโครเมียม มาตรฐานได้กำหนดความเข้มข้นของโครเมียม Cr^{+6} ไม่ให้เกิน 0.05 มก./ล.

5.5 **แคดเมียม** (Cd) แคดเมียมในธรรมชาติส่วนใหญ่พบปะปนอยู่กับแร่สังกะสีทุกชนิด แคดเมียมถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท โดยเฉพาะอุสาหกรรมเคลือบผิวและชุบโลหะ ใช้ผสมในน้ำมันเครื่อง ยางและพลาสติก แหล่งน้ำคุณภาพดีควรมีแคดเมียมต่ำกว่า 1 ppb แต่ในน้ำธรรมชาติทั่วไปอาจมีอยู่สูงถึง 10 ppb แคดเมียมเข้าสู่ร่างกายได้ทางน้ำและอาหาร ควันบุหรี่ก็เป็นอีกแหล่งที่มีแคดเมียม ถ้าได้รับแคดเมียมในปริมาณสูงจะทำให้เป็นหมัน เป็นมะเร็ง และโรคความดันโลหิตสูง ก่อความเสียหาย ต่อตับและไต พิษเรื้อรังจากแคดเมียมที่รู้จักกันดีคือ อิไต-อิไต (Itai - Itai) ซึ่งจะมีอาการสายตาผิดปกติ ปวดกระดูกตามน่อง ปวดซี่โครง และสันหลัง มาตรฐานกำหนดของแคดเมียมมีได้ไม่เกิน 0.01 มก./ล.

6. เกลืออนินทรีย์ที่ไม่เป็นพิษ

6.1 **ซัลเฟต** ($SO_4^{=}$) ซัลเฟตเป็นรูปหนึ่งของกำมะถันที่พบในน้ำทั่วไป เจือปนในแหล่งน้ำได้สองทางคือ จากก๊าซ SO_2 ในอากาศที่ถูกฝนละลายตกลงมา และละลายจากหินหรือดินที่มีซัลเฟต ในน้ำจืดจะมีซัลเฟตละลายอยู่มากเป็นอันดับสองรองจากแคลเซียม ซัลเฟตจะรวมตัวกับแมกนีเซียมและโซเดียมในน้ำเป็น เกลือแมงกานีสซัลเฟต ($MgSO_4$ - Epsom salt) และโซดียมซัลเฟต (Na_2SO_4 - Glauber salt) ซึ่งถ้าความเข้มข้นสูงถึง 500 มก./ล. หรือมากกว่า จะมีฤทธิ์เป็นยาระบาย (Laxative effect) แคลเซียมซัลเฟตเป็นสารละลายที่มาจากโคลนและเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ของน้ำกระด้างถาวรเกลือซัลเฟตของแมกนีเซียมและแคลเซียมจะทำให้เกิดตะกรันขึ้นในหม้อต้มน้ำ ส่วนโซเดียมซัลเฟตที่มีปริมาณมากในน้ำจะทำให้เกิดฟองในหม้อต้มไอน้ำด้วย จะเห็นว่าเกลือซัลเฟตมีผลต่อน้ำใช้ในอุตสาหกรรม

6.2 **คลอไรด์** (Cl) คลอไรด์ที่ปรากฏในแหล่งน้ำอาจมาจากเกลือคลอไรด์ในดินบางแห่ง น้ำทะเลมหาสมุทรหรือน้ำเสียจากชุมชน น้ำทะเลมีคลอไรด์ประมาณ 20,000 มก./ล. บางแห่งอาจสูงกว่านี้มาก คลอไรด์ในน้ำเสียชุมชนเกิดจากการขับถ่ายปัสสาวะของคนเรา เมื่อใดที่ตรวจพบค่าคลอไรด์ในน้ำสูงก็มักพบโซเดียมควบคู่กันไป นั่นคืออยู่ในรูปเกลือแกง ซึ่งไม่เป็นอันตรายแต่อย่างใด น้ำที่มีคลอไรด์เข้มข้นตั้งแต่ 200 มก./ล. จะเริ่มมีรสกร่อยและเค็มขึ้นเมื่อมีปริมาณคลอไรด์เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากมีสูงถึง 3,000 มก./ล. จะใช้ดื่มไม่ได้เลย คลอไรด์ของแมกนีเซียมและแคลเซียมจะกัดกร่อนหม้อต้มไอน้ำมากทำให้เกิดรูรั่วใน Boiler Tube

2.3.11 คุณสมบัติทางด้านแบคทีเรีย (Bacteriological Quality)

แบคทีเรียกลุ่มที่เป็นตัวชี้ความสกปรก คือ โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (*Coliform Bacteria*) ซึ่งจะอาศัยอยู่ในทางเดินอาหารของสัตว์เลือดอุ่นและพบเสมอเป็นจำนวนมาก ในอุจจาระ อีกทั้งยังสามารถอาศัยในสิ่งแวดล้อมภายนอกร่างกายได้นานกว่าเชื้อโรค วิธีการตรวจวิเคราะห์ไม่ยุ่งยากจึงเหมาะสำหรับงานตรวจสอบที่ต้องทำเป็นประจำ เชื้อแบคทีเรียที่ปนอยู่ในน้ำแบ่งออกเป็นพวกใหญ่ๆได้ 2 พวก คือ

1. พวกที่สามารถทำให้เกิดโรคได้ในคน เป็นแบคทีเรียชนิดที่เป็นอันตราย และมีอยู่ในลำไส้คน เรียกว่า เอนเทอริค พโทเจน (*Enteric Pathogens*) เชื้อพวกนี้สามารถเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เท่ากับอุณหภูมิในร่างกายคน เมื่อคนป่วยเป็นโรคบิด อหิวาตกโรค หรือไทฟอยด์ก็ดี ถ่ายอุจจาระลงไปในน้ำ แบคทีเรียพวกนี้ก็จะไปปนเปื้อนอยู่ในน้ำ และสามารถดำรงชีวิตอยู่ในน้ำได้เป็นเวลานาน วิธีการตรวจวิเคราะห์จะยุ่งยาก จึงไม่นิยมตรวจเชื้อพวกนี้

2. แบคทีเรียที่อยู่ในลำไส้คนและสัตว์มากที่สุด มีชื่อว่า โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (*Coliform Bacteria*) พวกนี้จะอยู่ในลำไส้ของสัตว์เลือดอุ่นทุกชนิด ในอุจจาระปกติของคน 1 กรัม จะมี โคลิฟอร์มแบคทีเรียประมาณ 100,000 ถึง 1,000,000,000 ตัว โดยปกติแบคทีเรียพวกนี้ไม่ก่อให้เกิดโรค แต่เมื่อถ่ายออกมากับอุจจาระลงไปปนเปื้อนอยู่ในน้ำ มักจะสามารถดำรงชีวิตอยู่ในน้ำได้นานกว่าพวกแรก การตรวจวิเคราะห์ก็ง่ายกว่าพวกแรก ดังนั้น จึงนิยมใช้โคลิฟอร์มแบคทีเรียเป็นดรรชนี ชี้ถึงคุณภาพทางแบคทีเรียของน้ำ เหตุที่เลือกเอา โคลิฟอร์มแบคทีเรียเป็นดรรชนีในการตรวจคุณภาพของน้ำ มีดังนี้

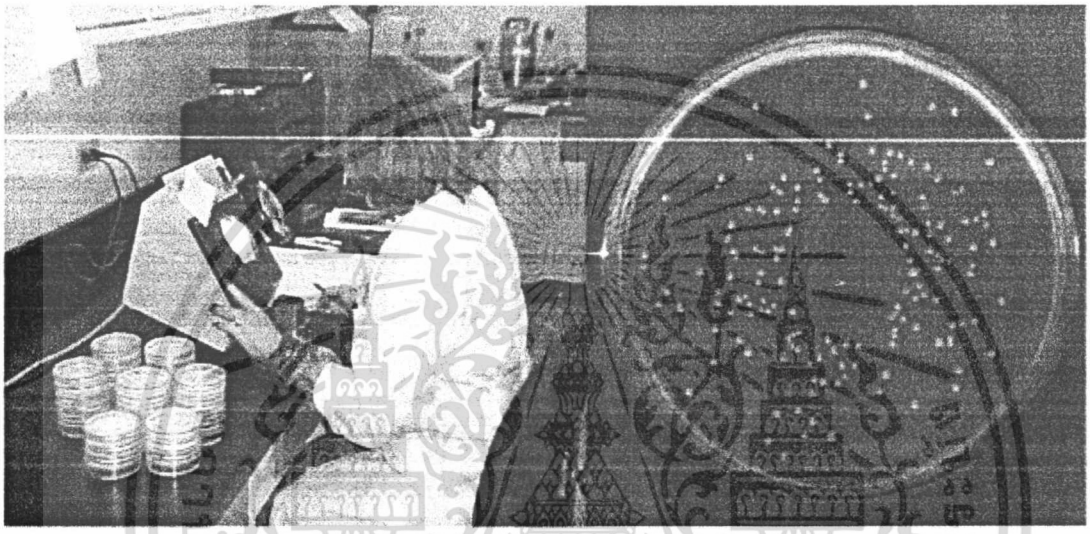
1. การตรวจโคลิฟอร์มแบคทีเรียที่มีอยู่ในน้ำทำได้ง่ายกว่าการตรวจหาพวกเอนเทอริค พโทเจน
2. เนื่องจากโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ปกติจะมีอยู่ในอุจจาระคนและสัตว์ 95 % แต่อยู่ในดินเพียง 5 %
3. ในสภาวะเดียวกัน คือน้ำชนิดเดียวกัน อุณหภูมิเท่ากัน โคลิฟอร์มแบคทีเรียจะมีความทนทานได้ดีกว่าแบคทีเรียเอนเทอริค พโทเจน
4. การตรวจพบโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำ จึงเป็นเครื่องชี้ให้ทราบว่า น้ำนั้นมีความสกปรกมากน้อยเพียงใด คือถ้าตรวจพบโคลิฟอร์มแบคทีเรียมากแสดงว่าน้ำนั้นสกปรกมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจวิเคราะห์ทางแบคทีเรีย

1. **การตรวจจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด** (Total or Standard Plate Count)

ใช้น้ำตัวอย่าง 1 มล. มาเพาะเชื้อในตู้อบที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชม. แบคทีเรียที่อยู่ในน้ำจะเจริญเติบโตและแบ่งเซลเพิ่มจำนวนมากขึ้น จับเป็นกลุ่มหรือเป็นจุดเล็กๆบนอาหารวุ้นที่เลี้ยงไว้ เรียกกลุ่มหรือจุดเหล่านี้ว่าโคโลนี (Colony) ตามมาตรฐานน้ำใช้ ได้กำหนดค่า Total Count ไว้ไม่เกิน 500 โคโลนี/มล.

