การศึกษาการปนเปื้อนโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ บริเวณหอพักรอบนอกมหาวิทยาลัยนเรศวร

ประภาพรรณ คนกล้า

พิชชญา ศรีกาญจนาวรรณ

ภัทรพร มีเพชร

วราภรณ์ จันทร์ตา

คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน 15 ก.พ. 2554
หมายเลข b.2895377
หมายเลข item 1.5944591
เลขเรียกหนังสือ WA20.5
ก522
2553

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษารายวิชาการวิจัยทางสุขภาพ (554471)
มหาวิทยาลัยนเรศวร
ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2553

ชื่อเรื่อง การศึกษาการปนเปื้อนโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ บริเวณหอพักรอบนอกมหาวิทยาลัยนเรศวร

ผู้ศึกษาค้นคว้า ประภาพรรณ คนกล้า , พิชชญา ศรีกาญจนาวรรณ , ภัทรพร มีเพชร , วราภรณ์ จันทร์ตา

ที่ปรึกษา อาจารย์ วท.ม. วรวิทย์ อินทร์ชม

ประเภทสารนิพนธ์ รายงานการศึกษารายวิชาการวิจัยทางสุขภาพ (554471) มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2553

บทคัดย่อ

จากงานวิจัยของ อาจารย์ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ ที่ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับน้ำดื่มจากตู้หยอดเหรียญอัตโนมัติ เพื่อวิเคราะห์หาการปนเปื้อนของเชื้อโคลิฟอร์ม พบว่ามีการปนเปื้อนอยู่ในปริมาณที่สูง ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อผู้บริโภคได้ จากข้อมูลดังกล่าวจึงเป็นที่มาของงานวิจัยเรื่อง " การศึกษาการปนเปื้อนโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอด เหรียญอัตโนมัติ บริเวณหอพักรอบนอกมหาวิทยาลัยนเรศวร " เพื่อต้องการศึกษาการปนเปื้อนของโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ และปัจจัยทางกายภาพที่มีผลต่อการปนเปื้อนของโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำดื่ม โดยใช้แบบสำรวจลักษณะทางกายภาพของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ และชุดตรวจวิเคราะห์หาโคลิฟอร์มแบคทีเรีย โดยการ ใช้อาหารตรวจเชื้อแบคทีเรีย ว 110 ของกรมอนามัย ซึ่งได้ทำการสุ่มตัวอย่าง ตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ อัตโนมัติบริเวณหอพักโดยรอบมหาวิทยาลัยนเรศวร จำนวน 50 ตู้

ผลจากการศึกษาวิจัย พบว่า ตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ จำนวน 50 ตู้ พบว่า มีตู้กดน้ำดื่มหยอดเหรียญพบการปนเปื้อนเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรีย เป็นจำนวน 40 ตู้ (คิดเป็น 80 %) ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการบริโภคขององค์การอนามัยโลก จากการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับผลการศึกษาของ อิสยา จันทร์วิทยานุชิต ที่พบการปนเปื้อนเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรียของน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ ในส่วนของการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการปนเปื้อนโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำดื่ม กับลักษณะทางกายภาพของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ พบว่า ตู้ที่ไม่ระบุ วัน เวลา ที่มีการบำรุงรักษาหรือเปลี่ยนไส้กรอง , ตู้ที่ตั้งอยู่ใกล้บริเวณริมถนน , ตู้ที่มีบริเวณช่องรับน้ำภายในและสภาพภายนอกตู้ไม่สะอาด ชำรุด และมีคราบสกปรก มีความสัมพันธ์ต่อการปนเปื้อนของโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติอย่างมีนัยสำคัญ

ประกาศคุณูปการ

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก อาจารย์วรวิทย์ อินทร์ชม ที่ปรึกษาและคณะกรรมการทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำปรึกษา ตลอดจนตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างยิ่ง จนการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองสำเร็จสมบูรณ์ได้ คณะผู้ศึกษาค้นคว้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.นพ. ภูดิท เตชาติวัฒน์ คณบดีคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร และคณะอาจารย์ประจำคณะสาธารณสุขศาสตร์ทุกท่านที่กรุณาให้คำแนะนำ แก้ไขและตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า จนทำให้การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้สมบูรณ์และมีคุณค่า

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากการศึกษาค้นคว้าฉบับนี้ คณะผู้ศึกษาค้นคว้าขออุทิศแด่ผู้มีพระคุณทุกๆ ท่าน

ประภาพรรณ คนกล้า
พิชชญา ศรีกาญจนาวรรณ
ภัทรพร มีเพชร
วราภรณ์ จันทร์ตา

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	**บทนำ**	1
	ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาการวิจัย	1
	วัตถุประสงค์	3
	ขอบเขตของการวิจัย	3
	นิยามศัพท์เฉพาะ	3
	สมมติฐาน	4
2	**เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	5
	น้ำและความสำคัญของน้ำ	5
	การจัดหาน้ำสะอาดและการผลิตน้ำดื่ม	10
	น้ำดื่มจากตู้น้ำหยอดเหรียญอัตโนมัติ	14
	มาตรฐานน้ำดื่มและพารามิเตอร์ที่สำคัญสำหรับน้ำดื่ม	16
	การปนเปื้อนในน้ำดื่ม	25
	แบคทีเรียที่ก่อโรคในน้ำดื่ม	29
	วิธีวิเคราะห์ตรวจหาแบคทีเรียในน้ำดื่ม	30
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	34
3	**วิธีดำเนินการวิจัย**	37
	ประชากรตัวอย่าง	37
	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	37
	การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ	38
	การเก็บรวบรวมข้อมูล	38
	การวิเคราะห์ข้อมูล	40

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
4	**ผลการวิจัย**	43
	การศึกษาประเภทของระบบการกรองและระบบการฆ่าเชื้อโรคของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ	43
	การศึกษาการปนเปื้อนของโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ	44
	การศึกษาลักษณะสภาพทั่วไปของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติโดยใช้แบบสำรวจ	46
	การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางกายภาพของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติกับผลการปนเปื้อนโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำดื่ม โดยชุดทดสอบ ว 110 กรมอนามัย	48
5	**บทสรุป**	52
	สรุปผลการวิจัย	52
	อภิปรายผลการวิจัย	53
	ข้อเสนอแนะ	54
บรรณานุกรม		55
ภาคผนวก		58
อภิธานศัพท์		59
ประวัติผู้วิจัย		62

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

1 แสดงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค..... 17

2 แสดงมาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท..... 19

3 แสดงมาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค..... 20

4 แสดงมาตรฐานคุณภาพน้ำดื่ม (standard water quality parameters)..... 22

5 แสดงค่า MPN/100 ml ของหลอดที่ให้ผลบวก..... 33

6 แสดงประเภทของระบบการกรองและระบบการฆ่าเชื้อโรคของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติที่สำรวจพบการปนเปื้อนในน้ำ..... 44

7 แสดงผลการตรวจวิเคราะห์น้ำดื่มจากชุดตรวจวิเคราะห์หาโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ว 110 ของกรมอนามัย..... 45

8 แสดงผลการสำรวจลักษณะสภาพทั่วไปของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ อัตโนมัติโดยใช้แบบสำรวจ..... 47

9 แสดงความสัมพันธ์ลักษณะทางกายภาพของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติกับผลการปนเปื้อนโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำดื่มโดยชุดทดสอบ ว. 110 กรมอนามัย..... 49

สารบัญภาพ

ภาพ หน้า

1 ความหนาแน่นของน้ำ ณ อุณหภูมิต่างๆ 6
2 โครงสร้างทางเคมีของน้ำ..... 7
3 กระบวนการผลิตน้ำประปา..... 12
4 กระบวนการผลิตน้ำดื่ม..... 13
5 กระบวนการกรองน้ำในตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ..... 15
6 หลอดอาหารที่แสดงผลบวก..... 32
7 แผนที่แสดงการแบ่งเขตจุดเก็บตัวอย่าง..... 41
8 แผนที่แสดงตำแหน่งที่ตั้งของตู้..... 42
9 ระดับการปนเปื้อนโคลิฟอร์มแบคทีเรียโดยชุดทดสอบ ว. 110 กรม อนามัย..... 45
10 ระดับการปนเปื้อนโคลิฟอร์มแบคทีเรีย..... 46

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาการวิจัย

น้ำเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ มนุษย์เราใช้น้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภคในชีวิตประจำวัน รวมถึงใช้น้ำเพื่อการเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม ถึงแม้ว่าปริมาณน้ำบนโลกนี้จะมีเป็นจำนวนมหาศาล แต่ในความเป็นจริงแล้วนั้นน้ำที่มีคุณภาพที่ดีเหมาะสมสำหรับการอุปโภคบริโภคมีเพียงไม่ถึง 1 %(กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม) ในร่างกายคนปกติจะมีน้ำเป็นส่วนประกอบอยู่ประมาณร้อยละ 60-70 ของน้ำหนักตัว น้ำดื่มจึงมีความสำคัญต่อร่างกาย เพราะนอกจากจะเป็นส่วนประกอบในส่วนต่างๆของร่างกายแล้ว น้ำยังเป็นสารสำคัญในการดำเนินการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี วันหนึ่งๆ ร่างกายต้องสูญเสียน้ำไปโดยขับออกทางปอด ผิวหนัง อุจจาระและปัสสาวะ ดังนั้นร่างกายจึงต้องได้รับน้ำมาชดเชยประมาณวันละ 2-4 ลิตร (สัญญา ร้อยสมมติ 2535: 2)

นับเป็นระยะเวลาหลายศตวรรษแล้วที่มนุษย์พยายามหาวิธีการเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำให้มีความเหมาะสมกับการบริโภค จากอดีตที่ผ่านมามนุษย์ใช้น้ำจากแหล่งธรรมชาติสำหรับบริโภค แต่ในปัจจุบันสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไปทำให้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติมีการปนเปื้อนสูง (ชูชัย ศุภวงศ์ และคณะ 2538:5) จนกระทั่งในราวปี ค.ศ. 1800-1804 ได้มีการก่อสร้างโรงกรองน้ำเพื่อผลิตน้ำประปาแห่งแรกขึ้นที่เมืองเพสลีย์ ประเทศสก็อตแลนด์ (Baker & Taras : 1981) กระทั่งในปัจจุบันน้ำประปาในประเทศที่พัฒนาแล้วมีคุณภาพดีจนสามารถดื่มได้ สำหรับประเทศไทยได้มีการนำเอาเทคโนโลยีการผลิตน้ำประปามาใช้ครั้งแรกโดยการก่อสร้างระบบประปาขึ้นโดยให้ชื่อว่า "การประปากรุงเทพ" เมื่อปี พ.ศ. 2457 ซึ่งตรงกับรัชสมัยของพระบาทสมเด็จพระมงกุฎเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 6 เพื่อใช้สำหรับการอุปโภคบริโภค(การประปานครหลวง การเปิดประปากรุงเทพ : 2457) จนถึงวันนี้การผลิตน้ำประปาของประเทศไทยมีคุณภาพที่ดีเหมาะสมสำหรับการบริโภคแล้ว แต่เนื่องจากความไม่คุ้นชินกับการดื่มน้ำประปาของคนไทยประกอบกับน้ำประปามักจะมีกลิ่นของคลอรีนและมีรสชาติที่ไม่ดี จึงไม่เป็นที่นิยมของคนไทยมากนักอีกทั้งยังไม่ปลอดภัยพอที่จะนำมาใช้ในการบริโภคโดยตรงประกอบกับในสภาพเมืองของชุมชน จึงก่อให้เกิดธุรกิจผลิตน้ำเพื่อการบริโภคออกจำหน่ายแก่ประชาชนทั่วไปในหลายรูปแบบ(สำนักงานคณะกรรมการประสานงานองค์กรเอกชนเพื่อการสาธารณสุขมูลฐาน 2538:17-20) ทั้งกิจการน้ำดื่มบรรจุขวดขนาดเล็กและถังขนาดใหญ่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ

ตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ เป็นที่นิยมมากในปัจจุบันเนื่องจากติดตั้งง่าย ราคาของตู้ไม่แพงจนเกินไป มีบริการหลังการขาย และสามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้เป็นอย่างดี เพราะน้ำดื่มมีราคาถูก และสะดวกสบายอยู่ใกล้ที่พักอาศัย อย่างไรก็ตาม กิจการบริการตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติยังไม่มีหน่วยงานใดที่จะเข้ามาควบคุมคุณภาพของน้ำดื่มอย่างจริงจัง เพราะไม่ เข้าข่ายกฎหมายที่ทาง สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาจะเป็นผู้ควบคุมกำกับดูแลได้ โดยสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาจะเป็นผู้รับผิดชอบดูแลมาตรฐานน้ำดื่มที่มีการบรรจุปิดสนิทเท่านั้น การควบคุมคุณภาพน้ำจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติจึงยังมีช่องว่างทางกฎหมายในการกำกับดูแล(หนังสือพิมพ์ไทยโพสต์ : 2550) ทำให้น้ำจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติอาจมีคุณภาพที่ไม่เหมาะสมต่อการนำมาบริโภค จากการสำรวจความสะอาด ตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ 50 เขตในกรุงเทพมหานคร ของหน่วยตรวจสอบเคลื่อนที่เพื่อความปลอดภัยด้านอาหาร คณะกรรมการอาหารและยา พบว่า จุลินทรีย์ไม่ผ่านเกณฑ์ เนื่องจากพบแบคทีเรียอีโคลายคิดเป็น 0.57% และพบแบคทีเรียโคลิฟอร์มที่เป็นจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดอาการท้องร่วง 5.43% ของตัวอย่างน้ำที่ตรวจซึ่งแบคทีเรียดังกล่าวไม่ควรพบในน้ำดื่ม(หนังสือพิมพ์ผู้จัดการออนไลน์:2550) และจากการศึกษาของคณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติเรื่อง "น้ำดื่มตู้หยอดเหรียญอัตโนมัติ" ครั้งแรกใน 30 เขต กรุงเทพมหานคร พบว่าร้อยละ 52 ของตัวอย่างน้ำดื่มหยอดเหรียญตกเกณฑ์มาตรฐานด้านชีววิทยาโดยพบการปนเปื้อนของเชื้อโคลิฟอร์ม เชื้ออีโคไลน์ และ สาหร่ายสีเขียว (กรุงเทพธุรกิจออนไลน์:2550) ดังนั้น ก่อนการเลือกใช้บริการจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ ผู้บริโภคจึงควรให้ความใส่ใจต่อมาตรฐานของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติที่ให้บริการตามจุด ต่าง ๆ ด้วย เนื่องจากหากน้ำดื่มภายในตู้ไม่สะอาด หรือมีเชื้อโรคปนเปื้อนอยู่ในน้ำแล้ว จะก่อให้เกิดการเจ็บป่วยด้วยโรคที่เกิดจากน้ำเป็นสื่อตามมาได้ เช่น โรคอุจจาระร่วง โรคบิด ไทฟอยด์ อาหารเป็นพิษและไวรัสตับอักเสบ เอ เป็นต้น

มหาวิทยาลัยนเรศวรเป็นมหาวิทยาลัยที่มีนิสิตเป็นจำนวนมาก ทางมหาวิทยาลัยจึงไม่สามารถจัดเตรียมหอพักให้กับนิสิตได้อย่างเพียงพอ นิสิตส่วนใหญ่จึงอาศัยอยู่ตามหอพักของเอกชนซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนมากโดยรอบมหาวิทยาลัย นิสิตส่วนใหญ่ที่อาศัยอยู่ตามหอพักดังกล่าวมีการใช้บริการน้ำดื่มจากตู้หยอดเหรียญอัตโนมัติ น้ำดื่มดังกล่าวยังไม่เคยมีการตรวจสอบคุณภาพน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติที่จัดบริการตามหอพักรอบมหาวิทยาลัยนเรศวรจากหน่วยงานใดอย่างชัดเจน และจากผลการตรวจคุณภาพน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญโดยคณะผู้วิจัย ด้วยการสุ่มตรวจตู้ จำนวน 6 ตัวอย่าง ใช้ชุดทดสอบกรมอนามัย ว110 พบว่า มีถึง 4 ตัวอย่างที่พบมีการปนเปื้อนเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ซึ่งหากน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ

อัตโนมัติดังกล่าวปนเปื้อนด้วยเชื้อแบคทีเรียจะก่อให้เกิดโรคกับนิสิตมหาวิทยาลัยนเรศวรได้ ด้วยเหตุผลดังกล่าวผู้ทำการศึกษาจึงมีความสนใจที่จะศึกษาคุณภาพน้ำดื่มที่กดออกมาจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ เพื่อศึกษาการปนเปื้อนของโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ และศึกษาปัจจัยทางกายภาพที่มีผลต่อการปนเปื้อนของเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำดื่ม โดยผู้ทำการวิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลจากการศึกษาในครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อนิสิตมหาวิทยาลัยนเรศวร และประชาชนทั่วไป ในการเลือกรับบริการน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาการปนเปื้อนของโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ
2. เพื่อศึกษาปัจจัยทางกายภาพที่มีผลต่อการปนเปื้อนของเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ

ของเขตของการวิจัย

ทำการวิเคราะห์น้ำจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติโดยรอบนอกมหาวิทยาลัยนเรศวร จำนวน 50 ตู้ โดยชุดทดสอบของกรมอนามัย ว110 เพื่อหาเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรีย พร้อมทั้งแบบฟอร์มสำหรับการตรวจสอบสภาพแวดล้อมทางกายภาพ ที่เหมาะสมในการติดตั้งตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ

นิยามศัพท์เฉพาะ

"**ตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ** "หมายถึง ตู้ที่ให้บริการน้ำสำหรับการบริโภคโดยการหยอดเหรียญเพื่อให้น้ำออกมาจากเครื่อง โดยมีแหล่งน้ำมาจากน้ำประปา น้ำบาดาล หรือน้ำฝนผ่านทางท่อส่งน้ำเข้ามาสู่ในตัวเครื่องซึ่งมีระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำอยู่ภายใน ก่อนปล่อยน้ำออกจากหัวจ่ายน้ำ

"**การปนเปื้อนแบคทีเรีย**" มักใช้จุลินทรีย์ที่สำคัญ 2 กลุ่ม เป็นเครื่องชี้บอกหรือแสดงการปนเปื้อนของน้ำ ได้แก่โคลิฟอร์มแบคทีเรีย และฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย เนื่องจากโรคระบาดต่างๆ เช่น โรคอุจจาระร่วง โรคอหิวาตกโรค โรคไทฟอยด์ มักมีสาเหตุมาจากการบริโภคอาหารและน้ำดื่มที่มีการปนเปื้อนของแบคทีเรียชนิด Enteric Pathogens แบคทีเรียเหล่านี้มักยากต่อการวิเคราะห์จากตัวอย่างอาหารและน้ำดื่ม แต่ในขณะเดียวกันก็พบว่าจะสามารถตรวจพบ กลุ่มของโคลิฟอร์ม

แบคทีเรีย ซึ่งสามารถอยู่รอดและมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมต่างๆได้ดีกว่า แบคทีเรียพวก Enteric Pathogens จึงง่ายและสะดวกต่อการตรวจวิเคราะห์

"**ค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรีย**" เป็นดัชนีแสดงการสุขาภิบาลอาหารและน้ำดื่ม กล่าวคือเป็นเครื่องบ่งชี้การปนเปื้อนของแบคทีเรีย ซึ่งค่าดังกล่าวได้จากการตรวจวิเคราะห์โคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำดื่มที่ทำการศึกษา โดยการนำตัวอย่างน้ำที่กดออกมาจากตู้น้ำดื่มอัตโนมัติมาทดสอบกับชุดทดสอบของกรมอนามัย ว110

"**ลักษณะที่ตั้งของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ**"หมายถึง สถานที่ที่มีการจัดไว้เพื่อการติดตั้งตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ

"**ลักษณะทางกายภาพทั่วไปของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ**" หมายถึง ลักษณะทางกายภาพทั่วไปของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าและสัมผัสได้ทางประสาทสัมผัสทั้ง 5 เช่น โครงสร้างตู้ การเกิดสนิม ฝุ่นละออง คราบสกปรก เป็นต้น

"**กลิ่น**" หมายถึง คุณลักษณะของน้ำทางกายภาพซึ่งเป็นตัวบ่งบอกว่าน้ำนั้นสะอาดหรือไม่ โดยการใช้จมูกสูดดม น้ำที่มีความสะอาดจะต้องไม่มีกลิ่นทุกชนิดปนมากับน้ำ

