การวิเคราะห์ปริมาณเหล็กรวมและฟลูออไรด์ของน้ำดื่ม ภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร โดยวิธีสเปกโทรโฟโตเมทรี

วรวิทย์ จันทร์สุวรรณ

รายงานวิจัยฉบับนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินผลประโยชน์
ประจำปี 2551
สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

The Determination of Total Iron and Fluoride in Drinking Waters from Rajamangala University of Technology Phra Nakhon by Spectrophotometry

Woravith Chansuvarn

This report is funded by Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
Institute of Research and Development, Academic Year 2008

ชื่อเรื่อง : การวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กรวมและฟลูออไรด์ของน้ำดื่มภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครโดยวิธีสเปกโทรโฟโตเมทรี

ผู้วิจัย : วรวิทย์ จันทร์สุวรรณ

พ.ศ. : 2551

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กรวมและฟลูออไรด์ในน้ำดื่มที่เก็บตัวอย่างภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครโดยเทคนิคยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตเมทรี ตัวอย่างน้ำดื่มถูกเก็บ 2 ครั้งคือ ครั้งที่ 1 ช่วงเดือนพฤศจิกายน 2550 และครั้งที่ 2 ช่วงเดือนมีนาคม 2551 รวม 30 ตัวอย่าง ตัวอย่างที่ผ่านการเตรียมตามขั้นตอนวิธีการทดลองทางสเปกโทรโฟโตเมทรีถูกวิเคราะห์โดยอาศัยการดูดกลืนแสงที่ 510 นาโนเมตรและ 570 นาโนเมตร สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณเหล็กรวมและฟลูออไรด์ ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์เหล็กและฟลูออไรด์ในช่วงเดือนพฤศจิกายน (ครั้งที่ 1) พบว่าปริมาณเหล็กอยู่ในช่วง 0.024-0.137 μgFe/mL และฟลูออไรด์อยู่ในช่วง 0.005-0.302 μgF$^-$/mL ซึ่ง และผลการวิเคราะห์เหล็กและฟลูออไรด์ในช่วงเดือนมีนาคม (ครั้งที่ 2) พบว่า ปริมาณเหล็กอยู่ในช่วง 0.060-0.158 μgFe/mL และฟลูออไรด์อยู่ในช่วง ND-0.286 μgF$^-$/mL จากผลการวิจัยที่พบสรุปได้ว่าน้ำดื่มตัวอย่างทั้งหมดมีปริมาณของเหล็กและฟลูออไรด์ในน้ำดื่มไม่เกินค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้ โดยค่ามาตรฐานของเหล็กและฟลูออไรด์ในน้ำดื่มไม่เกิน 0.3 μgFe/mL และ 1.5 μgF$^-$/mL ตามลำดับ ค่าร้อยละการกลับคืนของการวิเคราะห์ปริมาณเหล็กและฟลูออไรด์อยู่ในช่วง 94.3-100.6 และ 79.9-101.7 ตามลำดับ และค่าการเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.011 และ 0.012 ตามลำดับ (n=11) และมีค่าร้อยละความเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของเหล็กและฟลูออไรด์เท่ากับ 3.0 และ 6.6 ตามลำดับ

การวิจัยนี้เป็นทำการวิเคราะห์ปริมาณของเหล็กและฟลูออไรด์ที่มีในน้ำดื่มเท่านั้น ดังนั้นการประเมินทางคุณภาพน้ำดื่มยังมีดัชนีอื่นๆ อีกหลายดัชนีไม่ว่าจะดัชนีทางกายภาพ ทางเคมีและทางบักเตรี ซึ่งจากผลการวิจัยนี้เพียงสรุปได้ว่าน้ำดื่มตัวอย่างมีปริมาณเหล็กและฟลูออไรด์ไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด

Title : The Determination of Total Iron and Fluoride in Drinking Waters from Rajamangala University of Technology Phra Nakhon by Spectrophotometry Method

Researcher : Woravith Chansuvarn

Year : 2008

ABSTRACT

Total iron (Fe) and fluoride (F) in drinking water collected from Rajamangala University of Technology Phra Nakhon by using spectrophotometry method were determined. During November 2007 and March 2008, 30 drinking water samples were collected in 5 areas; Tewes, Chotiwet, Bangkok Commercial, Chumporn Khet Udom Sak and North Bangkok. By spectrophotometric method, Fe and F contained in samples were finally measured at 510 nm and 570 nm, respectively.

The result found that, for November sampling, total Fe and F were in the range from 0.024-0.137 µgFe/mL and 0.005-0.302 µgF^{-}/mL, respectively. For March 2008 sampling, total Fe and F were in the range of 0.060-0.158 µgFe/mL and ND-0.286 µgF^{-}/mL, respectively. It was found that, total Fe and F concentrations in all drinking water samples were not over maximum acceptable concentration (0.3 µg/mL for Fe and 1.5 µg/mL for F). The percentage of recovery was in the range from 94.3-100.6 and 79.9-101.7 for Fe and F, respectively. Measuring method precision, the standard deviation of these methods was 0.011 (n=11) and 0.012 (n=11), and the percentage of relative standard deviation, %RSD, was 3.0 and 6.6 for Fe and F, respectively.

Only Fe and F determination in drinking water samples in this research, there are parameters to estimate the quality of drinking water such as physical, biological and chemical properties.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย จากงบประมาณวิจัยสถบัน ประจำปี 2551 ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **ที่อนุเคราะห์**เครื่องมือวิเคราะห์และอุปกรณ์ต่างๆ จนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณเพื่อน พี่ และน้องทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจ ตลอด**จนช่วยแก้ไขปัญหา จนทำให้งานวิจัยนี้สำ**เร็จลุล่วงไปด้วยดี

วรวิทย์ จันทร์สุวรรณ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญรูป	ฉ
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาปัญหาวิจัย	1
1.2 คุณสมบัติของน้ำดื่ม	2
1.3 วัตถุประสงค์การวิจัย	7
1.4 ขอบเขตการวิจัย	7
1.5 ขั้นตอนการวิจัย	7
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	8
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การผลิตน้ำบริโภค	9
2.2 เหล็ก	13
2.3 ฟลูออไรด์	14
2.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย	18
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	19
บทที่ 3 วิธีศึกษาวิจัย	
3.1 รูปแบบการวิจัย	22
3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	22
3.3 เครื่องมือและสารเคมี	24
3.4 วิธีการทดลอง	24
3.5 การหาความถูกต้องและ แม่นยำของการวิเคราะห์	33
บทที่ 4 ผลการวิจัย	
4.1 การสร้างกราฟมาตรฐาน	34
4.2 ผลการวิเคราะห์	35

4.3 ผลการหาความถูกต้องและแม่นยำ 40

บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผล

5.1 สรุปผลและอภิปรายผล 43

5.2 ข้อเสนอแนะ 43

บรรณานุกรม 44

ภาคผนวก ก 46

ภาคผนวก ข 49

ภาคผนวก ค 51

ภาคผนวก ง 53

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	เปรียบเทียบค่ามาตรฐานน้ำบริโภคของหน่วยงานต่างๆ	11
ตารางที่ 3.1	รหัสและจุดเก็บตัวอย่างน้ำดื่มภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	22
ตารางที่ 4.1	ผลการทำกราฟมาตรฐานของเหล็ก	34
ตารางที่ 4.2	ผลการทำกราฟมาตรฐานของฟลูออไรด์	35
ตารางที่ 4.3	ผลการวิเคราะห์เหล็กในช่วงเดือนพฤศจิกายน	36
ตารางที่ 4.4	ผลการวิเคราะห์ฟลูออไรด์ในช่วงเดือนพฤศจิกายน	37
ตารางที่ 4.5	ผลการวิเคราะห์เหล็กในช่วงเดือนมีนาคม	38
ตารางที่ 4.6	ผลการวิเคราะห์ฟลูออไรด์ในช่วงเดือนมีนาคม	39
ตารางที่ 4.7	ผลการหาความถูกต้องของการวิเคราะห์	41
ตารางที่ 4.8	ผลการหาความแม่นยำของการวิเคราะห์เหล็ก	41
ตารางที่ 4.9	ผลการหาความแม่นยำของการวิเคราะห์ฟลูออไรด์	42

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

น้ำดื่มหรือน้ำบริโภคหมายถึงน้ำสะอาด ปราศจากจุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อโรค และปราศจากสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ น้ำดื่ม น้ำบริโภคที่ใช้กัน ส่วนใหญ่เป็นน้ำตามผิวดิน จากแม่น้ำ ลำคลอง จุลินทรีย์มีโอกาสที่จะปะปนลงในแหล่งน้ำเหล่านี้ได้ง่ายมาก การตั้งบ้านเรือนอยู่ริมแหล่งน้ำแล้วปล่อยน้ำโสโครก หรือการปล่อยน้ำเสียจากโรงงานต่าง ๆ ลงไป จะทำให้น้ำนั้นเกิดเสียได้เร็วขึ้น จึงควรมีการควบคุมการตั้งบ้านเรือนหรือโรงงานใกล้แหล่งน้ำ โดยเฉพาะในอนาคตเมื่อชุมชนขยายใหญ่ขึ้น ปัญหาเรื่องแหล่งน้ำเกิดเสีย ทำให้น้ำดื่มและน้ำบริโภคไม่เพียงพอ จะเป็นปัญหาใหญ่เพราะชุมชนหนาแน่นย่อมมีการใช้น้ำมากขึ้นและมีน้ำทิ้งมากขึ้น น้ำทิ้งซึ่งบำบัดไม่ถูกวิธีก็จะไหลกลับไปยังแหล่งน้ำที่ใช้เป็นน้ำดื่มน้ำบริโภคได้ หากมีจุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อโรคปะปนในน้ำก็จะเป็นอันตรายต่อสุขภาพ เพราะจุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อโรคหลายชนิดสามารถแพร่กระจายผ่านน้ำได้ โรคที่ถ่ายทอดผ่านน้ำมักเป็นโรคที่เกี่ยวกับระบบทางเดินอาหาร เช่น อหิวาตกโรค ไทฟอยด์ บิด ซึ่งจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคจะอยู่ในอุจจาระ หรือปัสสาวะของคนป่วย เมื่อมีการกำจัดของเสียไม่ถูกต้องก็จะปะปนเข้าไปในแหล่งน้ำบริโภคได้ ดังนั้น น้ำที่ใช้ดื่มหรือบริโภค ควรจะมีการทำให้น้ำสะอาดปราศจากเชื้อจุลินทรีย์ และน้ำโสโครกก็ควรมีการทำลายจุลินทรีย์ก่อน จึงจะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ

น้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญในการดำรงชีวิตและจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับร่างกายนอกจากเป็นส่วนประกอบของร่างกายแล้ว น้ำยังช่วยในการควบคุมอุณหภูมิของร่างกายอีกด้วย ตามปกติคนเราต้องการดื่มน้ำประมาณ 6-8 แก้ว หรือ 1.5–2 ลิตรต่อวัน น้ำดื่มควรเป็นน้ำสะอาดปราศจากเชื้อโรคและสิ่งเจือปนต่างๆ หากร่างกายได้รับน้ำที่มีสารพิษ อาจก่อให้เกิดโรคที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพทั้งในระยะสั้นและระยะยาว สารพิษบางตัวก่อให้เกิดโรคมะเร็ง และโรคร้ายต่างๆที่ยากแก่การรักษา ในปัจจุบันน้ำดื่มที่ได้รับความนิยมมากคือน้ำประปา น้ำผ่านเครื่องกรอง น้ำดื่มบรรจุขวดซึ่งน้ำแต่ละชนิดมีสมบัติแตกต่างกันขึ้นอยู่กับแหล่งผลิต และกรรมวิธีการผลิต กล่าวคือน้ำประปาบางแหล่งก็มีสมบัติเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำบริโภค บางแหล่งก็ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำผ่านเครื่องกรองและน้ำดื่มบรรจุขวดบางยี่ห้อได้รับการจดทะเบียนอาหารถูกต้องตามกฎหมายบางยี่ห้อก็ไม่ได้ขึ้นทะเบียนอาหาร จึงเป็นหน้าที่ของผู้ผลิตที่จะต้องมีจรรยาบรรณและความรับผิดชอบในการผลิตและจัดจำหน่าย รวมทั้งต้องมีหน่วยราชการที่คอยตรวจสอบคุณภาพน้ำดื่มให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เพื่อให้ผู้บริโภคได้บริโภคน้ำดื่มที่สะอาด ปลอดภัย และยังสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนามาตรฐานน้ำดื่มให้สูงขึ้น

มาตรฐานของน้ำดื่มซึ่งเป็นที่ยอมรับเช่น ประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 64 (พ.ศ. 2524) และฉบับที่ 135 (พ.ศ. 2534) ซึ่งสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) ยึดถือเป็นมาตรฐานเพื่อประกอบการขอขึ้นทะเบียนอาหาร

ในการควบคุมมาตรฐานน้ำดื่มบรรจุขวดทางสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาได้จัดให้น้ำดื่มบรรจุขวดเป็นอาหารกลุ่มควบคุมเฉพาะ เพื่อให้การผลิตมีคุณภาพมาตรฐาน ในการตั้งโรงงานผลิตต้องมีการขออนุญาตและต้องมีการส่งผลิตภัณฑ์ไปตรวจวิเคราะห์เพื่อขึ้นทะเบียนตำรับอาหาร และได้มีการกำหนดคุณภาพมาตรฐานขั้นต่ำของน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทไว้โดยมีประกาศกระทรวงสาธารณสุขทั้ง 2 ฉบับ ดัชนีควบคุมมาตรฐานน้ำดื่มแบ่งเป็นการควบคุมคุณสมบัติทางกายภาพ (ฟิสิกส์) คุณสมบัติทางจุลชีววิทยาและคุณสมบัติทางเคมี (ภาคผนวก ก) ดังนั้นในการจะผลิตน้ำดื่มให้เป็นไปตามที่มาตรฐานกำหนดจำเป็นจะต้องขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตที่ถูกต้อง มีการควบคุมสุขอนามัยทุกขั้นตอน มีระบบการฆ่าเชื้อและกำจัดสารปนเปื้อนออกจากน้ำที่เป็นวัตถุดิบที่ถูกต้องเหมาะสม ดังนั้นหลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิต หรือ GMP จึงเป็นพื้นฐานสำคัญที่จะช่วยให้น้ำดื่มมีคุณภาพ ปลอดภัยสำหรับผู้บริโภค ซึ่งขณะนี้กระทรวงสาธารณสุขไทยได้มีการจัดทำ GMP สำหรับน้ำบริโภคขึ้น เพื่อให้ผู้ผลิตน้ำบริโภคทั้งที่เข้าข่ายโรงงานและไม่เข้าข่ายโรงงานใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติเพื่อให้สามารถควบคุมกระบวนการผลิตน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุปิดสนิทได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 คุณสมบัติของน้ำดื่ม

ตามปกติน้ำฝนถือว่าสะอาดบริสุทธิ์นั้นจะมีสิ่งเจือปนอยู่เล็กน้อย ซึ่งอาจมี แร่ธาตุ แก๊ส หรือสารอื่น ๆ ที่มีอยู่ในบรรยากาศของโลกเจือปนอยู่ด้วย เมื่อน้ำฝนตกลงสู่พื้นโลก น้ำฝนจะได้รับความสกปรกเนื่องจาก แร่ธาตุของอินทรีย์ อนินทรีย์ ตลอดจนสิ่งสกปรกอื่น ๆ เพิ่มขึ้นอีก เมื่อมันไหลผ่านพื้นดินก็จะมีอนุภาคของดินติดไปด้วย ทำให้เกิดความขุ่นในน้ำ นอกจากนั้นความสกปรกของน้ำเกิดขึ้นจากการกระทำของมนุษย์ก็มี อาทิ การปล่อยน้ำโสโครกลงแม่น้ำลำคลอง การทิ้งสิ่งของเหลือใช้และซากสัตว์ลงไป เพิ่มความสกปรกอีกด้วย เมื่อน้ำผิวดินซึมผ่านลงไปในดิน ผ่านชั้นของวัตถุต่าง ๆ อนุภาพที่แขวนลอยอยู่ในน้ำก็จะถูกกรองเอาไว้ โดยการกรองตามธรรมชาติซึ่งสามารถขจัด Bacteria และ particulate matters อื่น ๆ ได้อีกด้วย อย่างไรก็ดีคุณสมบัติทางเคมีอาจจะเปลี่ยนแปลงผันแปรตามชั้นดินและแร่ธาตุที่มันซึมลงไป ซึ่งอาจมีสารที่เป็นพิษหรือยาฆ่าแมลงปนอยู่ด้วยก็ได้

Source of water supply โดยทั่วไปเช่นแม่น้ำ ลำคลอง บึง สระ เป็นต้น น้ำผิวดินตามธรรมชาติจะต้องมี Impurities อยู่ตั้งแต่ฝนตกลงมายังโลกปริมาณและชนิดของ Impurities ในน้ำขึ้นอยู่กับ Location ที่มันไหลผ่าน, การไหลของน้ำ (Water shed) แหล่งเกิดที่สกปรก (Source of pollution) ตลอดจนการฟอกตัวของมันเอง (Self purification) สิ่งเจือปน (Impurities) ในน้ำผิวดินแบ่งออกได้ 3 ชนิด

1. สิ่งแขวนลอยในน้ำ (Suspended Impurities) ได้แก่อนุภาคของดินขนาดต่าง ๆ Mineral matter, organic matter, algae, protozoa และ bacteria ซึ่งรวมทั้งชนิดที่ทำให้เกิดโรคและชนิดที่ไม่ทำให้เกิดโรค (Pathogenic and Non-pathogenic bacteria) Suspended matters เหล่านี้ทำให้น้ำมีสี กลิ่นและขุ่น เมื่อตั้งทิ้งไว้สิ่งเจือปนเหล่านี้ตกตะกอนนอนก้นได้

2. สิ่งละลายน้ำ (Dissolved impurities) ได้แก่ แก๊สต่าง ๆ เช่น Oxygen, Nitrogen, Hydrogen Sulphide, Ammonia, Carbondioxide, Methane, Chloride, Nitrite, Nitrate เป็นต้น

3. สารคอลลอยด์ในน้ำ (Colloidal impurities) ได้แก่อนุภาคที่เล็กที่สุดของ Silica และดินอินทรียวัตถุที่เน่าเปื่อย (Organic matter), Organic acid ซึ่งอยู่ในรูปของ Colloid ที่ไม่ตกตะกอน (Colloidal or Pseudo solution)

คุณสมบัติของน้ำแยกได้ตามประเภทของ สิ่งที่ทำให้มันสกปรกได้ดังต่อไปนี้ คือ

1. คุณสมบัติทางกายภาพหรือทางฟิสิกส์ (Physical Quality)
2. คุณสมบัติทางเคมี (Chemical Quality)
3. คุณสมบัติทางจุลชีววิทยา (Microbiological Quality)
4. คุณสมบัติทางกัมมันตรังสี (Radiological Quality) ในที่นี้จะกล่าว

4.1 คุณสมบัติทางกายภาพ (Physical Quality)คุณสมบัติทางกายภาพน้ำ หมายถึง ลักษณะความสกปรกในน้ำที่ ปรากฏให้เห็นด้วยตา ให้รู้รส หรือให้ดมกลิ่นได้ ลักษณะเหล่านี้ได้แก่ สี ความขุ่น รสและกลิ่นอุณหภูมิ จะสังเกตได้ด้วยประสาทสัมผัสทั้ง 5 คุณสมบัติของน้ำและสาเหตุที่ทำให้น้ำมีคุณสมบัติเปลี่ยนแปลงไปทางด้านกายภาพมีอยู่หลายประการดังนี้