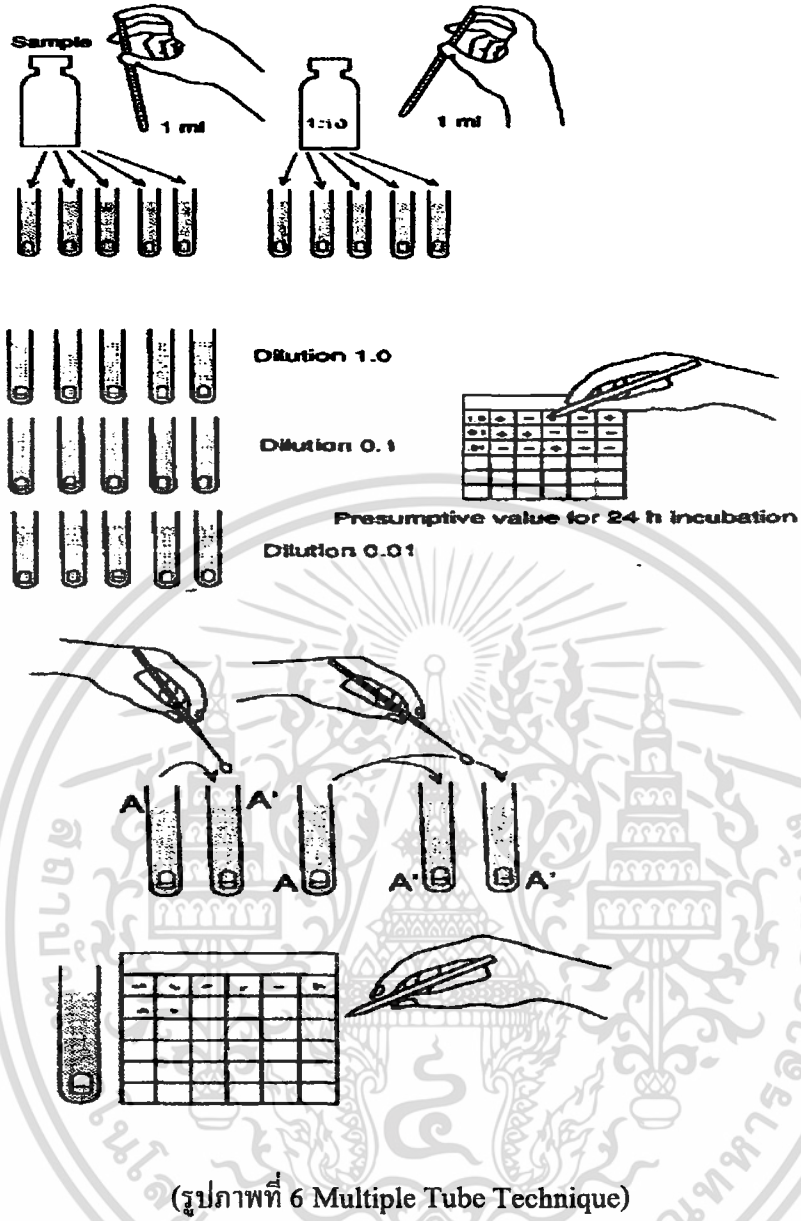


(รูปภาพที่ 5 Standard Plate Count)

2. **การตรวจหาโคลิฟอร์มแบคทีเรีย** (*Coliform* Index)

แบคทีเรียในกลุ่มโคลิฟอร์มมีอยู่ 2 ตัวที่สำคัญ ได้แก่ *Escherichia coli* (*E.coli*) และ *Aerobacter aerogenes* (*A.aerogenes*) โดยที่ *E.coli* เป็นแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในลำไส้ของคนและสัตว์เลือดอุ่น ส่วน *A.aerogenes* มักจะอาศัยอยู่ในดินและพืช ดังนั้นการตรวจพบโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำจึงไม่ได้เป็นการยืนยันว่าน้ำนั้นได้รับการปนเปื้อนจากของเสียของคนหรือสัตว์ การชี้ให้แน่ชัดลงไปควรตรวจหา *E.coli* ในการตรวจหาโคลิฟอร์มแบคทีเรียในงานวิเคราะห์ประจำ จะใช้วิธี Multiple Tube Technique หน่วยที่ใช้เป็น MPN/100 ml โดย MPN ย่อมาจาก Most Probable Number มาตรฐานน้ำดื่มทั่วไปกำหนดค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรียไว้ต่ำกว่า 2.2 MPN/100 ml

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(รูปภาพที่ 6 Multiple Tube Technique)

3. การตรวจหาอีโคไล (*E.coli*)

ใช้ Membrane Filter Technique โดยกรองน้ำที่ต้องการตรวจผ่านเยื่อกรองแบบ Cellulose Acetate หรือ Glass Filter ที่มีรูเปิดเล็กกว่า 0.5 ไมครอน จากนั้นนำเยื่อกรองที่มีแบคทีเรียค้างอยู่ไปเพาะเชื้อในอาหารพิเศษ ซึ่งจะทำให้โคโลนีของ *E.coli* มีสีแตกต่างจากแบคทีเรียตัวอื่น ทำให้สามารถนับได้อย่างแน่นอน ซึ่งวิธีการในการตรวจวิเคราะห์ทุกขั้นตอนควรทำแบบปลอดเชื้อ (Sterile Technique) มาตรฐานน้ำดื่มได้กำหนดไว้ว่าต้องไม่มี *E.coli* อยู่เลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(รูปภาพที่ 7 Membrane Filter Technique)

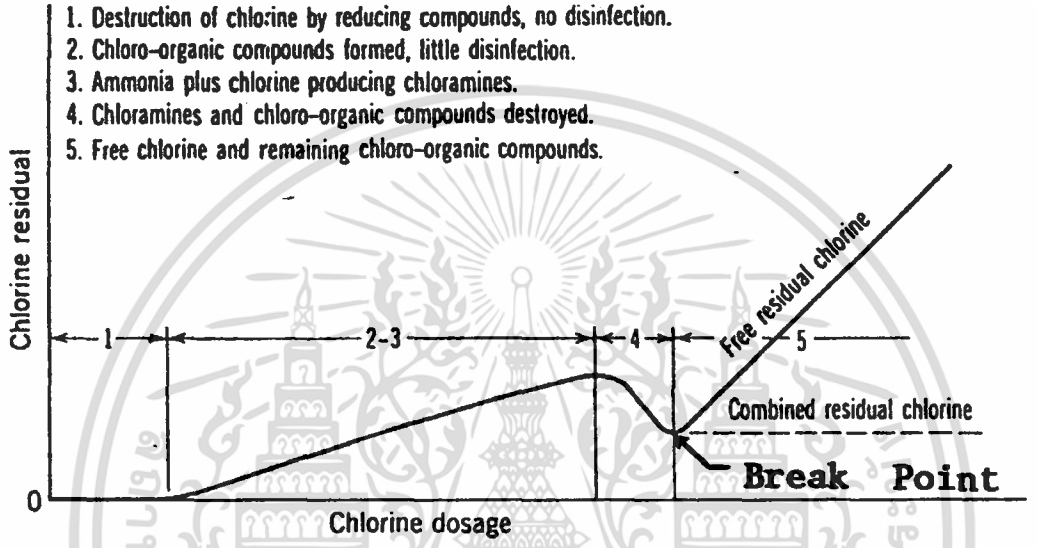
2.3.12 การฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน (Chlorination)

ในกระบวนการผลิตน้ำสะอาด เช่น การสร้างตะกอน (Coagulation) ตกตะกอน (Sedimentation) และการกรอง (Filtration) ก็มีส่วนในการกำจัดจุลินทรีย์ได้ถึงกว่า 90 %การแก้ความกระด้างด้วยปูนขาวก็สามารถฆ่าเชื้อโรคได้เช่นกันเนื่องจากค่า pH ที่สูงขึ้น การใช้คลอรีนฆ่าเชื้อโรคเป็นวิธีการที่แพร่หลายมากกว่าวิธีอื่น เพราะมีราคาถูก ประสิทธิภาพดี และคงอยู่ในน้ำได้นาน คลอรีนในสภาวะปกติเป็นก๊าซพิษ ถ้าหายใจเอาคลอรีนที่เข้มข้นเกินกว่า 30 ppm จะเป็นอันตรายต่อ ตา จมูก ผิวหนัง และเยื่อหุ้มระบบหายใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเติมคลอรีนก่อนบำบัด (Prechlorination) มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงการสร้างตะกอนให้ดีขึ้น โดยคลอรีนจะช่วยกำจัดตะกอนทับถมเน่าเปื่อยของสารอินทรีย์ในถังรวมตะกอน (Flocculation Tank) ควบคุมการเติบโตของสาหร่ายตะไคร่น้ำและจุลินทรีย์ กำจัดรส กลิ่น สี ในถังตกตะกอน ลดปริมาณของบักเตรีและสาหร่ายตะไคร่น้ำในถังกรอง และลดเชื้อโรคสำหรับน้ำดิบคุณภาพต่ำ

ปฏิกิริยาของคลอรีนในน้ำ



(รูปภาพที่ 8 ปฏิกิริยาของคลอรีนในน้ำ)

เมื่อคลอรีนละลายในน้ำบริสุทธิจะเกิดปฏิกิริยาแบบ Hydrolysis

$$Cl_2 + H_2O \longrightarrow HOCl + H^+ + Cl^-$$

<u>ช่วงที่ 1</u> คลอรีนจะทำปฏิกิริยากับสารอนินทรีย์และสิ่งปะปนอื่นๆในน้ำจนหมดไม่มี Residual Chlorine เหลืออยู่ จะไม่มีการฆ่าเชื้อโรคเกิดขึ้นในช่วงนี้

<u>ช่วงที่ 2</u> คลอรีนทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ในน้ำเกิดมีสารประกอบ Chloroorganic จะมีการฆ่าเชื้อโรคบ้างเล็กน้อย

<u>ช่วงที่ 3</u> เป็นระยะการทำปฏิกิริยาระหว่างคลอรีนกับแอมโมเนีย

$NH_3 + HOCl \longrightarrow H_2O + NH_2Cl$ (Monochloramine) คลอรีนคงค้างที่มีเหลืออยู่ในน้ำเกือบทั้งหมดจะเป็นโมโนคลอรามีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ช่วงที่ 4</u> เป็นระยะที่ปฏิกิริยา Oxidize ของ NH_3 กับ Cl_2 ดำเนินต่อไปจนสมบูรณ์โดยคลอรีนที่เพิ่มลงไปจะ Oxidize หรือเปลี่ยนรูปคลอรามีนและสารประกอบคลอรีนอินทรีย์ (Chloro - Organic Compound)

$$NH_2Cl + HOCl \longrightarrow H_2O + NHCl_2 \text{ (Dichloramine)}$$

$$NHCl_2 + HOCl \longrightarrow H_2O + NCl_3 \text{ (Nitrogen Trichloride)}$$

<u>ช่วงที่ 5</u> คลอรีนที่เพิ่มลงไปจะเป็นคลอรีนอิสระคงค้างกับสารประกอบคลอรีนอินทรีย์ เชื้อโรคที่ยังเหลืออยู่ในน้ำจะถูกทำลายโดย Free Residual

อัตราเร็วของปฏิกิริยาเบรคพอยท์ (Breakpoint Reaction) ขึ้นอยู่กับ pH ของน้ำ อัตราสูงสุดจะอยู่ระหว่าง pH 6.5 – 8.5 ซึ่งระยะเวลา 30 นาทีหรือนานกว่าเป็นเวลาที่เหมาะสม ดังนั้นการเติมคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรคต้องใช้เวลาไม่น้อยกว่า 30 นาที เพื่อให้เกิดมี Free Residual Chlorine ถ้าหากมีการเพิ่มปริมาณคลอรีนจนถึงจุดเบรคพอยท์ หรือเลยขึ้นไป กลิ่นและรสที่ไม่ดีก็จะถูกกำจัดออกไปด้วย