"**สี**" หมายถึง คุณลักษณะของน้ำทางกายภาพซึ่งเป็นตัวบ่งบอกว่าน้ำนั้นสะอาดหรือไม่ โดยการสังเกตดูสีของน้ำ น้ำที่มีความสะอาดจะต้องมีความใส ไม่มีสีอื่นเจือปนอยู่ในน้ำ

<u>สมมติฐานการวิจัย</u>

1. น้ำดื่มจากตู้กดน้ำหยอดเหรียญมีอัตโนมัติมีการปนเปื้อนของเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรีย
2. สภาพโดยทั่วไปของตู้ ลักษณะที่ตั้งของตู้ คุณภาพน้ำทางกายภาพ ของตู้กดน้ำหยอดเหรียญอัตโนมัติมีผลต่อการปนเปื้อนของเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. น้ำและความสำคัญของน้ำ

น้ำ เป็นของเหลวชนิดหนึ่งที่มีอยู่มากที่สุดบนผิวโลก ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด น้ำที่เรารู้จักมีสถานะทั้งที่เป็นของแข็ง ของเหลว ก๊าซหรือไอน้ำ และมีคุณสมบัติเป็นตัวทำละลายที่ดี คุณสมบัติที่แตกต่างกันนี้ขึ้นอยู่กับสารต่างๆ ที่ละลายปะปน แบ่งออกเป็น 2 ประการ ได้แก่

1.1 **คุณสมบัติทางกายภาพ** คือ ลักษณะทางภายนอกที่แตกต่างกัน เช่น **ความใส** ความขุ่น กลิ่น สี เป็นต้น

1.1.1 **อุณหภูมิ** (temperature) อุณหภูมิของน้ำมีผลในด้านการเร่งปฏิกิริยาทางเคมีซึ่งจะส่งผลต่อการลดปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ

1.1.2 **สี** (color) สีของน้ำเกิดจากการสะท้อนแสงของสารแขวนลอยในน้ำ **เช่น** น้ำตามธรรมชาติจะมีสีเหลืองซึ่งเกิดจากกรดอินทรีย์ น้ำในแหล่งน้ำที่มีใบไม้ทับถมจะมีสีน้ำตาลหรือถ้ามีตะไคร่น้ำก็จะมีสีเขียว

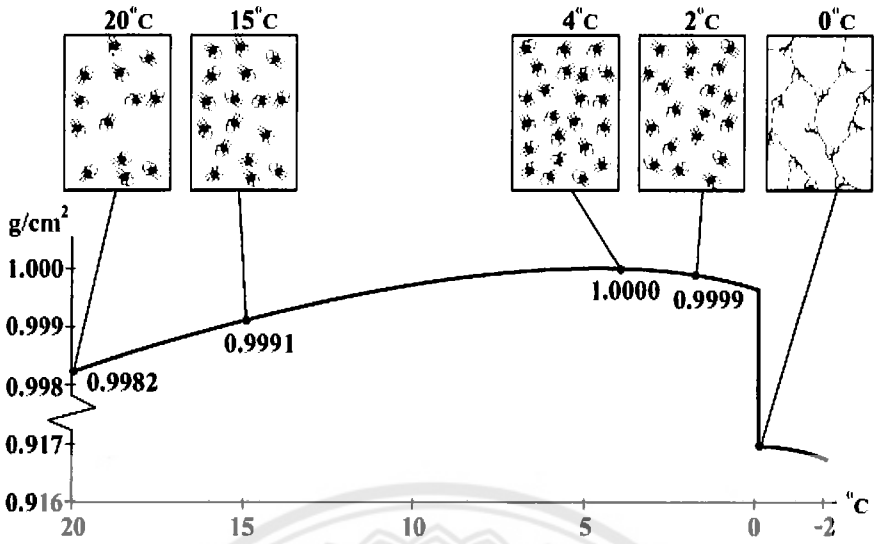
1.1.3 **กลิ่นและรส** กลิ่นและรสของน้ำจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปริมาณสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำ เช่น ซากพืชซากสัตว์ที่เน่าเปื่อย หรือสารในกลุ่มของฟีนอลเกลือโซเดียมคลอไรด์ซึ่งจะทำให้น้ำมีรสกร่อยหรือเค็ม

1.1.4 **ความขุ่น** (turbidity) เกิดจากสารแขวนลอยในน้ำ เช่น ดิน ซากพืช ซากสัตว์

1.1.5 **การนำไฟฟ้า** (electical conductivity) บอกถึงความสามารถของน้ำที่กระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่าน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของไอออนโดยรวมในน้ำ และอุณหภูมิขณะทำการวัดค่าการนำไฟฟ้า

1.1.6 **ความจุความร้อน** (Heat capacity) น้ำมีความร้อนจำเพาะเท่ากับ 4.184 จูล/กรัม/องศาเซลเซียส หมายถึง การที่จะทำให้น้ำ 1 กรัม มีอุณหภูมิสูงขึ้น 1°C จะต้องใช้พลังงานเท่ากับ 4.184 จูล ความจุความร้อนทำให้สภาพภูมิอากาศในแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน

1.1.7 **ความหนาแน่น** (Density) ภายใต้ความกดอากาศ ณ ระดับน้ำทะเลปานกลาง น้ำจะเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็งเมื่อมีอุณหภูมิ 0°C แต่น้ำมีความหนาแน่นสูงสุดที่อุณหภูมิ 4°C เมื่ออยู่ในสถานะของเหลว **ดังแสดงในรูปที่** 1



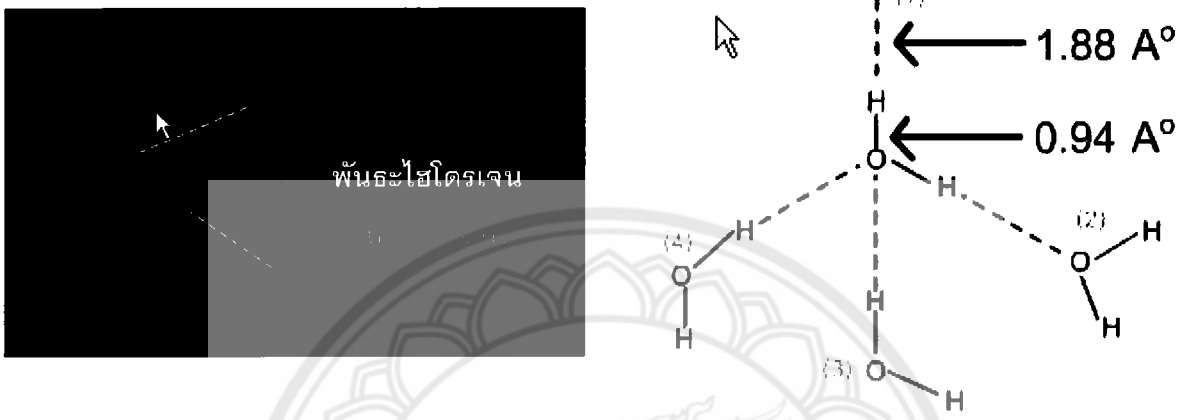
รูปที่ 1 แสดงความหนาแน่นของน้ำ ณ อุณหภูมิต่าง ๆ

อ้างอิงจาก : การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์

สสารโดยทั่วไปจะมีความหนาแน่นมากขึ้นเมื่อเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็ง แต่น้ำมีความหนาแน่นน้อยลงเมื่อเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็ง น้ำแข็งจึงลอยอยู่บนน้ำ หากน้ำแข็งมีความหนาแน่นกว่าน้ำแล้ว เมื่ออากาศเย็นตัวลง น้ำในมหาสมุทรแข็งตัวและจมตัวลงสู่ก้นมหาสมุทร ถ้าหากเป็นเช่นนี้แล้ว สัตว์ที่อาศัยอยู่บริเวณพื้นมหาสมุทรจะไม่สามารถมีชีวิตรอดได้เลย การที่น้ำมีคุณสมบัติแตกต่างจากสสารอื่น กลับเป็นผลดีที่เอื้ออำนวยต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก เมื่อน้ำในมหาสมุทรเย็นตัวลง น้ำแข็งจะลอยตัวบนผิวมหาสมุทร ทำหน้าที่เป็นฉนวนป้องกัน มิให้น้ำทะเลที่อยู่เบื้องล่างสูญเสียความร้อน จนกลายเป็นน้ำแข็งไปหมด เหตุนี้น้ำจึงช่วยให้สิ่งมีชีวิตสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในท้องทะเลและมหาสมุทร

1.1.8 **ของแข็งทั้งหมด** (total solid: TS) คือ ปริมาณของแข็งในน้ำ สามารถคำนวณจากการระเหยน้ำออก ได้แก่ ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids: TDS) จะมีขนาดเล็กผ่านขนาดกรองมาตรฐาน คำนวณได้จากการระเหยน้ำที่กรองผ่านกระดาษกรองออกไป ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids: SS) หมายถึง ของแข็งที่อยู่บนกระดาษกรองมาตรฐานหลังจากการกรอง แล้วนำมาอบเพื่อระเหยน้ำออก ของแข็งระเหยง่าย (Volatile Solids: VS) หมายถึง ส่วนของแข็งที่เป็นสารอินทรีย์แต่ละลายน้ำ สามารถคำนวณได้โดยการนำกระดาษกรองวิเคราะห์เอาของแข็งที่แขวนลอยออก แล้วนำของแข็งส่วนที่ละลายทั้งหมดมาระเหยอุณหภูมิประมาณ 550 องศาเซลเซียส นำน้ำหนักน้ำที่ชั่งหลังการกรองลบด้วยน้ำหนักหลังจากการเผาน้ำหนักที่ได้คือ ของแข็งส่วนที่ระเหยไป

1.2 สมบัติทางด้านเคมีของน้ำ คือ ลักษณะทางเคมีของน้ำ เช่น ความเป็นกรด - เบส ความกระด้าง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ เป็นต้น โครงสร้างทางเคมีของน้ำประกอบด้วยไฮโดรเจน 2 อะตอม และออกซิเจน 1 อะตอมยึดเกาะกันด้วยพันธะไฮโดรเจน ดังแสดงในรูปด้านล่างดังต่อไปนี้



รูปที่ 2 แสดงโครงสร้างทางเคมีของน้ำ

1.2.1 pH แสดงความเป็นกรดหรือเบสของน้ำ (น้ำดื่มควรมีค่า pH ระหว่าง 6.8-7.3) โดยทั่วไปน้ำที่ปล่อยจากโรงงานอุตสาหกรรมมักจะมีค่า pH ที่ต่ำ (PH < 7) ซึ่งหมายถึงมีความเป็นกรดสูงมีฤทธิ์กัดกร่อน การวัดค่า pH ทำได้ง่าย โดยการใช้กระดาษลิตมัสในการวัดค่าความเป็นกรด – เบส ซึ่งให้สีตามความเข้มข้นของ $[H^+]$ หรือการวัดโดยใช้ pH meter เมื่อต้องการให้มีความละเอียดมากขึ้น สภาพเบส (alkalinity) คือสภาพที่น้ำมีสภาพความเป็นเบสสูงจะประกอบด้วยไอออนของ OH^-, CO_3^- , H_2CO_3 ของธาตุแคลเซียม โซเดียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม หรือแอมโมเนีย ซึ่งสภาพเบสนี้จะช่วยทำหน้าที่คล้ายบัฟเฟอร์ต้านการเปลี่ยนแปลงค่า pH ในน้ำทิ้ง สภาพกรด (acidity) โดยทั่วไปน้ำทิ้งจากแหล่งชุมชนจะมีบัฟเฟอร์ในสภาพเบสจึงไม่ทำให้น้ำมีค่า pH ที่ต่ำเกินไป แต่น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมมักจะมีค่า pH ต่ำกว่า4.5ซึ่งมาจากCO_2ที่ละลายน้ำ

1.2.2 ความกระด้าง (hardness) เป็นการไม่เกิดฟองกับสบู่และเมื่อต้มน้ำกระด้างนี้จะเกิดตะกอน น้ำกระด้างชั่วคราว เกิดจากสารไบคาร์บอเนต (CO_3^{2-}) รวมตัวกับไอออนของโลหะ เช่น Ca^{2+}, Mg^{2+} ซึ่งสามารถแก้ได้โดยการต้ม นอกจากนี้แล้วยังมีความกระด้างถาวรซึ่งเกิดจากไอออนของโลหะและสารที่ไม่ใช่พวกคาร์บอเนต เช่น SO_4^{2-} NO_3^- Cl^- รวมตัวกับ Ca^+ Fe^{2+} Mg^{2+} เป็นต้น ความกระด้างจึงเป็นข้อเสียในด้านการสิ้นเปลืองทรัพยากร คือต้องใช้ปริมาณสบู่หรือผงซักฟอกในการซักผ้าในปริมาณมากซึ่งก็จะเกิดตะกอนมากเช่นกัน

1.2.3 **ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ** (dissolved oxygen, DO) แบคทีเรีย ที่เป็นสารอินทรีย์ในน้ำต้องการออกซิเจน (aerobic bacteria) ในการย่อยสลายสารอนินทรีย์ ความต้องการออกซิเจนของแบคทีเรียนี้จะทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลง ดังนั้นในน้ำที่สะอาดจะมีค่า DO สูง และน้ำเสียจะมีค่า DO ต่ำ มาตรฐานของน้ำที่มีคุณภาพดีโดยทั่วไปจะมีค่า DO ประมาณ 5-8 ppm หรือปริมาณ O_2 ละลายอยู่ปริมาณ 5-8 มิลลิกรัม / ลิตร หรือ 5-8 ppm. น้ำเสียจะมีค่า DO ต่ำกว่า 3 ppm. ค่า DO มีความสำคัญในการบ่งบอกว่าแหล่งน้ำนั้นมีปริมาณออกซิเจนเพียงพอต่อความต้องการของสิ่งมีชีวิตหรือไม่

1.2.4 **บีโอดี** (biological oxygen demand) เป็นปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ น้ำที่มีคุณภาพดี ควรมีค่าบีโอดี ไม่เกิน 6 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าค่าบีโอดีสูงมากแสดงว่าน้ำนั้นเน่ามาก แหล่งน้ำที่มีค่าบีโอดีสูงกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตรจะจัดเป็นน้ำเน่าหรือน้ำเสีย พระราชบัญญัติน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม กำหนดไว้ว่า น้ำทิ้งก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ต้องมีค่าบีโอดีไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร การหาค่า บีโอดี หาได้โดยใช้แบคทีเรียย่อยสลายอินทรีย์สารซึ่งจะเป็นไปช้าๆ ดังนั้นจึงต้องใช้เวลานานหลายสิบวัน ตามหลักสากลใช้เวลา 5 วัน ที่อุณหภูมิ 20° Cโดยนำตัวอย่างน้ำที่ต้องการหาบีโอดีมา 2 ขวด ขวดหนึ่งนำมาวิเคราะห์เพื่อหาค่าออกซิเจนทันที สมมุติว่ามีออกซิเจนอยู่ 6.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนน้ำอีกขวดหนึ่งปิดจุกให้ แน่น เพื่อไม่ให้อากาศเข้า นำไปเก็บไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสนาน 5 วัน แล้วนำมาวิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจน สมมุติได้ 0.47 mg/L ดังนั้นจะได้ค่าซึ่งเป็นปริมาณออกซิเจน ที่ถูกใช้ไป หรือ ค่าบีโอดี 6.5 - 0.47 = 5.03 มิลลิกรัมต่อลิตร

1.2.5 COD (Chemical Oxygen Demand) คือ ปริมาณ O_2 ที่ใช้ในการออกซิไดซ์ในการสลายสารอินทรีย์ด้วยสารเคมีโดยใช้ สารละลายเช่น โพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) ในปริมาณมากเกินพอ ในสารละลายกรดซัลฟิวริกซึ่งสารอินทรีย์ในน้ำทั้งหมดทั้งที่จุลินทรีย์ย่อยสลายได้และย่อยสลายไม่ได้ก็จะถูกออกซิไดซ์ภายใต้ภาวะที่เป็นกรดและการให้ความร้อน โดยทั่วไปค่า COD จะมีค่ามากกว่า BOD เสมอ ดังนั้นค่า COD จึงเป็นตัวแปรที่สำคัญตัวหนึ่งที่แสดงถึงความสกปรกของน้ำเสีย

1.2.6 **ทีโอซี** (Total Organic Carbon: TOC) คือ ปริมาณคาร์บอนในน้ำ

1.2.7 **ไนโตรเจน** เป็นธาตุสำคัญสำหรับพืช ซึ่งจะอยู่ในรูปของ แอมโมเนีย ไนโตรเจน ไนไตรท ไนเตรต ยิ่งถ้าในน้ำมีปริมาณไนโตรเจนสูง จะทำให้พืชน้ำเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว

1.2.8 **ฟอสฟอรัส** ในน้ำจะอยู่ในรูปของสารประกอบ พวกออร์โธฟอสเฟต

(Orthophosphate) เช่น สาร PO_4^{3-}, HPO_4^{2-} , $H_2PO_4^-$ และ H_3PO_4 นอกจากนี้ยังมีสารพวกโพลีฟอสเฟต

1.2.9 **ซัลเฟอร์** มีอยู่ในธรรมชาติและเป็นองค์ประกอบภายในของสิ่งมีชีวิต สารประกอบซัลเฟอร์ในน้ำจะอยู่ในรูปของ organic sulfur เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟต์ สารซัลเฟต เป็นต้น ซึ่งสารพวกนี้จะทำให้เกิดกลิ่นเหม็นเน่า เช่น กลิ่นก๊าซไข่เน่า และนอกจากนี้ยังมีฤทธิ์กัดกร่อนในสิ่งแวดล้อมได้ด้วย

1.2.10 **โลหะหนัก** มีทั้งที่เป็นพิษและไม่เป็นพิษ แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณที่ได้รับ ถ้ามากเกินไปจะเป็นพิษ ได้แก่ โครเมียม ทองแดง เหล็ก แมงกานีสและสังกะสี บางชนิดไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต ได้แก่ แคดเมียม ตะกั่ว ปรอทและนิกเกิล

ความสำคัญของน้ำต่อสิ่งมีชีวิตและการใช้ประโยชน์

น้ำมีความจำเป็นต่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิดโดยเฉพาะมนุษย์ที่จำเป็นต้องใช้น้ำในการอุปโภคบริโภค มนุษย์บริโภคน้ำเข้าไปในร่างกายและปล่อยน้ำออกจากร่างกายมากกว่าสารอื่น ๆ น้ำเป็นส่วนสำคัญของเนื้อเยื่อเกือบทุกชนิด และยังทำหน้าที่เป็นตัวกลางสำหรับลำเลียงถ่ายเทสารอาหารและของเสีย นอกจากนี้ยังช่วยรักษาอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่ร่างกายมนุษย์ประกอบด้วยน้ำประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว ร่างกายของคนเรารับน้ำเข้าสู่ร่างกายหลายทาง ถ้าเราบริโภคอาหารประเภทพืชผัก ผลไม้สด ซึ่งมีองค์ประกอบของน้ำด้วย แต่เราก็ยังจำเป็นต้องดื่มน้ำเพื่อให้ร่างกายได้รับน้ำในปริมาณที่มากพอต่อ ความต้องการของร่างกายเนื่องจากในชีวิตประจำวันของเราได้สูญเสียน้ำผ่านทางผิวหนัง การขับถ่าย การหายใจและนอกจากนี้เมื่อเราออกกำลังกาย หรือในภาวะอากาศร้อน ร่างกายก็จะสูญเสียน้ำมากขึ้น

น้ำเป็นแหล่งกำเนิดชีวิตของสัตว์และพืชคนเรามีชีวิตอยู่โดยขาดน้ำได้ไม่เกิน 3 วัน นอกจากนั้นยังมีความจำเป็นในภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาประเทศ ประโยชน์ของน้ำนั้นมีมากมายอันได้แก่

- น้ำเป็นสิ่งจำเป็นที่เราใช้สำหรับการดื่มกิน การประกอบอาหาร ชำระร่างกายและเครื่องนุ่งห่ม

- น้ำมีความจำเป็นสำหรับการเพาะปลูกเลี้ยงสัตว์ แหล่งน้ำเป็นที่อยู่อาศัยของปลาและสัตว์น้ำอื่น ๆ ซึ่งคนเราใช้เป็นอาหาร