ก) ความขุ่น (Turbidity) ความขุ่นของน้ำนั้นเกิดจากในน้ำมีสารพวก Suspended matters ซึ่งได้แก่พวก Clay, Plankton, Finely divided organic matters หรือพวก Micro organisms ซึ่งเมื่อแสงส่องกระทบสารพวกนี้เข้าจะเกิดหักเหของแสงอย่างไม่เป็นระเบียบหรือแสงนั้นอาจจะถูกกั้นไม่ให้ทะลุผ่านไปได้ จึงทำให้มองเห็นน้ำนั้นขุ่น

ข) สี (Color) สีของน้ำเกิดจากอินทรีย์สารที่ละลายอยู่ในน้ำ ซึ่งมาจากพืชที่เน่าเปื่อยด้วย นอกจากนั้นยังอาจเกิดจากสีของสารอินทรีย์อื่น ๆ การเกิดสีอาจจำแนกเป็น 2 พวกคือ (1) พวก Dissolved impurities ต่างๆ ที่อยู่ในน้ำ (2) พวก Suspended matter ทำให้สีของน้ำเปลี่ยนไป ทั้งสองพวกนี้เกิดจาก (decomposing vegetation) ที่อยู่บนพื้นดิน

ค) กลิ่น (Odor) กลิ่นของน้ำเกิดจากพวก Micro organisms ต่างๆ ที่มีอยู่ในน้ำ ทำการย่อย Organic matters ทำให้เกิดการเน่าเปื่อย ซึ่งในการนี้ถ้าน้ำมันมี Dissolved Oxygen ไม่เพียงพอ จะทำให้เกิดกลิ่นขึ้น นอกจากนี้กลิ่นของน้ำยังมีสาเหตุมาจากการที่น้ำนั้นมีพวก Blue-green algae พวก gases ที่ก่อให้เกิดกลิ่น เช่น ไฮโดรเยนซัลไฟด์ พวก Industrial waste อยู่ด้วยและยังอาจเกิดขึ้นเนื่องจากการใช้สารเคมีในการ treat น้ำ

ง) รส (Tastes) รสของน้ำ เช่น เค็ม เปรี้ยว หวาน และขมนี้มีสาเหตุมาจากสิ่งต่อไปนี้เช่นน้ำนั้นมี Dissolved salt อยู่เป็นจำนวนมาก, น้ำนั้น สารที่เป็นกรดหรือด่างปนอยู่ด้วย, น้ำนี้มี Iron compound อยู่ด้วย, และน้ำนี้มี Excessive chemical treatment

4.2 คุณสมบัติทางเคมี (Chemical Quality) คุณสมบัติของน้ำทางด้านเคมีเกิดขึ้นเนื่องจากน้ำนั้นละลายเอาแร่ธาตุ ๆ ไว้ ซึ่งมีคุณสมบัติทางเคมีที่สำคัญ ๆ ของน้ำมีดังนี้คือ

ก) ความกระด้างของน้ำ (Hardness) ความกระด้างของน้ำแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ (1) ความกระด้างชั่วคราว (Temporary Hardness) น้ำพวกนี้มีความกระด้างที่มีสาเหตุจากสารพวก Carbonate และ Bicarbonate ของ Calcium และ Magnesium ในบางครั้งเราเรียกน้ำกระด้างชนิดนี้ว่าเป็นพวก Carbonate Hardness (2) ความกระด้างถาวร (Permanent Hardness or non-carbonate Hardness) ความกระด้างชนิดนี้เกิดจากพวก sulfate และ chloride ของ Calcium และ Magnesium ที่มีอยู่ในน้ำ ลักษณะของน้ำกระด้าง (Description of water)

(Hardness-mg/1 as Calcium carbonate or ppm)

50 ppm	เรียกว่า	Soft water
50-100 ppm	"	Moderately soft ใช้ดื่มได้
100-150 ppm	"	Slightly hard
150-250 ppm	"	Moderately hard
250-300 ppm	"	Hard water ไม่ควรใช้ดื่ม
300 ppm	"	Very hard or Excessively hard

ข) ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH Value of Water) ถ้าแบ่งชนิดของน้ำโดยอาศัย pH ของน้ำแล้ว เราจะแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

- Acid Water : น้ำพวกนี้ จะมี Hydrogen ion concentration สูง คือมี pH ตั้งแต่ 6-1 น้ำพวกนี้ได้แก่น้ำฝนที่ตกลงมายังบริเวณป่าหรือทุ่งหญ้า ซึ่งจะเป็นกรดอ่อน ๆ เพราะตามป่าหรือทุ่งหญ้ามักจะมีพวก Organic acid อยู่มาก และนอกจากนั้น ความเป็นกรดของน้ำอาจมาจากว่าน้ำนั้นได้รับ Waste จากโรงงานอุตสาหกรรม พวกน้ำที่เป็นกรดนี้สามารถละลายตะกั่วหรือคอนกรีตได้ดี และอาจทำให้เกิดสีและความขุ่นอันเนื่องจากการเน่าเปื่อยของพวกผักที่มีอยู่ในน้ำที่เป็นกรดนี้

- Alkaline Water : น้ำพวกนี้จะมีพวก Hydrogen Ion อยู่สูง คือมี pH อยู่ระหว่าง 8.5-14 น้ำพวกนี้มักมีเกลือของ Sodium Carbonate หรือ Free carbon dioxide ละลายปนอยู่ด้วย เมื่อเทียบกับน้ำที่เป็นกรดแล้ว น้ำที่มีฤทธิ์เป็นด่างก็มีน้อยมาก โทษก็คือ ทำให้เหล็กเป็นสนิม ทำให้หม้อน้ำผุกร่อน

ค) Dissolved Oxygen ปริมาณของ Oxygen ที่ละลายอยู่ในน้ำจะทำให้น้ำนั้นมีรสดีขึ้น ถ้าน้ำนั้นไม่มี Oxygen อยู่เลย จะทำให้น้ำนั้นมีรสจืดและปร่า (Flat) นอกจากนี้

ปริมาณของ Oxygen ที่ละลายอยู่ในน้ำยังเป็นตัวช่วยกำจัด Pollution ต่าง ๆ ที่มีอยู่ในน้ำโดยการเกิด Oxidation ขึ้นทำให้ลดพวก Organic matter และ Bacteria ในน้ำลงได้

ง) Toxic substances คือพวกสารเคมีที่ละลายอยู่ในน้ำ ซึ่งสามารถทำให้คนหรือสัตว์ที่บริโภคน้ำนั้นเข้าไป เป็นอันตรายอย่างร้ายแรงถึงแก่ชีวิตได้ สารเหล่านี้ได้แก่ Lead, Selenium, Arsenic, Chromium, Cyanide, Cadmium, Barium, Fluoride, Nitrate

จ) Substances affecting palatability คือพวกสารเคมีที่เมื่ออยู่ในน้ำแล้วจะให้ความน่าบริโภคของน้ำลดลง เพราะจะทำให้เกิดรส สีและกลิ่นขึ้นแก่น้ำนั้น ๆ สารเคมีเหล่านี้ได้แก่ Iron, Manganese, Copper, Ziner, Calcium, Magnesium, Sulfate, Chloride, Aluminium, Phenolic, Compounds, Alkyl benzene sulphonate ตัวอย่าง ของสารเคมีบางอย่าง (Toxic substances และ Substance affecting palatability) เช่น

- ตะกั่ว (lead) ตะกั่วที่เข้าไปในร่างกายจะสะสมอยู่ในร่างกาย ถ้ามีตะกั่วเกิน 0.05 มก/ลิตร ในน้ำนั้นควรเลิกใช้น้ำนั้นเสีย

- ไนเตรต (Nitrate) ไนเตรตทำให้เกิดโรคตัวเขียวคล้ำในทารก (Infant Cyanosis หรือ bluebaby disease) ปริมาณของไนเตรตที่มากกว่าปกติ อาจเป็นเครื่องแสดงว่าน้ำนั้นได้รับความสกปรกมาจากปุ๋ย สัตว์หรืออุจจาระหรือสารอินทรีย์ที่เน่าเปื่อยแล้ว

- คลอไรด์ (Chloride) น้ำทั่วไปมักมีคลอไรด์ปนอยู่ด้วย โดยเกิดมาจากน้ำทะเล เกลือหรือน้ำเสียจากบ้านเรือน หรือโรงงาน ถ้าปริมาณของคลอไรด์สูงกว่าปกติ อาจเป็นเครื่องบงชี้ว่าน้ำนั้นถูกทำให้สกปรก เนื่องจากน้ำโสโครกก็ได้

- ฟลูออไรด์ (Fluoride) ในบางแห่งอาจจะมีฟลูออไรด์อยู่แล้วในน้ำตามธรรมชาติ ซึ่งนับว่าเป็นผลดีในการป้องกันโรคฟันผุ แต่ถ้ามากเกินไป (มากกว่า 1.5 มก/ลิตร) อาจทำให้เกิดโรคฟลูออโรซิสของฟัน (Fluorosis)

- เหล็ก (Iron) การที่มีเหล็กอยู่ในน้ำนับว่าเป็นที่น่ารังเกียจ เพราะทำให้น้ำมีสีน้ำตาลและทำให้เสื้อผ้าสกปรก อีกทั้งทำให้เป็นคราบติดกับเครื่องสุขภัณฑ์ และยังทำให้รสของเครื่องดื่มเปลี่ยนไปด้วย

4.3 คุณสมบัติทางจุลชีววิทยา (Microbiological Quality) น้ำที่ใช้บริโภคจะต้องปราศจากจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค และก่อให้เกิดสภาพที่ไม่น่าดูเช่น Bacteria, Protozoa, Algae, Fungi, Virus, Worms จุลินทรีย์บางตัวอาจมาจากอุจจาระของผู้ป่วย ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องหาทางป้องกันมิให้อุจจาระ หรือน้ำโสโครกไปทำให้น้ำบริโภคสกปรกและเพื่อความไม่ประมาท น้ำที่ใช้บริโภคจะต้องได้รับการปรับปรุงคุณภาพและฆ่าเชื้อโรคเสียก่อนแม้จะมีมาตรการป้องกันมิให้น้ำสกปรกแล้วก็ตาม โรคที่เกิดจากจุลินทรีย์หรือเชื้อโรคที่อยู่ในน้ำ ได้แก่ อหิวาตกโรค ไข้ไทฟอยด์ โรคบิด โรคตับอักเสบ เป็นต้น โรคที่เกิดเนื่องจากน้ำเป็นตัวกลางทำโรคนี้ เราเรียกรวมว่า "Water borne diseases" ปริมาณของ Micro organisms ในน้ำนั้นมีอยู่ไม่คงที่แน่นอน ซึ่งจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นกับ Factors ดังต่อไปนี้

ก) Source of water เช่น น้ำผิวดิน มักมีปริมาณของ micro organisms สูงกว่าน้ำใต้ดินและน้ำฝน

ข) Nutrition การที่มี micro organisms มากน้อย ย่อมขึ้นอยู่กับปริมาณอาหารในน้ำนั้น ๆ ด้วย

ค) Temperature เป็นอีก factors หนึ่งที่มีอิทธิพลต่อความมากน้อยของ Microbes เช่น พวก Bacteria พวกที่เจริญในอุณหภูมิสูง เรียกว่า Thermophilic Bacteria, อุณหภูมิปานกลาง เรียกว่า Mesophilic bacteria และบางชนิดชอบอุณหภูมิต่ำ ๆ เรียกว่า Psychophilic bacteria เป็นต้น

ง) Lighting พวกแสง Ultra Violet Ray ที่มีอยู่ในแสงแดดสามารถทำลาย Bacteria ได้ แต่แสงแดดก็จำเป็นอย่างยิ่ง สำหรับวัชพืชหรือ ในน้ำเกี่ยวกับ photosynthetic system

จ) Salt เกลือแร่ต่างๆ ถ้ามีอยู่มากๆ ในน้ำจะให้ Bacteria บางชนิดหยุดเจริญ บางชนิดก็ชอบอยู่ในน้ำที่ปริมาณของเกลือเจือจาง (Halophilic Bacteria)

ฉ) Dissolved Oxygen น้ำถ้ามี Oxygen ละลายอยู่มาก ๆ แล้วพวก Micro organism จะเจริญได้ดีมาก โดยเฉพาะพวก Aerobic bacteria รวมทั้งวัชพืชอื่น ๆ ด้วย ถ้า Oxygen ละลายน้ำน้อยมากหรือไม่มีสิ่งมีชีวิตในน้ำจะตายหมดแต่อาจมีพวก Anaerobic Bacteria เจริญเพื่อย่อย Organic matters

ช) Pressure ที่มีความดันบรรยากาศ พวก Micro Organisms จะเจริญอยู่ได้สบายแต่ถ้ามี Pressure สูง เช่น ใต้ทะเลหรือมหาสมุทรลึก ๆ พวก Micro Organism เช่น Bacteria พบว่ามีเพียง 2 - 3 ชนิดเท่านั้นที่สามารถมีชีวิตอยู่ได้จากการทดลองพบว่าที่ความดัน 2,000 atmosphere จะหยุด activities ของ Bacteria ที่ความดันต่ำกว่า 6,000 atmosphere จะยังไม่สามารถฆ่าเชื้อที่เพาะเอาไว้ได ที่ความดัน 6,000 atmosphere จะสามารถทำลาย Bacteria ที่ไม่มี spore ได้ในเวลา 14 ชั่วโมง ที่ความดัน 12,000 atmosphere จะสามารถทำลาย Bacteria ที่มี spore ได้ในเวลา 14 ชั่วโม และการเปลี่ยนแปลงความดันอย่างทันทีทันใดจะทำให้ Bacteria ตายได้ง่าย

ซ) Agitation and vibration น้ำที่มี gentle agitation นั้น จะเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของ Bacteria แต่ในน้ำที่มี Vigorous agitation and Vibration

ฌ) Sound or supersonic wave คลื่นเสียงที่มีความถี่ 289,000 Cycles/sec นั้นจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้าน Chemical and Physical อย่างมากมาย ซึ่ง Bacteria บางชนิด เมื่อได้รับคลื่นเสียง ความถี่สูง ๆ ดังกล่าวเป็นระยะเวลานานพอจะทำให้ Cell ของ Bacteria แยกสลายออก

ญ) Electricity โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระแสไฟฟ้านั้นไม่สามารถจะฆ่า Bacteria ได้โดยตรงแต่เป็นไปโดยทางอ้อม คือ ไฟกระแสตรง จะทำให้เกิด Electrolysis ซึ่งทำให้เกิดสารที่เป็นสารพิษแก่ Bacteria เช่นเกิด คลอรีน จาก Chloride เป็นต้น ไฟกระแสสลับ จะทำให้อุณหภูมิสูงทำให้ Bacteria ตาย ในการที่กระแสไฟไม่ทำอันตรายต่อ Bacterial protoplasm เหมือนกับที่ทำอันตรายต่อ protoplasm ของสัตว์ชั้นสูงขึ้นมานั้นก็เพราะว่ากระแสไฟฟ้าไม่สามารถผ่าน Cell ของ Bacteria ไปได้หรือเพราะว่า Bacteria นั้นมี Negative electric change อยู่และจะเกิด Electro pharoses ขึ้น เมื่ออยู่ใน Electric field

ฎ) Atomic energy มีอิทธิพลต่อ protoplasm ของ Bacteria เช่นเดียวกันกับที่มีต่อ Protoplasm ของสัตว์ชั้นสูงขึ้นมา และเพียงแต่อุณหภูมิที่เกิดจาก Nuclear fission แต่เพียงอย่างเดียวก็จะทำลาย bacteria ได้หมด

1.3 วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณของเหล็กและฟลูออไรด์ที่มีในน้ำดื่มในเขตมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ทั้งแบบบรรจุขวดปิดสนิทและถังน้ำดื่มของมหาวิทยาลัย
2. เพื่อเปรียบเทียบระดับคุณภาพน้ำดื่มของปริมาณเหล็กและฟลูออไรด์ของน้ำดื่มตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่มของกระทรวงสาธารณสุข
3. เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการติดตามเฝ้าระวังคุณภาพน้ำดื่มให้เป็นมาตรฐานเหมาะแก่การบริโภคของนักศึกษาหรือบุคลากร

1.4 ขอบเขตการวิจัย

ตรวจหาปริมาณเหล็กและฟลูออไรด์ในน้ำดื่มโดยวิธีสเปกโทรโฟโตเมทรี ในเขตมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ทั้ง 9 คณะ ได้แก่คณะวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะศิลปศาสตร์และคณะบริหารธุรกิจ

1.5 ขั้นตอนการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

1.4.1 แบบการวิจัย เป็นการวิจัยแบบ Laboratory Experimental Research โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) การกำหนดสภาพปัญหา โดยพิจารณาถึงความจำเป็นในการวิจัย รวมทั้งประโยชน์ที่ได้รับ
2) รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับการวิจัย สืบค้นขั้นตอนการวิเคราะห์ทางเคมี

3) สำรวจพื้นที่ตัวอย่างเพื่อกำหนดจุดเก็บตัวอย่างในแต่ละครั้ง
4) ขั้นเก็บตัวอย่างโดยเก็บตามวิธีมาตรฐาน
5) ขั้นตอนวิเคราะห์ตัวอย่างทางเคมีด้วยเทคนิคทางสเปกโทรสโกปี โดยมีขั้นตอนหลายขั้นตอนซึ่งอธิบายไว้ในบทที่ 3
6) ขั้นตอนวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เป็นการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อน ความถูกต้อง แท่นยำหรือร้อยละการกลับคืนของเทคนิควิเคราะห์
7) การประเมินผลการวิจัย รายงาน/เผยแพร่งานวิจัย

1.4.2 ขั้นตอนและวิธีในการวิจัย การเก็บข้อมูล การกำหนดพื้นที่ ประชากร ตัวอย่าง ฯลฯ รวบรวมข้อมูล สำรวจพื้นที่ของกลุ่มตัวอย่าง กำหนดจุดเก็บตัวอย่าง การเก็บตัวอย่างแบบการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random) และการสุ่มตัวอย่างแบบมีระบบ (Systematic) จำนวน 2 ครั้งในช่วงเดือนธันวาคม 2550 และเดือนมีนาคม 2551 การเตรียมตัวอย่างและการวัด/การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำดำเนินการตามวิธีมาตรฐานทางเทคนิคสเปกโทรโตเมทรี โดยอาศัยการวัดการดูดกลืนแสงของสารที่สนใจเทียบกับกราฟมาตรฐาน

1.4.3 ขั้นตอนและวิธีการในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยสถิติพื้นฐานใช้วัดการกระจายของข้อมูล ได้แก่

1) พิสัย (Range)
2) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
3) ค่าความแปรปรวน (Variance)
4) สถิติที่ใช้ทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ กลุ่มเดียว ได้แก่ t-test one-Group

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ปริมาณของเหล็กและฟลูออไรด์ในน้ำดื่มในเขตมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ทั้งแบบบรรจุขวดปิดสนิทและถังน้ำดื่มของมหาวิทยาลัย
2. ประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพและอันตรายของการปนเปื้อนเหล็กและฟลูออไรด์ในน้ำดื่มตามตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่ม

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การผลิตน้ำบริโภค

การผลิตน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุปิดสนิทจะต้องมีมาตรฐานทั้งเรื่องความสะอาดและคุณภาพ มาตรฐานน้ำดื่ม ดังนั้นจึงได้มีกฎเกณฑ์ดังนี้