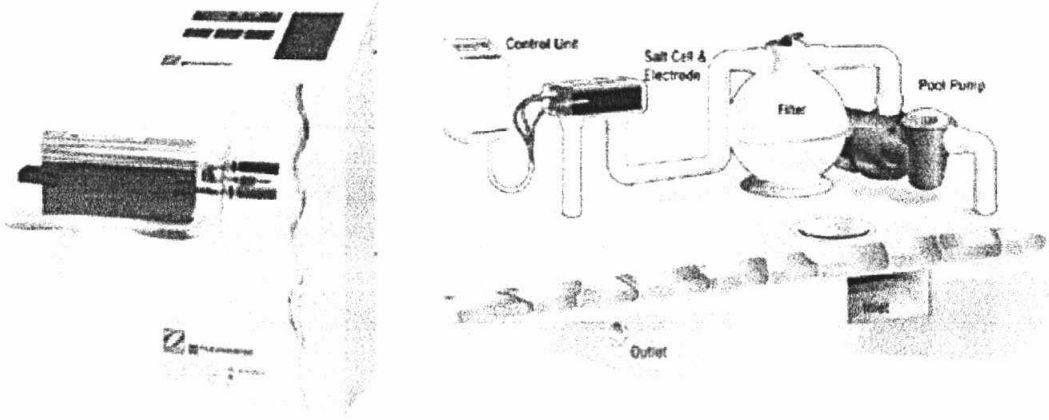
การลดคลอรีน (Dechlorination)

บางครั้งเมื่อน้ำดิบมีคุณภาพต่ำ คลอรีนจำนวนมากจะถูกเติมลงในน้ำเพื่อให้แน่ใจในการฆ่าเชื้อโรคหรือลดกลิ่นรส ซึ่งจะมีคลอรีนคงค้างจำนวนมากหลงเหลืออยู่ และจะต้องกำจัดออกบ้าง โดยใช้วิธีต่างๆ เช่น เติมสารทอน (Reducing Chemical) ได้แก่ SO_2 (Sulfur Dioxide), $NaHSO_3$ (Sodium Bisulphite) และNa_2SO_3 (Sodium Sulphite) นอกจากนี้การเติมอากาศ (Aeration) ยังช่วยลด HOCl, NH_3, Cl_2 และ NCl_3

การควบคุมการใช้คลอรีนในโรงงาน

1. ทำการตรวจวัดปริมาณอนุมูลคลอรีนอิสระในน้ำทุกๆ 2 ชั่วโมง สำหรับสัปดาห์แรกที่เดินเครื่อง
2. หลังจากสัปดาห์แรก ให้ตรวจวัดปริมาณอนุมูลคลอรีนอิสระ โดยเก็บตัวอย่างน้ำจากจุดต่างๆของโรงงาน อย่างน้อยวันละ 4 ครั้ง และเก็บตัวอย่างที่จุดเดิม
3. ชิมตัวอย่างน้ำที่เก็บมาวิเคราะห์ทุกตัวอย่าง เพื่อสังเกตกลิ่นรสแปลกปลอม
4. จด Chlorinator Setting ทุกครั้งที่เก็บตัวอย่าง เพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างอนุมูลคลอรีนอิสระกับ Chlorinator Setting เพื่อสังเกตข้อผิดพลาดของเครื่องเติมคลอรีน
5. ชั่งภาชนะที่บรรจุคลอรีนทุกวัน และเวลาเดียวกันเพื่อทราบน้ำหนักที่หายไป และเป็นการตรวจสอบเครื่องเติมคลอรีน และทำให้ทราบว่าเมื่อไหร่จะมีการเปลี่ยนถังคลอรีน
6. ควรมีการตรวจสอบเครื่องเติมคลอรีนทุกวัน อย่างน้อยวันละ 1 ครั้ง เพื่อดูการรั่ว ด้วยขวดแอมโมเนีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(รูปภาพที่ 9 Chlorinator)

2.3.13 การแก้น้ำกระด้าง

เพื่อลดปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมซึ่งเป็นตัวทำให้เปลืองสบู่ในการซักฟอกหรือชำระล้าง และเพื่อไม่ให้มีตะกรันเกิดขึ้นในหม้อต้มน้ำ ของโรงงานอุตสาหกรรม วิธีแก้น้ำกระด้างที่นิยมใช้มี 2 กระบวนการ คือ การใช้ปูนขาวและโซดาแอช กับ การใช้ตัวแลกเปลี่ยนประจุ

การใช้ปูนขาวและโซดาแอช (Lime and Soda Ash Process)

เป็นกระบวนการแก้น้ำกระด้างสำหรับน้ำใช้ในการอุปโภคบริโภคหรือในกรณีที่ไม่ต้องการลดความกระด้างจนเหลือศูนย์ ซึ่งไม่เป็นที่พึงประสงค์สำหรับการสาธารณูปโภคทั่วไปเพราะจะทำให้เกิดการกัดกร่อนต่ออุปกรณ์และข้อต่อต่างๆ นอกจากนี้น้ำที่มีความกระด้างเล็กน้อยจะช่วยให้มีรสชาติดีขึ้น น้ำที่ผ่านกระบวนการนี้แล้วจะมีความกระด้างประมาณ 75 - 85 มก./ล. ($CaCO_3$) และแมกนีเซียมน้อยกว่า 40 มก./ล.

หลักการลดความกระด้างด้วยปูนขาวและโซดาแอช

ความกระด้างของน้ำเกิดจากสารประกอบของแมกนีเซียมและแคลเซียม กระบวนการ Lime - Soda Ash จะกำจัดสารประกอบเหล่านี้ โดยการทำให้ตกตะกอนด้วยน้ำปูน $Ca(OH)_2$ ซึ่งเตรียมได้โดยการผสมปูนขาว CaO (Quick Lime) กับน้ำ แคลเซียมไฮดรอกไซด์จะทำปฏิกิริยากับแคลเซียมและแมกนีเซียมไบคาร์บอเนต เกิดเป็นตะกอนไม่ละลายน้ำของ $CaCO_3$ กับ $Mg(OH)_2$ และทำปฏิกิริยากับสารประกอบอื่นของ Mg เกิดเป็นตะกอนไม่ละลายน้ำของ $Mg(OH)_2$ และสารละลายของ $CaCl_2$ Soda Ash (Na_2CO_3) จะเติมในรูปของสารละลายในถังผสมเร็วอันเดียวกับที่เติมปูนขาวจะเพื่อใช้ลดปริมาณ $CaCl_2$ ที่เกิดจากกระบวนเบื้องต้นหรือที่มีอยู่เดิมในน้ำดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการของ Lime - Soda Ash

1. **การควบคุมคุณภาพของน้ำดิบ** (Pretreatment) ถ้าน้ำดิบมีก๊าซ CO_2 อิสระมาก จะต้องกำจัดออกก่อนโดยการเติมอากาศหรือเติมปูนขาว ถ้าน้ำดิบมีความขุ่นสูงจะทำให้เครื่องกำจัดตะกอนทำงานหนัก อาจต้องมีการตกตะกอนน้ำดิบ (Presedimentation) เพื่อลดความขุ่นลงเสียก่อน

2. **การผสมเร็วและการรวมตะกอน** (Rapid Mixing and Flocculation) เพื่อให้การผสมของ $Ca(OH)_2$ และน้ำดิบเป็นไปโดยสมบูรณ์ ระยะเวลาผสมในถังจะอยู่ระหว่าง 5- 10 นาที ความเร็วของน้ำเพียงพอให้สารเคมีแขวนลอยและละลายได้หมด ตะกอน $CaCO_3$ และ $Mg(OH)_2$ ที่เกิดขึ้นจะจับตามผนังของถังผสม ดังนั้นจึงต้องมีการชำระล้างสิ่งสกปรกเหล่านี้ออกเป็นครั้งคราว

ในกระบวนการรวมตะกอน (Flocculation) ตะกอนจะอยู่ในลักษณะแขวนลอยและจับตัวเป็นกลุ่มซึ่งจะมีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อตกตะกอนต่อไป ระยะเวลาในการรวมตะกอน ประมาณ 40 - 60 นาที ส่วนใหญ่นิยมใช้เครื่องกวนซึ่งสามารถปรับความเร็วได้

3. **การตกตะกอน** (Sedimentation) ระยะเวลากักน้ำในถังตกตะกอน จะใช้เวลา 2 - 3 ชั่วโมง ความเร็วของน้ำในถังประมาณ 0.05 เมตร/นาที ความลึกของถังตกตะกอนจะต้องเผื่อไว้สำหรับตะกอนจำนวนมากที่ตกลงสู่ถัง ความสูงของตะกอนระหว่าง 1 - 2 เมตร เป็นสิ่งปกติธรรมดา การปล่อยให้กากตะกอนเข้มข้นสูงถึง 10 - 15 % จะช่วยไม่ให้เปลืองน้ำที่ไหลติดออกไปในเวลาระบายกากตะกอนทิ้ง ตะกอนจากความกระด้างสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้โดยทำให้แห้งแล้วเผาเพื่อให้กลับเป็น CaO

4. **ระบบกรอง** (Filtration) ถังกรองในระบบ Lime - Soda Ash มีลักษณะเดียวกับระบบทรายกรองเร็ว น้ำที่ผ่านเข้าถังกรองจะมีความขุ่น (Turbidity) และเป็นตะกอนละเอียดของ $CaCO_3$ ซึ่งจะเป็นตะกอนที่ผิวหน้าทรายทำให้ความสูญเสียการไหลเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ การผนึกแน่นเป็นก้อนของทรายกรอง เป็นปัญหาที่มักเกิดขึ้น แต่สามารถแก้ได้โดยการใช้ Polophosphate ไม่น้อยกว่า 0.5 มก./ล. ซึ่งสามารถป้องกันได้ ทั้งการจับเป็นก้อนของทรายและการเป็นคราบของ $CaCO_3$ ที่ผนังถังกรอง

การแลกเปลี่ยนประจุ (Ion Exchange)

การแลกเปลี่ยนประจุ จะใช้สารชนิดหนึ่งซึ่งมีคุณสมบัติพิเศษสามารถจับประจุบวกในน้ำที่ทำให้เกิดความกระด้างคือ Ca^{+2} และ Mg^{+2} ได้ และปล่อยประจุในตัวคือ Na^{+} ออกมาแทน เมื่อประจุ Na^{+} ในตัวหมดไปก็สามารถฟื้นฟูสภาพให้กลับมี Na^{+} ขึ้นใหม่ได้ด้วยการผ่านสารละลาย NaCl ลงไปในชั้นตัวกลางนี้ สารพิเศษนี้มีชื่อเรียกหลายอย่าง เช่น Ion - Exchanger, Resin, Zeolite, Permutite ถ้าเป็นสารประกอบธรรมชาติจะมีลักษณะเป็นเม็ดสีเขียว มีความชื้น 10 % เรียกว่า Green Sand ซึ่งเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่ไม่ละลายน้ำของ Sodium Aluminosilicates ($Na_2O.Al_2O_3.x\ SiO_2.Y\ H_2O$) ขนาดใกล้เคียงกับทรายหยาบประมาณ 0.42 มม.