- ในการอุตสาหกรรม ต้องใช้น้ำในขบวนการผลิตใช้ล้างของเสียใช้หล่อเครื่องจักรและระบายความร้อน ฯลฯ

- การทำนาเกลือโดยการระเหยน้ำเค็มจากทะเล

- น้ำเป็นแหล่งพลังงาน พลังงานจากน้ำใช้ทำระหัด ทำเขื่อนผลิตกระแสไฟฟ้าได้

- แม่น้ำ ลำคลอง ทะเล มหาสมุทร เป็นเส้นทางคมนาคมขนส่งที่สำคัญ

- ทัศนียภาพของริมฝั่งทะเลและน้ำที่ใสสะอาดเป็นแหล่งท่องเที่ยวของมนุษย์

2. **การจัดหาน้ำสะอาดและการผลิตน้ำดื่ม**

น้ำเป็นสิ่งที่จำเป็น น้ำที่เราใช้ดื่มเข้าไปในร่างกายจึงควรเป็นน้ำที่สะอาด ปลอดภัย ปราศจากสารปนเปื้อนและเชื้อโรคที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ การตระหนักถึงความสะอาดของน้ำดื่มจึงเป็นเรื่องสำคัญ หากน้ำที่เราใช้ดื่มใช้บริโภคมีความสกปรก น้ำจะเป็นสิ่งที่อันตรายที่สามารถก่อให้เกิดโรคในร่างกายมนุษย์ได้ ดังนั้นการจัดหาน้ำสะอาดเพื่อมาผลิตก็เป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยกลั่นกรองให้น้ำสะอาดปลอดภัยอีกระดับหนึ่ง

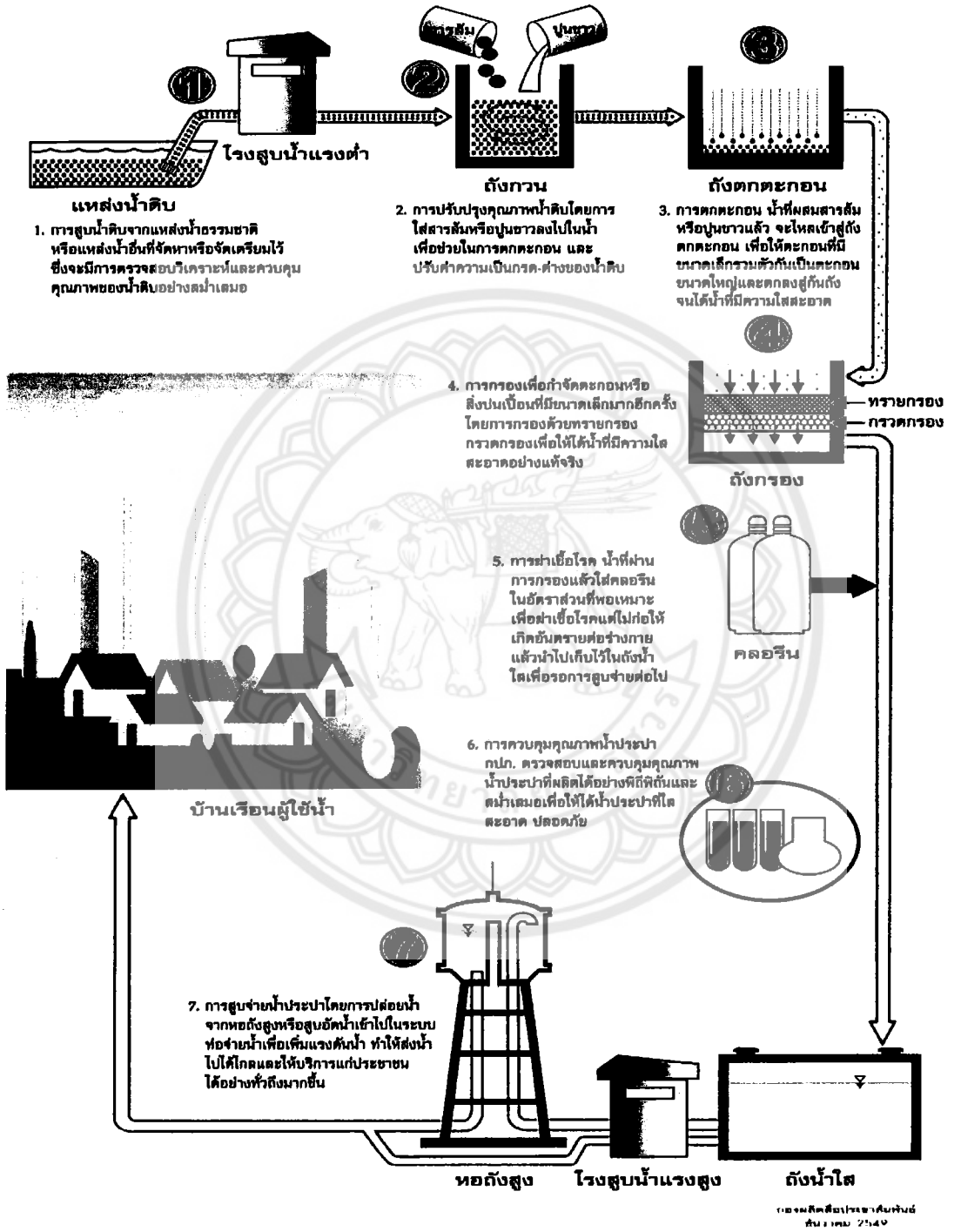
2.1 **การจัดหาน้ำสะอาด**

ในการผลิตน้ำให้สะอาดเพื่อความปลอดภัยในการใช้อุปโภคบริโภคนั้นวัตถุประสงค์หลักก็เพื่อสุขภาพอนามัย ของมนุษย์ในการที่จะนำน้ำมาใช้ในด้านต่าง ๆ เช่น ปรุงอาหาร ชำระล้างร่างกายหรือประโยชน์ในด้านอื่น ๆ การผลิตน้ำสะอาดเพื่อการอุปโภคบริโภค จึงหมายถึง น้ำที่ผลิตหรือจัดทำขึ้นมาเพื่อใช้จะต้องปราศจากตัวการที่ทำให้เกิดโรคอันได้แก่เชื้อโรค และสารเคมี ที่เป็นพิษและเป็นอันตรายต่าง ๆ บางครั้งเรามักจะเรียกการเกิดโรคที่เกิดจากน้ำเป็นตัวนำว่า "โรคที่เกิดจากน้ำเป็นสื่อ" ฉะนั้นในการที่เราจะจัดหาน้ำสะอาดได้ก็ต้องผ่านกระบวนการจัดการน้ำโดยอาจคำนึงถึงแหล่งน้ำธรรมชาติที่จะนำมาทำน้ำ ระบบการผลิตโดยการผลิตน้ำประปา

การผลิตน้ำประปา จะนำน้ำผิวดินจากแหล่งน้ำธรรมชาติได้แก่ ทะเลสาบ แม่น้ำ ลำคลองต่างๆ หรือนำน้ำใต้ดินที่มาจากการไหลซึมของน้ำจากผิวดินผ่านชั้นหินใต้ดินต่างๆ เกิดเป็นน้ำบาดาล น้ำผิวดินมัก มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ สารอินทรีย์ และอนุภาคต่างๆ ส่วนน้ำใต้ดินจะมีการปนเปื้อนของสารอนินทรีย์ ไอออนของแร่ธาตุต่างๆ ซึ่งละลายอยู่ในน้ำเนื่องจากการซึมผ่าน

ของน้ำผ่านชั้นหิน ซึ่งจะชะล้างแร่ธาตุต่างๆ ละลายมากับน้ำด้วย ปริมาณการปนเปื้อนของสารต่างๆ ในน้ำจะขึ้นอยู่กับลักษณะทางธรณีวิทยา สภาพ ภูมิประเทศและภูมิอากาศ รวมถึงฤดูกาลต่างๆ ด้วยการบำบัดน้ำเพื่อผลิตเป็นน้ำประปา เริ่มจากขั้นตอนการตกตะกอนสารปนเปื้อนที่มากับน้ำ จากแหล่งน้ำธรรมชาติ (ทะเลสาบ, คลองชลประทาน) น้ำที่ผ่านเข้าสู่ระบบจะได้รับการเติมสารเคมี เช่นสารส้ม, คาร์บอน และทำการกวนน้ำให้ตะกอนเล็กๆ จับตัวกันเป็นก้อนขนาดใหญ่ขึ้น หรือ เรียกว่า "flog" แล้วตกลงสู่ก้นถังตกตะกอน น้ำที่ผ่านขั้นตอนนี้แล้วจะเข้าสู่ถังกรอง ซึ่งมีชั้นกรองทรายและถ่านดักเศษตะกอนเล็กๆ และ flog ออก น้ำที่ผ่านออกจากถังกรองจะได้รับการเติมปูนขาว คลอรีน ฟลูออรีน ฟอสเฟต หรือผ่านรังสียูวี หรือโอโซน เพื่อฆ่าเชื้อโรค จุลินทรีย์ต่างๆ ที่ก่อให้เกิดโรค เมื่อน้ำผ่านกระบวนการทั้งนี้ ก็จะได้น้ำที่สะอาด ซึ่งจะเก็บไว้ในถังพัก เพื่อรอการจ่ายน้ำออกกระจายสู่แหล่งชุมชนโดยระบบประปาต่อไป โดยอธิบายกระบวนการผลิตน้ำประปาดังรูป

ขั้นตอนการผลิตน้ำประปา
ของการประปาส่วนภูมิภาค

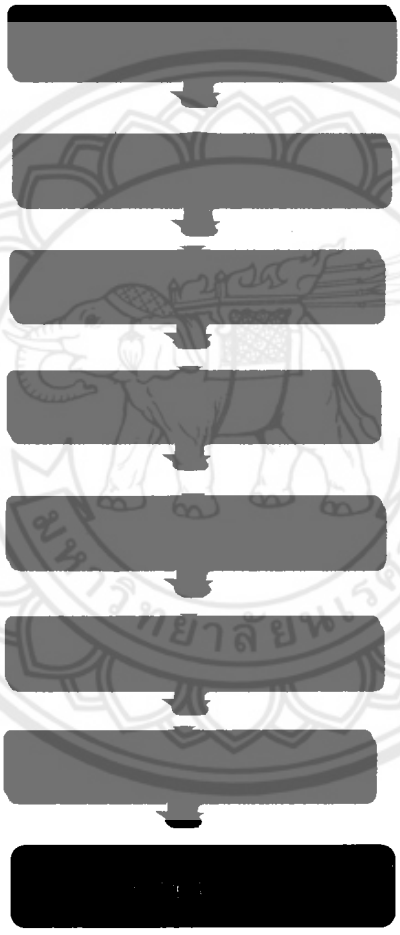


รูปที่ 3 แสดงกระบวนการผลิตน้ำประปา

อ้างอิงจาก : การประปาส่วนภูมิภาค

2.2 การผลิตน้ำดื่ม

การผลิตน้ำดื่มเป็นกระบวนการที่สำคัญเพราะต้องมีการผลิตที่ปราศจากสิ่งปนเปื้อน เชื้อโรค เช่น แบคทีเรียจำพวกโคลิฟอร์มแบคทีเรีย เป็นต้น ซึ่งแบคทีเรียเหล่านี้หากมีการปนเปื้อนในน้ำดื่มจะเป็นน้ำที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกาย การผลิตน้ำดื่มให้มีคุณภาพควรเลือกน้ำที่ผ่านกระบวนการผลิตน้ำประปา และเลือกใช้กระบวนการผลิตน้ำดื่มที่ได้มาตรฐาน โดยกระบวนการผลิตน้ำดื่มได้แสดงตามแผนผัง



รูปที่ 4 แสดงกระบวนการผลิตน้ำดื่ม

1. การกรองน้ำประปาหรือน้ำบาดาลด้วยเครื่องกรองทราย (Sand filter)

2. การกำจัดกลิ่น สี และตะกอน โดยเครื่องกรองที่มี Activated carbon

3. การกำจัดความกระด้างและเหล็กโดยเครื่องกรอง Base exchange unit ซึ่งบรรจุผงกรองเรซิ่น

4. การกำจัดเศษตะกอนที่ปนเปื้อนมาโดยการกรองด้วยถุงผ้า (Bag filter)

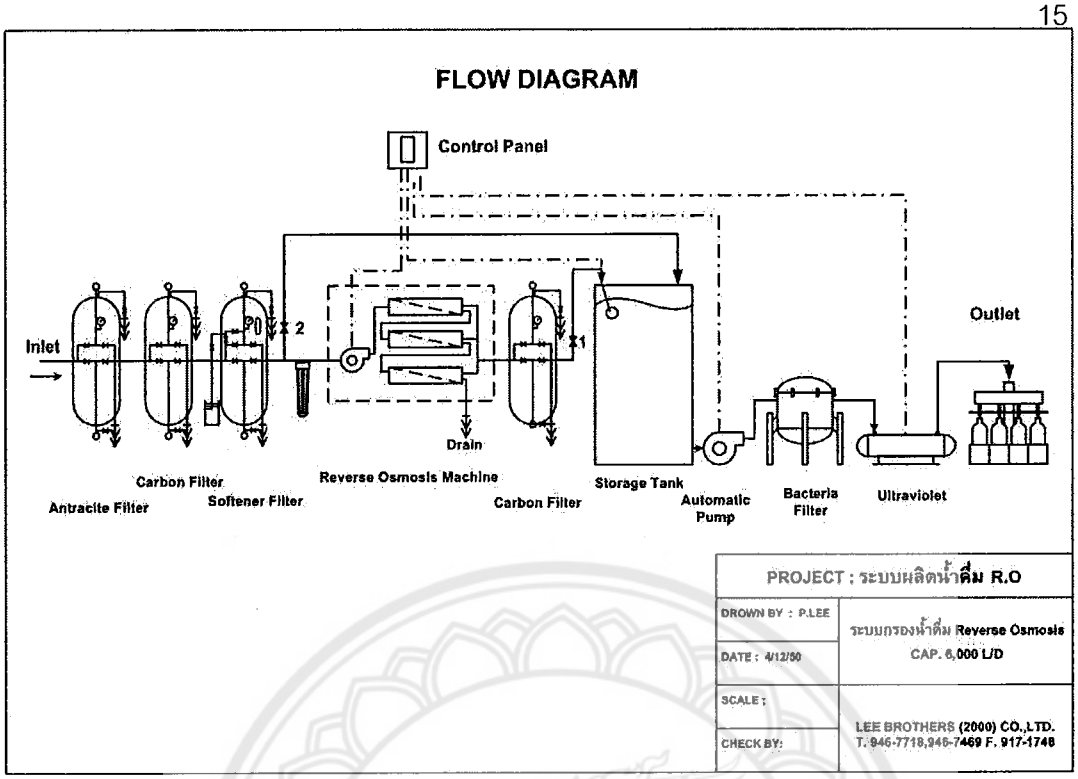
5. การกำจัดแบคทีเรียโดยเครื่องกรองที่มีไส้กรองเป็น Ceramic (Ceramic filter)

6. การฆ่าเชื้อโรคด้วยโอโซน และเตรียมพร้อมในการบรรจุลงสู่ภาชนะ

3. น้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ

ตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติทุกวันนี้ได้ตอบสนองความต้องการในการบริโภคของคนเมืองเข้าถึงประชาชนทุกคนอย่างทั่วถึง จากอดีตที่เราเคยบริโภคน้ำฝน น้ำต้ม จนมาถึงน้ำ RO หรือน้ำเป็นขวด ขวดละ 10 บาท ลิตรละกว่าสิบแปดบาท จนในปัจจุบันนี้ ต้องยอมรับว่า ตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติเข้ามามีบทบาทสำคัญ เป็นแหล่งบริโภคน้ำดื่มที่สำคัญ คุณภาพดีราคาถูกเพียงลิตรละ 1 บาท

ตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติในปัจจุบันมีการกระจายตั้งไว้สำหรับบริการให้แก่ประชาชนอย่างมากมายไม่ว่าจะเป็นในแหล่งของหอพักนักศึกษาใกล้มหาวิทยาลัย ใกล้ที่พักอาศัยทั่วไป รวมไปถึงตามชุมชนต่างๆ จุดเด่นของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติคือระบบการผลิตเป็นระบบ RO (Reverse Osmosis) และบางตู้มีการฆ่าเชื้อด้วยแสงยูวีหรือโอโซนด้วย ซึ่งส่วนที่สำคัญคือมีราคาถูก การทำงานของตู้น้ำหยอดเหรียญอัตโนมัติมีการกรองหลายขั้นตอนดังแสดงในรูปภาพ



รูปที่ 5 แสดงกระบวนการกรองน้ำในตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ

ส่วนประกอบของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ

ระบบของตู้ RO (อาร์โอ) Reverse Osmosis

ขนาดตู้ กว้าง 0.80 ม. ยาว 0.80 ม. สูง 1.90 ม.

โครงตู้ ไฟเบอร์กลาสมาตรฐานสูง พร้อมพัดลมระบายความชื้น

การกรอง ขั้นที่ 1 ไส้กรอง P PF 5 MICRON กรองสารแขวนลอย ตะกอนฝุ่นโลหะหนัก

ขั้นที่ 2 ไส้กรอง RESIN ขจัดหินปูน ความกระด้าง สนิมเหล็ก

ขั้นที่ 3 ไส้กรอง CARBON ขจัดกลิ่น สี รส คลอรีน สารอินทรีย์

ขั้นที่ 4 ไส้กรอง PPF 1.0 MICRON กรองสารพิษ ยาฆ่าแมลง

ขั้นที่ 5 ไส้กรอง POLYMER 0.3 MICRON กรองแบคทีเรีย สารพิษ

ขั้นที่ 6 OSMOSIS MEMBRANES กรองเชื้อโรค สารหนู ไวรัส

ขั้นที่ 7 ไส้กรอง CARBON BLOCK ปรับสภาพน้ำจากถังเก็บก่อนดื่ม

ขั้นที่ 8 หลอด UV ฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตร้าไวโอเรต (UV) ก่อนจ่ายน้ำดื่ม

ขั้นตอนของการกรองน้ำจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ

กระบวนการกรองในตู้น้ำดื่มเหรียญอัตโนมัติจัดเป็นการกรองน้ำด้วยระบบ RO (Reverse Osmosis) เป็นระบบกรองน้ำซึ่งจะทำให้น้ำที่ได้มา ค่อนข้างมีความบริสุทธิ์สูง จนแทบจะเรียกว่าไม่มีสารอะไรตกค้างอยู่เลยนอกจากน้ำเปล่าๆเท่านั้น หรือแทบจะเรียกว่ามีคุณภาพเทียบเท่าน้ำกลั่นทีเดียว ซึ่งคุณภาพนี้ ก็ขึ้นกับว่า แผ่นกรองที่นำมาใช้มีประสิทธิภาพอย่างไร ถ้าแผ่นกรองที่ใช้มีสภาพดี มีรูพรุนขนาดเล็ก (เชื้อจุลินทรีย์ผ่านไม่ได้) และมีการดูแลอย่างดี ก็จะให้น้ำสะอาดที่สามารถใช้บริโภคได้ (Marquez, รายงานวิทยาศาสตร์)

4. มาตรฐานน้ำดื่มและพารามิเตอร์ที่สำคัญสำหรับน้ำดื่ม

4.1 มาตรฐานน้ำดื่ม

น้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญต่อสิ่งมีชีวิตและน้ำยังเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของโลก โดยที่แหล่งของน้ำที่ใช้ในการอุปโภคบริโภคมีหลายชนิด ได้แก่ น้ำฝน น้ำผิวดิน และน้ำใต้ดิน ซึ่งน้ำจากแหล่งต่าง ๆ จะมีการหมุนเวียนเป็นวัฏจักรไม่จบสิ้น แต่ในการที่จะนำน้ำมาใช้นั้นต้องคำนึงถึงเรื่องความปลอดภัย เช่น ไม่มีเชื้อโรคหรือสิ่งเจือปนในน้ำซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของสิ่ง มีชีวิตอันได้แก่ สารเคมี โลหะหนัก เป็นต้น จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีวิธีการจัดการน้ำที่สะอาด รวมถึงการคำนึงถึงเรื่องมาตรฐานคุณภาพน้ำด้วย