2.1.1 สถานที่ตั้งและอาคารผลิต

ที่ตั้งตัวอาคารและบริเวณใกล้เคียงต้องอยู่ในที่เหมาะสมไม่ทำให้เกิดการปนเปื้อนกับน้ำบริโภคที่ผลิต หรือถ้าไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ก็ต้องมีมาตรการป้องกันอาคารผลิตต้องมีผนังทั้ง 4 ด้าน การจัดอาคารอย่างน้อยจะต้องประกอบด้วย

1. ห้องติดตั้งเครื่องมือ อุปกรณ์ปรับคุณภาพน้ำ ต้องมีพื้นลาดเอียง ไม่มีน้ำขัง และมีทางระบายน้ำ
2. ห้องหรือบริเวณเก็บภาชนะก่อนล้าง ต้องมีพื้นที่แห้ง มีชั้นหรือยกพื้น มีมาตรการป้องกันฝุ่นละออง
3. ห้องหรือบริเวณล้างและฆ่าเชื้อภาชนะบรรจุ มีพื้นลาดเอียง ไม่มีน้ำขัง และมีทางระบายน้ำ มีระบบจัดแยกภาชนะกำลังรอล้าง และที่ล้างแล้ว
4. ห้องบรรจุ มีมาตรการป้องกันการปนเปื้อนอย่างมีประสิทธิภาพ มีทางเข้าออกที่สามารถป้องกันสัตว์ แมลง ไม่เป็นทางเดินผ่านไปยังบริเวณ หรือห้องอื่นๆ มีพื้นลาดเอียง ไม่มีน้ำขังและมีทางระบายน้ำ มีโต๊ะและ/หรือแท่นบรรจุซึ่งทำความสะอาดง่าย และห้องบรรจุดังกล่าวต้องมีการใช้และปฏิบัติงานจริง
5. ห้องหรือบริเวณเก็บผลิตภัณฑ์ มีชั้นหรือยกพื้นรองรับ มีระบบการเก็บผลิตภัณฑ์ เพื่อรอจำหน่าย ในลักษณะผลิตก่อนนำไปจำหน่ายก่อน
6. อาคารผลิตน้ำบริโภคต้องใช้สำหรับผลิตอาหารเท่านั้นและมีระบบแสงสว่าง ระบบการถ่ายเทอากาศที่ดี มีการก่อสร้างมั่นคง ง่ายแก่การบำรุงรักษาและทำความสะอาด มีการแยกที่อยู่อาศัย ห้องน้ำห้องส้วมออกเป็นสัดส่วนไม่ปะปนกับบริเวณผลิต ขนาดและพื้นที่บริเวณต่างๆ ต้องพอเพียงต่อการปฏิบัติงานได้อย่างสะดวกและปลอดภัย

2.1.2 เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์การผลิต

ผิวหน้าของเครื่องหรืออุปกรณ์ที่สัมผัสโดยตรงกับน้ำบริโภคทำจากวัสดุที่ไม่ก่อให้เกิดสนิมและไม่เป็นพิษ สามารถทำความสะอาดและฆ่าเชื้อได้ง่าย ต้องมีจำนวนพอเพียงและอย่างน้อยต้องประกอบด้วย

1. เครื่องหรืออุปกรณ์การปรับคุณภาพน้ำ
2. เครื่องหรืออุปกรณ์ล้างภาชนะบรรจุ
3. เครื่องหรืออุปกรณ์การบรรจุ
4. เครื่องหรืออุปกรณ์การปิดผนึก
5. โต๊ะหรือแท่นบรรจุ ที่เหมาะสมสำหรับขนาดบรรจุที่ต่างกัน
6. ท่อส่งน้ำเป็นท่อพลาสติก PVC หรือ วัสดุอื่นที่มีคุณภาพทัดเทียมกัน

นอกจากนี้ยังต้องมีการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์อย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้มั่นใจว่ายังมีสภาพการทำงานที่ให้ผลดีอยู่ มีการทำความสะอาดและฆ่าเชื้ออย่างเพียงพอ ก่อนและหลังการผลิต หรือตามระยะเวลาที่เหมาะสม

2.1.3 แหล่งน้ำ

น้ำที่นำมาผลิตต้องห่างจากแหล่งโสโครก และสิ่งปฏิกูล หรือมีมาตรการป้องกันไม่ให้เกิดการปนเปื้อนกับแหล่งน้ำ ผู้ผลิตต้องเก็บตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำไปตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์สม่ำเสมอ อย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง และ/หรือ ทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแหล่งน้ำ เพื่อใช้เป็นข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแหล่งน้ำ และเป็นข้อมูลใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ

2.1.4 กรรมวิธีการผลิต

โดยทั่วไปจะแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือขั้นตอนการกรองประกอบด้วยการกรองด้วยสารที่เป็นตัวกรองชนิดต่างๆ หรือใช้วิธี Reverse Osmosis (R.O.) และขั้นตอนการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ ประกอบด้วย การใช้แสงอัลตราไวโอเลตหรือใช้ระบบโอโซน

2.1.5 การควบคุมคุณภาพมาตรฐาน

ผู้ผลิตต้องเก็บตัวอย่างส่งตรวจวิเคราะห์ทั้งทางด้านจุลินทรีย์ เคมีและฟิสิกส์เป็นประจำ โดยเฉพาะทางด้านจุลินทรีย์ตรวจสอบอย่างน้อยปีละ 2 ครั้ง เพื่อตรวจสอบว่าผลิตภัณฑ์มีคุณภาพมาตรฐานตามที่กฎหมายกำหนด

2.1.6 บุคลากรและสุขลักษณะผู้ปฏิบัติงาน

ผู้ปฏิบัติงานในบริเวณผลิตต้องแต่งกายสะอาดตัดเล็บสั้นไม่ทาเล็บไม่ใส่เครื่องประดับ ล้างมือให้สะอาดทุกครั้งก่อนเริ่มปฏิบัติงาน มีหมวก ผ้าคลุม ตาข่ายแถบรัดผม ผ้ากันเปื้อน ผ้าปิดปาก รองเท้าคนละ 1 คู่ เพื่อป้องกันการปนเปื้อนลงในผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ต้องไม่เป็นโรคติดต่อ

หรือโรคน่ารังเกียจ หรือมีบาดแผลอันอาจก่อให้เกิดการปนเปื้อนรวมทั้งไม่บริโภคอาหารและสูบบุหรี่ขณะปฏิบัติงาน เป็นต้น

การขออนุญาตขึ้นทะเบียนผลิตภัณฑ์ การใช้ฉลาก ต้องเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด หลังการการผลิตและจำหน่าย จะมีการตรวจสอบเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์เป็นระยะ รวมทั้งการประกาศผลการตรวจวิเคราะห์ทางสื่อมวลชน ส่วนใหญ่เน้นในเรื่องจุลินทรีย์มากที่สุด ความผิดเรื่องจุลินทรีย์ คือผลิตอาหารไม่บริสุทธิ์ เป็นโทษ ถึงจำคุก แต่ถ้ามีฟลูออไรด์เกินจะมีความผิดคือฝ่าฝืนประกาศผิดมาตรฐาน โทษจึงต่ำกว่า เพียงตักเตือนในขั้นแรก ขั้นที่สองจึงดำเนินคดี คาดโทษ และปรับเท่านั้น ขณะนี้มีการปรับเปลี่ยนระบบควบคุมใหม่ โดยลดจำนวนอาหารควบคุมเฉพาะ ให้น้อยลงเท่าที่จำเป็น เดิมมี 39 ชนิด ลดเหลือเพียง 17 ชนิด แต่น้ำดื่มยังเป็นอาหารควบคุมเฉพาะอยู่ ในเรื่องของการควบคุมการผลิตที่ดี ได้นำ GMP (Good Manufacturing Practice) เข้ามาใช้เน้นการตรวจสอบสถานที่ผลิต การประกันคุณภาพจะต้องเก็บตัวอย่างมาตรวจสอบ แต่ยังทำไม่ได้เต็มที่ เพราะมีข้อจำกัดด้านบุคลากร และงบประมาณ ดังนั้น ถ้าผู้ผลิตจะช่วยสังคม ช่วยผู้บริโภค ควรมีการประกันคุณภาพ อย่างน้อยที่สุดใช้ GMP มาช่วยควบคุมการผลิต เพื่อให้มั่นใจว่า สินค้าที่ผลิตได้มาตรฐาน

น้ำดื่มในประเทศไทย มีการกำหนดมาตรฐาน จากหลายหน่วยงาน เช่น สมอ. กรมอนามัย ฯลฯ โดย อย. ยึดตาม WHO ใช้ค่ามาตรฐานของฟลูออไรด์เท่ากับ 1.5 ppm สมอ. อนุโลมสูงสุดให้เท่ากับ 1 ppm เรื่องค่ามาตรฐานของฟลูออไรด์ในน้ำ จึงมีความแตกต่างกัน ดังในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบค่ามาตรฐานน้ำบริโภคของหน่วยงานต่างๆ

ข้อมูล	หน่วยวัด	WHO		อย. ปี	สมอ. ปี 2521		กรมทรัพย์ ปี 2521		น้ำบริโภค
		ปี 2527	ปี 2536	2534	เกณฑ์กำหนดสูงสุด	เกณฑ์อนุโลมให้สูงสุด	เกณฑ์กำหนดที่เหมาะสม	เกณฑ์อนุโลมให้สูงสุด	ในชนบท ปี 2531
ความเป็นกรด-ด่าง		6.5-8.5	-	6.5-8.5	6.5-8.5	9.2	7.0-8.5	6.5-9.2	6.5-8.5
สี	Pt-Co	15	15	20	5	1.5	5	50	15
ความขุ่น	เอ็นทียู	5	5	5.0	5	20	5	20	10
สารละลายทั้งหมดที่เหลือจาก การระเหย	มก/ลิตร	1,000	1,000	500	500	1,500	750	1,500	1,000
ความกระด้าง	มก/ลิตร	500	-	100	-	-	300	500	300
เหล็ก	มก/ลิตร	0.3	0.3	0.3	0.5	1.0	0.5	1.0	0.5
แมงกานีส	มก/ลิตร	0.1	0.1	0.05	0.3	0.5	0.5	0.5	0.3
ทองแดง	มก/ลิตร	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.0	1.5	1.0

สังกะสี	มก/ลิตร	5.0	3	5	5.0	15.0	5	15.0	5.0
ตะกั่ว	มก/ลิตร	0.05	0.01	0.05	0.05	-	0	0.05	0.05
โครเมียม	มก/ลิตร	0.05	0.05	0.05	0.05	-	-	-	0.05
แคดเมียม	มก/ลิตร	0.005	0.003	0.005	0.01	-	0	0.01	0.005
สารหนู	มก/ลิตร	0.05	0.01	0.05	0.05	-	0	0.05	0.05
ปรอท	มก/ลิตร	0.001	0.001	0.002	0.001	-	0	0.001	0.001
ซัลเฟต	มก/ลิตร	400	250	250	200	250	200	250	400
คลอไรด์	มก/ลิตร	250	250	250	250	600	200	600	250
ไนเตรท	มก/ลิตร	10	50	4.0	45	45	45	45	10
ฟลูออไรด์	มก/ลิตร	1.5*	1.5*	1.5	0.7	1.0	1	1.5	1.0
คลอรีนอิสระตกค้าง	เอ็มพีเอ็ม/100 มล.	0.2-0.5**	-	-	-	-	-	-	0.2-0.5
แบทีเรีย ประเภทโคลิฟอร์ม	เอ็มพีเอ็ม/100 มล.	0	0	<2.2	<2.2	-	<2.2	-	10
แบคทีเรีย ประเภทฟีคัลโคลิฟอร์ม	มก/ลิตร	0	0	-	-	-	-	-	0
แบเรี่ยม	มก/ลิตร	-	0.7	1	1.0	-	-	-	-
ฟีนอล	มก/ลิตร	-	-	0.001	-	-	-	-	-
ซีลีเนียม	มก/ลิตร	0.01	0.01	0.01	-	-	0	0.01	0.01
เงิน	มก/ลิตร	-	-	0.05	-	-	-	-	-
อลูมิเนียม	มก/ลิตร	0.2	0.2	0.2	-	-	-	-	-
เอ บี เอส (Alkylbenzene Sulfonate)	มก/ลิตร	-	-	0.2	-	-	-	-	-
ไซยาไนด์	มก/ลิตร	0.1	0.07	0.1	0.2	-	0	0.2	0.1
นิกเกิล	มก/ลิตร	-	0.02	-	-	1.0	-	-	-

WHO = Guideline for Drinking Water Quality, (WHO 1984, 1993) Recommendations.

อย. = มาตรฐานน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (พ.ศ.2534) ออกตาม พรบ. อาหาร พ.ศ.2522

สมอ. = มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (พ.ศ.2521) ออกตาม พรบ. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ.2511

กรมทรัพย์ = มาตรฐานน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (พ.ศ.2521) ออกตาม พรบ.น้ำบาดาล พ.ศ.2520

เกณฑ์คุณภาพน้ำบริโภคในชนบท = เกณฑ์คุณภาพน้ำบริโภคในชนบท ของคณะกรรมการบริหารโครงการ จัดให้มีน้ำสะอาดในชนบททั่วราชอาณาจักร กระทรวงมหาดไทย 2531

2.2 เหล็ก (Iron)

2.2.1 สมบัติทั่วไปของเหล็ก

ธาตุเหล็ก (Fe) มีความสำคัญในปฏิกิริยาเคมีในร่างกายหลายชนิด เหล็กในร่างกายอยู่ในเม็ดเลือดแดงโดยเป็นส่วนประกอบของฮีโมโกบิน (Hemoglobin) และเป็นส่วนประกอบของ Enzyme ต่าง ๆ โดยที่เหล็กจะรวมอยู่ในสารประกอบที่สำคัญคือ Porphyrin และ Heme ซึ่งเป็นส่วนประกอบของโปรตีนที่ทำหน้าที่สำคัญหลายชนิดรวมถึงฮีโมโกลบินในเลือด ไมโอโกลบิน (Myoglobin) ในกล้ามเนื้อ และ Enzyme Cytochrome p - 450 เหล็กยังเป็นส่วนประกอบของ Enzyme อื่นๆ อีกเช่น Catalase peroxidase ซึ่งทำหน้าที่ขนถ่ายหรือแลกเปลี่ยนออกซิเจนในร่างกาย ทำให้มีชีวิตอยู่ได้ ธาตุเหล็กในรูปแบบที่เป็นอนินทรีย์สารจะเป็นพิษต่อร่างกาย ดังนั้นร่างกายจึงมีขบวนการพิเศษในการดูดซึม ขนถ่ายและเก็บสะสมเหล็กเอาไว้ใช้ในร่างกาย ในสภาวะปกติ ร่างกายจะรักษาภาวะสมดุลของธาตุเหล็กเอาไว้อย่างมั่นคง แต่ในบางกรณีอาจจะมีปัจจัยต่างๆ ที่ทำให้เกิดภาวะพร่องหรือเกินได้

ปริมาณเหล็กอยู่ในคนนั้นแตกต่างกัน 3 -5 กรัม ขึ้นอยู่กับ อายุ เพศ ขนาด ภาวะการโภชนาการ สุขภาพ ประมาณร้อยละ 70 ของเหล็กทั้งหมด อยู่ในเลือดคือในเม็ดเลือดแดง โดยเป็นส่วนประกอบของเฮโมโกลบินซึ่งทำหน้าที่พาออกซิเจนไปใช้ในการหายใจในเซลล์ ในน้ำเลือดคือพลาสมา (Plasma) ก็จะมีธาตุเหล็กอยู่เล็กน้อยคือประมาณ 3 มิลลิกรัม เหล็กร้อยละ 26 จะเก็บในรูปของเฟอร์ริทิน (Ferritin) หรือเฮโมซิเดอรินโดยตับ ม้ามและไขกระดูก เพื่อไว้สำหรับสร้างสีเฮโมโกลบินของเม็ดเลือดแดงในยามต้องการใช้ เหล็กร้อยละ 3 อยู่ในกล้ามเนื้อเหล็กจะเป็นองค์ประกอบของสารที่เรียกว่า ไมโอโกลบิน (Myoglobin) ส่วนที่เหลืออยู่ ในน้ำย่อยหลายชนิดที่มีอยู่ในเซลล์ เหล็กที่พบในเลือดเป็นเหล็กในสภาพขนส่งที่เรียกว่าทรานส์เฟอร์ริน (Transferrin) ที่จะส่งเหล็กจากเนื้อเยื่อหนึ่งไปยังอีกเนื้อเยื่อหนึ่ง

ร่างกายมนุษย์มีลักษณะจำเพาะหลายประการในการรักษาสมดุลของธาตุเหล็ก คือในภาวะปกติร่างกายจะสูญเสียเหล็กโดยการลอกหลุดของเซลล์ออกจากร่างกายโดยทางอุจจาระ ปัสสาวะและเหงื่อ คือวันหนึ่งๆ จะเสียไปราว 1 – 1.5 มิลลิกรัม เป็นการสูญเสียขั้นพื้นฐาน นอกนั้นร่างกายสามารถนำเหล็กมาใช้ได้อีก เมื่อเม็ดเลือดแดงหมดอายุ 120 วัน ก็จะแตกตัวทำลายลง เฮโมโกลบินที่มีธาตุเหล็กอยู่นั้นก็จะออกมาอยู่ในกระแสเลือดและถูกทำลายไป ในการสะสมเหล็ก ร่างกายจะเก็บไว้ได้จำนวนหนึ่งเพื่อนำไปใช้ในช่วงที่ร่างกายต้องกายเหล็กมากขึ้น เช่น ระยะท้ายของการตั้งครรภ์ นอกจากนี้ร่างกายยังสามารถเพิ่มการดูดซึมเหล็กได้ด้วยถ้าเกิดการขาดเหล็กขึ้น โดยมาตรฐานคุณภาพน้ำบริโภคในภาชนะที่ปิดสนิทได้กำหนดเกณฑ์ดังนี้

เกณฑ์อนุโลมสูงสุด 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 61 พ.ศ. 2524)

เกณฑ์อนุโลมสูงสุด 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2521)

ยังไม่มีการกำหนด (WHO, 2003)

2.3 ฟลูออไรด์ (Fluoride)

2.3.1 สมบัติทั่วไปของฟลูออไรด์

ฟลูออไรด์ (F^-) เป็นไอออนของธาตุฟลูออรีน สามารถพบอยู่ทั่วไปในธรรมชาติ ฟลูออไรด์พบมาก เป็นอันดับ ที่ 13 ขององค์ประกอบของเปลือกโลก สารประกอบฟลูออไรด์มีอยู่ใน สัดส่วน ร้อยละ 0.065% โดยน้ำหนักของเปลือกโลก ดังนั้นจึงอาจพบฟลูออไรด์ในปริมาณเล็กน้อยทั่วไป ในสิ่งแวดล้อมทั้งในหิน ดิน น้ำผิวดิน น้ำบาดาล ฟลูออไรด์กระจายเข้าสู่สิ่งแวดล้อมด้วยวิธีต่างๆ กันการ เกิดปฏิกิริยาของภูเขาไฟเป็นต้นเหตุสำคัญของการฟุ้งกระจายของฟลูออไรด์เข้าสู่ชั้นบรรยากาศรวมถึง การพัดพาฟลูออไรด์จากพื้นดินและน้ำโดยลมในทางกลับกันฟลูออไรด์กลับสู่ผืนดินและน้ำด้วยการ รวมตัวกันกับฝุ่นละออง ฝนและหมอก การกระจายตัวของฟลูออไรด์ในน้ำ (hydrosphere) ด้วยการชะล้าง ของน้ำผ่านพื้นดินและสายแร่ลงสู่น้ำบาดาลและน้ำผิวดินเราสามารถพบสารฟลูออไรด์ในพืชผักได้โดย การดูดซับสารฟลูออไรด์ จากพื้นดินและน้ำหรือดูดซึมจากก๊าซฟลูออไรด์ในอากาศนอกจากนี้ อุตสาหกรรมบางชนิดเป็นแหล่ง สำคัญที่ทำให้ฟลูออไรด์กระจายในสิ่งแวดล้อมด้วย เช่น อุตสาหกรรม อลูมิเนียม เหล็กกล้า การหลอมสาร ฟอสเฟต การทำกรดฟอสฟอริก การทำแก้ว เซรามิค และอิฐ เป็นต้น