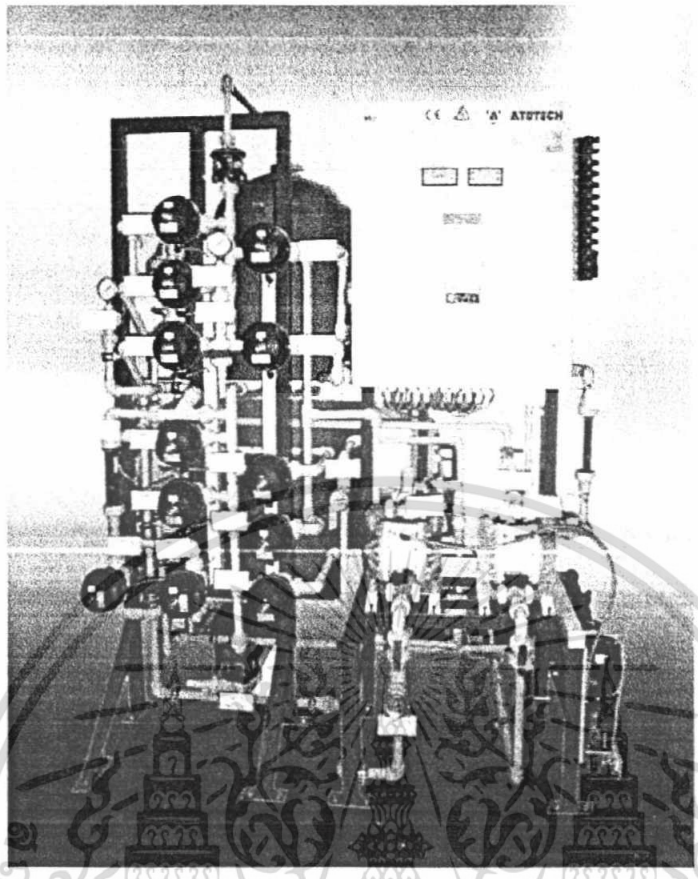
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะการทำงานเป็นแบบระบบกรองใต้ความดัน สารเรซินจะถูกบรรจุไว้ในถังเหล็กรูปทรงกระบอก มีท่อน้ำกระด้างไหลเข้า ท่อน้ำอ่อนไหลออก ท่อเติมน้ำเกลือและท่อระบายน้ำทิ้ง ความสูงของชั้นเรซินอยู่ระหว่าง 0.6 - 1.8 เมตร เมื่อน้ำกระด้างทั้งสารประกอบของแคลเซียมและแมกนีเซียมไหลเข้ามาในถัง ชั้นประจุโซเดียมเรซิน (Na_2R) ก็จะจับประจุของ Ca และ Mg ไว้ และปล่อยประจุ Na ออกมาแทน เมื่อเรซินไม่มีประจุ Na เหลืออยู่ เพราะประจุของ Ca และ Mg เข้าไปแทนที่จนหมด ก็จะไม่สามารถกำจัดความกระด้างได้อีกต่อไป โดยน้ำที่ผ่านถังเรซินออกมาจะมีความกระด้างปรากฏขึ้น เมื่อถึงขั้นนี้จะต้องทำการฟื้นฟูสภาพของเรซิน

โดยการผ่านสารละลายเกลือ NaCl ความเข้มข้น 10 % ลงไปในถัง เรซินจะแช่อยู่ประมาณ 5 – 10 นาที จากนั้นจะใช้น้ำสะอาดล้างเกลือออก ชั้นเรซินที่ผ่านการฟื้นฟูสภาพจะมีประจุของ Na อยู่เต็ม และสามารถใช้กำจัดความกระด้างได้ต่อไป ของเสียที่ออกจากระบบนี้เป็นน้ำที่ใช้ในการล้างคืนประจุ ซึ่งเป็นน้ำที่มี ค่า TDS (Total Dissolved Solids) สูง เพราะจะมีสารโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เกลือแคลเซียม เช่น $CaSO_4$, $CaCl_2$ และเกลือแมกนีเซียม เช่น $MgSO_4$, $MgCl_2$ เป็นต้น ซึ่งเป็นน้ำทิ้งที่มีความเค็ม และค่า pH ค่อนข้างสูง การทิ้งลงสู่ลำน้ำสาธารณะโดยตรงจะเกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม ควรจะลดความเค็มและค่า TDS ก่อน

ข้อดีของการกำจัดความกระด้างด้วยสารแลกเปลี่ยนประจุ คือวิธีการไม่ยุ่งยาก ไม่มีกากตะกอนเกิดขึ้น และลดความกระด้างได้จนเหลือศูนย์ แต่สำหรับน้ำที่มีความกระด้างมากๆนั้น วิธีนี้อาจเสียค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้นจึงนิยมลดความกระด้างด้วยวิธีใช้ปูนขาวกับโซดาแอชก่อน แล้วจึงใช้สารแลกเปลี่ยนประจุกำจัดความกระด้างที่เหลือต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(รูปภาพที่ 10 Ion Exchanger)

2.3.14 การเลือกระบบผลิตน้ำที่เหมาะสมกับการใช้งาน

1. คุณภาพน้ำที่ต้องการใช้ ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดระบบผลิตน้ำที่เหมาะสม
2. ปริมาณน้ำที่ต้องการใช้ ชั่วโมงละกี่ลูกบาศก์เมตร และใช้วันละกี่ชั่วโมง
3. คุณภาพและแหล่งน้ำดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำ ถูกใช้เป็นตัวเลือกหน่วยผลิตน้ำ เพื่อมาประกอบเป็นระบบผลิตน้ำที่เหมาะสม หน่วยผลิตน้ำนี้ ได้แก่ การตกตะกอน การกรอง การกำจัดความกระด้าง เป็นต้น
4. พื้นที่ที่จะใช้ในการติดตั้งระบบผลิตน้ำ ซึ่งจะใช้ในการเลือกหน่วยผลิตน้ำที่เหมาะสม
5. จุดที่ใช้น้ำและคุณภาพที่ต้องใช้แต่ละจุด เป็นข้อมูลในการเลือกระบบผลิตน้ำแยกจากกันให้เหมาะสม เช่น โรงงานมีการใช้น้ำอ่อนและน้ำบริสุทธิ์ ก็จะต้องเลือกติดตั้ง Water Softener ณ จุดที่ใช้น้ำอ่อน และติดตั้งระบบผลิตน้ำบริสุทธิ์อีกจุดหนึ่ง เพื่อลดขนาดของระบบ และป้องกันการผลิตน้ำที่มีคุณภาพ หรือต่ำกว่าที่ต้องการ
6. ความรู้และความสามารถของผู้เดินระบบของโรงงาน มีส่วนประกอบในการเลือกระบบว่าควรจะเป็นแบบใดจึงจะเหมาะกับระดับความรู้ของผู้เดินระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และขั้นตอนการทดลอง

3.1 อุปกรณ์ในการทดลอง

ฮาร์ดแวร์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีเครือข่ายอินเตอร์เน็ต
2. เครื่องคอมพิวเตอร์ที่สามารถบันทึกงานในรูปของ CD ได้

ซอฟแวร์

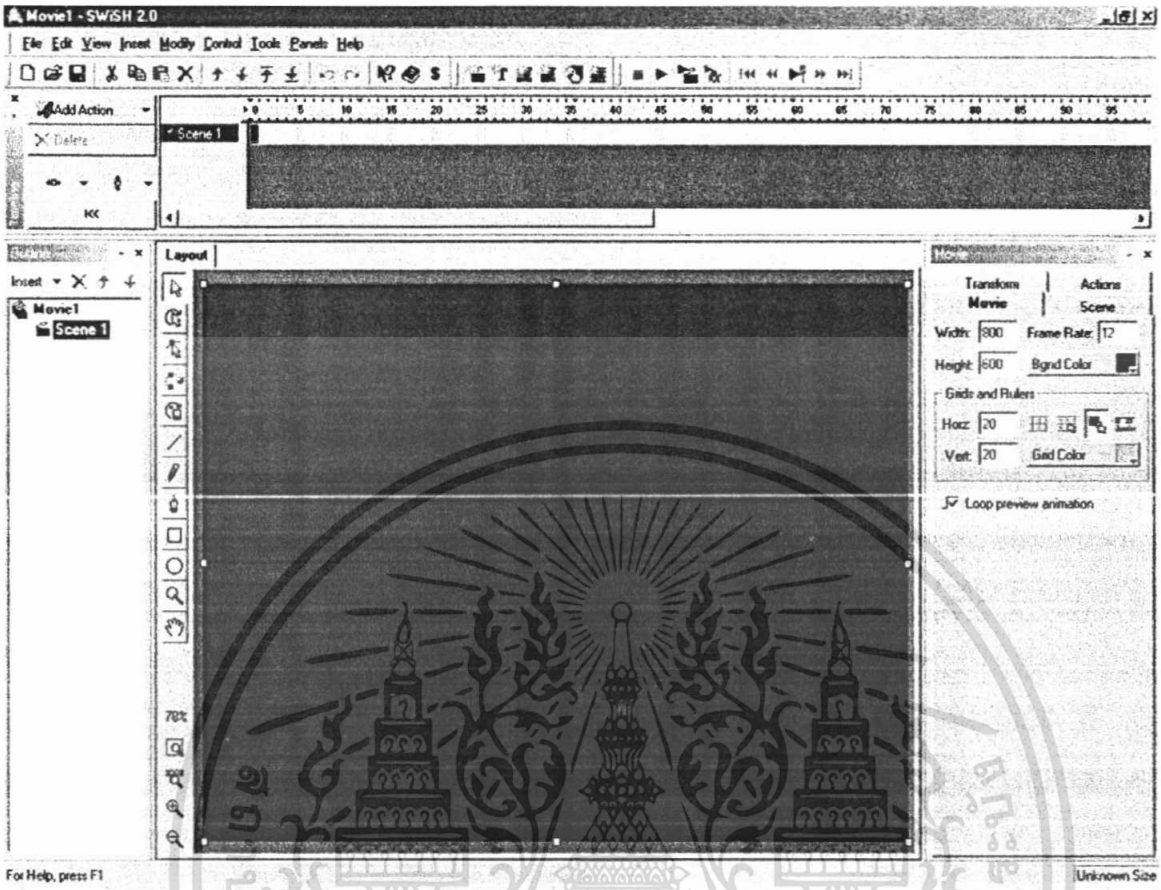
1. โปรแกรม SWiSH 2.0
2. โปรแกรม Macromedia Flash MX 2004
3. โปรแกรม Adobe Photoshop 7.0
4. โปรแกรม Microsoft Word 2003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ขั้นตอนและวิธีการทำ

1. กำหนดหัวข้อและขอบเขตของเนื้อหาที่เกี่ยวกับน้ำใช้
2. ค้นคว้าข้อมูลและรายละเอียดเนื้อหาที่เกี่ยวกับน้ำใช้ ซึ่งมีหัวข้อดังนี้
    - 2.1 จุดประสงค์
    - 2.2 ความแตกต่างของน้ำบริสุทธิ์กับน้ำสะอาด
    - 2.3 วัฏจักรของน้ำ
    - 2.4 แหล่งน้ำดิบ
    - 2.5 กระบวนการทำความสะอาดน้ำประปา
    - 2.6 คุณสมบัติของน้ำทางกายภาพ
    - 2.7 มาตรฐานน้ำดื่ม
    - 2.8 มาตรฐานน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุปิดสนิท
    - 2.9 วิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ
    - 2.10 คุณสมบัติของน้ำทางเคมี
    - 2.11 คุณสมบัติของน้ำทางแบคทีเรีย
    - 2.12 การฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน
    - 2.13 การแก้น้ำกระด้าง
    - 2.14 การเลือกระบบผลิตน้ำ
3. จัดทำแผนผังของเนื้อหาที่ต้องการนำเสนอ
4. ศึกษาโปรแกรมที่ใช้ในการทำ CD - ROM
    - 4.1 วิธีการใช้ SWiSH 2.0
    - 4.2 วิธีการใช้ Macromedia Flash MX 2004
    - 4.3 วิธีการใช้ Adobe Photoshop 7.0
5. จัดทำ CD - ROM ตามแผนผังที่ได้กำหนดไว้