มาตรฐานของน้ำดื่มนั้นมีหลายมาตรฐานในการตรวจวัดเพื่อป้องกันสิ่งปนเปื้อนที่อาจเป็นตัวอันตรายในการทำให้ร่างกายของมนุษย์เกิดโรคจากการดื่มน้ำที่ไม่ได้มาตรฐานได้ มาตรฐานในการตรวจวัดคุณภาพน้ำดื่มที่ประเทศไทยใช้ในการตรวจคุณภาพ ได้แก่ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค (ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 332 (พ.ศ. 2521)) มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 61 (พ.ศ. 2524)) มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค (ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์และมาตรการในทางวิชาการสำหรับการป้องกัน ด้าน

สาธารณสุขและการป้องกันในเรื่องสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ พ.ศ. 2551) มาตรฐานคุณภาพน้ำบริโภค กำหนดโดยคณะกรรมการการบริหารโครงการจัดให้มีน้ำสะอาดในชนบทท่วราชอาณาจักร โดยจะแสดงในตารางตามลำดับ

ตารางที่ 1 แสดงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค

คุณลักษณะ	ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	มาตรฐาน	
			เกณฑ์กำหนดสูงสุด (Maximum Acceptable Concentration)	เกณฑ์อนุโลมสูงสุด (Maximum Allowable Concentration)
ทางกายภาพ	1.สี (Colour)	ปลาตินัม-โคบอลต์ (Platinum-Cobalt)	5	15
	2.รส (Taste)	-	ไม่เป็นที่รังเกียจ	ไม่เป็นที่รังเกียจ
	3.กลิ่น (Odour)	-	ไม่เป็นที่รังเกียจ	ไม่เป็นที่รังเกียจ
	4.ความขุ่น (Turbidity)	ซิลิกา สเกล ยูนิต (Silica scale unit)	5	20
	5.ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	-	6.5-8.5	9.2
ทางเคมี	6.ปริมาณสารทั้งหมด (Total Solids)	มก./ล.	500	1500
	7.เหล็ก (Fe)	มก./ล.	0.5	1.0
	8.มังกานีส (Mn)	มก./ล.	0.3	0.5
	9.เหล็กและมังกานีส (Fe& Mn)	มก./ล.	0.5	1.0
	10.ทองแดง (cu)	มก./ล.	1.0	1.5
	11.สังกะสี (Zn)	มก./ล.	5.0	15.0
	12.คัลเซียม (Ca)	มก./ล.	75[b]	200
	13.แมกนีเซียม (Mg)	มก./ล.	50	150
	14.ซัลเฟต (SO_4)	มก./ล.	200	250[c]
	15.คลอไรด์ (Cl)	มก./ล.	250	600

ตาราง 1 (ต่อ)

คุณลักษณะ	ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	มาตรฐาน	
	16.ฟลูออไรด์ (F)	มก./ล.	0.7	1.0
	17.ไนเตรต (NO_3)	มก./ล.	45	45
	18.อัลคิลเบนซิลซัลโฟเนต (Alkylbenzyl Sulfonate,ABS)	มก./ล.	0.5	1.0
	19.ฟีโนลิกซับสแตนซ์ (Phenolic substances as phenol)	มก./ล.	0.001	0.002
สารเป็นพิษ	20.ปรอท (Hg)	มก./ล.	0.001	-
	21.ตะกั่ว (Pb)	มก./ล.	0.05	-
	22.อาร์เซนิก (As)	มก./ล.	0.05	-
	23.ซิลิเนียม (Se)	มก./ล.	0.01	-
	24.โครเมียม (Cr hexavalent)	มก./ล.	0.05	-
	25.ไซยาไนด์ (CN)	มก./ล.	0.2	-
	26.แคดเมียม (Cd)	มก./ล.	0.01	-
	27.แบเรียม (Ba)	มก./ล.	1.0	-
ทางจุลชีววิทยา	28.แสตนดาร์ดเพลตเคานต์(Standard Plate Count)	โคโลนีต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (Colonies/cm^3)	500	-
	29.เอ็มพีเอ็น (MPN)	โคลิฟอร์มออร์แกนิสซัมต่อ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร (ColiformOrganism/100 cm^3)	น้อยกว่า 2.2	-
	30.อีโคไล (E.coli)		ไม่มี	-

ตารางที่ 2 แสดงมาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท

คุณลักษณะ	ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน (เกณฑ์อนุโลมสูงสุด)
ทางกายภาพ	1.สี (Colour)	ฮาเซนยูนิต(Hazen)	20
	2.กลิ่น(Odour)	-	ไม่มีกลิ่น (ไม่รวมกลิ่นคลอรีน)
	3.ความขุ่น(Turbidity)	ซิลิกาสเกลยูนิต (silica scale unit)	5
	4.ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	-	6.5-8.5
ทางเคมี	5.ปริมาณสารทั้งหมด(Total Soilds)	มก./ล.	500
	6.ความกระด้างทั้งหมด(Total Hardness) (คำนวณเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต)	มก./ล.	100
	7.สารหนู (As)	มก./ล.	0.05
	8.แบเรียม (Ba)	มก./ล.	1.0
	9.แคดเมียม (Cd)	มก./ล.	0.005
	10.คลอไรด์ (Cl, คำนวณเป็นคลอรีน)	มก./ล.	250
	11.โครเมียม (Cr)	มก./ล.	0.05
	12.ทองแดง (cu)	มก./ล.	1.0
	13.เหล็ก (Fe)	มก./ล.	0.3
	14.ตะกั่ว (Pb)	มก./ล.	0.05
	15.แมงกานีส (Mn)	มก./ล.	0.05
	16.ปรอท (Hg)	มก./ล.	0.002
	17.ไนเตรต (NO_3-N, คำนวณเป็นไนโตรเจน)	มก./ล.	4.0
	18.ฟีนอล (Phenols)	มก./ล.	0.001

ตาราง 2 (ต่อ)

คุณลักษณะ	ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน (เกณฑ์อนุโลมสูงสุด)
	19.ซิลิเนียม (Se)	มก./ล.	0.01
	20.เงิน (Ag)	มก./ล.	0.05
	21.ซัลเฟต (SO_4)	มก./ล.	250
	22.สังกะสี (Zn)	มก./ล.	5.0
	23.ฟลูออไรด์ (F) (คำนวณเป็นฟลูออรีน)	มก./ล.	1.5
	24.อะลูมิเนียม	มก./ล.	0.2
	25.เอบีเอส (Alkylbenzene Sulfonate)	มก./ล.	0.2
	26.ไซยาไนด์	มก./ล.	0.1
ทางบัคเตรี	27.โคลิฟอร์ม (Coliform)	เอ็ม.พี.เอ็น/100 มล.	2.2
	28.อี.โคไล (E.Coli)	เอ็ม.พี.เอ็น/100 มล.	ตรวจไม่พบ
	29.จุลินทรีย์ทำให้เกิดโรค (Disease-causing bacteria)	เอ็ม.พี.เอ็น/100 มล.	ตรวจไม่พบ

ตารางที่ 3 แสดงมาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค

คุณลักษณะ	ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน	
			เกณฑ์กำหนดที่เหมาะสม	เกณฑ์อนุโลมสูงสุด
ทางกายภาพ	1.สี(Colour)	แพลทินัม-โคบอลต์	5	15
	2.ความขุ่น(Turbidity)	หน่วยความขุ่น	5	20
	3.ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	-	7.0-8.5	6.5-9.2
ทางเคมี	4.เหล็ก (Fe)	มก./ล.	ไม่เกินกว่า 0.5	1.0
	5.แมงกานีส (Mn)	มก./ล.	ไม่เกินกว่า 0.3	0.5

ห้องอ่านหนังสือคณะสาธารณสุขศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร อ.เมือง จ.พิษณุโลก
WA20.5 ท522 2553
1.5344597

ตาราง 3 (ต่อ)

คุณลักษณะ	ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน	
			เกณฑ์กำหนดที่เหมาะสม	เกณฑ์อนุโลมสูงสุด
	6.ทองแดง (cu)	มก./ล.	ไม่เกินกว่า 1.0	1.5
	7.สังกะสี (Zn)	มก./ล.	ไม่เกินกว่า 5.0	15.0
	8.ซัลเฟต (SO_4)	มก./ล.	ไม่เกินกว่า 200	250
	9.คลอไรด์ (Cl)	มก./ล.	ไม่เกินกว่า 250	600
	10.ฟลูออไรด์ (F)	มก./ล.	ไม่เกินกว่า 0.7	1.0
	11.ไนเตรด (NO_3)	มก./ล.	ไม่เกินกว่า 45	45
	12.ความกระด้างทั้งหมด (Total Hardness as $CaCO_3$)	มก./ล.	ไม่เกินกว่า 300	500
	13.ความกระด้างถาวร (Non carbonate hardness as $CaCO_3$)	มก./ล.	ไม่เกินกว่า 200	250
	14.ปริมาณสารทั้งหมดที่ละลายได้ (Total dissived solids)	มก./ล.	ไม่เกินกว่า 600	1000
สารพิษ	15.สารหนู (As)	มก./ล.	ต้องไม่มีเลย	0.05
	16.ไซยาไนด์ (CN)	มก./ล.	ต้องไม่มีเลย	0.1
	17.ตะกั่ว (Pb)	มก./ล.	ต้องไม่มีเลย	0.05
	18.ปรอท (Hg)	มก./ล.	ต้องไม่มีเลย	0.001
	19.แคดเมียม (Cd)	มก./ล.	ต้องไม่มีเลย	0.01
	20.ซิลิเนียม (Se)	มก./ล.	ต้องไม่มีเลย	0.01
ทางบัคเตรี	21.บักเตรีที่ตรวจพบโดยวิธีStandard plate count	โคโลนีต่อ ลบ.ซม.	ไม่เกินกว่า 500	-

ตาราง 3 (ต่อ)

คุณลักษณะ	ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน เกณฑ์กำหนดที่เหมาะสม	เกณฑ์อนุโลมสูงสุด
	22.บักเตรีที่ตรวจพบโดยวิธีMost Probable Number (MPN)	เอ็ม.พี.เอ็น ต่อ 100 ลบ.ซม.	น้อยกว่า 2.2	-
	23.อี.โคไล (E.coli)	-	ต้องไม่มีเลย	-

ตารางที่ 4 แสดงมาตรฐานคุณภาพน้ำดื่ม STANDARD WATER QUALITY PARAMETERS

พารามิเตอร์	หน่วย	คุณภาพน้ำดื่มของ WHO (ปี 2527)	คุณภาพน้ำบริโภคในชนบท*	คุณภาพน้ำประปากรมอนามัย (ปี 2543)**
ความเป็นกรด-ด่าง(pH)	pH	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
สี (Color)	แพลตตินั่มโคบอลต์	15	15	15
ความขุ่น (Turbidity)	NTU	5	10	10
ปริมาณสารละลายทั้งหมดที่เหลือจากการระเหย (TDS)	mg/L (ppm)	1,000	1,000	1,000
ความกระด้าง (Hardness)	mg/L (ppm)	500	300	500
เหล็ก (Fe)	mg/L (ppm)	0.3	0.5	0.5
แมงกานีส (Mn)	mg/L (ppm)	0.1	0.3	0.3
ทองแดง (Cu)	mg/L (ppm)	1.0	1.0	1.0
สังกะสี (Zn)	mg/L (ppm)	5.0	5.0	3.0
ตะกั่ว (Pb)	mg/L (ppm)	0.05	0.05	0.03
โครเมี่ยม (Cr)	mg/L (ppm)	0.05	0.05	0.05

ตาราง 4 (ต่อ)

พารามิเตอร์	หน่วย	คุณภาพน้ำดื่มของ WHO (ปี 2527)	คุณภาพน้ำบริโภคในชนบท*	คุณภาพน้ำประปากรมอนามัย (ปี 2543)**
สารหนู (As)	mg/L (ppm)	0.05	0.05	0.01
ปรอท (Hg)	mg/L (ppm)	1.0	1.0	1.0
ซัลเฟต (SO4)	mg/L (ppm)	400	400	250
คลอไรด์ (Cl)	mg/L (ppm)	250	250	250
ไนเตรท (NO3 as N)	mg/L (ppm)	10	10	50
ฟลูออไรด์ (F)	mg/L (ppm)	1.5	1.0	0.7
คลอรีนอิสระตกค้าง (Residual Free Chlorine)	mg/L (ppm)	-	0.2 - 0.5	0.2 - 0.5 ***
โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Total Coliform Bacteria)	mpn/100 ml	0	10	0
ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Faecal Colifrom Bacteria)	mpn/100 ml	0	0	0

* กำหนดโดยคณะกรรมการการบริหารโครงการจัดให้มีน้ำสะอาดในชนบททั่วราชอาณาจักร

** ประกาศกรมอนามัย เรื่อง เกณฑ์คุณภาพน้ำประปา ปี 2543

*** กำหนดให้มีปลายท่อ 0.2 - 0.5 mg/L ใช้ในระบบการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำประปา

เนื่องจากในน้ำอาจมีสิ่งเจือปนอยู่ได้หลายชนิด สิ่งเจือปนเหล่านี้ เป็นสาเหตุให้คุณภาพของน้ำเปลี่ยนแปลงไป และอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภคได้นอกจากนี้ยังเป็นวัตถุดิบพื้นฐานในการผลิตสินค้าหลายชนิด เช่น น้ำแข็ง เครื่องดื่ม และน้ำบริโภค บรรจุขวด เป็นต้น ดังนั้น จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการกำหนดมาตรฐานน้ำดื่มหรือน้ำสะอาดขึ้น เพื่อใช้เป็นหลักในการตัดสินหรือวินิจฉัยว่า น้ำนั้นสะอาดได้มาตรฐานที่กำหนดหรือไม่

4.2 พารามิเตอร์ที่สำคัญสำหรับน้ำดื่ม

พารามิเตอร์ที่ใช้ตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำดื่มและต้องมีการกำหนดค่าที่ชัดเจนและต้องทำการตรวจเป็นประจำ อันได้แก่ ความขุ่น ความกระด้าง คลอรีน เชื้อโรคจำพวกแบคทีเรียก่อโรคที่เรียกว่า โคลิฟอร์มแบคทีเรีย เหล็กและแมงกานีส และสารโลหะเป็นพิษ ซึ่งพารามิเตอร์ที่กล่าวในข้างต้นเป็นเกณฑ์กำหนดของน้ำดื่มจะต้องอยู่ในขีดจำกัดที่สามารถรับรองได้ว่าจะไม่ก่อให้เกิดอันตราย หรือบั่นทอนสุขภาพอนามัยของมนุษย์

4.2.1 **ความขุ่น** ทำให้น้ำมีลักษณะไม่น่าดื่ม สามารถใช้ความละเอียดของเครื่องกรองน้ำกรองแยกออก หรือให้ตกตะกอน ค่าความขุ่นที่เกิน 5 NTU จะเริ่มเห็นได้ด้วยตาเปล่า

4.2.2 **ความกระด้าง** คือค่าความเข้มข้นของอนุมูลโลหะที่ไม่มีความเป็นพิษต่อร่างกายโดยตรง เช่น แคลเซียม (Ca^{2+}) แมกนีเซียม (Mg^{2+}) แต่จะมีผลต่อรสชาติของน้ำ ทำให้เกิดตะกรันในระบบท่อส่งน้ำ และมีความเชื่อว่าอาจทำให้เกิดนิ่วแก่ผู้ดื่มน้ำกระด้างมากเป็นประจำ ค่ามาตรฐานสูงสุดของความกระด้างสำหรับน้ำดื่ม เท่ากับ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร การแก้ความกระด้างในน้ำ นิยมทำโดยการกรองด้วยสารกรองเรซิ่น ซึ่งทำหน้าที่ดักจับประจุแคลเซียมและแมกนีเซียมแล้วปล่อยโซเดียมแทน เมื่อประจุโซเดียมในเรซิ่นหมด จึงต้องเปลี่ยนใหม่ หรือแช่ด้วยน้ำเกลือ เพื่อเติมประจุโซเดียมให้เรซิ่นใหม่

4.2.3 **คลอรีน** ในการผลิตน้ำประปาในประเทศไทย นิยมใช้คลอรีนเป็นสารฆ่าเชื้อโรคในน้ำ ซึ่งกลุ่มประเทศยุโรป (EU) ได้ประกาศเลิกใช้คลอรีนในกระบวนการผลิตอาหารและน้ำประปาโดยเด็ดขาดภายในปี 2007 เนื่องจากเมื่อคลอรีนทำปฏิกิริยากับสารละลายหลายชนิดในน้ำทำให้เกิดสารก่อ มะเร็ง การแยกคลอรีนออกจากน้ำดื่ม ทำได้โดยการกรองด้วยผงถ่านกัมมันต์ หรือพักรอให้คลอรีนระเหยไป

4.2.4 **เชื้อโรค** โรค ติดต่อทางน้ำดื่มส่วนใหญ่ เกิดจากการติดเชื้อแบคทีเรีย เช่น โรคอหิวาตกโรค แบคทีเรียกลุ่มที่ชี้ความสกปรกในน้ำดื่ม เรียกว่า **"โคลิฟอร์มแบคทีเรีย"** ถ้าพบการปนเปื้อนของเชื้อเหล่านี้ แสดงว่าน้ำสกปรกไม่ปลอดภัยต่อการดื่ม เช่น

- การตรวจจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด (Total Plate Count) ต้องไม่เกิน 500 โคโลนี/มล.
- โคลิฟอร์มต่อ 100 ลบ.ซม. (NPN) ต้องไม่เกิน 2.2

เนื่องจากแบคทีเรียที่เล็กที่สุดมีขนาด 0.2 ไมครอน เครื่องกรองในท้องตลาดเดิม เช่น กรองเซรามิคมีประสิทธิภาพเพียง 0.5 ไมครอน ไม่สามารถกรองแบคทีเรียได้ทั้งหมด จึงได้นิยมนำเอาชุดกรองประสิทธิภาพสูง RO (Reverse Osmosis) ซึ่งกรองได้ละเอียดถึง 0.0001 ไมครอน ใช้ปั๊มแรงดันสูง 20-40 บาร์ นอกจากกรองเชื้อโรคแล้วยังกรองสารละลายโลหะ และแร่ธาตุในน้ำทั้งหมด จนเกิดข้อถกเถียงว่า น้ำบริสุทธิ์ RO เหมาะแก่การใช้เป็นน้ำดื่มหรือไม่

ปัจจุบัน ได้มีการพัฒนาระบบไส้กรองเมมเบรน คล้าย RO แต่มีประสิทธิภาพการกรองที่ระดับ 0.1 ไมครอน สามารถกรองเชื้อแบคทีเรียได้ทั้งหมด โดยใช้แรงดันน้ำเพียง 1 บาร์ ไส้เมมเบรนกรองเชื้อโรคนี้สามารถทดแทนระบบ RO ได้เป็นอย่างดี

4.2.5 **เหล็กหรือแมงกานีส** ร่างกายคนต้องการธาตุเหล็กประมาณ 7-35 มก./วัน ต้องการแมงกานีสประมาณ 10 มก./วัน ธาตุเหล็กและแมงกานีสในน้ำจะทำให้น้ำมีสี มีรสไม่น่าดื่ม ทำให้เกิดคราบสนิม ใช้น้ำซักผ้าจะทำให้เกิดคราบติด

4.2.6 **สารโลหะที่เป็นพิษ** โลหะหนักซึ่งจะก่อให้เกิดอันตรายต่อคน แม้ได้รับในปริมาณน้อย เช่น ตะกั่ว ปรอท สารหนู แคดเมียม

- มาตรฐานน้ำดื่มกำหนดค่าสูงสุดของตะกั่วไว้ที่ 0.05 มก./ล.
- มาตรฐานน้ำดื่มกำหนดค่าสูงสุดของปรอทไว้ที่ 0.002 มก./ล.
- มาตรฐานน้ำดื่มกำหนดค่าสูงสุดของสารหนูไว้ที่ 0.05 มก./ล.
- มาตรฐานน้ำดื่มกำหนดค่าสูงสุดของแคดเมียมไว้ที่ 0.01 มก./ล.