ฟลูออไรด์เป็นธาตุชนิดหนึ่งที่มีอยู่ตามธรรมชาติและพบได้ในดิน น้ำและตามแหล่งแร่ทั่วๆ ไป ในประเทศไทยพบมากในเขตภาคเหนือและภาคตะวันตกของประเทศ จังหวัดต่างๆ ในภาคเหนือที่พบ ฟลูออไรด์เช่นเชียงราย แม่ฮ่องสอน ลำพูน ลำปาง พะเยา เป็นต้น ส่วนภาคตะวันตกพบมากที่กาญจนบุรี ราชบุรี เป็นต้น ในธรรมชาติฟลูออไรด์จะไม่อยู่ในรูปของธาตุอิสระเนื่องจากเป็นธาตุที่มีค่าอิเล็กโตร เนกาติวิตี (Electronegativity) สูงที่สุด การที่อยู่ในรูปของฟลูออไรด์ซึ่งเป็นไอออนอิสระหรือรวมกันสอง อะตอมกลายเป็นฟลูออรีน (F_2) ซึ่งมีสถานะเป็นก๊าซทำให้เป็นอะตอมหรือโมเลกุลที่ขาดเสถียรภาพ จึง ต้องรวมกับสารประกอบหรือแร่ธาตุอื่นๆ อยู่ในรูปของแร่ธาตุ ฟลูออไรด์เป็นสารที่มีประโยชน์หลายด้าน ทั้งทางอุตสาหกรรม ทางการเกษตร ทางวิทยาศาสตร์ เภสัชกรรมและการแพทย์ ประโยชน์ทางการแพทย์ ของฟลูออไรด์คือเป็นส่วนประกอบของยาจำพวกเสตียรอยด์ และยาต้านมะเร็ง เป็นต้น ในทางทันตกรรม ใช้ฟลูออไรด์ในการป้องกันฟันผุ โดยผสมในน้ำยาบ้วนปาก เจลและยาสีฟัน รวมทั้งยาเม็ดและยาน้ำ ฟลูออไรด์ หรือผสมในน้ำนมหรือน้ำดื่มเพื่อใช้ในพื้นที่ที่มีฟลูออไรด์ในน้ำดื่มต่ำ การรับฟลูออไรด์เข้าสู่ ร่างกายโดยตรงส่วนใหญ่โดยการดื่มน้ำหรือกินอาหารที่มีฟลูออไรด์ ส่วนทางอื่นๆ ได้แก่ การหายใจเอา ฝุ่นละอองที่มีฟลูออไรด์เจือปน หรือการสะสมที่เนื้อเยื่อช่องปากดือฟัน หรือในแผ่นคราบจุลินทรีย์ ส่วน การรับยาหรือสารที่มีฟลูออไรด์เข้าสู่ร่างกายโดยการกิน ทาหรือฉีดเข้าหลอดเลือด เป็นไปโดย วัตถุประสงค์ในการรักษา ซึ่งในกรณีนี้ รวมทั้งการที่รับสารพวกยาฆ่าแมลงหรือยากำจัดศัตรูพืชเข้าใน ร่างกายโดยจงใจหรือไม่ก็ตาม ผลที่เกิดขึ้นต่อร่างกายไม่ใช่ผลจากสารฟลูออไรด์โดยตรงฟลูออไรด์เป็น ธาตุที่มีทั้งผลดีและผลเสียต่อสุขภาพ ถ้ามีปริมาณน้อยในแหล่งน้ำจะช่วยป้องกันอาการฟันผุ โดย มาตรฐานคุณภาพน้ำบริโภคในภาชนะที่ปิดสนิท

เกณฑ์อนุโลมสูงสุด 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 61 พ.ศ. 2524)

เกณฑ์อนุโลมสูงสุด 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2521)
ค่ามาตรฐาน 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (WHO, 2003)

2.3.2 ประโยชน์ของฟลูออไรด์

มนุษย์เรารู้จักฟลูออไรด์มานานกว่า 200 ปี ฟลูออไรด์เป็นสารประกอบที่ได้จากฟลูออรีนพบในธรรมชาติทั่วไป ทั้งในน้ำ พื้นดิน อากาศ พืช และสัตว์ ได้มีการนำสารฟลูออไรด์มาใช้ประโยชน์มากมายในวงการแพทย์ ทันตแพทย์และอุตสาหกรรม ฟลูออไรด์เป็นแร่ธาตุที่มนุษย์ต้องการในปริมาณเล็กน้อย แต่มีความสำคัญมาก ฟลูออไรด์เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของกระดูกและฟัน ช่วยเสริมสร้างกระดูกและพันให้แข็งแรง ในทางทันตกรรมมีการใชฟลูออไรด์ป้องกันโรคฟันผุมานานกว่า 50 ปี ทั้งในรูปแบบการกินและใช้เฉพาะที่บนตัวฟัน โดยที่ฟลูออไรด์บางส่วนจะทำปฏิกิริยากับแคลเซียมโดยเปลี่ยนผลึกองค์ประกอบหลักของเคลือบฟันไฮดรอกซีอปาไทต์ไปเป็นฟลูออร์อะปาไทต์ซึ่งเสถียรต่อการกัดกร่อนของกรดแล็กติด (Lactic) ทำให้ตัวฟันแข็งแรง ทำให้สภาพกรดที่บริเวณตัวฟันซึ่งมีฟลูออไรด์ลดน้อยลง ทำให้เกิดการสร้างแร่ธาตุกลับคืนมา และทำให้ฟันมีความต้านทานโรคฟันผุได้ ถ้าร่างกายได้รับฟลูออไรด์ในปริมาณพอเหมาะอย่างสม่ำเสมอจะสามารถช่วยให้ตัวฟันแข็งแกร่ง ลดอัตราโรคฟันผุได้ถึง ร้อยละ 60 – 65 และยังช่วยลดอัตราการเกิดโรคกระดูกพรุนของผู้สูงอายุได้อีกด้วย

ถึงแม้ว่าฟลูออไรด์เป็นธาตุที่จำเป็นโดยพบเป็นส่วนใหญ่ในกระดูกและเคลือบฟัน ช่วยทำให้กระดูกแข็งแรงและทำให้ฟันทนต่อการผุมากขึ้น ฟลูออไรด์อาจช่วยป้องกันโรคปริทันต์ด้วย และป้องกันโรคกระดูกพรุน ฟลูออไรด์พบในธรรมชาติ ในรูปของแคลเซียมคลอไรด์ มีอยู่ในพืชทุกชนิด สัตว์ น้ำ และ ดิน อาจเติมลงในน้ำดื่มในรูปของโซเดียมฟลูออไรด์ (Sodium fluoride) ในส่วนต่างๆของโลกเป็นเวลานานมาแล้ว แต่ก็ยังเป็นที่ถกเถียงกันว่าถ้าใช้ไปมากๆ จะเป็นอันตรายทำให้เกิดโรคฟลูออโรซิส ซึ่งมีลักษณะของอาการฟันเป็นจุดๆ เกิดขึ้นได้ เมื่อกินฟลูออไรด์เข้าไปมากกว่า 2-8 ppm

2.3.3 ความเป็นพิษของฟลูไรด์

การเกิดพิษเนื่องจากฟลูออไรด์ มีการศึกษาวิจัยในเรื่องอันตรายในการใช้ฟลูออไรด์พบว่า อาจเกิดได้ทั้งชนิดเฉียบพลันและเรื้อรัง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของฟลูออไรด์และระยะเวลาที่ได้รับโดยเฉพาะผู้ป่วยบางรายที่มีปฏิกิริยาไวต่อฟลูออไรด์

2.3.3.1 การเกิดพิษแบบเฉียบพลัน เกิดจากการรับประทานฟลูออไรด์ในปริมาณมากและในครั้งเดียวอาจด้วยการตั้งใจ ความเข้าใจผิด หรือด้วยความพลั้งเผลอ นอกจากนั้นอาจเกิดกับบุคคลที่ใช้ยาฆ่าแมลงบางชนิดซึ่งมีฟลูออไรด์ผสมอยู่มาก และใช้ไม่ถูกวิธี ปกติจะพบผู้ป่วยประเภทนี้ได้น้อยแต่อย่างไรก็ดี จากสถิติโลกมีผู้รวบรวมไว้ปรากฏว่ามีผู้ถึงแก่ความตายอันเนื่องจากฟลูออไรด์เป็นต้นเหตุมากกว่า 600 ราย อาการพิษที่เกิดขึ้นเริ่มจากอาการน้ำลายไหล ทำให้เกิดความผิดปกติของระบบทางเดินอาหาร มีอาการคลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง ท้องเดิน ในการปฐมพยาบาลเบื้องต้นควรให้ผู้ป่วยกินนมหรือ

ไข่จะช่วยทุเลาอาการและรีบนำส่งโรงพยาบาลเพื่อล้างท้อง ถ้าร่างกายได้รับฟลูออไรด์มากขึ้นอาจทำให้กล้ามเนื้อไม่มีแรง เกิดอาการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ ชัก แรงดันเลือดต่ำ หัวใจล้มเหลว และอาจเกิดไตวาย และตายใน 2-4 ชั่วโมง ขนาดที่กินแล้วทำให้ตายประมาณ 50 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม

2.3.3.2 การเกิดพิษแบบเรื้อรัง เกิดจากการกินฟลูออไรด์ในปริมาณมากติดต่อกันนาน ๆ หรือจับต้องฟลูออไรด์หรืออยู่ในชุมชนที่มีฟลูออไรด์สูงตามธรรมชาติ จากการศึกษากลุ่มคนที่ได้รับฟลูออไรด์ในน้ำดื่มในปริมาณแตกต่างกันปรากฏผลดังนี้

- ฟลูออไรด์ความเข้มข้น 1 ส่วนในน้ำล้านส่วน ทำให้เกิดจุดด่างขาวบนฟันในเด็กบางราย
- ฟลูออไรด์ความเข้มข้น 1.4-2 ส่วนในน้ำล้านส่วน ทำให้เกิดรอยด่างสีเหลืองถึงสีน้ำตาลที่เคลือบฟันในกลุ่มคนจำนวนน้อย
- ฟลูออไรด์ความเข้มข้นมากกว่า 2 ส่วนในน้ำล้านส่วน ทำให้เกิดจุดสีน้ำตาบในฟันเกือบทุกราย
- ฟลูออไรด์ความเข้มข้นมากกว่า 2.5 ส่วนในน้ำล้านส่วน ทำให้เกิดเคลือบฟันเป็นสีเข้มและไม่เรียบ
- ฟลูออไรด์ความเข้มข้นตั้งแต่ 10 ส่วนในน้ำล้านส่วน ทำให้เกิดผลต่อกระดูกและข้อ กระดูกส่วนปลายจะหนาและหยาบ กระดูกคดงอ ช่วงระยะสุดท้ายทำให้กล้ามเนื้ออ่อนแอเหนื่อยง่าย เบื่ออาหาร มีการเปลี่ยนแปลงที่กระดูกสันหลังและกลายเป็นคนพิการได้ มักพบในผู้ป่วยที่ได้รับฟลูออไรด์มากเป็นระยะเวลานาน

ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ฟลูออไรด์ทำให้เกิดเด็นทอลฟลูออโรซิส (Dental fluorosis) หรือฟันตกกระหากได้รับมากเกินไป และวัยที่มีความเสี่ยงค่อนข้างสูงคือ วัยเด็กฟันตกกระสามารถเกิดขึ้นได้ในช่วงอายุ 12 เดือนจนกระทั่ว 32 เดือน ดังนั้นการใช้ฟลูออไรด์ในเด็กจึงเป็นสิ่งที่ต้องระมัดระวังเป็นอย่างยิ่ง ระดับฟลูออไรด์ที่เหมาะสมเป็นที่ยอมรับคือ 0.05-0.07 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรมต่อวัน ในที่นี้หมายถึงการรับฟลูออไรด์จากทุกแหล่ง แม้จะมีการศึกษาพบว่าการดื่มน้ำที่มีปริมาณฟลูออไรด์ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร จะสามารถช่วยเสริมสร้างความแข็งแรงของฟัน แต่การดื่มน้ำที่มีปริมาณฟลูออไรด์ 2-4 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลานาน ๆ จะทำให้เกิดโรคฟันตกกระในเด็กได้ ฟลูออไรด์ส่วนใหญ่ที่มนุษย์ได้รับจากอาหาร และน้ำดื่ม และยังอาจได้รับผ่านทางปอดในกรณีที่บริเวณนั้นมีฟลูออรีนหรือผงฝุ่นของฟลูออไรด์ฟุ้งกระจายอยู่ในอากาศ เช่น บริเวณที่มีโรงงานอุตสาหกรรมถลุงเหล็ก อะลูมิเนียม ตะกั่ว ทองแดง เมื่อร่างกายหายใจเข้าไปส่วนผสมเหล่านี้จะแพร่กระจายไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกาย ซึ่งจะมีผลเช่นเดียวกับการรับประทาน

ส่วนการดูดซึมของฟลูออไรด์เข้าสู่ร่างกายโดยผ่านทางผิวหนังนั้นพบได้น้อยมาก แต่อาจเป็นไปได้เมื่อผิวหนังได้สัมผัสกับฟลูออรีนหรือไฮโดรเจนฟลูออไรด์ผิวหนังจะไหม้เป็นลำดับแรกและ

จะเป็นอันตรายรุนแรงกว่าที่จะดูดซึมเข้าไป ปริมาณฟลูออไรด์ในร่างกายจะขึ้นกับปริมาณที่ได้รับ และอายุ จะพบฟลูออไรด์ในอวัยวะและเนื้อเยื่อทั่วร่างกาย แต่ที่พบมากคือในกระดูกและฟัน ส่วนที่เหลือร่างกายจะขับออกทางปัสสาวะเป็นส่วนใหญ่ บางส่วนจะขับออกทางอุจจาระ และน้ำลายเป็นจำนวนน้อย ในเวลาที่มีอากาศร้อนหรือขณะออกกำลังกาย จะสูญเสียฟลูออไรด์ไปทางเหงื่อได้มากและอาจมีปริมาณถึงเกือบครึ่งหนึ่งของฟลูออไรด์ทั้งหมดที่ได้รับ

เราจะพบฟลูออไรด์ในอาหารประเภทเนื้อสัตว์ซึ่งพบมากที่สุดในส่วนที่เป็นกระดูก เครื่องในสัตว์ ปลาจะพบมากที่กระดูก ครีบ เกล็ด และหนังมากกว่าเนื้อ ไข่ นม และพบในพืชผักและผลไม้ต่าง ๆ เช่น ตำลึง ผักบุ้งกระเทียม กระหล่ำปลี ผักโขม ใบชา แอปเปิ้ล องุ่น กล้วย ฯลฯ แต่อาหารส่วนใหญ่มีส่วนประกอบของฟลูออไรด์ไม่สูงมากนัก ดังนั้นการได้รับฟลูออไรด์เข้าสู่ร่างกายส่วนใหญ่ ได้จากการดื่มน้ำ ฟลูออไรด์เป็นไอออนประจุลบที่พบได้ในแหล่งน้ำธรรมชาติ น้ำบ่อ น้ำบาดาล น้ำจากแม่น้ำลำธาร หรือน้ำฝน ในปริมาณมากน้อยแตกต่างกันออกไปตามสภาพทางธรณีวิทยาของแหล่งน้ำหรือบริเวณที่น้ำไหลผ่าน นอกจากนี้ยังในน้ำประปา และน้ำดื่มบรรจุขวดที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด ปริมาณฟลูออไรด์ที่เหมาะสมในน้ำสำหรับบริโภค หมายถึงปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำดื่มที่พอเหมาะในการป้องกันฟันผุได้ดีที่สุด และปลอดภัย

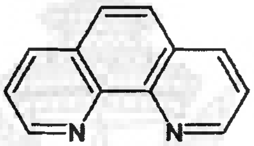
จากสภาวะฟันตกกระทั่งในแง่ความชุกและความรุนแรง ตามมาตรฐานอุตสาหกรรมน้ำสำหรับบริโภค (มอก.257 เล่ม 1-2521) กำหนดให้มีปริมาณฟลูออไรด์สูงสุดได้ไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งที่ระดับความเข้มข้นดังกล่าวถือเป็นระดับที่เหมาะสม แต่เนื่องจากฟลูออไรด์ที่พบในแหล่งน้ำต่างๆ จะไม่มีสี ไม่มีกลิ่น และไม่มีรส ทำให้ผู้บริโภคไม่ทราบว่าน้ำนั้นมีฟลูออไรด์หรือไม่ ปริมาณมากน้อยเพียงไรจนกว่าจะได้รับการตรวจวิเคราะห์ทางเคมี ในกรณีที่พบว่าน้ำที่ใช้บริโภคมีฟลูออไรด์ในปริมาณที่สูงเกินเกณฑ์มาตรฐานต้องทำการแก้ไข โดยการลดปริมาณฟลูออไรด์ด้วยการกรองน้ำผ่านระบบกรองน้ำชนิด RO หรือระบบกรองน้ำที่มีสารกรองชนิดแลกเปลี่ยนไอออนประจุลบ เพื่อให้น้ำนั้นมีปริมาณฟลูออไรด์ที่เหมาะสมก่อนนำมาใช้บริโภค

รูปที่ 2.1 ลักษณะเด็นทอลฟลูออโรซิส (Dental fluorosis)