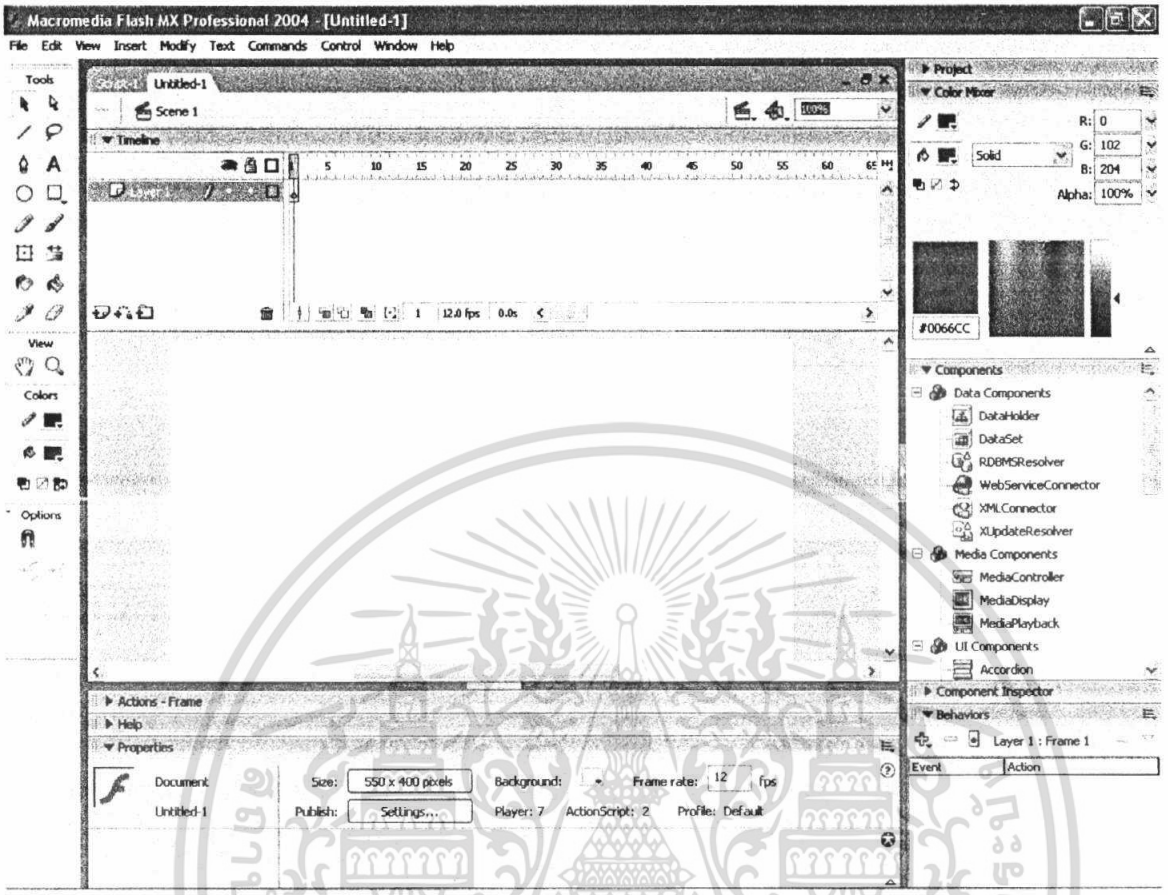
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(รูปภาพที่ 11 หน้าต่างโปรแกรม SWiSH)

SWiSH เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างภาพเคลื่อนไหวเพื่อใช้ในงานต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นด้านการสร้าง Flash Animation การสร้างงานนำเสนอและที่สำคัญก็คือการสร้างโฮมเพจให้มีลูกเล่นที่น่าสนใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

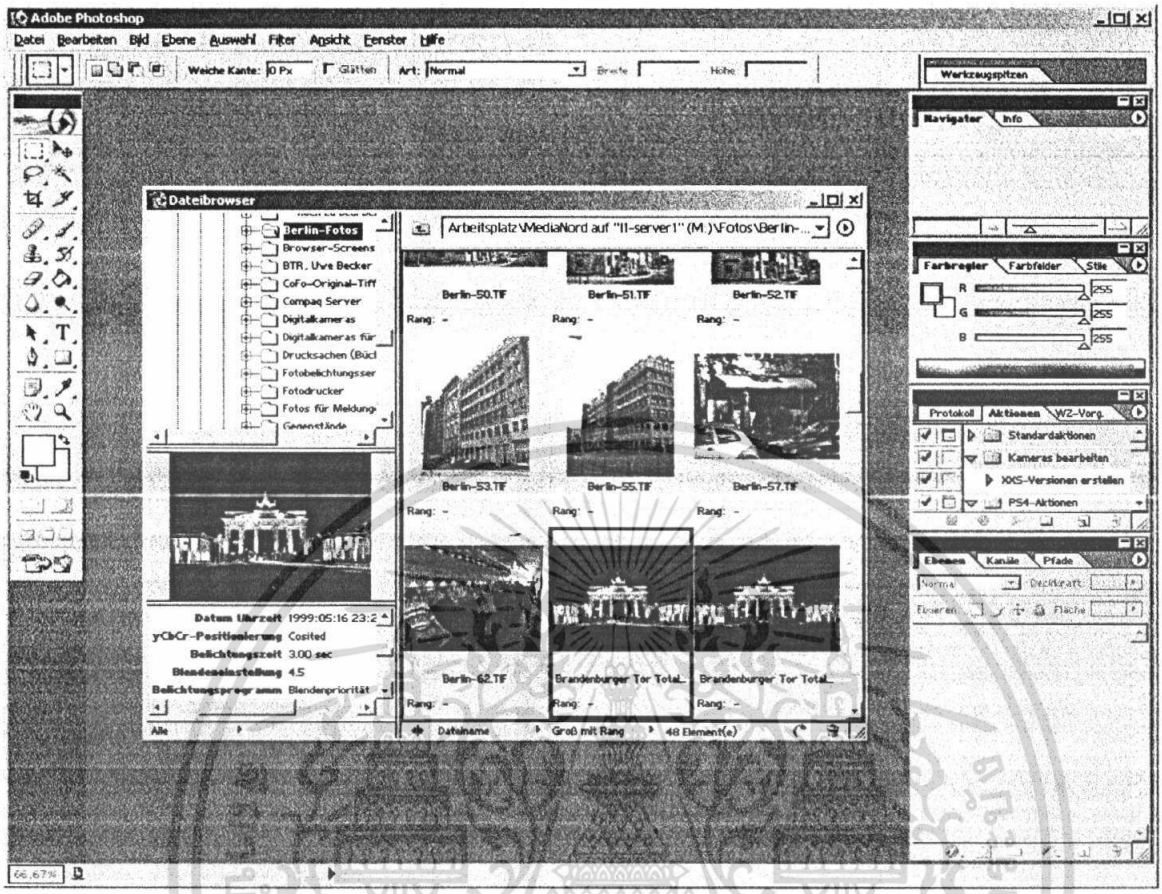


(รูปภาพที่ 12 หน้าต่างโปรแกรม Macromedia Flash)

ความสามารถทั่วไปของโปรแกรม Flash

1. สร้างภาพเคลื่อนไหวในรูปแบบต่างๆ ได้เป็นอย่างดี
2. ภาพเคลื่อนไหวแบบปฏิสัมพันธ์ ผู้ใช้สามารถควบคุมได้
3. สามารถแสดงผลด้านเสียงและเป็นเสียงที่ควบคุมได้
4. สามารถบันทึกไฟล์ให้ประมวลผลตัวเองได้ (*.exe)
5. ผลงานที่สร้างขึ้นสามารถทำงานร่วมกับไฟล์ HTML และแสดงผลได้โดยตรงผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(รูปภาพที่ 13 หน้าต่างโปรแกรม Adobe Photoshop)

Photoshop เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างภาพและตกแต่งภาพเพื่อให้ได้ภาพที่มีสีสันและมีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น และผลงานที่ได้สามารถนำไปใช้ร่วมในงานต่างๆได้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ภาพตัวอย่างจาก CD - ROM สื่อการสอน น้ำใช้สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร

(รูปภาพที่ 14 หน้าแรกของสื่อการสอน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(รูปภาพที่ 15 แสดงหน้าเมนูหลัก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

"น้ำ" เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ น้ำที่มนุษย์สามารถนำไปใช้ในการอุปโภคและบริโภคได้ ควรมีความสะอาดและบริสุทธิ์อย่างเพียงพอ จึงทำให้การหาแหล่งน้ำธรรมชาติที่เหมาะสม มิใช่เรื่องง่าย ทั้งนี้เพราะน้ำในธรรมชาติย่อมมีสิ่งต่าง ๆละลายหรือปะปนอยู่มาก ทั้งที่สามารถมองเห็นและมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า เหตุนี้การทำความสะอาดน้ำก่อนใช้จึงเป็นเรื่องที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ความจำเป็นในการทำความสะอาดน้ำมักแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการใช้น้ำและลักษณะสมบัติของน้ำดิบ ซึ่งวัตถุประสงค์ของการใช้น้ำอาจจำแนกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ คือ การใช้น้ำในชีวิตประจำวัน และการใช้น้ำเพื่อกิจการอุตสาหกรรม

Back

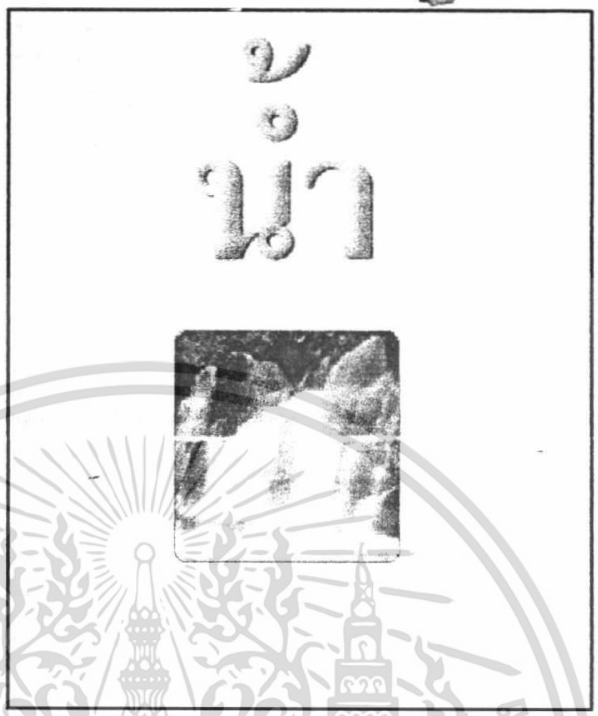
Water Supply

(รูปภาพที่ 16 แสดงหน้าวัตถุประสงค์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกจากบทเรียน

- ความแตกต่างของน้ำบริสุทธิ์กับน้ำสะอาด
- วัฏจักรของน้ำ
- แหล่งน้ำดิบ
- กระบวนการทำความสะอาดน้ำประปา
- คุณสมบัติของน้ำทางกายภาพ
- มาตรฐานน้ำดื่ม
- มาตรฐานน้ำบริโภคในกาชนะบรรจุปิดสนิท
- วิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ
- คุณสมบัติของน้ำทางเคมี
- คุณสมบัติของน้ำทางแบคทีเรีย
- การฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน
- การแก้น้ำกระด้าง
- การเลือกระบบผลิตน้ำ