กรณีน้ำดื่มมีการปนเปื้อนของโลหะหนักเกินค่ามาตรฐาน ควรหลีกเลี่ยงการนำน้ำมาผลิตเป็นน้ำดื่ม หรือใช้ระบบกรอง RO (Reverse Osmosis) ซึ่งสามารถกรองละลายโลหะในน้ำได้ แต่จะมีต้นทุนเครื่อง และการบำรุงรักษาสูง และจะต้องสูญเสียน้ำล้างระบบประมาณ 40-50% ด้วย

5. การปนเปื้อนในน้ำดื่ม

สาเหตุที่ทำให้น้ำไม่ได้มาตรฐาน สาเหตุที่สำคัญเกิดจากเชื้อแบคทีเรียปนเปื้อนที่มากเกินมาตรฐาน การปนเปื้อนด้วยสารเคมี ได้แก่ แคดเมียม เหล็ก ตะกั่ว แมงกานิส และปัญหาทางกายภาพที่ไม่เหมาะสม คือมีความขุ่นและสีเกินมาตรฐาน ส่งผลต่อสุขภาพของผู้บริโภคทั้งในรูปของปัญหาเฉียบพลัน เช่น ท้องเสีย, บิด, อหิวาตกโรค, ไทฟอยด์ ฯลฯ และปัญหาระยะยาวจากก

การสะสมสารเคมีไว้ในร่างกายเป็นเวลานาน ด้วยเหตุนี้น้ำที่ใช้อุปโภคบริโภคจึงควรเป็นน้ำสะอาด ปราศจากสานปนเปื้อนที่เป็นอันตราย สารปนเปื้อนที่เป็นปัญหาในน้ำอาจแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มดังนี้

5.1 **สารเคมี** ซึ่งมีความสำคัญอย่างมากต่อภาคอุตสาหกรรมและในชีวิตประจำวันของมนุษย์ มีการใช้กันอย่างแพร่หลายและในปริมาณที่สูงมากขึ้นทุกวัน ทำให้เกิดการปนเปื้อนในแหล่งน้ำ เมื่อมีการนำน้ำจากแหล่งดังกล่าวมาใช้ จะก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพทั้งในระยะสั้นและระยะยาว แบ่งออกได้เป็น

- สารก่อมะเร็ง สารเคมีส่วนใหญ่ก่อให้เกิดโรคมะเร็งโดยจะกระตุ้นให้เกิดเซลล์มะเร็งในร่างกาย ของมนุษย์และสัตว์ สารก่อมะเร็งได้แก่ กลุ่ม Aromatic amines กลุ่ม aromatic nitro compounds กลุ่ม polycyclic aromatic hydrocarbons กลุ่ม heterocycles กลุ่ม dyes และกลุ่ม hydrazines

- สารเคมีที่มีผลกระทบต่อระบบฮอร์โมน ซึ่งพบได้บ่อยและใช้กันอย่างแพร่หลายในภาคเกษตรกรรมทำให้เกิดการปนเปื้อนใน แหล่งน้ำ เช่น สารฆ่าหญ้า สารฆ่าแมลง สารเคมีเหล่านี้จะขัดขวางระบบสืบพันธุ์และระบบเผาผลาญอาหารของมนุษย์ โดยเฉพาะดีดีที เป็นสารเคมีที่มีครึ่งชีวิต (Half-life) ยาวมาก จึงตกค้างอยู่นานโดยไม่เสื่อมสภาพ การที่มนุษย์ดื่มน้ำที่มีดีดีทีปนเปื้อนเข้าไปจะได้รับสารเคมีในรูป xenoestrogen ทำให้มีผลกระทบต่อฮอร์โมนจนเกิดพฤติกรรมเบี่ยงเบนทางเพศของผู้ชาย

- สารเคมีที่มาจากอุตสาหกรรมต่างๆ ซึ่งมักจะปล่อยออกมาปนเปื้อนกับแหล่งน้ำดิบ และบางครั้งจะมีการเติมสารเคมีบางชนิดลงในน้ำด้วย เช่น คลอรีน เป็นของเหลวสีน้ำตาลเหลืองหรือเป็นก๊าซสีเหลืองเขียวมีกลิ่นฉุน และเป็นพิษ ใช้ในการผลิตสารเคมีต่างๆ เช่น กรดเกลือ สารคลอรีน สารฆ่าแมลง สารทำความเย็น พลาสติก และสารฆ่าเชื้อโรค เป็นต้น แต่ถ้ามีคลอรีนตกค้างในน้ำดื่ม รวมทั้งคลอรีนที่ทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ในน้ำจะทำให้เกิดสาร trihalomethanes หรือ trichloroethane ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง สามารถทำลายตับ ไต และก่อให้เกิดโรคมะเร็งในลำไส้ใหญ่หรือกระเพาะปัสสาวะ ส่วนคลอรีนที่ตกค้างในน้ำสำหรับอาบ เช่น การแช่น้ำในอ่างอาบน้ำหรือว่ายน้ำใน สระน้ำที่ใส่คลอรีนซึ่งมักเติมคลอรีนที่มีความเข้มข้นสูงกว่ามาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่าถ้าอาบน้ำที่มีคลอรีนนาน 15 นาที จะได้รับสารเคมีผ่านเข้าทางผิวหนังและทางการหายใจ มีจำนวนเกือบเท่ากับการดื่มน้ำที่มีคลอรีนปนเปื้อนอยู่ปริมาณ 2 ลิตร สารเคมีที่อยากกล่าวถึงอีกคือฟลูออไรด์ เป็นสารประกอบที่ได้จากฟลูออรีน พบในธรรมชาติทั่วไป และได้มีการนำฟลูออไรด์มาใช้

มากมายในวงการแพทย์ ทันตแพทย์ เช่น การเติมฟลูออไรด์ลงในน้ำดื่มเพื่อป้องกันฟันผุ และในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมถลุงเหล็ก อะลูมิเนียม ตะกั่ว ทองแดง แต่บางครั้งพบว่ามีการปนเปื้อนของฟลูออไรด์ในน้ำใต้ดินและน้ำผิวดินจากโรง งานอุตสาหกรรมเหล่านี้ การดื่มน้ำที่มีปริมาณฟลูออไรด์สูงอาจเกิดอันตรายได้ ถ้าปริมาณฟลูออไรด์มีมากถึงระดับที่เป็นพิษ คือ ฟลูออไรด์ 1 ส่วนในล้านส่วน จะทำให้เกิดจุดด่างขาวบนฟัน ฟลูออไรด์มากกว่า 2.5 ส่วนในล้านส่วน จะทำให้เกิดจุดสีน้ำตาลในฟันและเคลือบฟันเป็นสีเข้ม ฟลูออไรด์ตั้งแต่ 10 ส่วนในล้านส่วน จะทำให้กระดูกคดงอ กล้ามเนื้ออ่อนแอ มีการเปลี่ยนแปลงที่กระดูกสันหลังอาจกลายเป็นคนพิการได้

5.2 **โลหะหนัก** ส่วนใหญ่มีคุณสมบัติทางกายภาพคล้ายคลึงกัน แต่คุณสมบัติทางเคมีแตกต่างกันมากตามชนิดของโลหะนั้น จึงมีผลทำให้ความเป็นพิษที่เกิดกับสิ่งมีชีวิตต่างกัน ซึ่งสิ่งมีชีวิตจะตอบสนองต่อพิษได้หลายแบบ โลหะหนักมีผลต่อพฤติกรรมในระดับเซลล์ 5 แบบคือ ทำให้เซลล์ตาย เปลี่ยนแปลงโครงสร้างและการทำงานของเซลล์ เป็นสารก่อมะเร็ง ทำให้เกิดความผิดปกติแต่กำเนิด และทำความเสียหายต่อโครโมโซม โลหะหนักที่มักพบในน้ำดื่มได้แก่ ตะกั่ว ปรอท และแคดเมียม ซึ่งจะกล่าวถึงความเป็นพิษของโลหะแต่ละชนิดดังนี้

- ตะกั่ว เป็นโลหะหนักที่ปนเปื้อนในอาหารและน้ำมากที่สุด เมื่อเข้าไปสะสมในร่างกายจะมีอาการอ่อนเพลีย ปวดท้อง ท้องอืด เบื่ออาหาร ปวดกล้ามเนื้อ ปวดกระดูกและข้อ ความดันโลหิตสูง โลหิตจาง ความจำเสื่อม ภูมิต้านทานลดลง และขัดขวางการทำงานของเอ็นไซม์ในร่างกาย

- ปรอท ถ้าไปสะสมที่อวัยวะใดจะทำให้อวัยวะนั้นพิการ ที่พบบ่อยที่สุดคือที่สมองและไขสันหลัง ซึ่งจะทำให้เปลือกหุ้มเส้นประสาทชำรุด ทำให้อ่อนเพลียบริเวณแขนขาและใบหน้า เห็นภาพซ้อน ปัสสาวะลำบาก ถ้าเป็นในเด็กจะทำให้ปัญญาอ่อน สมาธิไม่ดี หงุดหงิด อาการปรอทเป็นพิษที่พบเสมอคือปวดข้อ ข้ออักเสบ ปวดท้อง อาการทางหัวใจ สมองเสื่อมและเป็นโรคภูมิแพ้

- แคดเมียม ถ้าไปสะสมในร่างกายจะมีความเสี่ยงต่อภาวะไตวาย ความดันโลหิตสูง ต่อมลูกหมากบวม ผิวหนังอักเสบ ปวดข้อ เบื่ออาหาร ความจำเสื่อม และมีโอกาสเป็นมะเร็งได้ในที่สุด

5.3 **เชื้อจุลินทรีย์ จุลินทรีย์** (Micro-organisms) ที่อาศัยอยู่ในน้ำ จุลินทรีย์ที่สำคัญได้แก่ แบคทีเรีย ไวรัส รา โปรโตซัว โรติเฟอร์ สาหร่าย น้ำที่มีจุลินทรีย์มากจะเกิดมลพิษที่มีผลกับสุขภาพได้โดยตรง อาจก่อให้เกิดโรคระบาดที่มีน้ำเป็นสื่อได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรคระบบทางเดิน

อาหารที่สำคัญมักเกิดจากเชื้อแบคทีเรียที่ก่อโรค (Pathogens) ปนเปื้อนอยู่ในอาหารและน้ำ แล้วทำให้เกิดโรคต่างๆ เช่น อหิวาตกโรค ไทฟอยด์ พาราไทฟอยด์ บิด ชนิดมีตัว ไวรัสตับอักเสบ เป็นต้น

จุลินทรีย์ที่อยู่ในน้ำมีทั้งจุลินทรีย์ที่ไม่ทำให้เกิดโรค และจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค

1) จุลินทรีย์ที่ไม่ทำให้เกิดโรค (Nonpathogenic microorganism) ได้แก่พวก บัคเตรี โปรโตซัว สาหร่าย หรือราบางชนิด ซึ่งนอกจากจะไม่ทำให้เกิดโรคแล้วยังมีส่วนช่วยในการย่อยสลายสิ่งสกปรกในน้ำ สำหรับน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคมักไม่ต้องการให้มีจุลินทรีย์อยู่เลยหรือให้มีจำนวนน้อยมากเท่าไรได้ยิ่งดี

2) จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค (Pathogenic microorganism) มีมากมายหลายชนิดมีทั้งชนิดที่ก่อให้เกิดอาการของโรคอย่างรุนแรงถึงตายได้ ไปจนถึงเพียงแค่มีอาการเจ็บป่วยเล็กน้อย ได้แก่ ไวรัส บัคเตรี โปรโตซัว และหนอนพยาธิ เชื้อโรคสามารถดำรงชีวิตอยู่ในน้ำได้เป็นเวลานานอาจจะหลายชั่วโมง หลายเดือน หรือหลายปีขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ รูปลักษณ์ของมัน เช่น เป็นเซลล์ปกติ หรือเป็นสปอร์ หรือเป็นไข่ ฯลฯ ถ้ามันอยู่ในรูปของสปอร์ก็จะคงอยู่ในน้ำได้ทนทาน หรือทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เชื้อโรคนั้น ๆ อาศัยอยู่ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น อาหารถ้ามันอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม อาจจะเพิ่มจำนวนมากขึ้นจนอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพได้ จะกล่าวถึงจุลินทรีย์ที่อาจทำให้เกิดโรคโดยมีน้ำเป็นตัวนำโรค ดังนี้

ก) ไวรัส (Virus) เป็นจุลินทรีย์ที่มีขนาดเล็กมากที่สุดไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยายพิเศษ ไวรัสที่อาจพบแพร่กระจายในน้ำ ได้แก่ไวรัสที่ทำให้เกิดโรคตับอักเสบชนิด เอ (Infectious hepatitis type A) หรือไวรัสที่ทำให้เกิดอาการท้องร่วงอย่างรุนแรงในเด็ก (Gastroenteritis Viral) เป็นต้น

ข) บัคเตรี (Bacteria) เป็นจุลินทรีย์ที่มีขนาดโตกว่าไวรัสสามารถใช้กล้องจุลทรรศน์ธรรมดาขนาดกำลังขยาย 100 เท่าก็มองเห็นได้ มีเซลล์เดียว ใช้อาหารในรูปของสารละลาย พบได้ทุกหนทุกแห่งโดยเฉพาะที่ๆ มีสิ่งแวดล้อมเอื้ออำนวย เช่น มีความชื้นและอาหารบัคเตรีมีรูปร่างเป็น 3 แบบ คือรูปร่างกลม (spherical) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.5-1.0 ไมครอน รูปร่างเป็นแท่ง (cylindrical หรือ rod) ความกว้างประมาณ 0.5-1.0 ไมครอน ความยาวประมาณ 1.5-3.0 ไมครอน และมีรูปร่างเป็นเกลียว (spiral) ขนาดความกว้างประมาณ 0.5-5.0 ไมครอน ความยาวประมาณ 6.0-15.0 ไมครอน บัคเตรีที่ทำให้เกิดโรคโดยมีน้ำเป็นตัวนำได้แก่

- อหิวาตกโรค (Cholera) เกิดจาก Vibrio *cholera*
- โรคไข้รากสาด (Typhoid fever) เกิดจาก Salmonella paratyphoid A,B และ C

- โรคบิด (Bacillary dysentery) เกิดจาก *Shigella flexneri* หรือ *Shigella dysenteriae*

ค) โปรโตซัว (Protozoa) เป็นจุลินทรีย์ที่มีขนาดโตกว่าบัคเตรีไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ มีเซลล์เดียว โปรโตซัวที่ทำให้เกิดโรค ได้แก่ โรคบิด ชนิดอะมีบา (Amoebic dysentery) เกิดจากโปรโตซัวชนิด Entamoeba histolytica

ง) หนอนพยาธิ (Helminth) แบ่งหนอนพยาธิออกเป็น 3 ประเภทคือพยาธิตัวกลม พยาธิตัวแบน และพยาธิใบไม้

- โรคพยาธิไส้เดือนกลม (Ascaris lambricoides)
- โรคพยาธิเข็มหมุด (Pin worm)
- โรคพยาธิใบไม้ในปอด (Lung flukes)

6. แบคทีเรียที่ก่อโรคในน้ำดื่ม

เชื้อโรคหรือแบคทีเรียที่ปะปนมากับน้ำดื่มที่ก่อโรคทำให้ร่างกายเราคือแบคทีเรียจำพวก *Enterobacteriaceae* ที่มีรูปร่างท่อนสั้น ติดสีแกรมลบ ไม่สร้างสปอร์ เป็นพวกที่ไม่ต้องการอากาศหรือ Facultative anaerobe สามารถหมักน้ำตาลแลคโตสให้กรด และแก๊สได้ภายใน 48 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ตัวอย่างแบคทีเรียในกลุ่มนี้ได้แก่ Escherichia coli ซึ่งโดยปกติมักพบอยู่ในทางเดินอาหารสัตว์ เลือดอุ่น และของคน ฉะนั้นจะมากในอุจจาระ และ แบคทีเรียจีนัส Enterobacter ซึ่งนอกจากในอุจจาระ แล้วยังสามารถพบได้ในดิน และปนเปื้อนมากับพืชผักต่างๆ หรืออยู่ในผลิตภัณฑ์อาหารที่ไม่มีสุขลักษณะในการผลิต ดังนั้นการตรวจพบจุลินทรีย์ในกลุ่มนี้จึงถึงได้ว่าการปนเปื้อนมาของอุจจาระ อาจนำซึ่งจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคได้ แต่โดยปกติคนสามารถต้านทานจุลินทรีย์กลุ่ม นี้ได้ดี เว้นมีการกระตุ้นการเชื้อปกติในทางเดินอาหารให้สามารถก่อโรคได้ เช่น พวกไวรัส ดังนั้น การผลิตอาหาร หรือ น้ำดื่ม จึงจะต้องมีการตรวจสอบจุลินทรีย์ว่ามีอยู่ในปริมาณเท่าใดมีอันตรายหรือไม่

Escherichia coli.

ลักษณะทั่วไป

- มีรูปร่างเป็นแท่ง ถ้าเลี้ยงไว้ใหม่ ๆ จะมีลักษณะ coccobacilli ซึ่งเป็นแท่งที่มีลักษณะสั้นและอ้วน แต่เมื่อเลี้ยงไว้นานจะเป็นแท่งที่ยาวขึ้นทั้งนี้ลักษณะรูปร่างจะขึ้นอยู่ กับอาหารเลี้ยงเชื้อ

- ย้อมติดสีแกรมลบ ไม่มีแคปซูล ไม่สร้างสปอร์

ลักษณะ Colony

- มีลักษณะโคโลนีกลมๆโค้งนูน ขอบเรียบและมีขอบชัดเจน บางครั้งจะมี Hemolysis ชัดเจนบน blood agar

- เป็น Lactose fermenter จึงให้ โคโลนี สีชมพูหรือสีแดง เป็นมันเงา

- บน SS - agar ให้โคโลนี สีชมพูหรือสีแดง

แหล่งที่พบเชื้อ

- พบในอุจจาระของคนเนื่องจาก E.coli เป็นแบคทีเรียที่พบตามลำไส้ของคนและสัตว์

- บางครั้งพบในน้ำใช้ อาหาร น้ำแข็ง เครื่องดื่ม ซึ่งก็แสดงว่าในน้ำ อาหาร หรือเครื่องดื่มนั้นๆ มีการปนเปื้อนของ อุจจาระของคนและสัตว์ ดังนั้นจึงใช้ E.coli เป็นดรรชนีบ่งชี้การปนเปื้อนอุจจาระ

7. วิธีวิเคราะห์ตรวจหาแบคทีเรียในน้ำดื่ม

การตรวจว่าในน้ำดื่มมีการปนเปื้อนของแบคทีเรียหรือไม่สามารถทำได้โดยการใช้ชุดทดสอบ ว. 111 หรือ ว.110 ตรวจวิเคราะห์หาแบคทีเรีย จำพวกฟีคัลแบคทีเรีย โดยหลักการทำงานของชุดทดสอบคือ วิธีที่ง่ายและสะดวกในการปฏิบัติโดยสังเกตจากการเปลี่ยนสีของอาหารตรวจเชื้อ จากสีแดงเป็นสีต่าง ๆ เช่น สีน้ำตาล สีส้ม สีเหลือง มีความขุ่นและฟองแก๊สปุดขึ้นเมื่อเขย่าเบา ๆ (กรมอนามัย)

7.1 น้ำยาตรวจเชื้อ ว. 110

เป็นสารเคมีสำเร็จรูปสำหรับใช้ตรวจโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำ (เป็นสารละลายใสสีแดง) บรรจุไว้ในขวดขนาด 25 มิลลิลิตร

วิธีใช้น้ำยาตรวจเชื้อ ว. 110

1. นำตัวอย่างน้ำที่ต้องการตรวจเติมลงในขวดน้ำยาตรวจเชื้อ ว.110 ซึ่งเติมใส่น้ำยาไว้แล้ว 2 ขีด เติมน้ำอีก 2 ขีด รวมเป็น 4 ขีด

2. ปิดฝาเขย่าให้เข้ากัน

3. ตั้งไว้ในอุณหภูมิห้อง (25-40 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง

4. ดูผลจากสีของน้ำยาตรวจเชื้อ ถ้าสีเปลี่ยนจากแดงเป็นส้ม หรือสีเหลืองแสดงว่ามีการปนเปื้อนแบคทีเรีย ไม่ควรบริโภค ควรฆ่าเชื้อเสียก่อน

หมายเหตุ : อาหารตรวจเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ว 111 (ปริมาตร 1 มิลลิลิตร) ใช้แทนอาหารตรวจเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ว 110 (ปริมาตร 10 มิลลิลิตร)

7.2 การตรวจโดยวิธี MPN (Most probable number)

อีกหนึ่งวิธีที่ใช้ในการตรวจหาแบคทีเรียในน้ำดื่มสามารถทำได้โดยวิธี Multiple tube method ซึ่งประกอบด้วยการทำ 3 ขั้นตอน คือ

การตรวจสอบขั้นประมาณการณ์ (Presumptive test) ขั้นตอนนี้จะทำให้ทราบจำนวนของ coliform bacteria (MPN/100 ml)

การตรวจสอบขั้นยืนยัน (Confirmed test) ขั้นตอนนี้จะทำให้ทราบชนิดของ coliform bacteria ว่าเป็น *E. coli* หรือ Ent. *aerogenes*

การตรวจสอบขั้นสมบูรณ์ (Completed test) ขั้นตอนนี้จะทำให้ทราบคุณสมบัติที่แน่นอนของ *E. coli* ซึ่งถ้าไม่จำเป็นก็ไม่ต้องทำถึงขั้นตอนนี้

วิธีการปฏิบัติทำดังนี้

7.2.1 **การตรวจสอบขั้นประมาณการณ์ (ทำในสัปดาห์แรก)**

นำตัวอย่างน้ำดื่มที่ต้องการตรวจสอบใส่ในหลอดอาหาร Lauryl tryptose broth ดังนี้

1. ใส่น้ำครั้งละ 10 มล.ลงในหลอดที่มีอาหาร 10 มล. จำนวน 5 หลอดใช้ปิเปต 10 มล.