2.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

น้ำจะมีผลต่อการกัดกร่อนตัวอย่างการเกิดการกัดกร่อนในน้ำ เช่นเหล็กในน้ำ ที่ผิวเหล็กจะมีไอออนเหล็ก (Fe^{2+}) จากการละลายของเหล็ก เมื่อมีน้ำมาเกาะที่ผิวจะมีการแลกเปลี่ยนไอออนระหว่างไอออนของเหล็กและไอออนของไฮโดรเจน (H^{+}) โดยที่สารประกอบเชิงซ้อนของโลหะไฮดรอกไซด์นี้ก็คือ สนิม เช่นของเหล็กคือสนิมสีน้ำตาลแดงของ $Fe(OH)_3$ การกัดกร่อนจะเกิดขึ้นได้อย่างรุนแรงในช่วงอุณหภูมิที่น้ำอยู่ในสถานะของเหลว ซึ่งจะไม่มีผลกระทบหรือมีน้อยมากในกรณีที่น้ำถูกทำให้เย็นจัดจนถึงแข็งตัวหรือทำให้ร้อนมากจนเปลี่ยนสถานะเป็นก๊าซ ไอออนเหล็กทำปฏิกิริยากับออโธฟีแนนโทรลีน (o-phenanthroline) จะได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนแดง ที่เรียกว่า เหล็กฟีแนนโทรลีน ดังสมการ

$$Fe^{2+}(aq) + 3PhH^{+} \longrightarrow Fe(Ph)_3^{2+} + 3H^{+}$$



รูปที่ 2.2 สูตรโครงสร้างของ 1,10-phenanthroline

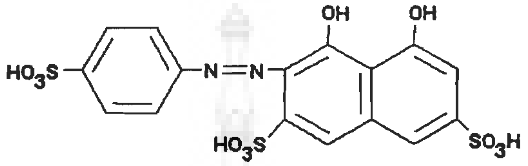
ค่า K_f ของปฏิกิริยานี้มีค่าเท่ากับ $2.5x10^{6}$ ที่ 25 °C ในการทดลองนี้จะทำการควบคุม pH ที่ประมาณ 3.5 โดยใช้สารละลายอะซิเตดบัฟเฟอร์ เพื่อป้องกันการตกตะกอนของเกลือบางชนิดของเหล็ก เช่น เกลือฟอตเฟต ในการทำให้เกิดสารเชิงซ้อนกับฟีแนนโทรลีน จะต้องทำการรีดิวซ์เหล็กทั้งหมดในสารละลายให้เป็นเหล็ก (II) เสียก่อน โดยใช้ไฮโดรควิโนน (Hydroquinone) หรือไฮดรอกซีลามีนไฮโดรคลอไรด์ (Hydroxylamine hydrochloride) สีของสารเชิงซ้อนระหว่างเหล็ก (II) กับฟีแนนโทรลีนจะเสถียรได้นาน หลักในการวิเคราะห์ปริมาณสารโดยวิธีสเปกโทรโฟโตเมทรีจะต้องทำการเทียบกับการทำกราฟมาตรฐาน (Standard calibration curve)

วิธี SPADNS เป็นการวิเคราะห์ปริมาณด้วยวิธีการทาง Spectrophotometry อย่างหนึ่งโดยอาศัยการเกิดปฏิกิริยาระหว่างฟลูออไรด์กับ Zirconyl acid–SPADNS reagent ได้สารประกอบเชิงซ้อนของ Zirconyl fluoride ซึ่งเป็นสารที่ไม่มีสีและเมื่อปริมาณฟลูออไรด์เพิ่มมากขึ้นสีแดงของ Zirconyl acid–SPADNS reagent จะยิ่งจางลงตามลำดับ วิธีการนี้เป็นวิธี Reverse Spectrophotometry สีแดงของ SPADNS คือสีของสารเคมีที่เรียกว่า Sodium-2-(parasulfophenylazo)-dihydroxy-3,6-napthalene disulfonate ซึ่งปกติจะอยู่ในรูปของแข็งและสามารถละลายน้ำได้ดี ได้สารละลายสีแดงใส เมื่อทำปฏิกิริยากับสารละลาย zirconyl chloride ในสภาวะกรด SPADNS จะทำหน้าที่เป็นลิแกนด์เข้าจับกับไอออนของ zirconium เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีแดงเข้มขึ้น เนื่องจากสารประกอบมีค่าการดูดกลืนแสง

(Molar absorptivity) มากขึ้น แต่เมื่อเติมฟลูออไรด์ลงไป ฟลูออไรด์จะเข้าจับกับ zirconium แทนที่ลิแกนด์ทำให้สารละลายมีสีจางลง ดังปฏิกิริยา

$$\text{Zr-SPADNS} + 6F^{-} \longrightarrow ZrF_6^{2-} + \text{SPADNS}$$

สีแดงเข้ม ไม่มีสี สีแดงจาง



รูปที่ 2.3 สูตรโครงสร้างของ SPADNS

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ไพรวัลย์ อินทร์อุดม และคณะ (2541) ได้ทำการสำรวจปริมาณฟลูออไรด์ในแหล่งน้ำดื่มของจังหวัดขอนแก่น เพื่อหาปริมาณฟลูออไรด์ที่มีอยู่จริงในแหล่งน้ำดื่มของพื้นที่เป้าหมาย โดยเก็บตัวอย่างจากแหล่งน้ำดื่มประเภทต่างๆ จากทุกหมู่บ้านใน 20 อำเภอและ 3 กิ่งอำเภอ ของจังหวัดขอนแก่น รวมทั้งหมด 1,574 ตัวอย่างแล้วทำการตรวจวิเคราะห์โดยวิธี Fluoride Selective Electrode ผลการสำรวจพบว่า ปริมาณฟลูออไรด์เฉลี่ย 0.14 ส่วนในล้านส่วน (ppm)

อุษามาส จริยวรานุกูล (2549) ได้ตรวจสอบคุณภาพน้ำดื่มที่ใช้บริโภคภายในมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ได้แก่ น้ำดื่มจากถังขาวขนาดบรรจุ 20 ลิตร น้ำดื่มที่ผ่านเครื่องทำน้ำเย็น และน้ำดื่มจากเครื่องทำน้ำดื่มแบบเท้าเหยียบ พบว่าน้ำดื่มจากถังขาวขนาดบรรจุ 20 ลิตร และน้ำดื่มที่ผ่านเครื่องทำน้ำเย็นมีจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินมาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) จำนวน 7 และ 13 ตัวอย่าง จากตัวอย่างทั้งหมด 20 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 35.00 และ 65.00 ตามลำดับ แต่ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณเหล็ก และค่าความกระด้างอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนน้ำดื่มจากเครื่องทำน้ำดื่มแบบเท้าเหยียบพบว่ามีค่าความกระด้างเกินมาตรฐานจำนวน 8 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 40.00 แต่ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณเหล็กและจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

พิชญ์อร ไหมสุทธิสกุล (2542) ได้ทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำดื่มภายในมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย โดยสุ่มตัวอย่างน้ำดื่มบรรจุขวดที่วาจำหน่ายภายในมหาวิทยาลัยและบริเวณใกล้ จำนวนรวม 28 ตัวอย่าง และน้ำดื่มในห้องพักของพนักงาน 53 ตัวอย่าง พบว่า น้ำบรรจุขวดที่ผ่านมาตรฐานมีเพียง 4 ตัวอย่าง ส่วนที่เหลือเกินมาตรฐานในพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น ปริมาณเหล็ก, จุลินทรีย์ทั้งหมด, และความกระด้างเกินมาตรฐาน 24, 7 และ 2 ตัวอย่าง ตามลำดับ

วันดี รักไร่ และสุรศักดิ์ วัฒเนสก์ (2546) ได้ทำการตรวจสอบปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำดื่มด้วยชุดตรวจสอบสร้างขึ้นเองโดยการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสีม่วงแดงของสารประกอบแลนทานัมอะลิซารีน

ฟลูออรีนบูลกับตัวชี้วัดปริมาณฟูลออไรด์ที่มีอยู่ในตัวอย่าง จากผลการตรวจสอบตัวอย่างน้ำที่เก็บจากแหล่งน้ำที่มีฟลูออไรด์ปนเปื้อน พบว่าความเข้มข้นของผลูออไรด์ที่ตรวจสอบได้ด้วยชุดตรวจนี้ให้ผลสอดคล้องกับผลการตรวจสอบเมื่อใช้ฟลูออไรด์ไอออนซีเล็กทีฟอิเล็กโทรด

ทนงพันธ์ และสมชาย (2538) ได้ทำการศึกษาคุณภาพน้ำและน้ำแข็งที่ใช้ในโรงงานผลิตอาหารทะเลแช่แข็งจำนวน 162 ตัวอย่างระหว่างเดือนเมษายนถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2536 พบว่าตัวอย่างน้ำ 24.7 % และตัวอย่างน้ำแข็ง 64 % ไม่ได้มาตรฐานของสหภาพยุโรป เนื่องจากจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดต่อมิลลิลิตรสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดนอกจากนั้นยังพบการปนเปื้อนของแบคทีเรียที่เป็นดัชนีสุขาภิบาลอาหารและเชื้อโรคอาหารเป็นพิษ 12.3 % และ 42.0 % จากตัวอย่างน้ำผลการศึกษาแสดงว่าควรมีการปรับปรุงเทคนิคการฆ่าเชื้อโดยใช้คลอรีนและสุขอนามัยภายในโรงงาน

นฤมล และสุภาทินี (2540) การศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพน้ำดื่ม น้ำใช้และน้ำแข็งในโรงเรียนรัฐบาลและเอกชนในกรุงเทพมหานครทั้งขนาดใหญ่และเล็กที่มีการสอนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 30 โรงเรียนก่อนและหลังการให้ความรู้เรื่องสุขาภิบาลอาหารที่ดีแก่นักเรียนครูและผู้ประกอบการร้านอาหารและการส่งเสริมการใช้ชุดทดสอบ (test kit) ในโรงเรียนเพื่อประเมินผลรูปแบบที่ใช้ในการติดตามและเฝ้าระวังสุขลักษณะอาหารเพื่อส่งเสริมการสุขาภิบาลอาหารภายในโรงเรียน การศึกษาดำเนินตั้งแต่กรกฎาคม 2536 ถึงตุลาคม 2536 ผลการศึกษาพบว่าคุณภาพน้ำดื่มก่อนและหลังการให้ความรู้ในเรื่องสุขาภิบาลอาหารไม่เข้ามาตรฐานร้อยละ 22.7 และ 23.0 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญแต่พบว่าคุณภาพน้ำดื่มในโรงเรียนรัฐบาลทั้งขนาดใหญ่และเล็กมีคุณภาพดีขึ้นในขณะที่คุณภาพน้ำดื่มในโรงเรียนเอกชนทั้งขนาดใหญ่และเล็กมีคุณภาพด้อยลงคุณภาพน้ำใช้มีการปรับปรุงดีขึ้นจากเดิมไม่เข้ามาตรฐานร้อยละ 8.1 เป็นได้มาตรฐานทั้งหมด ส่วนคุณภาพน้ำแข็งทั้งก่อนและหลังการให้ความรู้ไม่แตกต่างกันคือไม่ได้มาตรฐานร้อยละ 97.6 และ 97.4 ตามลำดับ นอกจากนี้คุณภาพน้ำแข็งไม่มีความแตกต่างกันทั้งในประเภทและขนาดโรงเรียนและยังพบว่าน้ำแข็งมีการปนเปื้อนจากเชื้อโคลิฟอร์มปริมาณสูงรวมทั้งตรวจพบ *E.coli* ด้วย

เฉลิมชัย จันทร์แบนและประเวศ ธรรมชาติ (2541) ได้ตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำดื่มในสถานศึกษา สังกัดกรมสามัญศึกษา อำเภอเมืองและสถาบันราชภัฏเทพสตรีโดยเก็บตัวอย่างน้ำดื่มจากสถานศึกษาและสถาบัน รวม 7 แห่ง ระหว่างเดือนธันวาคม 2541 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2542 ได้ทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำตามเกณฑ์ขององค์การอนามัยโลก คือ ทางกายภาพ ทางเคมี และทางแบคทีเรีย รวม 15 ดัชนีคุณภาพน้ำแล้วนำผลการตรวจวิเคราะห์เปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลก (WHO) ผลการตรวจวิเคราะห์พบว่าน้ำดื่มโรงเรียนโคกกระเทียมวิทยาลัยอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ส่วน น้ำดื่มในสถานศึกษาอีก 6 แห่งต่ำกว่ามาตรฐาน โดยดรรชนีบ่งชี้ต่ำกว่ามาตรฐานมีดังนี้ โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย มีดัชนีคุณภาพน้ำที่ไม่ได้มาตรฐาน 7 ดรรชนีคุณภาพน้ำ คือ ความเป็นกรด-ด่าง, ความขุ่น,แมงกานีส, ตะกั่ว, โคลิฟอร์มแบคทีเรียและฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย โรงเรียนดงตาลวิทยา มีดรรชนีคุณภาพน้ำที่ไม่ได้มาตรฐาน 5 ดรรชนีคุณภาพน้ำ คือ สี, แมงกานีส, ตะกั่ว, โคลิฟอร์ม

แบคทีเรีย และฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย โรงเรียนโคกตูมวิทยา มีดรรชนีคุณภาพน้ำที่ไม่ได้มาตรฐาน 3 ดรรชนี คุณภาพน้ำ คือ แมงกานีส, ตะกั่ว, โคลิฟอร์มแบคทีเรีย โรงเรียนพระนารายณ์ มีดรรชนีคุณภาพน้ำ ที่ไม่ได้มาตรฐาน 5 ดรรชนีคุณภาพน้ำ คือ ความกระด้าง, แมงกานีส, ตะกั่ว, โคลิฟอร์มแบคทีเรียและฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย สถาบันราชภัฏเทพสตรี มีดรรชนีคุณภาพน้ำที่ไม่ได้มาตรฐาน 4 ดรรชนี คุณภาพน้ำ คือ สี, แมงกานีส, โคลิฟอร์มแบคทีเรียและฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย สถาบันราชภัฏเทพสตรี 2 มีดรรชนีคุณภาพน้ำที่ไม่ได้มาตรฐาน 2 ดรรชนีคุณภาพน้ำ คือโคลิฟอร์มแบคทีเรียและฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

บทที่ 3
การดำเนินการวิจัย

3.1 รูปแบบการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Operational research) แบบการทดลองเชิงปฏิบัติการ (Experimental study) โดยเก็บตัวอย่างน้ำดื่มจากเครื่องกรองที่ติดตั้งภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครและน้ำดื่มบรรจุขวดที่วางจำหน่ายภายในมหาวิทยาลัย การตรวจวิเคราะห์น้ำดื่มให้ได้ผลถูกต้อง แม่นยำจำเป็นต้องคำนึงถึงขั้นตอนต่างๆดังนี้

1. การเก็บตัวอย่าง
2. การรักษาคุณภาพน้ำตัวอย่าง
3. การวิเคราะห์ทดสอบจะต้องเลือกวิธีที่เหมาะสมสำหรับแต่ละการวิเคราะห์ซึ่งต้องคำนึงถึงความถูกต้องแม่นยำและขีดความสามารถของวิธีการวิเคราะห์ว่าเหมาะสมกับลักษณะตัวอย่างหรือไม่ เครื่องมืออุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ต้องเหมาะสมและได้รับการดูแลอย่างดี ผู้วิเคราะห์ต้องมีความระมัดระวังและศึกษาถึงคุณลักษณะของตัวอย่าง และวิธีการวิเคราะห์อย่างถูกต้องและรอบคอบ
4. การรายงานผล ต้องรายงานผลการวิเคราะห์ตัวอย่างถูกต้องและมีนัยสำคัญตามกระบวนการทางสถิติที่เหมาะสม

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรคือน้ำดื่มที่เก็บจากเครื่องกรองน้ำที่ติดตั้งภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครและน้ำดื่มบรรจุขวดที่วางจำหน่ายภายในมหาวิทยาลัยรวมทั้งสิ้น 30 ตัวอย่าง โดยตัวอย่างประชากรที่เก็บตามคณะต่างๆดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 รหัสและจุดเก็บตัวอย่างน้ำดื่มภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ที่	รหัส	แหล่งที่เก็บ	คณะ
1	Te 01	โรงอาหาร	คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น
2	Te 02	อาคาร 3 ชั้น 5	
3	Te 03	อาคาร 2 ชั้น 5	
4	Te 04	อาคาร 2 ชั้น 3	
5	Te 05	อาคาร 3 ชั้น 3	

ตารางที่ 3.1 รหัสและจุดเก็บตัวอย่างน้ำดื่มภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ต่อ)

ที่	รหัส	แหล่งที่เก็บ	คณะ
6	BL01	อาคาร 1 (1/1)	คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์
7	BL02	อาคาร 1 (1/2)	
8	BL03	โรงอาหาร	
9	BL04	อาคารบริหารธุรกิจ	
10	IT 01	หอประชุม	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
11	IT 02	หอประชุม	คณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน
12	IT 03	หอประชุม	
13	HA 01	อาคาร 5 ชั้น 4	คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์และ
14	HA 02	อาคาร 5 ชั้น 5	คณะสถาปัตกรรมศาสตร์และการ
15	HA 03	อาคาร 4 ชั้น 3	ออกแบบ
16	HA 04	หน้าห้องสมุด	
17	HA 05	อาคาร 6 ชั้น 2	
18	HA 06	อาคาร 6 ชั้น 4	
19	En 01	อาคารอนุสรณ์ 90 ปี ชั้น 2	คณะวิศวกรรมศาสตร์
20	En 02	อาคารอนุสรณ์ 90 ปี ชั้น 4	
21	En 03	หน้าอาคารศึกษาทั่วไป	
22	En 04	อาคารเอนกประสงค์ ชั้น 3	
23	En 05	อาคาร โรงอาหาร	
24	Sci 01	สำนักงานคณบดี	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
25	Sci 02	อาคารศึกษาทั่วไป ชั้น 3	
26	Sci 03	อาคารศึกษาทั่วไป ชั้น 4 (ถังน้ำเย็น)	
27	Sci 04	อาคารศึกษาทั่วไป ชั้น 5	
28	RM	น้ำดื่มบรรจุขวด มทรพ.	น้ำดื่มบรรจุขวดที่วางจำหน่ายภายใน
29	CR	น้ำดื่มบรรจุขวด	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระ
30	NE	น้ำดื่มบรรจุขวด	นคร

3.3 เครื่องมือและสารเคมี

3.3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ (Apparatus)

1) UV-Visible spectrophomtometer, UV-1700, Shimudzu, Japan
2) Filter paper, Whatman No.40
3) Oven, Binder FD115, Germany
4) Analytical balance, AND HM-200, Japan

3.3.2 สารเคมี (Reagents)

1) Sodium fluoride (NaF), AR grade, AJAX Finechem, Australia
2) Sulfanilic acid azochromotrop ($C_{11}H_9N_2Na_3O_{11}S_3$), AR grade, Sigma-Aldrich, USA
3) Zirconyl chloride octahydrate ($Cl_2OZr \cdot 8H_2O$), AR grade, FLUKA, Switzerland
4) Hydroxylamine hydrochloride ($NH_2OH \cdot HCl$), AR grade, AJAX Finechem, Australia
5) Ammonium acetate (CH_3COONH_4), AR grade, AJAX Finechem, Australia
6) 1,10-Phenanthroline ($C_{12}H_8N_2$), AR grade, AJAX Finechem, Australia
7) Hydrochloric acid 37% (HCl), AR grade, BDH, England
8) Acetic acid (CH_3COOH), AR grade, BDH, England
9) Ammonia solution 30% (NH_3), AR grade, Panreac, Spain
10) Iron(III) nitrate ($Fe(NO_3)_3$), AAS SpectrosoL, APS, Finechem, Australia
11) Nitric acid 70% (HNO_3), AR grade, BDH, England