(รูปภาพที่ 17 แสดงหน้าหัวข้อทั้งหมดในบทเรียน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากบทเรียน

- ความแตกต่างของน้ำบริสุทธิ์กับน้ำสะอาด
- วัฏจักรของน้ำ
- แหล่งน้ำดิบ
- กระบวนการทำความสะอาดน้ำประปา
- คุณสมบัติของน้ำทางกายภาพ
- มาตรฐานน้ำดื่ม
- มาตรฐานน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุปิดสนิท
- วิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ
- คุณสมบัติของน้ำทางเคมี
- คุณสมบัติของน้ำทางแบคทีเรีย
- การบำบัดโรคด้วยคลอรีน
- การแก้น้ำกระด้าง
- การเลือกระบบผลิตน้ำ

น้ำบริสุทธิ์ คือ
น้ำที่ปราศจากสิ่งเจือปนทุกชนิด โดยทั่วไปได้จากขั้นตอนการทำน้ำให้ระเหยแล้วเย็นตัวกลั่นมาเป็นหยดน้ำ จึงเรียกว่า "น้ำกลั่น" ซึ่งในปัจจุบันได้มีการพัฒนาการทำน้ำให้บริสุทธิ์ขึ้นอีกหลายวิธี เพื่อนำน้ำไปใช้ในการอุตสาหกรรม เนื่องจากน้ำเป็นตัวทำละลายที่ดี น้ำบริสุทธิ์จะยิ่งมีความสามารถในการทำละลายได้สูงกว่าน้ำทั่วไป น้ำบริสุทธิ์จึงไม่เหมาะสำหรับการอุปโภคและบริโภค เพราะจะเป็นอันตรายต่อเนื้อเยื่ออ่อนในร่างกาย และขาดแร่ธาตุที่จำเป็นต่อร่างกาย

น้ำสะอาด คือ
น้ำที่มีสารละลายและแร่ธาตุต่างๆอยู่ในปริมาณที่เหมาะสมต่อการบริโภค ดังนั้นการทำน้ำสะอาดเพื่อการบริโภคจึงต้องมีการกำหนดมาตรฐานน้ำดื่มไว้ โดยกำหนดปริมาณสารละลายและแร่ธาตุแต่ละรายการที่ให้มีได้ในน้ำ

(รูปภาพที่ 18 แสดงหน้าความแตกต่างของน้ำบริสุทธิ์กับน้ำสะอาด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความแตกต่างของน้ำบริสุทธิ์กับน้ำสอาด
- วัฏจักรของน้ำ
- แหล่งน้ำดิบ
- กระบวนการทำความสอาดน้ำประปา
- คุณสมบัติของน้ำทางกายภาพ
- มาตรฐานน้ำดื่ม
- มาตรฐานน้ำบริโภคในกายมนุษย์ปกติ
- วิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ
- คุณสมบัติของน้ำทางเคมี
- คุณสมบัติของน้ำทางแบคทีเรีย
- การฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน
- การแก้น้ำกระด้าง
- การเลือกระบบผลิตน้ำ

(รูปภาพที่ 19 แสดงหน้าวัฏจักรของน้ำ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความแตกต่างของน้ำบริสุทธิ์กับน้ำสอาด
- วัฏจักรของน้ำ
- แหล่งน้ำดิบ
- กระบวนการทำความสะอาดน้ำประปา
- คุณสมบัติของน้ำทางกายภาพ
- มาตรฐานน้ำดื่ม
- มาตรฐานน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุปิดสนิท
- วิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ
- คุณสมบัติของน้ำทางเคมี
- คุณสมบัติของน้ำทางชีวภาพ
- การฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน
- การแก้น้ำกระด้าง
- การเลือกระบบผลิตน้ำ

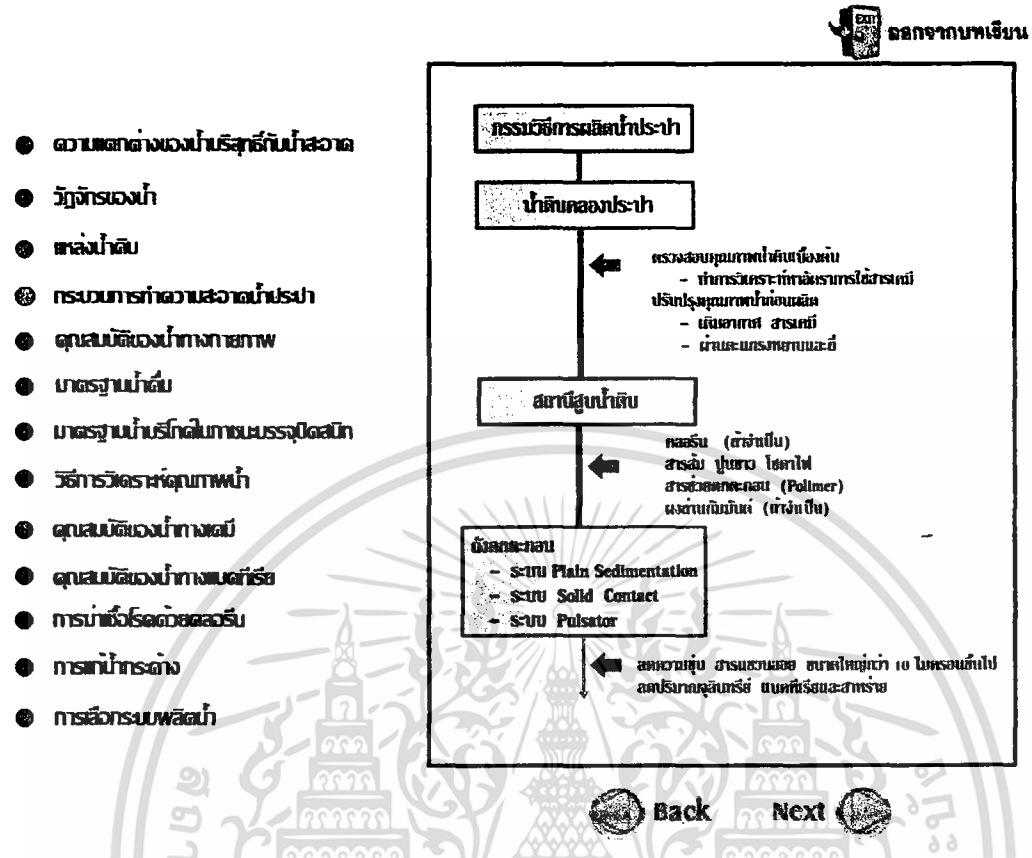
1) น้ำผิวดิน (Surface Water) หมายถึง
น้ำจากแม่น้ำลำคลอง ทะเลสาบ อ่างเก็บน้ำ หนองและบึง การไหลนองบนพื้นดินทำให้น้ำผิวดินได้รับความสกปรกจากสิ่งแวดล้อมในรูปแบบต่างๆ จึงอาจมีความขุ่นและสารอินทรีย์ในระดับสูงมาก นอกจากนี้ น้ำฝนยังชะล้าง สารพิษต่างๆจากบริเวณเกษตรกรรม สารพิษเหล่านี้ได้แก่ โลหะหนัก ไนเตรต ฟอสเฟต ยาฆ่าแมลง ฯลฯ มาให้กับน้ำผิวดิน ปัจจัยอีกอย่างหนึ่งที่มีผลกระทบ ในทางลบต่อลักษณะสมบัติของน้ำผิวดินคือโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ

2) น้ำบาดาล (Ground Water)
หมายถึง น้ำซึ่งไหลซึมลึกลงไต้ดินจนสุดท้ายถูกเก็บกักไว้ในช่องว่างของชั้นหิน แหล่งน้ำบาดาลได้แก่ บ่อบาดาล บ่อน้ำซับ น้ำบาดาลมักมีความขุ่นต่ำ ปราศจากสีและสารอินทรีย์ ปริมาณสารละลาย อาจสูงหรือต่ำก็ได้ ทั้งนี้แล้วแต่ว่าน้ำสัมผัสกับแหล่งเกลือแร่หรือไม่ น้ำบาดาลมักไม่มีออกซิเจนละลายน้ำ แต่อาจมีคาร์บอนไดออกไซด์สูงมาก เนื่องจากเกิดออกซิเดชันใต้ดิน ทำให้มีการใช้ออกซิเจนและผลิตคาร์บอนไดออกไซด์

Back

(รูปภาพที่ 20 แสดงหน้าแหล่งน้ำดิบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(รูปภาพที่ 21 แสดงหน้ากระบวนการทำความสะอาดน้ำประปา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความแตกต่างของน้ำบริสุทธิ์กับน้ำสกปรก
- วัฏจักรของน้ำ
- แหล่งน้ำดิบ
- กระบวนการทำความสะอาดน้ำประปา
- คุณสมบัติของน้ำทางกายภาพ
- มาตรฐานน้ำดื่ม
- มาตรฐานน้ำบริโภคในกายและบรรจุปิดสนิท
- วิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ
- คุณสมบัติของน้ำทางเคมี
- คุณสมบัติของน้ำทางแบคทีเรีย
- การฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน
- การแก้น้ำกระด้าง
- การเลือกระบบผลิตน้ำ

คุณสมบัติทางกายภาพ

คือลักษณะของน้ำที่สามารถมองเห็นหรือสัมผัสได้ การวัดปริมาณสิ่งปนเปื้อนเหล่านี้ทำได้ไม่ละเอียดนัก มักใช้วิธีเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานต่างๆ จึงมีหน่วยแตกต่างกันไป คุณสมบัติทางกายภาพได้แก่ ของแข็งแขวนลอย ความขุ่น สี กลิ่นและรส อุณหภูมิ

1) ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids)
ประกอบด้วย สารอนินทรีย์ สารอินทรีย์ และของเหลวที่ไม่ผสมกับน้ำ เช่น น้ำมัน ส่วนประกอบอนินทรีย์ที่พบในน้ำผิวดินทั่วไปคือ ดิน กรวด โคลน และเศษหิน ในขณะที่ของแข็งอินทรีย์จะเป็นเศษใบไม้ใบหญ้า หรือซากสิ่งมีชีวิตต่างๆ ของแข็งแขวนลอยเหล่านี้จะปะปนเข้ามาระหว่างที่น้ำไหลเซาะหรือผ่านผิวดิน แต่ในน้ำบาดาลจะไม่ค่อยพบของแข็งแขวนลอยเพราะถูกกรองโดยดินชั้นต่างๆ ของแข็งแขวนลอยจะทำให้น้ำไม่น่าอุปโภคบริโภค และยังเป็นตัวดูดซับสารเคมีปนเปื้อนในน้ำ สารอินทรีย์ธรรมชาติในน้ำ เชื้อโรคและสาหร่ายบางชนิดที่ผลิตสารพิษ

Next

(รูปภาพที่ 22 แสดงหน้าคุณสมบัติของน้ำทางกายภาพ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความแตกต่างของน้ำบริสุทธิ์กับน้ำสอาด
- วัฏจักรของน้ำ
- แหล่งน้ำดิบ
- กระบวนการทำความสะอาดน้ำประปา
- คุณสมบัติของน้ำทางกายภาพ
- มาตรฐานน้ำดื่ม
- มาตรฐานน้ำบริโภคในการบรรจุปิดสนิท
- วิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ
- คุณสมบัติของน้ำทางเคมี
- คุณสมบัติของน้ำทางแบคทีเรีย
- การฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน
- การแก้น้ำกระด้าง
- การลอกระบบพลิตน้ำ