ใส่น้ำครั้งละ 1 มล. ลงในหลอดที่มีอาหาร 5 มล. จำนวน 1 หลอดใช้ปิเปต 1 มล.

ใส่น้ำครั้งละ 0.1 มล. ลงในหลอดที่มีอาหาร 5 มล. จำนวน 1 หลอด ใช้ปิเปต 1 มล.

รูปที่ 6 แสดงหลอดอาหารที่แสดงผลบวก

2. นำหลอดทดลองทั้งหมดไปบ่มที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส นาน 24-48 ชั่วโมง

3. นับจำนวนหลอดที่มีก๊าซเกิดขึ้นในหลอดดักก๊าซ โดยหลอดที่เป็น Positive test จะต้องมีก๊าซเกิดขึ้นมากกว่า 1/10 ของหลอดดักก๊าซ

4. นำผลจำนวนหลอดที่เป็น Positive test ไปเปรียบเทียบกับตาราง MPN (Most Probable Number) ก็จะทราบจำนวนของ coliform bacteria ที่มีอยู่ในน้ำ 100 มล. (MPN/100 ml.)

ตารางที่ 5 แสดงค่า MPN/100 ml. ของหลอดที่ให้ผลบวก เมื่อใช้ระบบ 7 หลอด ของ น้ำตรวจวิเคราะห์ 10 มล. 1.0 มล. และ 0.1 มล.

จำนวนหลอดที่ให้ผลบวก	MPN/100 ml.
0-0-0	0
0-1-0	2
1-0-0	2.2
1-1-0	4.4
2-0-0	5
2-1-0	7.6
3-0-0	8.8
3-1-0	12
4-0-0	15
4-0-1	20
4-1-0	21
5-0-0	38
5-0-1	96
5-1-0	240
5-1-1	240+

7.2.2 การตรวจสอบขั้นยืนยัน (ทำในสัปดาห์ที่สอง)

ขั้นตอนนี้เป็นการถ่ายเชื้อโดยใช้ห่วงถ่ายเชื้อ แตะของเหลวจากหลอดที่เป็น positive test ในขั้นประมาณการณ์ ไปทำ streak plate ลงในจานอาหารที่มี selective medium ซึ่งได้แก่ Eosin Methylene Blue (EMB) agar นำจานอาหารไปบ่มที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง สังเกตและบันทึกลักษณะโคโลนีที่เกิดขึ้น โดยถ้าเป็น *E. coli* จะให้โคโลนีสีเข้มตรงกลางโคโลนีเกือบเป็นสีดำและมีเลื่อมเงาโลหะสีเขียว (metallic sheen) ปรากฏอยู่ แต่ถ้าเป็น *Ent. Aerogenes* จะให้โคโลนีขนาดใหญ่ สีชมพู และมีลักษณะเป็นเมือก ดังนั้น ในขั้นตอนนี้ถ้ามี E. *coli* เกิดขึ้น แสดงว่า น้ำดื่มมีการปนเปื้อนจากอุจจาระ

7.2.3 การตรวจสอบขั้นสมบูรณ์

ใช้ห่วงถ่ายเชื้อแตะโคโลนีของ *Escherichia coli* จากจาน EMB มาเพาะลงใน

1. Lauryl tryptose broth ถ้าเป็นแบคทีเรียจากอุจจาระจริงจะทำให้เกิดก๊าซ

2. Nutrient agar slant เมื่อแบคทีเรียเจริญแล้ว ให้นำมาย้อมสีแกรม ซึ่งถ้า เป็นแบคทีเรียจากอุจจาระจะมีลักษณะเป็นแกรมลบ แท่งสั้นและไม่สร้าง endospore

ถ้าการตรวจสอบขั้นสมบูรณ์ เป็นจริงตามข้อ 1 และ 2 แสดงว่ามีแบคทีเรียในอุจจาระปนเปื้อนในน้ำที่นำมาตรวจสอบจริง ซึ่งชี้ให้เห็นว่าน้ำนั้นสกปรก ถ้าเกิดโรคระบาด เชื้อโรคจะระบาดได้โดยอาศัยแหล่งน้ำนี้เป็นสื่อ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญมีให้บริการแพร่หลายมากขึ้น ทำให้ประชาชนสะดวกในการบรรจุขวด โดยเฉพาะช่วงหน้าร้อนจากอุณหภูมิที่สูงขึ้น ทำให้ความต้องการน้ำดื่มมีมากขึ้นตามไปด้วย ก่อนเลือกใช้บริการจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ จึงควรให้ความใส่ใจต่อมาตรฐานของตู้น้ำดื่มที่ให้บริการตามจุดต่างๆ ด้วย เพราะหากน้ำดื่มภายในตู้ไม่สะอาด หรือมีเชื้อโรคปนเปื้อนอยู่ในน้ำจะส่งผลกระทบต่อการเจ็บป่วย ด้วยโรคที่เกิดจากน้ำเป็นสื่อตามมาได้ (ดร.นพ.สมยศ ดีรัศมี อธิบดีกรมอนามัย)

มีผลสำรวจและตรวจตู้กดน้ำอัตโนมัติในรูปแบบ การศึกษาเป็นการศึกษาเชิงสำรวจ (Survey Research) โดยกำหนดพื้นที่สำรวจในเขตการประปาที่ได้รับการประกาศเป็นพื้นที่น้ำประปาดื่มได้ ดังนี้ 1) เมืองหลักในภูมิภาค 2) กรุงเทพมหานคร และ 3) จังหวัดนนทบุรีซึ่งเป็นที่ตั้งกระทรวงสาธารณะสุข การสุ่มเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์คุณภาพน้ำบริโภคตามวิธี Standard Method for The Examination of Water and Wastewater, 20th ed และการตรวจสอบโคลิฟอร์มแบคทีเรียทางภาคสนามด้วยชุด ว.111 (กรมอนามัย)

การสำรวจน้ำบริโภคแบบตู้หยอดเหรียญจำนวน 33 แห่ง พบว่า ตู้น้ำบริโภคแบบหยอดเหรียญมีที่ตั้งอยู่ในเขตชุมชนหนาแน่น รองลงมาเป็นหอพัก คอนโดมิเนียม แฟลต และศูนย์การค้า

ตามลำดับแหล่งน้ำส่วนใหญ่ใช้น้ำประปา ตู้มีความสะอาด ร้อยละ 45.5 ควรปรับปรุง ร้อยละ 54.5 มีการล้างทำความสะอาดตู้ทุกเดือนร้อยละ 39.4 ทุกสัปดาห์ร้อยละ 24.2 และทุกวันร้อยละ 21.2 สำหรับการเปลี่ยนวัสดุกรองความถี่ขึ้นอยู่กับปริมาณการใช้น้ำร้อยละ 39.4 เปลี่ยนทุกเดือนร้อยละ 24.2 มีการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางภาคสนามจากบริษัทผู้ติดตั้งตู้ทุกเดือนร้อยละ 58.6 ผู้ประกอบการเป็นเอกชนร้อยละ 87.9 โดยซื้อเป็นของตนเอง และเช่าจากบริษัทตู้ ราคาขายน้ำลิตรละ 1 – 1.5 บาท กลุ่มผู้ใช้บริการส่วนใหญ่เป็นประชาชนทั่วไปที่อยู่ใกล้เคียงร้อยละ 60.0 ผู้พักอาศัย ร้อยละ 31.1 โดยส่วนใหญ่ใช้เพื่อดื่ม ร้อยละ 66.0 และนำไปประกอบปรุงอาหาร ร้อยละ 34.0 ผู้ใช้บริการมีความพึงพอใจเนื่องจากมั่นใจว่ามีความสะอาดและปลอดภัย ร้อยละ 46.3 ประหยัดค่าใช้จ่ายและราคาถูกร้อยละ 35.2 มีความสะดวก ร้อยละ 14.8 และมีความเห็นว่ารสชาติดีร้อยละ 3.7 ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำบริโภคในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ พบว่า ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำประปากรมอนามัย ร้อยละ 87.9 ดรรชนีที่ไม่ผ่านเกณฑ์ได้แก่ แบคทีเรีย ส่วนการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางภาคสนามด้วยการใช้อาหารตรวจเชื้อแบคทีเรีย ว.111 (กรมอนามัย) ส่วนใหญ่ไม่พบแบคทีเรีย ร้อยละ 95.5 (กลุ่มพัฒนาคุณภาพน้ำบริโภค)

ในกรุงเทพมหานครและกระทรวงสาธารณสุขได้ร่วมมือกัน และส่งเจ้าหน้าที่ออกตรวจตู้กดน้ำอัตโนมัติจากเขตพระนคร จากการจัดเจ้าหน้าที่ลงพื้นที่ตรวจสอบคุณภาพน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ อย่างต่อเนื่อง พบการปนเปื้อนของเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรีย จำนวน 215 ตัวอย่าง จากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ จำนวน 997 ตัวอย่าง หรือคิดเป็นร้อยละ 21.56 (พญ.มาลินี สุขเวชชวรกิจ)

นพ.ไพจิตร์ อธิบายว่า เหตุผลที่ต้องตรวจวิเคราะห์น้ำดื่มเฉพาะในโรงเรียนเพราะทำได้ง่ายกว่า อีกทั้งเด็กในวันนี้ก็คืออนาคตของชาติ หากดื่มน้ำไม่บริสุทธิ์มีสารปนเปื้อนก็อาจ ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตได้ ดังนั้นจึงเลือกสุ่มตรวจวิเคราะห์น้ำดื่มโรงเรียนในเขตเทศบาล และโรงเรียนในเขตชนบท โดยศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ 14 แห่งทั่วประเทศ และสำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร เป็นผู้ดำเนินการ ในช่วงระหว่างเดือน มี.ค.- ส.ค. 2549 ที่ผ่านมาน้ำดื่มที่เก็บตัวอย่างจากโรงเรียนในเขตชนบท ได้แก่ โรงเรียนใน จ.เชียงใหม่ เชียงราย พิษณุโลก ขอนแก่น อุดรธานี นครราชสีมา อุบลราชธานี สมุทรสงคราม โรงเรียนในเขตเทศบาล ได้แก่ โรงเรียนใน จ.เชียงราย นครราชสีมา ชลบุรี นครสวรรค์ สุราษฎร์ธานี ตรัง ภูเก็ต และสงขลา ผลการศึกษาพบว่าคุณภาพน้ำดื่มในโรงเรียนในภาพรวมถูกต้องตามมาตรฐานเพียง 36.88% เท่านั้น แต่ผิดมาตรฐานถึง 63.12% หรือผิดมาตรฐานถึง 457 แห่ง จาก 724 แห่ง โดยคุณภาพน้ำดื่มในโรงเรียนในภาพรวมผิดมาตรฐานด้านเคมี 32.32% ผิดมาตรฐานด้านจุลชีววิทยา

22.79% ผิดมาตรฐานทั้งด้านเคมีและจุลชีววิทยา 8.01% เมื่อจำแนกเป็นน้ำดื่มในโรงเรียนเขตชนบทพบว่าผิดมาตรฐานสูงถึง 70.73% หรือ 360 ตัวอย่าง จากทั้งหมด 509 ตัวอย่าง น้ำดื่มในชนบทส่วนใหญ่ผิดมาตรฐานด้านเคมี 41.65% ด้านจุลชีววิทยา 20.63% และผิดมาตรฐานทั้ง 2 ด้าน 8.45% สำหรับน้ำดื่มในโรงเรียนเขตเทศบาล พบว่าผิดมาตรฐาน 45.12% หรือ 97 ตัวอย่าง จาก 215 ตัวอย่าง โดยส่วนใหญ่ผิดมาตรฐานด้านจุลชีววิทยา 27.91% ด้านเคมี 10.23% และผิดมาตรฐานทั้ง 2 ด้าน 6.98% (นพ.ไพจิตร์ วราชิต อธิบดีกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข)

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

การศึกษาวิจัยเรื่อง " การศึกษาการปนเปื้อนโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ บริเวณหอพักรอบนอกมหาวิทยาลัยนเรศวร " เป็นการศึกษาเชิงสำรวจ (Survey Research) ซึ่งเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณแบบหนึ่ง ทางผู้วิจัยได้ทำการสุ่มตรวจตู้น้ำดื่มหยอด เหรียญอัตโนมัติ บริเวณหอพักรอบนอกมหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อตรวจหาการปนเปื้อนของโคลิ ฟอร์มแบคทีเรียในน้ำดื่มที่อาจเป็นสาเหตุของโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินอาหาร โดยการใช้อาหารตรวจเชื้อแบคทีเรีย ว 110 ของกรมอนามัย รายละเอียดของการดำเนินการวิจัยมีดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ คือ ตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ บริเวณ หอพักโดยรอบมหาวิทยาลัยนเรศวร จำนวน 50 ตู้ การเลือกกลุ่มตัวอย่างดำเนินการ โดยการแบ่งพื้นที่โดยรอบมหาวิทยาลัยออกเป็น 3 พื้นที่ ได้แก่ บริเวณที่ 1) หอพักบริเวณด้านหน้ามหาวิทยาลัยนเรศวร บริเวณที่ 2) หอพักบริเวณด้านข้างมหาวิทยาลัยนเรศวร และบริเวณที่ 3) หอพักบริเวณด้านหลังมหาวิทยาลัยนเรศวร ดังรูปที่ 7 และรูปที่ 8 จากนั้นทำการสุ่มเลือกตัวอย่างของตู้น้ำดื่มหยอด เหรียญอัตโนมัติ จำนวนร้อยละ 80 ของจำนวนตู้ทั้งหมดที่สำรวจพบในแต่ละบริเวณดังต่อไปนี้

- หอพักบริเวณด้านหน้ามหาวิทยาลัยนเรศวร จำนวน 21 ตู้
- หอพักบริเวณด้านข้างมหาวิทยาลัยนเรศวร จำนวน 12 ตู้
- หอพักบริเวณด้านหลังมหาวิทยาลัยนเรศวร จำนวน 17 ตู้

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลมี 2 ประเภท

1) แบบสำรวจลักษณะทางกายภาพของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ
2) ชุดตรวจวิเคราะห์หาโคลิฟอร์มแบคทีเรีย โดยการใช้อาหารตรวจเชื้อแบคทีเรีย ว 110 ของกรมอนามัย ซึ่งประกอบด้วย

- อาหารตรวจเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ว 110
- ภาชนะสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำ
- แอลกอฮอล์ 70%
- สำลีที่ผ่านการฆ่าเชื้อ
- แผ่นเทียบสี ว 110

การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

การตรวจสอบคุณภาพของแบบสำรวจลักษณะทางกายภาพของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ โดยการหาความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยผู้วิจัยนำเครื่องมือที่สร้างขึ้นไปขอคำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้เครื่องมือในการทดสอบมีความถูกต้อง สอดคล้อง และครอบคลุมเนื้อหาตามที่ต้องการให้วัดและประเมินผล การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือรวบรวมข้อมูลจะกระทำด้วยการวิเคราะห์เชิงเหตุผล โดยอาศัยดุลยพินิจทางวิชาการ ของผู้เชี่ยวชาญทางเนื้อหาเป็นเกณฑ์ เพื่อให้เครื่องมือมีประสิทธิภาพ และมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บข้อมูลของแต่ละตู้จะแบ่งการเก็บข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน คือ การเก็บข้อมูลทางกายภาพ และการเก็บข้อมูลทางชีวภาพ

1. **ข้อมูลทางกายภาพ**

   ทำการเก็บข้อมูลโดยการสำรวจสภาพแวดล้อมโดยรอบตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ ด้วยแบบสำรวจลักษณะทางกายภาพของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ ดังต่อไปนี้

   ลักษณะสภาพทั่วไปบริเวณรอบ ๆตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ

   - ลักษณะโครงสร้างภายนอกของตู้หยอดเหรียญมีความมั่นคงแข็งแรง ทำจากวัสดุที่ทนทาน ไม่ผุกร่อน หรือเป็นสนิมจนน่ารังเกียจ
   - สภาพภายนอกตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญสะอาด ไม่มีคราบฝุ่นละออง หรือตะไคร่น้ำติดอยู่

ลักษณะสภาพทั่วไปบริเวณรอบ ๆตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ (ต่อ)

- ตรงบริเวณช่องรับน้ำ มีฝาปิดมิดชิด
- บริเวณช่องรับน้ำภายในตู้สะอาดไม่ชำรุด ไม่เป็นคราบสกปรก ปราศจากฝุ่นละอองและคราบอื่นๆ
- หัวจ่ายน้ำเป็นวัสดุที่เหมาะสม
- บริเวณหัวจ่ายน้ำสะอาด ไม่มีคราบตะไคร่น้ำ หรือสิ่งสกปรกติดอยู่
- ตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญระบุ วัน เวลา ที่มีการบำรุงรักษาและเปลี่ยนไส้กรอง
- สภาพของท่อส่งน้ำเข้าตู้น้ำดื่ม ทำด้วยวัสดุที่ทนทาน ไม่มีการรั่วซึม

ลักษณะที่ตั้งของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ

- ตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญไม่ตั้งอยู่กลางแจ้ง ที่มีแสงแดดจัด
- ตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญไม่ตั้งอยู่ใกล้บริเวณริมถนน
- ตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญไม่ตั้งอยู่ใกล้บริเวณทางระบายน้ำ
- ตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญไม่ตั้งอยู่ใกล้ถังขยะ หรือสิ่งปฏิกูล
- ตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญไม่ตั้งอยู่ในพื้นที่ ที่เป็นแอ่งน้ำ หรือมีสภาพชื้นแฉะ

คุณลักษณะทางกายภาพของน้ำดื่ม หลังจากกดมาจากตู้น้ำดื่ม

- สีของน้ำดื่ม ใส ไม่มีสี และไม่มีสิ่งเจือปนในน้ำ
- น้ำดื่มไม่มีกลิ่นทุกชนิดปะปนมา หรือมีกลิ่นโชยขณะกดน้ำจากช่องจ่ายน้ำ

2. **ข้อมูลทางชีวภาพ**

ทำการสุ่มตรวจตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ เพื่อตรวจหาเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรีย โดย การใช้อาหารตรวจเชื้อแบคทีเรีย ว 110 ของกรมอนามัย

วิธีการตรวจวิเคราะห์

2.1 เตรียมอาหารตรวจเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ว 110

2.2 เตรียมภาชนะสำหรับเก็บตัวอย่างน้ำ

2.3 การสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำ ให้ใช้สำลีชุบแอลกอฮอล์ 70% เช็ดรอบหัวจ่ายน้ำให้สะอาดปราศจากเชื้อจุลินทรีย์

2.4 ล้างภาชนะสุ่มเก็บตัวอย่างให้สะอาด

2.5 เปิดหัวจ่ายน้ำให้ไหลประมาณ 1 นาที เพื่อระบายน้ำที่ ค้างอยู่ในท่อทิ้งไป

2.6 ใส่ภาชนะรองรับน้ำตัวอย่างประมาณครึ่งหนึ่งของความจุ

2.7 เติมน้ำตัวอย่าง จนถึงขีดที่ 4 ของขวดน้ำยา อย่าให้ ภาชนะโดนปากขวด ในขณะเทตัวอย่างน้ำลงในขวด