3.4 วิธีการทดลอง

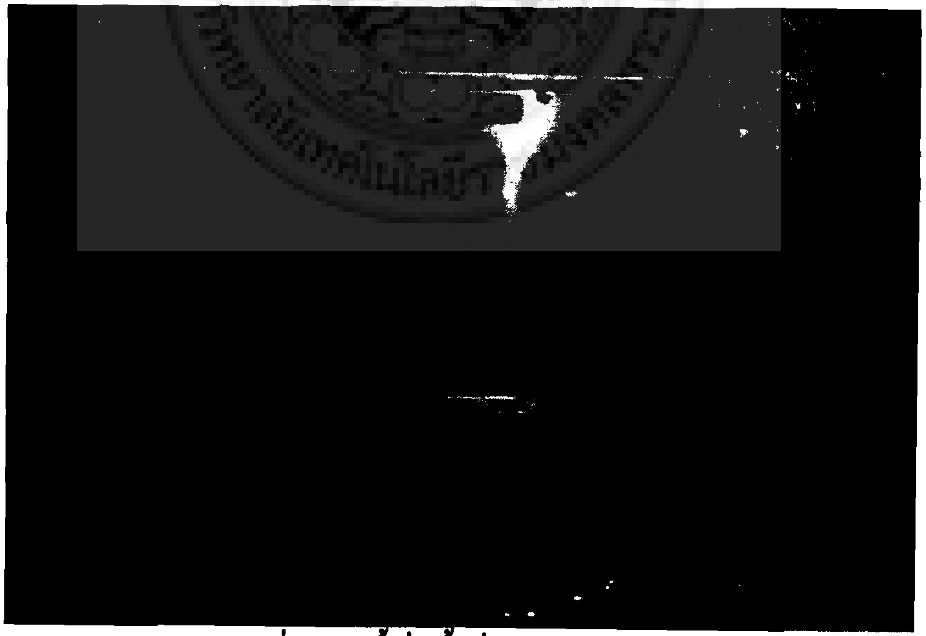
3.4.1 การเก็บตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างต้องคำนึงถึงองค์ประกอบต่างๆ ซึ่งมีผลต่อสภาพตัวอย่างและตัวอย่างที่เก็บมาสามารถเป็นตัวแทนของตัวอย่างทั้งหมดได้ เนื่องจากเราไม่สามารถจะวิเคราะห์ตัวอย่างได้ทั้งหมดจึงต้องใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสม เมื่อได้ตัวอย่างที่เหมาะสมแล้วจะต้องมีการบันทึกรายละเอียดของข้อมูลของตัวอย่าง เช่นชนิดและชื่อของตัวอย่าง สถานที่และเวลาที่เก็บตัวอย่าง การรักษาคุณภาพน้ำตัวอย่าง ในการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำควรกระทำทันทีที่ได้รับตัวอย่างแต่เนื่องจากมีรายการที่ต้องวิเคราะห์มากจึงไม่สามารถทำได้ทันทุกรายการ จึงต้องมีวิธีการเก็บรักษาคุณภาพตัวอย่างให้อยู่ในสภาพที่ดี มีความเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด ส่วนใหญ่จะใช้วิธีการแช่เย็นที่ 4 องศาเซลเซียสและต้องคอย

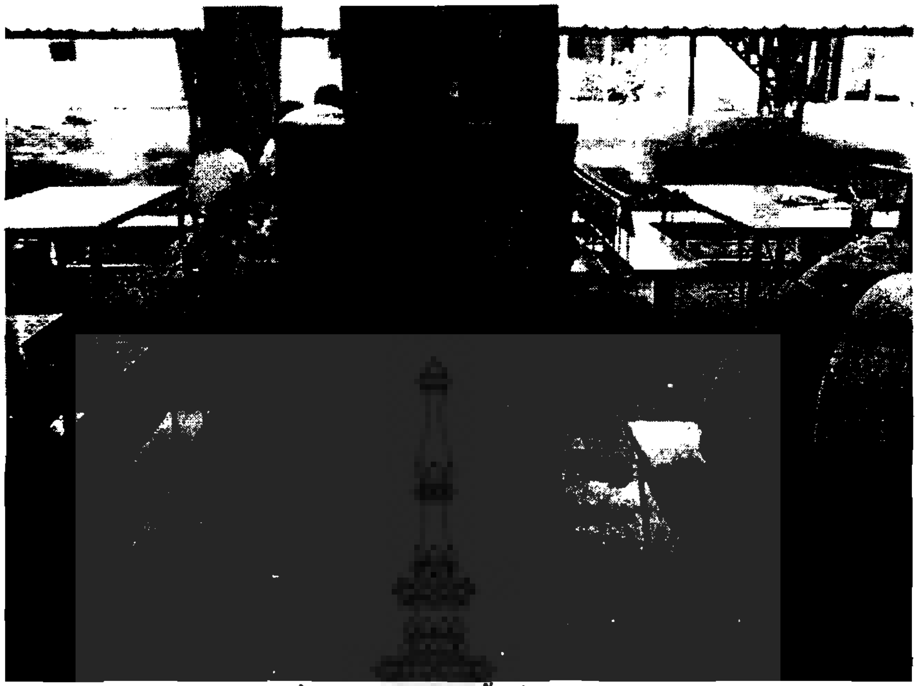
ระวังไม่ให้เป็นน้ำแข็งนอกจากนั้นยังมีวิธีการเก็บรักษาคุณภาพตัวอย่างน้ำที่เหมาะสมสำหรับแต่ละรายการที่วิเคราะห์

ถังน้ำดื่มหรือตู้น้ำเย็นที่ติดตั้งทั่วไปในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร มีหลายชนิดที่แตกต่างกันออกไป บางแห่งติดตั้งที่แต่ละชั้นของอาคารเรียน บางแห่งติดตั้งกลางแจ้ง และโดยส่วนใหญ่จะมีที่โรงอาหาร ตัวอย่างถังน้ำดื่มหรือตู้น้ำเย็นดังแสดงรูปที่ 3.1 – 3.6

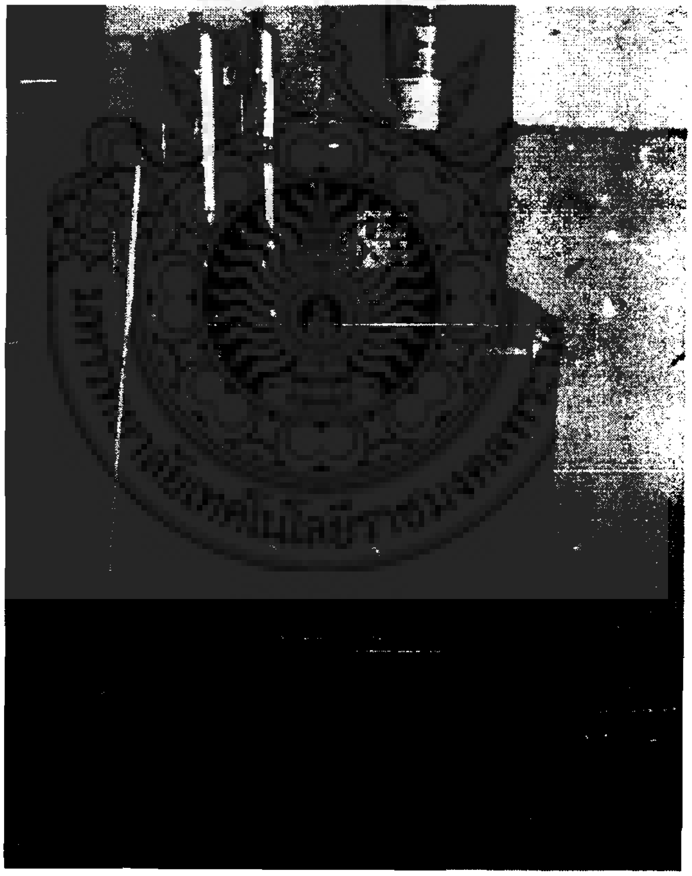
รูปที่ 3.1 โรงอาหารพื้นที่ชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ (Te 01)



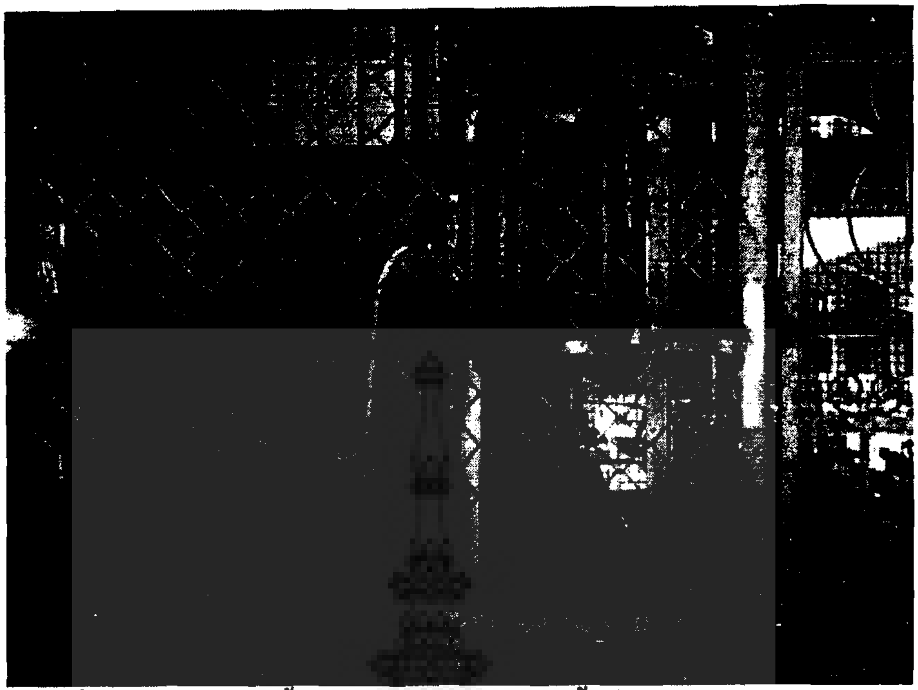
รูปที่ 3.2 ถังน้ำดื่มพื้นที่โชติเวช (HA 04)



รูปที่ 3.3 โรงอาหารพื้นที่เวศร์ (IT01)



รูปที่ 3.4 โรงอาหารพื้นที่พณิชยการพระนคร (BL03)



รูปที่ 3.5 เครื่องกรองน้ำหน้าอาคารศึกษาทั่วไป พื้นที่พระนครเหนือ (En 03)

รูปที่ 3.6 เครื่องกรองน้ำหน้าอาคาร 1 พื้นที่พณิชยการพระนคร (BL02)

รูปที่ 3.1-3.6 เป็นเพียงตัวอย่างตู้น้ำเย็นที่บริการให้แก่นักศึกษาและบุคลากรของมหาวิทยาลัย ซึ่งมีหลายแห่งที่มีการวางถังขยะหรืออุปกรณ์ทำความสะอาดพื้นไว้บริเวณนั้นด้วย หรือบางแห่งก็เต็มไปด้วยขยะ เศษกระดาษ ถุงพลาสติก คราบสกปรก ซึ่งอาจเป็นแหล่งแพร่เชื้อโรคบางชนิดได้

3.4.2 การเตรียมสารเคมี

1) สารละลายมาตรฐานเหล็กเข้มข้น 100 mg/L (10^6 µg/L)

ชั่งลวดเหล็กบริสุทธิ์หนัก 0.1000 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100 ลบ.ซม. เติมกรดไฮโดรคลอริก (50% v/v) 10 ลบ.ซม. และเติมกรดไนตริกเข้มข้น 4 ลบ.ซม. นำไปอุ่นในอ่างน้ำร้อนจนลวดเหล็กละลายหมด ถ่ายสารละลายที่ได้ลงในขวดปริมาตรขนาด 1 ลบ.ดม. และทำให้ปริมาตรครบขีดบอกปริมาตรด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1.0 โมล/ลบ.ดม.

2) 0.1% (w/v) 1,10-Phenanthroline

ละลาย 1,10-Phenanthroline ($C_{12}H_8N_2$) 0.1 กรัม ในน้ำกลั่น 100 ลบ.ซม. หยดกรดเกลือเข้มข้นลงไปจนกระทั่งได้สารละลายใส

3) 10%(w/v) Hydroxylamine hydrochloride

ละลาย Hydroxylamine hydrochloride ($NH_2OH \cdot HCl$) 10 กรัมในน้ำกลั่น 100 ลบ.ซม.

4) Ammonium acetate buffer

ละลาย Ammonium acetate (CH_3COONH_4) 250 กรัมในน้ำกลั่น100 ลบ.ซม. เติม Acetic acid 700 ลบ.ซม. เติมน้ำกลั่นจนครบ 1000 ลบ.ซม.

5) กรดอะซิติกเข้มข้น 37% (w/v)

6) Zirconyl chloride – SPADNS reagent

6.1) Reagent A : ละลาย SPADNS 0.958±0.0100 กรัม ในน้ำกลั่นจนครบ 500 ลบ.ซม. (สามารถเก็บไว้ได้นาน 1 ปี ถ้าเก็บไว้โดยไม่ให้ถูกแสง)

6.2) Reagent B : ละลาย Zirconyl chloride octahydrate 0.133±0.0050 กรัมในน้ำกลั่นจนครบ 25 ลบ.ซม. เติม conc HCl 350 ลบ.ซม. แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 500 ลบ.ซม.

ผสมสารละลายทั้งสอง (Reagent A+ Reagent B) เข้าด้วยกัน (สามารถเก็บไว้ใช้ได้นาน 2 ปี)

7) Stock fluoride solution (100 µgF^-/mL)

ละลาย anhydrous sodium fluoride (NaF) ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 110 °C อย่างน้อย 2 ชั่วโมง 0.2210 กรัมในน้ำกลั่นจนครบ 1000 ลบ.ซม.

8) Standard fluoride solution (10 µgF^-/mL)

ปิเปต Stock fluoride solution มา 100 ลบ.ซม. แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนครบ 1000 ลบ.ซม.

9) Reference solution

เติม SPADNS 10 ลบ.ซม. ลงในน้ำกลั่น 100 ลบ.ซม. ปรับให้เป็นกรดโดยการเติมสารละลายเจือจาง HCl (conc HCl 7 ลบ.ซม. ในน้ำกลั่นจนครบ 10 ลบ.ซม.) สำหรับปรับศูนย์ (Zero set) ของเครื่อง UV-Visible spectrophotometer (เตรียมใหม่ทุกวัน)

10) Sodium arsenite solution

ละลาย $NaAsO_2$ 5.0 กรัม แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนครบ 1000 ลบ.ซม.

3.4.3 ขั้นตอนการทดลอง

3.4.3.1 การทำกราฟมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณเหล็ก

1) ปิเปตสารละลายมาตรฐานเหล็กความเข้มข้น 10 μgFe/mLปริมาตร 0, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0 และ 7.0 ลบ.ซม. ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 ลบ.ซม. จำนวน 8 ใบ ตามลำดับ (ขวดที่ 1 เป็นแบลงค์)
2) เติมสารละลายไฮดรอกซีลามีนและแอมโมเนียมอะซิเตดอย่างละ 1.0 ลบ.ซม. ลงไปแต่ละขวด
3) เติมน้ำกลั่นลงไปแต่ละขวด 10 ลบ.ซม.
4) เติมสารละลายฟีแนนโทรลีน 5 ลบ.ซม. แล้วเติมน้ำกลั่นลงไปจนครบขีดปริมาตร เขย่าให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ประมาณ 10 นาทีจะได้สีของสารละลายเชิงซ้อนสีแดงของเหล็กฟีแนนโทรลีน
5) นำไปวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตรด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ เทียบกับ blank บันทึกผลการทดลอง
6) นำผลที่วัดได้ไปเขียนกราฟมาตรฐานโดยเขียนระหว่างความเข้มข้นของเหล็กรวมกับค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้

3.4.3.2 การวิเคราะห์ปริมาณเหล็ก

1) ปิเปตน้ำตัวอย่างใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 ลบ.ซม. 3 ขวดๆละ 10 ลบ.ซม.
2) ทำการทดลองเหมือนขั้นตอน 2-6 (ตอนที่ 3.5.3.1)
3) คำนวณหาปริมาณของเหล็กโดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน

3.4.3.3 การทำกราฟมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณฟลูออไรด์

1) ปิเปต Standard fluoride solution (10 $\mu gF^{-}/mL$) ปริมาตร 0, 0.2, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 5.0 และ 7.0 ลบ.ซม. ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 ลบ.ซม. จำนวน 8 ใบ (ขวดที่ 1 เป็นแบลงค์)
2) เติมสารละลาย Zirconyl chloride – SPADNS reagent 10.0 ลบ.ซม. และผสมให้เข้ากัน (ระมัดระวังการปนเปื้อน) เติมน้ำกลั่นลงไปแต่ละขวดจนครบขีดปริมาตร
3) นำไปวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 570 นาโนเมตรด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (ปรับศูนย์ของเครื่องวัดด้วย Reference solution)
4) นำผลที่วัดได้ไปเขียนกราฟมาตรฐานโดยเขียนระหว่างความเข้มข้นของฟลูออไรด์กับค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้

3.4.3.4 การวิเคราะห์ปริมาณฟลูออไรด์

1) ปิเปตน้ำตัวอย่างใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 ลบ.ซม. 3 ขวดๆละ 25 ลบ.ซม.
2) ทำการทดลองเหมือนขั้นตอน 2-4 (ตอนที่ 3.5.3.3)
3) คำนวณหาปริมาณของเหล็กโดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน

$$mgF^{-}/L = (A/B) \times (C/D)$$

เมื่อ $A = \mu g\ F^{-}$ ที่อ่านได้จากกราฟมาตรฐาน

B = ปริมาตรของสารละลาย (mL)

C/D = dilution factor

3.4.4 Standard addition methods

3.4.4.1 การวิเคราะห์ปริมาณเหล็กรวมในตัวอย่างน้ำดื่ม

1) ปิเปตน้ำตัวอย่างใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 ลบ.ซม. จำนวน 7 ขวดๆ ละ 10 ลบ.ซม.
2) ปิเปตสารละลายมาตรฐานเหล็กความเข้มข้น 10 $\mu g/mL$ ปริมาตร 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 ลบ.ซม. ลงในขวดที่ 3-7 (ขวดที่ 1 และ 2 มีแต่สารตัวอย่าง มาต้องเติมสารละลายมาตรฐานลงไป)
3) ทำการทดลองเหมือนขั้นตอน 2-6 (ตอนที่ 3.5.3.1)

4) คำนวณหาปริมาณไมโครกรัมของเหล็กที่แท้จริง (ที่เติมลงไป) และไมโครกรัมของเหล็กที่ตรวจพบ

3.4.4.2 การวิเคราะห์ปริมาณฟลูออไรด์ในตัวอย่างน้ำดื่ม

1) ปิเปตน้ำตัวอย่างใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 ลบ.ซม. จำนวน 7 ขวดๆละ 25 ลบ.ซม.
2) ปิเปต standard fluoride solution 10 μgF⁻/mL ปริมาตร 0.5, 1.0, 2.0, 3.0 และ 4.0 ลบ.ซม. ลงในขวดที่ 3-7 (ขวดที่ 1 และ 2 มีแต่สารตัวอย่างมาต้องเติมสารละลายมาตรฐานลงไป)
3) ทำการทดลองเหมือนขั้นตอน 2-4 (ตอนที่ 3.5.3.3)
4) คำนวณหาปริมาณไมโครกรัมของฟลูออไรด์ที่แท้จริง (ที่เติมลงไป) และไมโครกรัมของฟลูออไรด์ที่ตรวจพบ

10 mL Sample

↓

add 10 mL hydroxylamine, add 10 mL acetate buffer and add 10 mL deionized water

↓

add 5 ml 1,10-phenanthroline

↓

mixed 10 minutes

↓

mesure absorbance at 510 nm

รูปที่ 3.7 ขั้นตอนการวิเคราะห์ปริมาณเหล็กรวม

10 mL Sample

↓

add 10 mL Zirconylchloride – SPADNS reagent

↓

add deionized water

↓

mixed 10 minutes

↓

mesure absorbance at 570 nm

รูปที่ 3.8 ขั้นตอนการวิเคราะห์ปริมาณฟลูออไรด์

3.5 การหาความถูกต้องและ แม่นยำของการวิเคราะห์

3.5.1 การหาความถูกต้อง (Accuracy)