Substances Affecting the Potability of Water

Substance	Max. Acceptable	Max.Allowable
Total Solids	500 mg/l	1,500 mg/l
Color	5 Units	50 Units
Turbidity	5 Units	25 Units
Taste	Unobjectionable	-
Odor	Unobjectionable	-
Iron (Fe)	0.3 mg/l	1.0 mg/l
Manganese (Mn)	0.1 mg/l	0.5 mg/l
Copper (Cu)	1.0 mg/l	1.5 mg/l
Zinc (Zn)	5.0 mg/l	15 mg/l
Calcium (Ca)	75 mg/l	200 mg/l
Magnesium(Mg)	50 mg/l	150 mg/l
Sulfate (SO_4)	200 mg/l	400 mg/l
Chloride(Cl)	200 mg/l	600 mg/l
pH range	7.0 – 8.5	
Magnesium+Sodium Sulfate	500 mg/l	1,000 mg/l
Phenolic Substances (as Phenol)	0.001 mg/l	0.002 mg/l
Carbon Chloroform Extract	0.2 mg/l	0.5 mg/l
Alkyl Benyl Sulfonates	0.5 mg/l	1.0 mg/l

Back Next

(รูปภาพที่ 23 แสดงหน้ามาตรฐานน้ำดื่ม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกจากบทเรียน

- ความแตกต่างของน้ำบริสุทธิ์กับน้ำสะอาด
- วัฏจักรของน้ำ
- แหล่งน้ำดิบ
- กระบวนการทำความสะอาดน้ำประปา
- คุณสมบัติของน้ำทางกายภาพ
- มาตรฐานน้ำดื่ม
- มาตรฐานน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุปิดสนิท
- วิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ
- คุณสมบัติของน้ำทางเคมี
- คุณสมบัติของน้ำทางแบคทีเรีย
- การฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน
- การแก้น้ำกระด้าง
- การเลือกระบบผลิตน้ำ

เรื่อง น้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท

ตามพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ.2522 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุข ออกประกาศไว้ ดังต่อไปนี้

- ให้น้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทเป็นอาหารควบคุมเฉพาะ
- น้ำบริโภคต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐาน ดังต่อไปนี้

(1) คุณสมบัติทางฟิสิกส์
- สี ต้องไม่เกิน 20 ฮาเซนยูนิต
- กลิ่น ต้องไม่มีกลิ่น แต่ไม่รวมถึงกลิ่นคลอรีน
- ความขุ่น ต้องไม่เกิน 5.0 ซิลิกาสเกล
- ค่าความเป็นกรด-ด่าง ต้องอยู่ระหว่าง 6.5 ถึง 8.5

(2) คุณสมบัติทางเคมี
- ปริมาณสารทั้งหมด (Total Solid) ไม่เกิน 500.0 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร
- ความกระด้างทั้งหมด โดยคำนวณเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต ไม่เกิน 100.0 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร
- สารหนู ไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร
- แมงกานีส ไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร
- แคดเมียม ไม่เกิน 0.005 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร
- คลอไรด์ โดยคำนวณเป็นคลอรีน ไม่เกิน 250.0 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร
- โครเมียม ไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร

Next

(รูปภาพที่ 24 แสดงหน้ามาตรฐานน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุปิดสนิท)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความแตกต่างของน้ำบริสุทธิ์กับน้ำสอาด
- วัฏจักรของน้ำ
- แหล่งน้ำดิบ
- กระบวนการทำความสะอาดน้ำประปา
- คุณสมบัติของน้ำทางกายภาพ
- มาตรฐานน้ำดื่ม
- มาตรฐานน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุปิดสนิท
- วิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ
- คุณสมบัติของน้ำทางเคมี
- คุณสมบัติของน้ำทางแบคทีเรีย
- การบำบัดโรคด้วยคลอรีน
- การแก้น้ำกระด้าง
- การเลือกระบบผลิตน้ำ

วิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

คุณลักษณะทางจุลชีวะ		วิธีการวิเคราะห์
Heterotrophic Bacteria	แบคทีเรียทั้งหมด	Pour Plate Method
Total Coliform	โคลิฟอร์มแบคทีเรีย	Multiple Tube Fermentation Technique (MPN) 10 Tube
Fecal Coliform	ฟีคอลโคลิฟอร์ม แบคทีเรีย	Fecal Coliform Test (EC Medium)
E.coli	แบคทีเรียชนิด อีโคไล	E.coli Test (Rapid Test)
Algae	สาหร่าย	Microscopic Method
Vibrio cholerae	Vibrio cholerae	Biochemical Test (API Test Kit)
Salmonella typhi	Salmonella typhi	Biochemical Test (API Test Kit)
Stapphylococcus aureus	Stapphylococcus aureus	Biochemical Test
Clostridium perfringen	Clostridium perfringen	Biochemical Test
Cryptosporidium sp.	Cryptosporidium sp.	Immunofluorescence Method

Back

(รูปภาพที่ 25 แสดงหน้าวิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความแตกต่างของน้ำบริสุทธิ์กับน้ำสะอาด
- วัฏจักรของน้ำ
- แหล่งน้ำดิบ
- กระบวนการทำความสะอาดน้ำประปา
- คุณสมบัติของน้ำทางกายภาพ
- มาตรฐานน้ำดื่ม
- มาตรฐานน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุปิดสนิท
- วิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ
- คุณสมบัติของน้ำทางเคมี
- คุณสมบัติของน้ำทางแบคทีเรีย
- การบำบัดโรคด้วยคลอรีน
- การแก้น้ำกระด้าง
- การเลือกระบบผลิตน้ำ

2) คุณสมบัติทางเคมีที่มีผลต่อ pH

pH เป็นค่าที่ใช้วัดความเข้มข้นของอนุมูลไฮโดรเจนอิสระในน้ำ (H+) น้ำบริสุทธิ์จะแตกตัวให้ประจุ H+ และ OH- (อนุมูลไฮดรอกซิล) แต่มีปริมาณน้อยมาก ในน้ำบริสุทธิ์จะมี H+ อยู่ 10-7 โมล/ลิตร น้ำที่มี pH สูงกว่า 7 ถือว่าเป็น ด่าง ส่วนน้ำที่มี pH ต่ำกว่า 7 ถือว่าเป็น กรด ในน้ำบริสุทธิ์จะมี pH เท่ากับ 7 , น้ำธรรมชาติโดยปกติมีสภาพเป็นกลาง คือ มี pH อยู่ในช่วง 6-8 ยกเว้นน้ำที่มีก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์อยู่ อาจมี pH ต่ำถึง 5 น้ำกระด้างที่มีคาร์บอเนตอยู่อาจมี pH สูงกว่า 9 มาตรฐานน้ำดื่มค่า pH ควรอยู่ในช่วง 6.5-8.5

การวัดค่า pH วิธีมาตรฐานที่วัดได้ละเอียด ถูกต้องและไม่มีข้อจำกัด คือวิธี electrometric โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า pH meter

Back

(รูปภาพที่ 26 แสดงหน้าคุณสมบัติของน้ำทางเคมี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกจากบทเรียน

- ความแตกต่างของน้ำบริสุทธิ์กับน้ำสะอาด
- วัฏจักรของน้ำ
- แหล่งน้ำดิบ
- กระบวนการทำความสะอาดน้ำประปา
- คุณสมบัติของน้ำทางกายภาพ
- มาตรฐานน้ำดื่ม
- มาตรฐานน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุปิดสนิท
- วิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ
- คุณสมบัติของน้ำทางเคมี
- คุณสมบัติของน้ำทางแบคทีเรีย
- การบำบัดโรคด้วยคลอรีน
- การแก้น้ำกระด้าง
- การเลือกระบบผลิตน้ำ

เหตุที่เลือกเอา โคลิฟอร์มแบคทีเรียเป็นดรรชนีในการตรวจคุณภาพของน้ำ มีดังนี้

1. การตรวจโคลิฟอร์มแบคทีเรียที่มีอยู่ในน้ำทำได้ง่ายกว่าการตรวจหาพวกเอนเทอริค พโทเจน
2. เนื่องจากโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ปกติจะมีอยู่ในอุจจาระคนและสัตว์ 95 % แต่อยู่ในดินเพียง 5 %
3. ในสภาวะเดียวกัน คือน้ำชนิดเดียวกัน อุณหภูมิเท่ากัน โคลิฟอร์มแบคทีเรียจะมีความทนทานได้ดีกว่า แบคทีเรียเอนเทอริค พโทเจน
4. การตรวจพบโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำ จึงเป็นเครื่องชี้ให้ทราบว่า น้ำนั้นมีความสกปรกมากน้อยเพียงใด คือถ้าตรวจพบโคลิฟอร์มแบคทีเรียมาก แสดงว่าน้ำนั้นสกปรกมาก

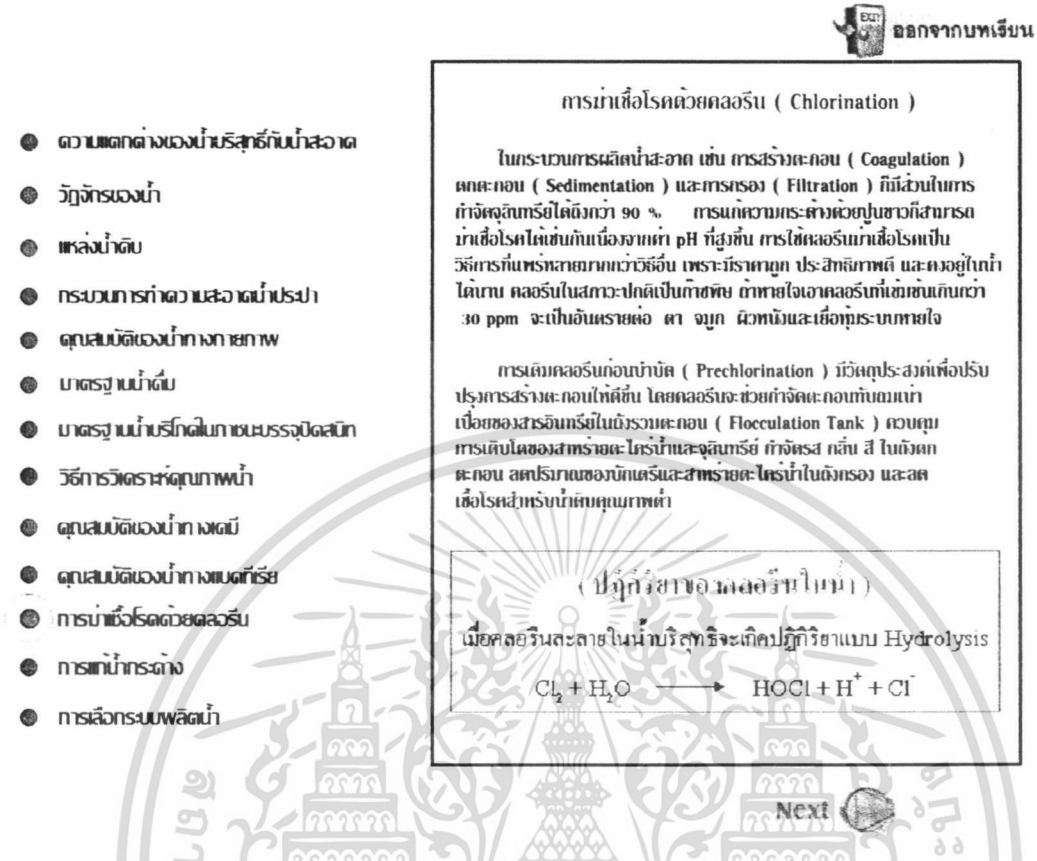
การตรวจวิเคราะห์ทางแบคทีเรีย

1) การตรวจจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด (Total or Standard Plate Count) ใช้น้ำตัวอย่าง 1 มล. มาเพาะเลี้ยในตู้อบที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชม. แบคทีเรียที่อยู่ในน้ำจะเจริญเติบโตและแบ่งเซลเพิ่มจำนวนมากขึ้น จับเป็นกลุ่มหรือเป็นจุดเล็กๆบนอาหารวุ้นที่เลี้ยงไว้เรียกกลุ่มหรือจุดเหล่านี้ว่า โคโลนี (Colony) ตามมาตรฐานน้ำใช้ได้กำหนดค่า Total Count ไว้ไม่เกิน 500 โคโลนี/มล.