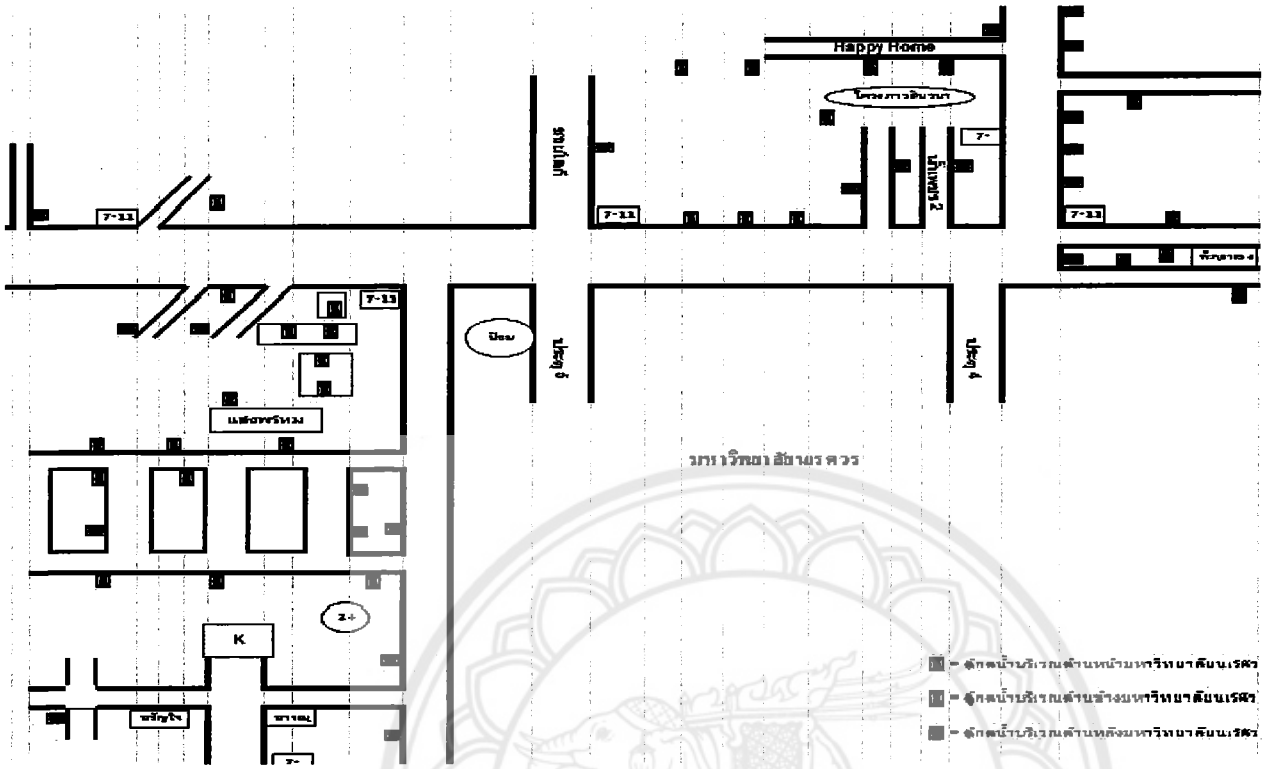
2.8 ปิดฝาให้แน่น แล้วเขย่าขวดเบาๆ ให้อาหารตรวจเชื้อผสมกับตัวอย่างน้ำให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง

2.9 ตรวจสอบผลโดยเทียบกับแผ่นเทียบสี หากน้ำยาเปลี่ยนจากสีแดง เป็นสีส้ม ส้มแกมเหลือง หรือสีเหลือง แสดงว่า น้ำมีการปนเปื้อนของโคลิฟอร์มแบคทีเรียไม่ควรนำมาใช้ในการบริโภค

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาลงรหัสและบันทึกเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ จากนั้นทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล แล้วทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม SPSS ด้วยสถิติเชิงอนุมาน ซึ่งประกอบไปด้วย ค่าไค-สแควร์ (Chi-Square) และ Odd Ratio ซึ่งเป็นการใช้ค่าประมาณที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างเพื่ออธิบายลักษณะของประชากร เช่น การทดสอบความสัมพันธ์ของสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ ที่มีผลต่อการปนเปื้อนของโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ในน้ำดื่มเพื่อนำผลการศึกษาที่ได้ไปอ้างอิงถึงข้อมูลทั้งหมดที่มาจากกลุ่มประชากร

รูปที่ 7 แผนที่แสดงการแบ่งเขตจุดเก็บตัวอย่าง



รูปที่ 8 แผนที่แสดงตำแน่งที่ตั้งของตู้

บทที่ 4

ผลการวิจัย

คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาการปนเปื้อนเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรียและปัจจัยทางกายภาพที่มีผลต่อการปนเปื้อนของเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ จากหอพักรอบมหาวิทยาลัยนเรศวรโดยใช้แบบสำรวจลักษณะทางกายภาพของตู้กดน้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติและชุดตรวจวิเคราะห์หาโคลิฟอร์มแบคทีเรีย โดยการใช้อาหารตรวจเชื้อแบคทีเรีย ว 110 ของกรมอนามัย โดยทำการสุ่มเลือกตัวอย่างของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติจำนวน 50 ตู้ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 80 ของจำนวนตู้ทั้งหมดที่พบจากหอพักรอบมหาวิทยาลัยนเรศวร

4.1 การศึกษาประเภทของระบบการกรองและระบบการฆ่าเชื้อโรคของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ

จากการศึกษาประเภทของระบบการกรองและระบบการฆ่าเชื้อโรคของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติพบว่า ตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ ที่ทำการสำรวจ ส่วนใหญ่เป็นระบบการกรองและระบบการฆ่าเชื้อโรคแบบ Reverse Osmosis (RO) มีจำนวน 32 ตู้ (64%) พบการปนเปื้อนในน้ำดื่มถึงจำนวน 25 ตู้ (62.5%) รองลงมาเป็นระบบการกรองและระบบการฆ่าเชื้อโรคแบบใช้แสง Ultraviolet (UV)มีจำนวน 9 ตู้ (18%) พบการปนเปื้อนในน้ำดื่ม จำนวน 9 ตู้ (22.5%) ระบบการกรองและระบบการฆ่าเชื้อโรคแบบ Reverse Osmosis (RO)ร่วมกับการใช้แสงUltraviolet(UV) มีจำนวน 7 ตู้ (14%) พบการปนเปื้อนในน้ำดื่ม จำนวน 4 ตู้ (10%) ระบบการกรองและระบบการฆ่าเชื้อโรคแบบ Reverse Osmosis (RO)ร่วมกับระบบOzone และ ระบบการกรองและระบบการฆ่าเชื้อโรคแบบ Bio-active มีจำนวน 1 ตู้ (2%) พบการปนเปื้อนในน้ำดื่ม จำนวน 1 ตู้ (2.5%) โดยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงประเภทของระบบการกรองและระบบการฆ่าเชื้อโรคของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติที่สำรวจพบการปนเปื้อนในน้ำดื่ม

ประเภทระบบการกรองและระบบการฆ่าเชื้อโรค	จำนวนตู้(ร้อยละ)	จำนวนตู้ที่พบการปนเปื้อนตู้(ร้อยละ)
RO/UV	7 (14)	4 (10)
RO/Ozone	1 (2)	1 (2.5)
RO	32 (64)	25 (62.5)
UV	9 (18)	9 (22.5)
Ozone	0 (0)	0 (0)
Bio-active	1 (2)	1 (2.5)
รวม	50(100)	40(100)

4.2 การศึกษาการปนเปื้อนของโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ

4.2.1 ผลการสำรวจการปนเปื้อนของโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ

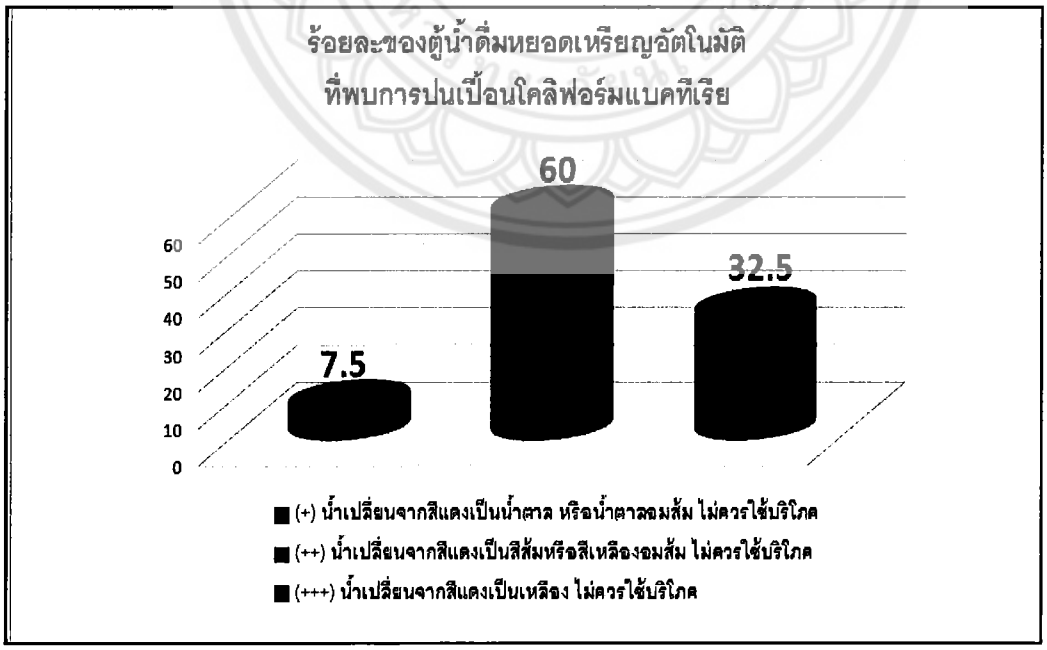
จากการสำรวจการปนเปื้อนของน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ จำนวน 50 ตู้ ที่ตั้งให้บริการบริเวณหอพักนิสิตของเอกชนโดยรอบมหาวิทยาลัยนเรศวร พบการปนเปื้อนของเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ จำนวน 40 ตู้ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 80 ของจำนวนตู้น้ำดื่มที่ทำการสำรวจทั้งหมด และหากแบ่งตามพื้นที่ของการสำรวจ พบว่าด้านหน้ามหาวิทยาลัย สำรวจพบจำนวน 21 ตู้ เกิดการปนเปื้อนในน้ำดื่มจำนวน 19 ตู้ (90.48%)ซึ่งเป็นบริเวณที่พบการปนเปื้อนมากที่สุด ด้านข้างมหาวิทยาลัย จำนวน 12 ตู้ เกิดการปนเปื้อนในน้ำดื่มจำนวน 10 ตู้ (83.34%) เป็นบริเวณที่พบการปนเปื้อนรองลงมา และด้านหลังมหาวิทยาลัย จำนวน 17 ตู้ เกิดการปนเปื้อนในน้ำดื่ม 11 ตู้ (64.71%) เป็นบริเวณที่พบการปนเปื้อนน้อยที่สุด โดยมีรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แสดงผลการตรวจวิเคราะห์น้ำดื่มจากชุดตรวจวิเคราะห์หาโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ว 110 ของกรมอนามัย

จำนวนตู้ที่สำรวจ(ตู้)	จำนวนตู้ที่พบการปนเปื้อน (ตู้)	จำนวนตู้ที่พบการปนเปื้อนคิดเป็น (%)
ด้านหน้ามหาวิทยาลัย 21	19	90.48
ด้านข้างมหาวิทยาลัย 12	10	83.33
ด้านหลังมหาวิทยาลัย 17	11	64.71
รวม 50 ตู้	40 ตู้	80%

4.2.2 ผลการศึกษาระดับการปนเปื้อนของโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ

การศึกษาระดับการปนเปื้อนโคลิฟอร์มแบคทีเรีย จากตัวอย่างที่พบการปนเปื้อนทั้งหมด จำนวน 40 ตู้ พบว่า มีจำนวนตัวอย่างที่มีการปนเปื้อนระดับ ++ จำนวน 24 ตัวอย่าง (60 %) มีจำนวนมากที่สุด รองลงมาเป็น ระดับ +++ จำนวน 13 ตัวอย่าง (32.5 %) และระดับ + ที่พบน้อยที่สุด จำนวน 3 ตัวอย่าง (7.5%) ดังแสดงในแผนภูมิที่ 9และรูปที่ 10



รูปที่ 9 แสดงระดับการปนเปื้อนโคลิฟอร์มแบคทีเรีย โดยชุดทดสอบ ว 110 กรมอนามัย

รูปที่ 10 แสดงระดับการปนเปื้อนโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

4.3 การศึกษาลักษณะสภาพทั่วไปของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติโดยใช้แบบสำรวจ

จากการศึกษาลักษณะสภาพทั่วไปของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติโดยใช้แบบสำรวจ พบว่า สภาพทั่วไปของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติทุกตู้จำนวน 50 ตู้ (100%) ไม่ระบุ วัน เวลา ที่มีการบำรุงรักษาหรือเปลี่ยนไส้กรอง และลักษณะที่ตั้งของตู้ของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติทุกตู้จำนวน 50 ตู้ (100%) ตั้งอยู่ใกล้บริเวณริมถนน มีบริเวณช่องรับน้ำภายในตู้ไม่สะอาดและชำรุดเป็นคราบสกปรก พบฝุ่นละอองและคราบอื่นๆ (เช่นคราบตะไคร่น้ำ) มีจำนวนถึง 32 ตู้ (64%) และสภาพภายนอกตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญที่ไม่สะอาด มีคราบฝุ่นละอองหรือตะไคร่น้ำติดอยู่ มีจำนวนถึง 26 ตู้ (52%) รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 แสดงผลการสำรวจลักษณะสภาพทั่วไปของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ โดยใช้แบบสำรวจ

ลักษณะสภาพทั่วไปบริเวณรอบ ๆตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ	จำนวนครั้งที่ตอบ(ร้อยละ)	
	ใช่	ไม่ใช่
1. ลักษณะโครงสร้างภายนอกของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญมีความมั่นคงแข็งแรง ทำจากวัสดุที่ทนทาน ไม่ผุกร่อน หรือเป็นสนิมจนน่ารังเกียจ	49(98)	1(2)
2. สภาพภายนอกตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญสะอาด ไม่มีคราบฝุ่นละอองหรือตะไคร่น้ำติดอยู่	24(48)	26(52)
3. ตรงบริเวณช่องรับน้ำ มีฝาปิดมิดชิด	50(100)	0
4. บริเวณช่องรับน้ำภายในตู้สะอาดไม่ชำรุด ไม่เป็นคราบสกปรกปราศจากฝุ่นละอองและคราบอื่นๆ(เช่นคราบตะไคร่น้ำ)	18(36)	32(64)
5. หัวจ่ายน้ำเป็นวัสดุที่เหมาะสม (เช่น สแตนเลสไม่ควรเป็นท่อพลาสติกหรือสายยาง)	44(88)	6(12)
6. บริเวณหัวจ่ายน้ำสะอาดไม่มีคราบตะไคร่น้ำ หรือสิ่งสกปรกติดอยู่	40(80)	10(20)
7. ตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญระบุ วัน เวลา ที่มีการบำรุงรักษาและเปลี่ยนไส้กรอง	0	50(100)
8. สภาพของท่อส่งน้ำเข้าสู่ตู้น้ำดื่มทำด้วยวัสดุที่ทนทาน ไม่มีการรั่วซึม	50(100)	0
9. ตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญไม่ตั้งอยู่กลางแจ้ง ที่มีแสงแดดจัด(ตู้น้ำไม่ควรตั้งอยู่กลางแจ้ง เพราะแสงแดดจะทำให้ตะไคร่ขึ้นภายในหัวจ่ายน้ำ)	33(66)	17(34)
10. ตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญไม่ตั้งอยู่ใกล้บริเวณริมถนน	0	50(100)
11. ตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญไม่ตั้งอยู่ใกล้บริเวณทางระบายน้ำ	32(64)	18(36)
12. ตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญไม่ตั้งอยู่ใกล้ถังขยะ หรือสิ่งปฏิกูล	46(92)	4(8)
13. ตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญไม่ตั้งอยู่ในพื้นที่ ที่เป็นแอ่งน้ำ หรือมีสภาพชื้นแฉะ	32(64)	18(36)
14. สีของน้ำดื่ม ใส ไม่มีสี และไม่มีสิ่งเจือปนในน้ำ	50(100)	0
15. น้ำดื่มไม่มีกลิ่นทุกชนิดปะปนมา หรือมีกลิ่นโชยขณะกดน้ำจากช่องจ่ายน้ำ	50(100)	0

4.4 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางกายภาพของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติกับผลการปนเปื้อนโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำดื่ม โดยชุดทดสอบ ว 110 กรมอนามัย

การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ลักษณะทางกายภาพที่มีผลต่อการปนเปื้อนโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำดื่ม จากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติข้างต้น โดยใช้ค่าไค-สแควร์ (Chi-Square) และ Odd-Ratio มาใช้ในการอธิบายความสัมพันธ์นี้ แต่คณะผู้วิจัยได้เลือกเฉพาะค่า ไค-สแควร์ (Chi-Square) โดยใช้ค่าP – Value ในการอธิบายความสัมพันธ์นี้

ตัวแปรที่ 1 โครงสร้างตู้ภายนอกของตู้น้ำดื่มมีความมั่นคงแข็งแรง (P-Value = 0.614)

ตัวแปรที่ 2 ตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติสะอาดไม่มีคราบฝุ่น (P-Value= 0.48)

ตัวแปรที่ 3 ช่องรับน้ำมีฝาปิดมิดชิด (P-value=0)

ตัวแปรที่ 4 ช่องรับน้ำภายในตู้สะอาดไม่ชำรุด ไม่มีคราบสกปรก (P-Value = 0.659)

ตัวแปรที่ 5 หัวจ่ายน้ำเป็นวัสดุที่เหมาะสม (P-Value= 0.828)

ตัวแปรที่ 6 บริเวณหัวจ่ายน้ำไม่มีคราบสกปรกติดอยู่ (P-value=0.377)

ตัวแปรที่ 7 ระบุวันเวลาที่เปลี่ยนไส้กรอง(P-Value = 0.614)

ตัวแปรที่ 8 ท่อส่งน้ำเข้าตู้น้ำดื่มทำด้วยวัสดุที่ทนทาน ไม่มีการรั่วซึม (P-Value= 0.47)

ตัวแปรที่ 9 ตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติไม่ตั้งอยู่กลางแจ้ง (P-value=0.232)

ตัวแปรที่10 ตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติไม่ตั้งใกล้บริเวณริมถนน (P-Value = 0.192)

ตัวแปรที่ 11 ตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติไม่อยู่ใกล้ทางระบายน้ำ (P-Value= 0.768)

ตัวแปรที่12 ตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติไม่ตั้งอยู่ใกล้ถังขยะ (P-value=0.118)

ตัวแปรที่13 ตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติไม่ตั้งอยู่ใกล้พื้นที่ชื้นแฉะ (P-Value = 0.302)

ตัวแปรที่ 14 สีของน้ำดื่ม ใส ไม่มีสี (P-Value= 0)

ตัวแปรที่15 น้ำดื่ม ไม่มีกลิ่น (P-value=0)

ผลของการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการปนเปื้อนโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำดื่มโดยชุดทดสอบ ว 110 กรมอนามัย กับลักษณะทางกายภาพของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติโดยการใช้แบบสำรวจพบว่า สภาพภายนอกของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ ประกอบด้วย สภาพแวดล้อมโดยทั่วไปของตู้ ลักษณะที่ตั้งของตู้ คุณลักษณะทางกายภาพของน้ำดื่ม พบว่าความมั่นคงแข็งแรงของตู้น้ำ ความสะอาดโดยทั่วไป การมีฝาปิดช่องรับน้ำที่มิดชิดและความสะอาดของช่องรับ วัสดุและความสะอาดของหัวจ่ายน้ำ ลักษณะของท่อส่งน้ำเข้าตู้น้ำดื่ม รวมทั้งการรั่วซึมของท่อ ที่ตั้งของ

ตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติซึ่งตั้งอยู่กลางแจ้ง บริเวณริมถนน ใกล้ทางระบายน้ำ ถังขยะ และบริเวณที่ชื้นแฉะสีของน้ำดื่ม กลิ่นของน้ำดื่ม ไม่มีความสัมพันธ์ต่อการปนเปื้อนของโคลิฟอร์มแบคทีเรียแต่อย่างใดในการวิเคราะห์ทางสถิติ ใดรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ลักษณะทางกายภาพของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ กับผลการปนเปื้อนโคลิฟอร์มแบคทีเรีย โดยใช้ชุดทดสอบ ว 110 กรมอนามัย