ทำการศึกษาความถูกต้องของการวิเคราะห์โดยหาค่าร้อยละการกลับคืน (% recovery) ของเหล็กและฟลูออไรด์ในตัวอย่างน้ำดื่ม โดยนำมาเติมสารละลายมาตรฐานของเหล็กและฟลูออไรด์ลงในตัวอย่างน้ำดื่ม แล้วนำไปวิเคราะห์ตามขั้นตอนการวิเคราะห์ แล้วคำนวณจากสมการ

$$\%recovery = \left(\frac{A-B}{C}\right)\times 100$$

เมื่อ A = ปริมาณของเหล็กและฟลูออไรด์ที่เติมรวมกับที่ตรวจพบ

B = ปริมาณของเหล็กและฟลูออไรด์ที่ตรวจพบในอาหาร

C = ปริมาณของเหล็กและฟลูออไรด์ที่เติม

3.5.2 การรายงานความแม่นยำ (Precision)

ทำการศึกษาความแม่นยำของการวิเคราะห์โดยนำตัวอย่างน้ำดื่ม 1 ตัวอย่างมาทำการวิเคราะห์ซ้ำ 11 ครั้ง ตามขั้นตอนการวิเคราะห์ จากนั้นคำนวณหาค่าการเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, SD) และร้อยละความเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (Percentage of Relative Standard Deviation, %RSD)

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(X_i-\bar{X})^2}{N-1}}$$

$$\%RSD = \left(\frac{s}{\bar{X}}\right)\times 100$$

เมื่อ %RSD = ร้อยละของความเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์

SD = ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X_i = ปริมาณที่วัดได้จากตัวอย่างแต่ละครั้ง

$\bar{X}$ = ปริมาณเฉลี่ย

N = จำนวนครั้งที่วิเคราะห์

บทที่ 4

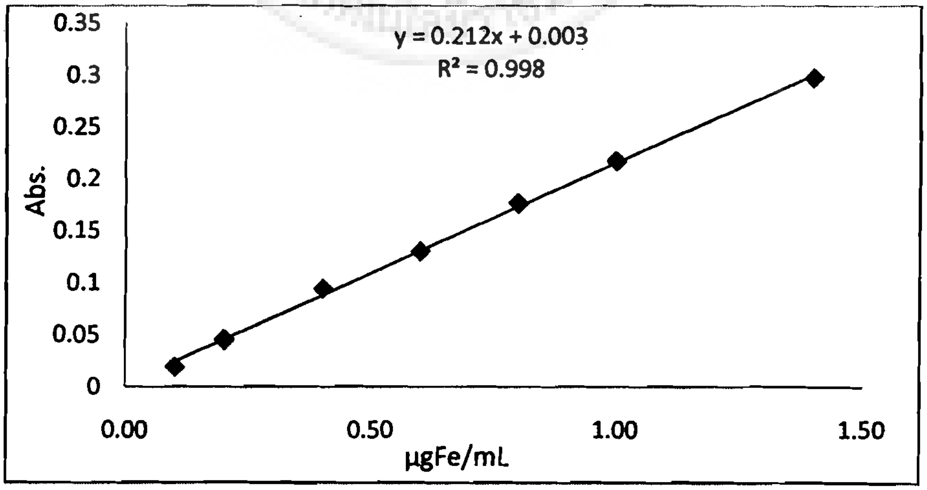
ผลการวิจัย

4.1 การสร้างกราฟมาตรฐาน (Calibration curve)

การวิจัยครั้งนี้เพื่อเป็นการวิเคราะห์เชิงปริมาณของเหล็กและฟลูออไรด์ในตัวอย่างน้ำดื่มโดยเทคนิคยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตเมทรี ดังนั้นในการทดลองจะต้องการเตรียมกราฟมาตรฐานของแต่ละดัชนีซึ่งจะเป็นความสัมพันธ์ที่เป็นเส้นตรงระหว่างความเข้มข้นของสารมาตรฐานกับค่าการดูดกลืนแสง

ตารางที่ 4.1 ผลการทำกราฟมาตรฐานของเหล็ก

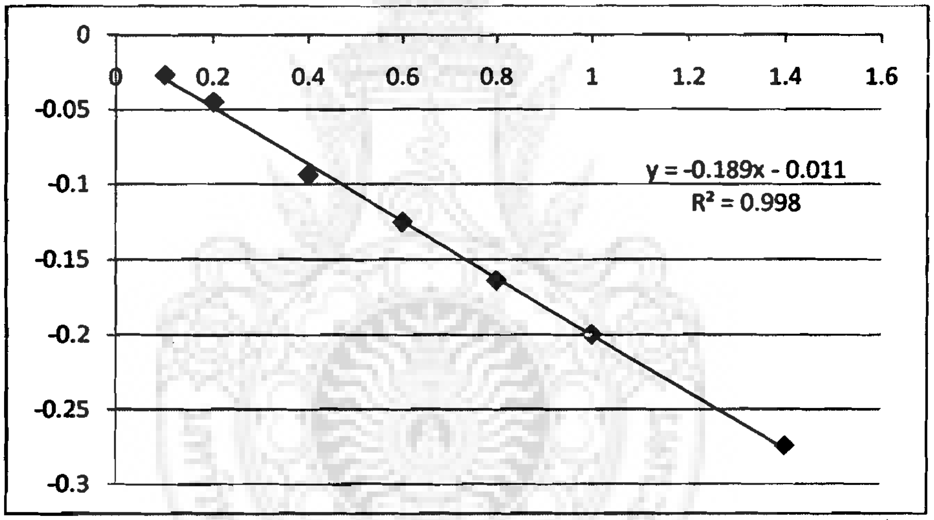
Conc. (µgFe/mL)	Absorbance at 510 nm	Linear equation
0.100	0.019	$y = 0.212x + 0.003$ $r^2 = 0.998$
0.200	0.045	
0.400	0.094	
0.600	0.130	
0.800	0.176	
1.000	0.217	
1.400	0.297	



รูปที่ 4.1 กราฟมาตรฐานของเหล็กที่ 510 nm

ตารางที่ 4.2 ผลการทำกราฟมาตรฐานของฟลูออไรด์

Conc. ($\mu gF^-/mL$)	Absorbance at 570 nm	Linear equation
0.100	- 0.027	$y = -0.189x - 0.011$ $r^2 = 0.998$
0.200	- 0.045	
0.400	- 0.094	
0.600	- 0.125	
0.800	- 0.164	
1.000	- 0.200	
1.400	- 0.274	



รูปที่ 4.2 กราฟมาตรฐานของฟลูออไรด์ที่ 570 nm

4.2 ผลการวิเคราะห์

ตัวอย่างน้ำดื่มที่เก็บจากเครื่องกรองน้ำที่ติดตั้งภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครและน้ำดื่มบรรจุขวดที่วางจำหน่ายภายในมหาวิทยาลัยรวมทั้งสิ้น 30 ตัวอย่าง โดยเก็บใน 2 ช่วงเวลา คือช่วงเดือนพฤศจิกายน 2550 (ครั้งที่ 1) และเดือนมีนาคม 2551 (ครั้งที่ 2) ดังนั้นผลการวิคราะห์ของเหล็กและฟลูออไรด์จะรายงานตามช่วงเวลาที่เก็บ

ผลการวิเคราะห์เหล็กและฟลูออไรด์ในช่วงเดือนพฤศจิกายน (ครั้งที่ 1) แสดงตารางที่ 4.3 และ 4.4 พบว่า ปริมาณเหล็กอยู่ในช่วง 0.024-0.137 μgFe/mL และฟลูออไรด์อยู่ในช่วง 0.005-0.302 $\mu gF^-/mL$ ซึ่งปริมาณของเหล็กและฟลูออไรด์ในน้ำดื่มไม่เกินค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้

ผลการวิเคราะห์เหล็กและฟลูออไรด์ในช่วงเดือนมีนาคม (ครั้งที่ 2) แสดงตารางที่ 4.5 และ 4.6 พบว่า ปริมาณเหล็กอยู่ในช่วง 0.060-0.158 µgFe/mL และฟลูออไรด์อยู่ในช่วง ND-0.286 µgF⁻/mL ซึ่งปริมาณของเหล็กและฟลูออไรด์ในน้ำดื่มไม่เกินค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์เหล็กในช่วงเดือนพฤศจิกายน (ครั้งที่ 1), n=3

No.	Code	Abs. at 510 nm	Conc. (µgFe/mL)
1	Te 01	0.019	0.075
2	Te 02	0.015	0.057
3	Te 03	0.010	0.033
4	Te 04	0.009	0.028
5	Te 05	0.015	0.057
6	BL 01	0.017	0.066
7	BL 02	0.019	0.075
8	BL 03	0.020	0.080
9	BL 04	0.018	0.071
10	IT 01	0.018	0.071
11	IT 02	0.016	0.061
12	IT 03	0.016	0.061
13	HA 01	0.021	0.085
14	HA 02	0.020	0.080
15	HA 03	0.030	0.127
16	HA 04	0.032	0.137
17	HA 05	0.031	0.132
18	HA 06	0.026	0.108
19	En 01	0.026	0.108
20	En 02	0.025	0.104
21	En 03	0.028	0.118
22	En 04	0.030	0.127
23	En 05	0.024	0.099
24	Sci 01	0.026	0.108
25	Sci 02	0.028	0.118

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์เหล็กในช่วงเดือนพฤศจิกายน (ครั้งที่ 1), n=3

No.	Code	Abs. at 510 nm	Conc. (µgFe/mL)
26	Sci 03	0.029	0.123
27	Sci 04	0.025	0.104
28	RM	0.009	0.028
29	CR	0.008	0.024
30	NE	0.008	0.024

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ฟลูออไรด์ในช่วงเดือนพฤศจิกายน (ครั้งที่ 1), n=3

No.	Code	Abs. at 570 nm	Conc. ($\mu gF^-/mL$)
1	Te 01	-0.037	0.138
2	Te 02	-0.042	0.164
3	Te 03	-0.049	0.201
4	Te 04	-0.050	0.206
5	Te 05	-0.049	0.201
6	BL 01	-0.061	0.265
7	BL 02	-0.042	0.164
8	BL 03	-0.058	0.249
9	BL 04	-0.028	0.090
10	IT 01	-0.045	0.180
11	IT 02	-0.057	0.243
12	IT 03	-0.051	0.212
13	HA 01	-0.015	0.021
14	HA 02	-0.014	0.016
15	HA 03	-0.021	0.053
16	HA 04	-0.026	0.079
17	HA 05	-0.012	0.005
18	HA 06	-0.037	0.138
19	En 01	-0.060	0.259
20	En 02	-0.052	0.217

ตารางที่ 4.4 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์ฟลูออไรด์ในช่วงเดือนพฤศจิกายน (ครั้งที่ 1), n=3

No.	Code	Abs. at 570 nm	Conc. (μgF⁻/mL)
21	En 03	-0.042	0.164
22	En 04	-0.049	0.201
23	En 05	-0.054	0.228
24	Sci 01	-0.055	0.233
25	Sci 02	-0.065	0.286
26	Sci 03	-0.068	0.302
27	Sci 04	-0.067	0.296
28	RM	-0.015	0.021
29	CR	-0.019	0.042
30	NE	-0.016	0.026

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์เหล็กในช่วงเดือนมีนาคม (ครั้งที่ 2), n=3

No.	Code	Abs. at 510 nm	Conc. (μgFe/mL)
1	Te 01	0.016	0.098
2	Te 02	0.015	0.093
3	Te 03	0.011	0.074
4	Te 04	0.011	0.074
5	Te 05	0.014	0.088
6	BL 01	0.016	0.098
7	BL 02	0.019	0.112
8	BL 03	0.020	0.116
9	BL 04	0.018	0.107
10	IT 01	0.018	0.107
11	IT 02	0.016	0.098
12	IT 03	0.016	0.098
13	HA 01	0.015	0.093
14	HA 02	0.012	0.079
15	HA 03	0.015	0.093

ตารางที่ 4.5 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์เหล็กในช่วงเดือนมีนาคม (ครั้งที่ 2), n=3

No.	Code	Abs. at 510 nm	Conc. (µgFe/mL)
16	HA 04	0.013	0.084
17	HA 05	0.016	0.098
18	HA 06	0.018	0.107
19	En 01	0.023	0.130
20	En 02	0.022	0.126
21	En 03	0.026	0.144
22	En 04	0.025	0.140
23	En 05	0.022	0.126
24	Sci 01	0.021	0.121
25	Sci 02	0.029	0.158
26	Sci 03	0.024	0.135
27	Sci 04	0.023	0.130
28	RM	0.009	0.065
29	CR	0.008	0.060
30	NE	0.008	0.060

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ฟลูออไรด์ในช่วงเดือนมีนาคม (ครั้งที่ 2), n=3

No.	Code	Abs. at 570 nm	Conc. (μgF^-/mL)
1	Te 01	-0.056	0.211
2	Te 02	-0.054	0.201
3	Te 03	-0.044	0.151
4	Te 04	-0.059	0.226
5	Te 05	-0.058	0.221
6	BL 01	-0.062	0.241
7	BL 02	-0.043	0.146
8	BL 03	-0.052	0.191
9	BL 04	-0.046	0.161
10	IT 01	-0.044	0.151

ตารางที่ 4.6 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์ฟลูออไรด์ในช่วงเดือนมีนาคม (ครั้งที่ 2), n=3

No.	Code	Abs. at 570 nm	Conc. (μgF⁻/mL)
11	IT 02	-0.058	0.221
12	IT 03	-0.046	0.161
13	HA 01	-0.039	0.126
14	HA 02	-0.045	0.156
15	HA 03	-0.066	0.261
16	HA 04	-0.051	0.186
17	HA 05	-0.035	0.106
18	HA 06	-0.037	0.116
19	En 01	-0.062	0.241
20	En 02	-0.055	0.206
21	En 03	-0.044	0.151
22	En 04	-0.045	0.156
23	En 05	-0.052	0.191
24	Sci 01	-0.068	0.271
25	Sci 02	-0.069	0.276
26	Sci 03	-0.071	0.286
27	Sci 04	-0.063	0.246
28	RM	-0.011	ND
29	CR	-0.019	0.025
30	NE	-0.016	0.010

4.3 ผลการหาความถูกต้องและแม่นยำ

4.3.1 ผลการหาความถูกต้องของการวิเคราะห์

ในการศึกษาความถูกต้องของการวิเคราะห์โดยหาค่าร้อยละการกลับคืน (% recovery) ของเหล็กและฟลูออไรด์ในตัวอย่างน้ำดื่ม จำนวน 4 ตัวอย่างคือ HA4, S1, P3, และ E3 โดยนำมาเติมสารละลายมาตรฐานของเหล็กและฟลูออไรด์ลงในตัวอย่างน้ำดื่ม แล้วนำไปวิเคราะห์ตามขั้นตอนการวิเคราะห์ ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4.7 พบว่าการวิเคราะห์เหล็กและฟลูออไรด์มีค่าร้อยละการกลับคืนอยู่ในช่วง 94.3-100.6 และ 79.9-101.7 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.7 ผลการหาความถูกต้องของการวิเคราะห์

Sample No.	Fe				F^-			
	A (µg/mL)	B (µg/mL)	C (µg/mL)	% recovery	A (µg/mL)	B (µg/mL)	C (µg/mL)	% recovery
H4	0.15	0.151	0.005	97.3	0.10	0.019	0.1	86.8
	0.45	0.109	0.005	100.6	0.50	0.019	0.5	97.8
S1	0.15	0.146	0.00	97.5	0.10	0.01	0.1	79.9
	0.45	0.453	0.00	100.6	0.50	0.01	0.5	97.5
P3	0.15	0.142	0.00	94.3	0.10	0.016	0.1	100.4
	0.45	0.448	0.00	99.6	0.50	0.016	0.5	89.9
E3	0.15	0.146	0.00	97.5	0.10	0.02	0.1	101.7
	0.45	0.434	0.00	96.4	0.50	0.02	0.5	85.9

หมายเหตุ A = ปริมาณของเหล็กและฟลูออไรด์ที่เติม

B = ปริมาณของเหล็กและฟลูออไรด์ที่เติมรวมกับที่ตรวจพบ

C = ปริมาณของเหล็กและฟลูออไรด์ที่ตรวจพบ

4.3.2 ผลการหาความแม่นยำของการวิเคราะห์

ในการศึกษาความแม่นยำของการวิเคราะห์โดยนำตัวอย่างน้ำดื่ม 1 ตัวอย่าง (H4) มาทำการวิเคราะห์ซ้ำ 11 ครั้ง ตามขั้นตอนการวิเคราะห์ จากนั้นคำนวณหาค่าการเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, SD) และร้อยละความเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (Percentage of Relative Standard Deviation, %RSD) ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4.6 พบว่ามีค่าร้อยละความเบี่ยงเบนมาตรฐานของเหล็กและฟลูออไรด์เท่ากับ 0.011 และ 0.012 ตามลำดับ (n=11) และมีค่าร้อยละความเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของเหล็กและฟลูออไรด์เท่ากับ 3.0 และ 6.6 ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.8 และ 4.9

ตารางที่ 4.8 ผลการหาความแม่นยำของการวิเคราะห์เหล็ก

No.	Fe			
	Abs.	X_i (µg/mL)	$(X_i-\bar{X})$	$(X_i-\bar{X})^2$
1	0.094	0.429	0.006	0.00004
2	0.095	0.434	0.005	0.00002
3	0.090	0.410	-0.019	0.00035
4	0.091	0.415	-0.014	0.00019

5	0.096	0.439	0.010	0.00009
6	0.089	0.406	-0.023	0.00054
7	0.091	0.415	-0.014	0.00019
8	0.092	0.420	-0.009	0.00008
9	0.095	0.434	0.005	0.00002
10	0.094	0.429	0.000	0.00000
11	0.093	0.425	-0.004	0.00002
$\bar{X}$ = 0.423 SD = 0.011 %RSD = 3.0				

ตารางที่ 4.9 ผลการหาความแม่นยำของการวิเคราะห์ฟลูออไรด์

No.	F^-			
	Abs.	X_i (µg/mL)	$(X_i-\bar{X})$	$(X_i-\bar{X})^2$
1	-0.023	0.180	-0.0067	0.00005
2	-0.028	0.206	0.0197	0.00039
3	-0.020	0.164	-0.0226	0.00051
4	-0.024	0.185	-0.0014	0.00000
5	-0.026	0.196	0.0091	0.00008
6	-0.027	0.201	0.0144	0.00021
7	-0.026	0.196	0.0091	0.00008
8	-0.022	0.175	-0.0120	0.00014
9	-0.024	0.185	-0.0014	0.00000
10	-0.023	0.180	-0.0067	0.00005
11	-0.024	0.185	-0.0014	0.00000
$\bar{X}$ = 0.187 SD = 0.012 %RSD = 6.6				

บทที่ 5
สรุปและอภิปรายผล

5.1 สรุปผลและอภิปรายผล

การวิเคราะห์ปริมาณเหล็กรวมและฟลูออไรด์ในน้ำดื่มที่เก็บภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครโดยเทคนิคยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตเมทรี ตัวอย่างน้ำดื่มถูกเก็บ 2 ช่วงเวลาคือครั้งที่ 1 ช่วงเดือนพฤศจิกายน 2550 และครั้งที่ 2 เมื่อเดือนมีนาคม 2551 โดยทำการเก็บแต่ละพื้นที่ทั้งสิ้น 5 พื้นที่ คือเทเวศร์ พณิชยการพระนคร ชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ พระนครเหนือและโชติเวช รวมจำนวนตัวอย่าง 30 ตัวอย่าง โดยตัวอย่างประชากรที่เก็บตามคณะต่างๆ ดังตารางที่ 3.1