Back Next

(รูปภาพที่ 27 แสดงหน้าคุณสมบัติของน้ำทางแบคทีเรีย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(รูปภาพที่ 28 แสดงหน้าการฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน)

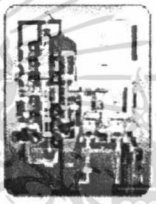
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความแตกต่างของน้ำบริสุทธิ์กับน้ำสะอาด
- วัฏจักรของน้ำ
- แหล่งน้ำดิบ
- กระบวนการทำความสะอาดน้ำประปา
- คุณสมบัติของน้ำทางกายภาพ
- มาตรฐานน้ำดื่ม
- มาตรฐานน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุปิดสนิท
- วิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ
- คุณสมบัติของน้ำทางเคมี
- คุณสมบัติของน้ำทางแบคทีเรีย
- การฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน
- การแก้น้ำกระด้าง
- การเลือกระบบผลิตน้ำ

2) การแลกเปลี่ยนประจุ (Ion Exchange)

การแลกเปลี่ยนประจุ จะใช้สารชนิดหนึ่งซึ่งมีคุณสมบัติพิเศษสามารถจับประจุบวกในน้ำที่ทำให้เกิดความกระด้างคือ Ca+2 และ Mg+2 ได้ และปล่อยประจุในตัวคือ Na+ ออกมาแทน เมื่อประจุ Na+ ในตัวหมดไปก็สามารถฟื้นฟูสภาพให้กลับมี Na+ ขึ้นใหม่ได้ด้วยการผ่านสารละลาย NaCl ลงไปในชั้นตัวกลางนี้ สารพิเศษนี้มีชื่อเรียกหลายอย่าง เช่น Ion – Exchanger, Resin, Zeolite, Permutite ถ้าเป็นสารประกอบธรรมชาติจะมีลักษณะเป็นเม็ดสีเขียว มีความชื้น 10 % เรียกว่า Green Sand ซึ่งเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่ไม่ละลายน้ำของ Sodium Aluminosilicates (Na2O.Al2O3.x SiO2.Y H2O) ขนาดใกล้เคียงกับทรายหยาบประมาณ 0.42 มม.

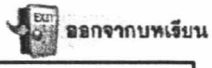
ข้อดี ของการกำจัดความกระด้างด้วยสารแลกเปลี่ยนประจุ คือวิธีการไม่ยุ่งยาก ไม่มีการตกตะกอนเกิดขึ้น และลดความกระด้างได้จนเหลือศูนย์ แต่สำหรับน้ำที่มีความกระด้างมากๆนั้น วิธีนี้อาจเสียค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้นจึงนิยมลดความกระด้างด้วยวิธีใช้ปูนขาวกับโซดาแอชก่อน แล้วจึงใช้สารแลกเปลี่ยนประจุกำจัดความกระด้างที่เหลือต่อไป



Back

(รูปภาพที่ 29 แสดงหน้าการแก้น้ำกระด้าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



- ความแตกต่างของน้ำบริสุทธิ์กับน้ำสะอาด
- วัฏจักรของน้ำ
- แหล่งน้ำดิบ
- กระบวนการทำความสะอาดน้ำประปา
- คุณสมบัติของน้ำทางกายภาพ
- มาตรฐานน้ำดื่ม
- มาตรฐานน้ำบริโภคในกาชนะบรรจุปิดสนิท
- วิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ
- คุณสมบัติของน้ำทางเคมี
- คุณสมบัติของน้ำทางแบคทีเรีย
- การฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน
- การแก้น้ำกระด้าง
- การเลือกระบบผลิตน้ำ

การเลือกระบบผลิตน้ำที่เหมาะสมกับการใช้งาน

1. คุณภาพน้ำที่ต้องการใช้ ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดระบบผลิตน้ำที่เหมาะสม
2. ปริมาณน้ำที่ต้องการใช้ ชั่วโมงละกี่ลูกบาศก์เมตร และใช้วันละกี่ชั่วโมง
3. คุณภาพและแหล่งน้ำดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำ ถูกใช้เป็นตัวเลือกหน่วยผลิตน้ำ เพื่อมาประกอบเป็นระบบผลิตน้ำที่เหมาะสม หน่วยผลิตน้ำนี้ ได้แก่ การผสมตะกอน การกรอง การกำจัดความกระด้าง เป็นต้น
4. พื้นที่ที่จะใช้ในการติดตั้งระบบผลิตน้ำ ซึ่งจะใช้ในการเลือกหน่วยผลิตน้ำที่เหมาะสม
5. จุดที่ใช้น้ำและคุณภาพที่ต้องใช้แต่ละจุด เป็นข้อมูลในการเลือกระบบผลิตน้ำแยกจากกันให้เหมาะสม เช่น โรงงานมีการใช้น้ำอ่อนและน้ำบริสุทธิ์ ก็จะต้องเลือกติดตั้ง Water Softener ณ จุดที่ใช้น้ำอ่อน และติดตั้งระบบผลิตน้ำบริสุทธิ์อีกจุดหนึ่ง เพื่อลดขนาดของระบบ และป้องกันการผลิตน้ำที่มีคุณภาพหรือต่ำกว่าที่ต้องการ
6. ความรู้และความเสนารถของผู้เดินระบบของโรงงาน มีส่วนประกอบในการเลือกระบบว่าควรจะเป็นแบบใดจึงจะเหมาะกับระดับความรู้ของผู้เดินระบบ

(รูปภาพที่ 30 แสดงหน้าการเลือกระบบผลิตน้ำ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบเพื่อความเข้าใจ

7). การตรวจคุณภาพของน้ำ จะใช้อะไรเป็นดรรชนี (Index)

1). Enteric pathgens

2). Coliform Bacteria

3). Clostriduim Perfringen

(รูปภาพที่ 31 แสดงหน้าแบบทดสอบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

CD - ROM สื่อการสอนเรื่อง น้ำใช้สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร (Water Supply Courseware) ที่จัดทำขึ้น โดยใช้โปรแกรม SWiSH 2.0 เป็นตัวสร้างงาน Presentation โปรแกรม Macromedia Flash MX 2004 เป็นตัวทำภาพเคลื่อนไหว และโปรแกรม Adobe Photoshop 7.0 ในการตัดต่อและตกแต่งรูปภาพต่างๆ รูปแบบของสื่อการสอนที่เสร็จสมบูรณ์ออกมาตรงตามวัตถุประสงค์ในการศึกษาและเป็นไปตามที่ผู้จัดทำได้ออกแบบไว้ ไม่ว่าจะเป็นความเหมาะสมของหน้าจอ ลักษณะสีของหน้าจอ เนื้อหา ตำแหน่งของ object ต่างๆ รวมถึงรูปแบบในการดำเนินเนื้อหาทั้งหมด ซึ่ง CD - ROM นี้จะทำให้ผู้เรียนแต่ละคนได้รับเนื้อหาของบทเรียนที่มีความเหมือนกันกับต้นฉบับทุกประการ นั่นคือ ไม่เกิดความบิดเบือนในกระบวนการถ่ายทอด นอกจากนี้ยังมีการนำเสนอที่หลากหลายรูปแบบ เนื่องจากคอมพิวเตอร์สามารถสนับสนุนการเรียนการสอนได้ทั้งแบบอักษร ภาพนิ่ง วีดีโอ และเสียง จึงทำให้เกิดความน่าสนใจของสื่อการสอนมากยิ่งขึ้น และเป็นการเรียนรู้ที่ระยะทางและเวลาไม่เป็นอุปสรรคต่อการศึกษา ดังที่ผู้จัดทำได้ตั้งใจไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางพัฒนา

1. ในการนำเสนอควรจะมี Clip VDO ร่วมไปกับการนำเสนอเพื่อให้เห็นภาพที่ชัดเจนยิ่งขึ้น
2. ควรมีการทำแบบประเมินผลของ CD - ROM เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุง
3. ควรมีการใส่เสียงพูดลงใน CD - ROM เพื่อดึงดูดความสนใจของผู้ศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

ดร. เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2536 วิศวกรรมการประปา. มิตรนราการพิมพ์.

ธนา วรรณธณะไวกูรฐ์ และคณะ. 2540 การสร้างสื่อการสอนแบบปฏิสัมพันธ์ลงบนซีดีรอม. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร. คณะวิศวกรรมศาสตร์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ผศ. อุดร จารุรัตน์. 2542 วิศวกรรมประปาและสุขาภิบาล. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

รศ.ดร. มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. 2542 วิศวกรรมการประปา. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทวิช อุดมปิยะศักดิ์ และคณะ. 2544. โปรแกรมช่วยนำเสนอสื่อการสอนบนอินเตอร์เน็ต. ภาควิชาสถิติประยุกต์. คณะวิทยาศตร์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

"e - Learning คืออะไร?" 2005. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.thaicai.com/elearning.html

"Courseware สื่อการสอนยุคใหม่" 2005. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.nectec.or.th/Courseware.index.html

"ประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 61 เรื่อง น้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท" 2005 [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.fda.moph.go.th/fda-net/html/product/food/ntfmoph/ntf061.htm

"กรรมวิธีผลิตน้ำประปา" 2005 [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.mwa.co.th/treat_water.html

"วิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ" 2005 [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.mwa.co.th/quality.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นาย รัตน์ภูมิ มาพบสุข เกิดเมื่อวันที่ 7 พฤษภาคม พุทธศักราช 2526 ปัจจุบันอาศัยอยู่บ้านเลขที่ 55/10 หมู่ 1 ซ.นพรัตน์ ถ.ประชาชื่น ต.บางเขน อ.เมือง จ.นนทบุรี 11000 ปีพุทธศักราช 2543 ได้สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมการศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียน ราชวินิตบางเขน ขณะที่ศึกษาอยู่ในระดับชั้นปริญญาตรีปีที่ 4 ได้ลงหนังสือพิมพ์ เดลินิวส์ คอลัมน์ ช่องทางทำกิน "พุดดิ้งนมสด" ไว้ ณ วันที่ 12 ธันวาคม พุทธศักราช 2547 สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร) คณะเทคโนโลยี การเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้