ลักษณะทางกายภาพที่ใช้ในการตรวจวัด		การปนเปื้อน Coliform Bacteria จำนวน(ร้อยละ) ปนเปื้อน	ไม่ปนเปื้อน	OR	95% CI	P-value
1. ความมั่นคงแข็งแรงของลักษณะโครงสร้างภายนอกตู้น้ำดื่ม				1.26	1.09 - 1.45	0.614
	ใช่	39(97.5)	10(100)			
	ไม่ใช่	1(2.5)	0(0)			
	รวม	40(100)	10(100)			
2.ความสะอาดภายนอกตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ				1.66	0.41-6.79	0.48
	ใช่	21(52.5)	4(40)			
	ไม่ใช่	19(47.5)	6(60)			
	รวม	40(100)	10(100)			
3. ช่องรับน้ำมีฝาปิดมิดชิด				0	0	0
	ใช่	40(100)	10(100)			
	ไม่ใช่	0(0)	0(0)			
	รวม	40(100)	10(100)			
4. ช่องรับน้ำภายในตู้สะอาดไม่ชำรุด				1.4	0.31 - 6.25	0.659
	ใช่	15(37.5)	3(30)			
	ไม่ใช่	25(62.5)	7(70)			
	รวม	40(100)	10(100)			

ตาราง 9 (ต่อ)

ลักษณะทางกายภาพที่ใช้ในการตรวจวัด		การปนเปื้อน Coliform Bacteria จำนวน(ร้อยละ) ปนเปื้อน	ไม่ปนเปื้อน	OR	95% CI	P-value
5. หัวจ่ายน้ำเป็นสแตนเลส				0.78	0.08 - 7.52	0.828
	ใช่	35(87.5)	9(90)			
	ไม่ใช่	5(12.5)	1(10)			
	รวม	40(100)	10(100)			
6. หัวจ่ายน้ำสะอาด				0.383	0.04 - 3.44	0.377
	ใช่	31(77.5)	9(90)			
	ไม่ใช่	9(22.5)	1(10)			
	รวม	40(100)	10(100)			
7. ตู้น้ำดื่มระบุวันเปลี่ยนไส้กรอง				0.8	0.70 - 0.92	0.614
	ใช่	1(2.5)	0(0)			
	ไม่ใช่	39(97.5)	10(100)			
	รวม	40(100)	10(100)			
8. ท่อส่งน้ำเข้าตู้ทนทานไม่รั่วซึม				1.26	1.09 - 1.46	0.47
	ใช่	38(95.0)	10(100)			
	ไม่ใช่	2(5.0)	0(0)			
	รวม	40(100)	10(100)			
9. ตู้ไม่ตั้งกลางแจ้ง				2.33	0.57 - 9.58	0.232
	ใช่	28(70)	5(50)			
	ไม่ใช่	12(30)	5(50)			
	รวม	40(100)	10(100)			
10. ตู้ไม่ตั้งใกล้บริเวณริมถนน				0.77	0.66 - 0.91	0.192
	ใช่	6(15)	0(0)			
	ไม่ใช่	34(85)	10(100)			
	รวม	40(100)	10(100)			

ลักษณะทางกายภาพที่ใช้ในการตรวจวัด		การปนเปื้อน Coliform Bacteria จำนวน(ร้อยละ)			df	P- value
		ปนเปื้อน	ไม่ปนเปื้อน	OR	95% CI	P-value
11. ตู้ไม่ตั้งใกล้บริเวณทางระบายน้ำ				1.24	0.30 - 5.13	0.768
	ใช่	26(65)	6(60)			
	ไม่ใช่	14(35)	4(40)			
	รวม	40(100)	10(100)			
12. ตู้ไม่ตั้งอยู่ใกล้ถังขยะ				4.75	0.58 - 38.91	0.118
	ใช่	38(95)	8(80)			
	ไม่ใช่	2(5)	2(20)			
	รวม	40(100)	10(100)			
13. ตู้ไม่ตั้งอยู่ในพื้นที่ชื้นแฉะ				2.08	0.51 - 8.47	0.302
	ใช่	27(67.5)	5(50)			
	ไม่ใช่	13(32.5)	5(50)			
	รวม	40(100)	10(100)			
14. น้ำดื่มใส ไม่มีสี				0	0	0
	ใช่	40(100)	10(100)			
	ไม่ใช่	0(0)	0(0)			
	รวม	40(100)	10(100)			
15. น้ำดื่มไม่มีกลิ่น				0	0	0
	ใช่	40(100)	10(100)			
	ไม่ใช่	0(0)	0(0)			
	รวม	40(100)	10(100)			

บทที่ 5

บทสรุป

การศึกษาการปนเปื้อนของโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติและปัจจัยที่มีผลต่อการปนเปื้อนของโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำดื่ม บริเวณโดยรอบหอพักมหาวิทยาลัยนเรศวรมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาการปนเปื้อนของโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ บริเวณหอพักโดยรอบมหาวิทยาลัยนเรศวรและ 2) เพื่อศึกษาปัจจัยทางกายภาพที่มีผลต่อการปนเปื้อนของเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำดื่ม การศึกษากลุ่มตัวอย่างจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ 50 ตู้ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 80 ของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติบริเวณหอพักโดยรอบมหาวิทยาลัยนเรศวร โดยใช้ชุดตรวจวิเคราะห์หาโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ว 110 ของกรมอนามัย เพื่อศึกษาการปนเปื้อนของโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำดื่มและใช้แบบสำรวจลักษณะทางกายภาพของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ เพื่อสำรวจปัจจัยที่มีผลต่อการปนเปื้อนของโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ คณะผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมตัวอย่างและเก็บข้อมูล แล้วนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าร้อยละ(%) ค่าไค-สแควร์ (Chi-Square) และอัตราส่วนของโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์หนึ่งต่อโอกาสที่จะไม่เกิดเหตุการณ์นั้น (Odd Ratio)

สรุปผลการวิจัย

1) ผลการศึกษาการปนเปื้อนเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ในตัวอย่างน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ ทั้งหมด 50 ตู้ พบว่า มีจำนวนตัวอย่างที่พบการปนเปื้อนจำนวน 40 ตัวอย่าง ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 80 ของน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติทั้งหมด ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการบริโภคขององค์การอนามัยโลก ซึ่งต้องตรวจไม่พบโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ในระดับการปนเปื้อนเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ผลของตัวอย่างที่มีการปนเปื้อนระดับ + มีจำนวน 3 ตัวอย่างคิดเป็นร้อยละ 7.5 ตัวอย่างที่มีการปนเปื้อนระดับ ++ จำนวน 24 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 60 และระดับ +++ จำนวน 13 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 32.5 ซึ่งระดับการปนเปื้อนเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรียดังกล่าวไม่ควรนำมาใช้บริโภคเนื่องจากแบคทีเรียดังกล่าวเป็นแบคทีเรียที่อาจก่อให้เกิดโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินอาหารได้

2) ผลการศึกษาปัจจัยทางกายภาพ ซึ่งได้แก่ สภาพภายนอกและส่วนประกอบภายนอกของตู้น้ำ และสภาพสิ่งแวดล้อมโดยรอบบริเวณที่ตั้งของตู้น้ำ โดยใช้ไค-สแควร์ (Chi-Square) ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าปัจจัยทางกายภาพดังที่ได้กล่าวมาข้างต้นไม่มีความสัมพันธ์กับการปนเปื้อนเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรียแต่อย่างใด

อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาการปนเปื้อนโคลิฟอร์มแบคทีเรียในตัวอย่างน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ พบการปนเปื้อนทั้งหมด 40 ตู้ อาจเป็นผลมาจากผู้ประกอบการไม่มีการทำความสะอาดและบำรุงรักษา อุปกรณ์ภายในตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติโดยเฉพาะไส้กรองและอุปกรณ์สำหรับฆ่าเชื้อโรคอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งผลการตรวจดังกล่าว สอดคล้องกับผลการศึกษาของ อิสยา จันทร์วิทยานุชิต ที่พบการปนเปื้อนเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรียของน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ ร้อยละ 52 ของตัวอย่างน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ นั้นตกเกณฑ์มาตรฐานด้านชีววิทยา ผลจากการวิเคราะห์คุณภาพทางห้องปฏิบัติการพบเชื้อ อีโคไลน์(E.coli) ที่มีในอุจจาระทำให้ท้องร่วง และสาหร่ายสีเขียว โดยเชื้อที่ปนเปื้อนนี้พบในน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติที่มีระบบกรองแบบอาร์โอ และฆ่าเชื้อด้วยยูวีและโอโซน

การศึกษาปัจจัยทางกายภาพของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ ซึ่งได้แก่ สภาพภายนอกและส่วนประกอบภายนอกของตู้น้ำ และสภาพสิ่งแวดล้อมโดยรอบบริเวณที่ตั้งของตู้น้ำที่คาดว่าจะมีผลต่อการปนเปื้อนของโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำดื่ม พบว่า ปัจจัยดังที่ได้กล่าวมาข้างต้นไม่มีความสัมพันธ์กับการปนเปื้อนเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรียแต่อย่างใด ทั้งนี้ สาเหตุที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนของเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรียของน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ น่าจะมาจากปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบภายในตู้ เช่น ระบบการกรองและระบบฆ่าเชื้อ ระยะเวลาของการบำรุงรักษา และระยะเวลาของการเปลี่ยนอุปกรณ์ภายในตู้เป็นสำคัญ ซึ่งปัจจัยดังกล่าวเป็นข้อจำกัดของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ที่คณะผู้วิจัยไม่สามารถตรวจสอบได้

ข้อเสนอแนะ

1. ในการศึกษาวิจัยครั้งต่อไปควรทำการวิเคราะห์หาการปนเปื้อนโคลิฟอร์มแบคทีเรียทางห้องปฏิบัติการโดยวิธี Most Probable Number of coliform organism (MPN) หรือ Multiple Tube fermentation technique เพื่อความถูกต้องและแม่นยำของระดับการปนเปื้อนเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ

2. ควรมีการศึกษาถึงปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับลักษณะโครงสร้างภายในตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ และอุปกรณ์ภายในตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติเพิ่มเติม ได้แก่ ระยะเวลาของการเปลี่ยนไส้กรอง ประเภทของไส้กรองอุปกรณ์สำหรับฆ่าเชื้อโรค ระบบการฆ่าเชื้อ ระยะเวลาในการบำรุงรักษา เป็นต้น

มหาวิทยาลัยนเรศวร

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม. **ทรัพยากรน้ำ** (ออนไลน์). จาก http://web.ku.ac.th/schoolnet/snet6/envi2/subwater/subwater.htm

กลุ่มพัฒนาคุณภาพน้ำบริโภค. (2549). **ความปลอดภัยของน้ำบริโภคบริการสาธารณะและน้ำบริโภคตู้หยอดเหรียญ**. กองสุขาภิบาลอาหารและน้ำ. กรุงเทพมหานคร

การประปานครหลวง.(2457).**ประวัติการเปิดประปา** (ออนไลน์). จาก http://www.mwa.co.th/history.html

จริญญา. (24 ก.ย. 2552). **อันตรายจากสารปนเปื้อนในน้ำ**. บทความสุขภาพ. สืบค้นเมื่อ 4 กันยายน 2553, จาก http://healthy.in.th/categories/green/news/1341

นักข่าวหนังสือพิมพ์ไทยโพสต์.(27 ก.ย. 2550).**ตู้น้ำหยอดเหรียญครึ่งหนึ่งปนเปื้อนเชื้อโรค** (ออนไลน์).จาก http://www.consumersongkhla.org/paper/47

นิตยสาร Health Today. (19 กันยายน 2550). **น้ำสะอาดจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ** (ออนไลน์). จาก http://www.lovestoryclub.com/index.php?topic=754.0

พิไท ตาทอง. (2546). **การจัดหาน้ำสะอาด**. บทความสิ่งแวดล้อม. สืบค้นเมื่อ 15 กันยายน

มัณฑนา จุนหวิทยา, สุชาวดี จตุทิพย์โกมล, จิตรระพี บัวผัน. (2544). **น้ำเพื่อชีวิต**. นิตยสารใกล้หมอ. 25(10), หรือจาก http://www.elib-online.com/doctors45/gen-water001.html

สมศักดิ์ วรคามิน. (2546). Water for Life. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร

สัญญา ร้อยสมมติ.(2535). **ของเหลวในร่างกายมนุษย์**. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์เรือนแก้วการพิมพ์.

อรทัย โยฮันสัน และคณะ. (2550).**การศึกษาคุณภาพน้ำประปาจากหอพักบริเวณรอบมหาวิทยาลัย**.ปริญญานิพนธ์.วศ.บ.,มหาวิทยาลัยนเรศวร,พิษณุโลก.

อิสยา จันทร์วิทยานุชิต.(2550).**น้ำดื่มตู้หยอดเหรียญอัตโนมัติ**.วิทยานิพนธ์, มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ. สืบค้นเมื่อ 15 กันยายน 2553, จาก http://www.bangkokbiznews.com/2007/09/26/WW55_5509_news.php?newsid=186122

อังสนา ฉั่วสุวรรณ์. (2546). **น้ำเพื่อชีวิต** (ออนไลน์). จาก http://www.elib-online.com 2553 จาก http://www.yala.ac.th/links/pitai/link/link2.2.htm

อำนาจ สิทธัตตระกูล. (2520). **มลพิษอันเกิดจากโลหะบางชนิด**. วารสารวิทยาศาสตร์. 31(10), 29-40

Baker, M.N. and Taras, Michael J. 1981. **The Quest for Pure Water**: A History of the Twentieth Century, Volume 1 and 2. Denver: AWWA.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก นิยามคำศัพท์เฉพาะ

"**ตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ** "หมายถึง ตู้ที่ให้บริการน้ำสำหรับการบริโภคโดยการหยอดเหรียญเพื่อให้น้ำออกมาจากเครื่อง โดยมีแหล่งน้ำมาจากน้ำประปา น้ำบาดาล หรือน้ำฝน ผ่านทางท่อส่งน้ำเข้ามาสู่ในตัวเครื่องซึ่งมีระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำอยู่ภายใน ก่อนปล่อยน้ำออกจากหัวจ่ายน้ำ

"**การปนเปื้อนแบคทีเรีย**" มักใช้จุลินทรีย์ที่สำคัญ 2 กลุ่ม เป็นเครื่องชี้บอกหรือแสดงการปนเปื้อนของน้ำ ได้แก่โคลิฟอร์มแบคทีเรีย และฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย เนื่องจากโรคระบาดต่างๆ เช่น โรคอุจจาระร่วง โรคอหิวาตกโรค โรคไทฟอยด์ มักมีสาเหตุมาจากการบริโภคอาหารและน้ำดื่มที่มีการปนเปื้อนของแบคทีเรียชนิด Enteric Pathogens แบคทีเรียเหล่านี้มักยากต่อการวิเคราะห์จากตัวอย่างอาหารและน้ำดื่ม แต่ในขณะเดียวกันก็พบว่าจะสามารถตรวจพบ กลุ่มของโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ซึ่งสามารถอยู่รอดและมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมต่างๆได้ดีกว่า แบคทีเรียพวก Enteric Pathogens จึงง่ายและสะดวกต่อการตรวจวิเคราะห์

"**ค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรีย**" เป็นดัชนีแสดงการสุขาภิบาลอาหารและน้ำดื่ม กล่าวคือเป็นเครื่องบ่งชี้การปนเปื้อนของแบคทีเรีย ซึ่งค่าดังกล่าวได้จากการตรวจวิเคราะห์โคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำดื่มที่ทำการศึกษา โดยการนำตัวอย่างน้ำที่กดออกมาจากตู้น้ำดื่มอัตโนมัติมาทดสอบกับชุดทดสอบของกรมอนามัย ว110

"**ลักษณะที่ตั้งของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ**"หมายถึง สถานที่ที่มีการจัดไว้เพื่อการติดตั้งตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ

"**ลักษณะทางกายภาพทั่วไปของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ**" หมายถึง ลักษณะทางกายภาพทั่วไปของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าและสัมผัสได้ทางประสาทสัมผัสทั้ง 5 เช่น โครงสร้างตู้ การเกิดสนิม ฝุ่นละออง คราบสกปรก เป็นต้น

"**กลิ่น**" หมายถึง คุณลักษณะของน้ำทางกายภาพซึ่งเป็นตัวบ่งบอกว่าน้ำนั้นสะอาดหรือไม่ โดยการใช้จมูกสูดดม น้ำที่มีความสะอาดจะต้องไม่มีกลิ่นทุกชนิดปนมากับน้ำ

"**สี**" หมายถึง คุณลักษณะของน้ำทางกายภาพซึ่งเป็นตัวบ่งบอกว่าน้ำนั้นสะอาดหรือไม่ โดยการสังเกตดูสีของน้ำ น้ำที่มีความสะอาดจะต้องมีความใส ไม่มีสีอื่นเจือปนอยู่ในน้ำ

แบบตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ

ตราผลิตภัณฑ์ของตู้น้ำดื่ม.....สถานที่ตั้งตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ.....

วัน/เดือน/ปี ที่เก็บตัวอย่างน้ำดื่ม.....เวลาที่เก็บตัวอย่าง.....

ระบบตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ ☐ 1.ระบบอาร์โอ/แสงยูวี ☐ 2.ระบบอาร์โอ/โอโซน

☐ 3.ระบบอาร์โอ ☐ 4.ระบบแสงยูวี ☐ 5.ระบบโอโซน

ปีที่ผลิตตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ ☐ 1. ผลิตก่อนหน้าปี 2010 ☐ 2.ผลิตตั้งแต่ปี 2010

วัน/เดือน/ปี ล่าสุด(ที่ระบุว่าบริษัทเจ้าของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญได้เปลี่ยนไส้กรอง).....

ลักษณะการตรวจ	ใช่	ไม่ใช่
ลักษณะสภาพทั่วไปบริเวณรอบ ๆตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ		
1. ลักษณะโครงสร้างภายนอกของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญมีความมั่นคงแข็งแรง ทำจากวัสดุที่ทนทาน ไม่ผุกร่อน หรือเป็นสนิมจนน่ารังเกียจ		
2. สภาพภายนอกตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญสะอาด ไม่มีคราบฝุ่นละอองหรือตะไคร่น้ำติดอยู่		
3. ตรงบริเวณช่องรับน้ำ มีฝาปิดมิดชิด		
4. บริเวณช่องรับน้ำภายในตู้สะอาดไม่ชำรุด ไม่เป็นคราบสกปรก ปราศจากฝุ่นละอองและคราบอื่นๆ(เช่นคราบตะไคร่น้ำ)		
5. หัวจ่ายน้ำเป็นวัสดุที่เหมาะสม (เช่น สแตนเลสไม่ควรเป็นท่อพลาสติกหรือสายยาง)		
6. บริเวณหัวจ่ายน้ำสะอาดไม่มีคราบตะไคร่น้ำ หรือสิ่งสกปรกติดอยู่		
7. ตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ ระบุ วัน เวลา ที่มีการบำรุงรักษาและเปลี่ยนไส้กรอง		
8. สภาพของท่อส่งน้ำเข้าสู่ตู้น้ำดื่มทำด้วยวัสดุที่ทนทาน ไม่มีการรั่วซึม		
ลักษณะที่ตั้งของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ		
9. ตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญไม่ตั้งอยู่กลางแจ้ง ที่มีแสงแดดจัด (ตู้น้ำไม่ควรตั้งอยู่กลางแจ้ง เพราะแสงแดดจะทำให้ตะไคร่ขึ้นภายในหัวจ่ายน้ำ)		
10. ตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญไม่ตั้งอยู่ใกล้บริเวณริมถนน		
11. ตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญไม่ตั้งอยู่ใกล้บริเวณทางระบายน้ำ		
12. ตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญไม่ตั้งอยู่ใกล้ถังขยะ หรือสิ่งปฏิกูล		
13. ตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญไม่ตั้งอยู่ในพื้นที่ ที่เป็นแอ่งน้ำ หรือมีสภาพชื้นแฉะ		
คุณลักษณะทางกายภาพของน้ำดื่ม หลังจากกดมาจากตู้น้ำดื่ม		
14. สีของน้ำดื่ม ใส ไม่มีสี และไม่มีสิ่งเจือปนในน้ำ		
15. น้ำดื่มไม่มีกลิ่นทุกชนิดปะปนมา หรือมีกลิ่นโชยขณะกดน้ำจากช่องจ่ายน้ำ		