ผลการวิเคราะห์เหล็กและฟลูออไรด์ในช่วงเดือนพฤศจิกายน (ครั้งที่ 1) ปริมาณเหล็กอยู่ในช่วง 0.024-0.137 μgFe/mL และฟลูออไรด์อยู่ในช่วง 0.005-0.302 $\mu gF^-/mL$ ซึ่ง และผลการวิเคราะห์เหล็กและฟลูออไรด์ในช่วงเดือนมีนาคม (ครั้งที่ 2) พบว่า ปริมาณเหล็กอยู่ในช่วง 0.060-0.158 μgFe/mL และฟลูออไรด์อยู่ในช่วง ND-0.286 $\mu gF^-/mL$ จากผลการวิจัยที่พบสรุปได้ว่าน้ำดื่มตัวอย่างทั้งหมดมีปริมาณของเหล็กและฟลูออไรด์ในน้ำดื่มไม่เกินค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้ โดยค่ามาตรฐานของเหล็กและฟลูออไรด์ในน้ำดื่มไม่เกิน 0.3 μgFe/mL และ 1.5 $\mu gF^-/mL$ ตามลำดับ

ค่าร้อยละการกลับคืน (% recovery) ของการวิเคราะห์ปริมาณเหล็กและฟลูออไรด์ในตัวอย่างน้ำดื่มอยู่ในช่วง 94.3-100.6 และ 79.9-101.7 ตามลำดับ และค่าการเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, SD) เท่ากับ 0.011 และ 0.012 ตามลำดับ (n=11) และมีค่าร้อยละความเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (Percentage of Relative Standard Deviation, %RSD) ของเหล็กและฟลูออไรด์เท่ากับ 3.0 และ 6.6 ตามลำดับ

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยพบว่าปริมาณของเหล็กและฟลูออไรด์ในน้ำดื่มตัวอย่างทั้งหมดไม่เกินค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้ แต่มาตรฐานน้ำดื่มยังมีดัชนีอื่นๆ อีกเช่นทางกายภาพและทางจุลินทรีย์ หรือทางเคมีก็ยังมีดัชนีอื่นอีก ดังนั้นในงานวิจัยนี้เป็นเพียงการประเมินคุณภาพน้ำในดัชนีของเหล็กและฟลูออไรด์เท่านั้น เครื่องกรองน้ำควรทำความสะอาดอย่างเป็นประจำทั้งในส่วนของชุดกรอง สายท่อ ก๊อก และโดยเฉพาะบริเวณภายรอบ เพื่อสุขอนามัยที่ดีของนักศึกษาและบุคลากรของมหาวิทยาลัย

บรรณานุกรม

1. กองบรรณาธิการ. 2538. คนไทยดื่มน้ำกันอย่างไร. **วารสารฉลาดซื้อ.** 2(9):17-26.
2. นภวรรณ อังกิติตระกูล และวิรัช เรื่องศรีตระกูล. 2540. ปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำดื่มบรรจุขวดที่จำหน่ายในจังหวัดขอนแก่น. **วารสารวิจัย มข.** 2(1): 70-77.
3. ฉัตรชัย ทองศิริกุล และคณะ. 2535. **ปริมาณฟลูออไรด์ในเครื่องดื่ม.** ภาควิชาชีววิทยาช่องปาก คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. จังหวัดขอนแก่น.
4. ไพรวัลย์ อินทร์อุดม และคณะ. 2541. **การสำรวจปริมาณฟลูออไรด์ในแหล่งน้ำดื่มของจังหวัดขอนแก่น.** ประชุมวิชการกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ.
5. วันดี รักไร่ และสรศักดิ์ วัฒเนสก์. 2546. **การตรวจสอบฟลูออไรด์ในตัวอย่างน้ำโดยใช้ชุดตรวจสอบฟลูออไรด์สร้างขึ้นเอง.** การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 29. ขอนแก่น.
6. อุษามาส จริยวรานุกุล. 2549. "รายงานการตรวจสอบคุณภาพน้ำดื่ม : กรณีศึกษามหาวิทยาลัยหอการค้าไทย". **วารสาร มกค**, 26 (2): 71-83.
7. พิชญ์อร ไหมสุทธิสกุล. 2542. "การวิเคราะห์คุณภาพน้ำดื่มภายในมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย". **วารสาร มกค.** 19 (3): 7-21.
8. ชัชวาลย์ จันทรวิจิตร. 2543. "สถานการณ์คุณภาพน้ำบริโภคและความเสี่ยงสุขภาพ". **วารวิชาการสาธารณสุข.** 9(4) : 441-449.
9. กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 2541. **สถานการณ์คุณภาพน้ำบริโภคเขตเมืองของประเทศไทย ปี 2540-2541.** กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข: กรุงเทพฯ.
10. เฉลิมชัย จันทร์แบน และประเวศ ธรรมชาติ. 2541. **การวิเคราะห์คุณภาพน้ำดื่มในสถานศึกษาสังกัดสามัญศึกษา อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรีและสถาบันราชภัฏเทพสตรี.** ปัญหาพิเศษ วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมี สถาบันราชภัฏเทพสตรี : ลพบุรี.
11. ฝ่ายวิเคราะห์น้ำ กองน้ำบาดาล. 2527. **การวิเคราะห์วิจัยน้ำ.** กรมทรัพยากรธรณี.
12. Juan A. Arancibia et.al. 2004. Fast Spectrophotometric Determination of Fluoride in Ground Waters by Flow Injection using Partial Least-Squares Calibration. ***Anal. Chim. Acta.*** 512(1): 157-163.
13. Fawell J. et al. 2006. **Fluoride in drinking-water.** Geneva : World Health Organization : WHO.
14. WHO. 1996. **Guidelines for Drinking-water Quality.** 2[nd] ed. Geneva: 231-237.

15. USEPA. 1978. **Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes,** method 340.1.

16. APHA-AWWA-WPCF. 1980. **Standard method for the examination of water and waste water.** 15th ed., Washington.

17. Bird, Harold L. Jr. 1972. **Laboratory studies in general, organic and biological chemistry.** W.H. Freeman and Company: San Francisco.

ภาคผนวก ก

(สำเนา)

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข

ฉบับที่ 61 (พ.ศ.2529)

เรื่อง น้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท

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

ข้อ 1 ให้ยกเลิก

1. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 20 (พ.ศ.2522) เรื่อง กำหนดน้ำบริโภค และเครื่องดื่มเป็นอาหารควบคุมเฉพาะ และกำหนดคุณภาพ หรือมาตรฐาน 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 2523

ข้อ 2 ให้น้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท เป็นอาหารควบคุมเฉพาะ

ข้อ 3 ให้น้ำบริโภคต้องมีคุณภาพ หรือมาตรฐาน ดังต่อไปนี้

1. คุณสมบัติทางฟิสิกส์
   - สี ต้องไม่เกิน 20 ฮาเซนยูนิก
   - 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
   - แบเรียม ไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร
   - แคดเมียม ไม่เกิน 0.01 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร
   - คลอไรด์ โดยคำนวณเป็นคลอรีน ไม่เกิน 250.0 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร
   - โครเมียม ไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร

- ทองแดง ไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร
- เหล็ก ไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร
- ตะกั่ว ไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร
- แมงกานีส ไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร
- ปรอท ไม่เกิน 0.002 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร
- ไนเตรท โดยคำนวณเป็นไนโตรเจน ไม่เกิน 4.0 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร
- ฟีนอล ไม่เกิน 0.001 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร
- ซีลีเนียม ไม่เกิน 0.01 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร
- เงิน ไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร
- ซัลเฟต ไม่เกิน 250.0 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร
- สังกะสี ไม่เกิน 5.0 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร
- ฟลูออไรด์ โดยคำนวณเป็นฟลูออรีน ไม่เกิน 1.5 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร

3. คุณสมบัติเกี่ยวกับจุลินทรีย์
    - ตรวจพบบักเตรีชนิดโคลิฟอร์ม น้อยกว่า 2.2 ต่อน้ำบริโภค 100 มิลลิกรัม โดยวิธี เอ็ม พี เอ็น (Most Probable Number)
    - ตรวจไม่พบบักเตรีชนิด อี.โคไล
    - ไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค

ข้อ 4 ภาชนะที่ใช้บรรจุน้ำบริโภค ให้ปฏิบัติตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ว่าด้วยเรื่อง ภาชนะบรรจุ และจะต้องมีลักษณะอย่างหนึ่งอย่างใด ดังต่อไปนี้ด้วย

1. เป็นภาชนะบรรจุที่ต้องมีฝา หรือจุกปิด เมื่อใช้บรรจุจะต้องปิดผนึก หรือผนึกโดยรอบระหว่างฝา หรือจุก กับขวดหรือภาชนะบรรจุ
2. เป็นภาชนะที่ปิดผนึก ซึ่งไม่ใช่ภาชนะบรรจุตาม (1)

สิ่งที่ปิดผนึก หรือส่วนที่ปิดผนึก ของภาชนะบรรจุ ตาม (1) และ (2) ต้องมีลักษณะที่เมื่อเปิดใช้ ทำให้สิ่งที่ปิดผนึก หรือส่วนที่ปิดผนึก หรือภาชนะบรรจุนั้นเสียไป

ข้อ 5 การแสดงฉลากของน้ำบริโภค ให้ปฏิบัติตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ว่าด้วยเรื่อง ฉลาก

ประกาศฉบับนี้ ไม่กระทบกระเทือนถึงใบสำคัญ การขึ้นทะเบียนตำรับอาหาร ซึ่งออกให้ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 20 (พ.ศ.2522) เรื่อง กำหนดน้ำบริโภค และเครื่องดื่ม เป็นอาหารควบคุมเฉพาะ และกำหนดคุณภาพ หรือมาตรฐาน เงื่อนไข วิธีการผลิต และฉลาก ลงวันที่ 13 กันยายน พ.ศ.2522 ซึ่งได้แก้ไขเพิ่มเติม โดยประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 20 (พ.ศ.2522) ลงวันที่ 18 มีนาคม พ.ศ. 2523 และให้ผู้ที่ได้รับใบสำคัญการขึ้นทะเบียน ตำรับอาหาร ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ดังกล่าว

มาดำเนินการแก้ไขตำรับอาหาร ให้มีรายละเอียดถูกต้อง ตามประกาศฉบับนี้ ภายในเก้าสิบวัน นับแต่วันที่ประกาศนี้ใช้บังคับ

ประกาศฉบับนี้ ให้ใช้บังคับ ตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ประกาศ ณวันที่ 7 กันยายน พ.ศ.2524
(ลงชื่อ) ส. พริ้งพวงแก้ว
รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุข

(คัดจากราชกิจจานุเบกษา เล่ม 98 ตอนที่ 157 ลงวันที่ 24 กันยายน 2524

แหล่งที่มา : ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 61 (พ.ศ. 2524) เรื่องน้ำบริโภคในภาชนะที่ปิดสนิท ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 98 ตอนที่ 157 (ฉบับพิเศษ) ลงวันที่ 24 กันยายน 2524 ซึ่งได้แก้ไขเพิ่มเติมโดย ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 135 (พ.ศ. 2534) เรื่อง น้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท (ฉบับที่ 2) ลงวันที่ 26 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2534 ตีพิมพ์ในหนังสือราชกิจจานุเบกษา เล่ม 108 ตอนที่ 61 ลงวันที่ 2 เมษายน 2534

ภาคผนวก ข

(สำเนา)

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข

ฉบับที่ 135 (พ.ศ.2534)

เรื่อง น้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท (ฉบับที่ 2)

โดยที่เป็นการสมควรแก้ไขเพิ่มเติม ข้อกำหนดเรื่อง คุณภาพ หรือมาตรฐานของน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท อาศัยอำนาจตามความ ในมาตรา 5 และมาตรา 6 (1) (2) และ (6) แห่งพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ.2522 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุข ออกประกาศไว้ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 ให้ยกเลิกความใน (จ) ของ (2) ในข้อ 3 แห่งประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 61 (พ.ศ.2524) เรื่อง น้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ลงวันที่ 7 กันยายน พ.ศ.2524 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"(จ) แคดเมียม ไม่เกิน 0.005 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร"

ข้อ 2 ให้ยกเลิกความ ใน (ฌ) และ (ญ) ของ (2) ในข้อ 3 แห่งประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 61 (พ.ศ.2524) เรื่อง น้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ลงวันที่ 7 กันยายน พ.ศ.2524 และให้ใช้ข้อความต่อไปนี้แทน

"(ฌ) ไม่เกิน 0.3 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร

(ญ) ตะกั่ว ไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร"

ข้อ 3 ให้เพิ่มความต่อไปนี้เป็น (ท) (ธ) และ (น) ของ (2) ในข้อ 3 แห่งประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 61 (พ.ศ.2524) เรื่อง น้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ลงวันที่ 7 กันยายน พ.ศ. 2524

"(ท) อะลูมิเนียม ไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร

(ธ) เอบีเอส (Alkylbenzene Sulfonate) ไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร

(น) ไซยาไนด์ ไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร"

ข้อ 4 ให้ผู้ที่ได้รับใบสำคัญ การขึ้นทะเบียนตำรับอาหาร หรือผู้ที่ได้รับอนุญาตให้ใช้ฉลากอาหาร ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 61 (พ.ศ.2524) เรื่อง น้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ลงวันที่ 7 กันยายน 2524 อยู่ ก่อนวันที่ประกาศฉบับนี้ใช้บังคับ มายื่นคำขอแก้ไขรายการให้มี

รายละเอียด ถูกต้องตามประกาศฉบับนี้ ภายในหนึ่งร้อยแปดสิบวันนับแต่วันที่ประกาศนี้ใช้บังคับ และเมื่อได้ยื่นคำขอดังกล่าวแล้ว ให้ใบสำคัญการขึ้นทะเบียนตำรับอาหาร หรือฉลากเดิมคงใช้ได้ต่อไปจนกว่าจะได้รับอนุญาตหรือจนกว่าผู้อนุญาตจะแจ้งให้ทราบถึงการไม่อนุญาต

ประกาศฉบับนี้ ให้ใช้บังคับ ตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ประกาศ ณวันที่ 26 กมภาพันธ์ พ.ศ.2534

(ลงชื่อ) อุทัย สุดสุข

ปลัดกระทรวงสาธารณสุข

ผู้ใช้อำนาจของรัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุข

(คัดจากราชกิจจานุเบกษา เล่ม 108 ตอนที่ 61 ลงวันที่ 2 เมษายน 2534)

แหล่งที่มา : ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 61 (พ.ศ. 2524) เรื่องน้ำบริโภคในภาชนะที่ปิดสนิท ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 98 ตอนที่ 157 (ฉบับพิเศษ) ลงวันที่ 24 กันยายน 2524 ซึ่งได้แก้ไขเพิ่มเติมโดย ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 135 (พ.ศ. 2534) เรื่อง น้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท (ฉบับที่ 2) ลงวันที่ 26 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2534 ตีพิมพ์ในหนังสือราชกิจจานุเบกษา เล่ม 108 ตอนที่ 61 ลงวันที่ 2 เมษายน 2534

ภาคผนวก ค

ตารางที่ ค-1 มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค

คุณลักษณะ	ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน	
			เกณฑ์กำหนดที่เหมาะสม	เกณฑ์อนุโลมสูงสุด
ทางกายภาพ	1.สี (Colour)	ปลาตินัม-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.มังกานีส (Mn)	มก./ล.	ไม่เกินกว่า 0.3	0.5
	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 disslved solids)	มก./ล.	ไม่เกินกว่า 600	1,200
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
ทางบักเตรี	21.บักเตรีที่ตรวจพบโดยวิธี Standard plate count	โคโลนีต่อ ลบ.ซม.	ไม่เกินกว่า 500	-
	22.บักเตรีที่ตรวจพบโดยวิธี Most Probable Number (MPN)	เอ็ม.พี.เอ็น ต่อ 100 ลบ.ซม.	น้อยกว่า 2.2	-
	23.อี.โคไล (E.coli)	-	ต้องไม่มีเลย	-

แหล่งที่มา : ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2542) ออกตามความในพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์และมาตรการในทางวิชาการสำหรับการป้องกันด้านสาธารณสุขและป้องกันสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 112 ตอนที่ 29 ง ลงวันที่ 13 เมษายน 2542

ภาคผนวก ง

ตารางที่ ง-1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค

คุณลักษณะ	ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน	
			เกณฑ์กำหนดสูงสุด (Maximum Acceptable Concentration)	เกณฑ์อนุโลมสูงสุด[a] (Maximum Allowable Concentration)
ทางกายภาพ	1.สี (Colour)	Platinum-Cobalt	5	15
	2.รส (Taste)	-	ไม่เป็นที่รังเกียจ	ไม่เป็นที่รังเกียจ
	3.กลิ่น (Odour)	-	ไม่เป็นที่รังเกียจ	ไม่เป็นที่รังเกียจ
	4.ความขุ่น (Turbidity)	Silica scale unit	5	20
	5.ความเป็นกรด-ด่าง(pH)	-	6.5-8.5	9.2
ทางเคมี	6.ปริมาณสารทั้งหมด(Total Solids)	มก./ล.	500	1,500
	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
	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
สารพิษ	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	-
ทางบักเตรี	28.แสตนดาร์คเพลตเคานต์ (Standard Plate Count)	Colonies/cm^3	500	-
	29.เอ็มพีเอ็น (MPN)	Coliform organism /100 cm^3	น้อยกว่า 2.2	-
	30.อีโคไล (E.coli)		ไม่มี	-

หมายเหตุ : [a] เกณฑ์ที่อนุโลมให้สูงสุดเป็นเกณฑ์ที่อนุญาตให้สำหรับน้ำประปาหรือน้ำบาดาลที่มีความจำเป็นต้องใช้บริโภคเป็นการชั่วคราวและน้ำที่มีคุณลักษณะอยู่ในระหว่างเกณฑ์กำหนดสูงสุด กับเกณฑ์อนุโลมสูงสุดนั้นไม่ใช่น้ำที่ให้เครื่องหมายมาตรฐานได้

[b] หากคัลเซียมมีปริมาณสูงกว่าที่กำหนด และมักเนเซียม มีปริมาณต่ำกว่าที่กำหนดในมาตรฐานให้พิจารณาคัลเซียมและมักเนเซียมในเทอมของความกระด้างทั้งหมด (Total Hardness) ถ้ารวมความกระด้างทั้งหมดเมื่อคำนวณเป็นคัลเซียมคาร์บอเนต มีปริมาณต่ำกว่า 300 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ถือว่าน้ำนั้นเป็นไปตามมาตรฐานการแบ่งระดับความกระด้างของน้ำดังต่อไปนี้

0 ถึง 75 มิลลิกรัมต่อลิตร เรียก น้ำอ่อน

75 ถึง 150 มิลลิกรัมต่อลิตร เรียก น้ำกระด้างปานกลาง

150 ถึง 300 มิลลิกรัมต่อลิตร เรียก น้ำกระด้าง

300 มิลลิกรัมต่อลิตรขึ้นไป เรียก น้ำกระด้างมาก

[c] หากซัลเฟต มีปริมาณถึง 250 มิลลิกรัมต่อลิตร มักเนเซียม ต้องมีปริมาณไม่เกิน 30 มิลลิกรัมต่อลิตร (มิลลิกรัมต่อลิตร = มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร)

แหล่งที่มา : ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 332 (พ.ศ. 2521) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511