



รายงานการวิจัย

การวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในน้ำประปา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

Heavy Metal Analysis of Tap Water in Phetchabun Rajabhat University

วรินทร์ ขาดิสุภาพและคณะ
งานศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในน้ำประปา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

Heavy Metal Analysis of Tap Water in Phetchabun Rajabhat University

โดย

วรินทร์ ขาดิสภาพ

งานศูนย์วิทยาศาสตร์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

อาจารย์ ดร.เสาวภา ชูมณี

สาขาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ทุนอุดหนุนวิจัยโดยงบประมาณรายได้มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประเภททุนอุดหนุนงานวิจัยสถาบัน

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563

หัวข้อวิจัย	การวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในน้ำประปา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ผู้วิจัย	นางสาววรินธร ชาติสุภาพ
ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร.เสาวภา ชุมณี
หน่วยงาน	งานศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ปี พ.ศ. 2563

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ วิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในน้ำประปา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ให้ทราบปริมาณโลหะหนักในน้ำประปา มีข้อมูลปริมาณโลหะหนักในน้ำประปา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ไว้เป็นแนวทางเพื่อปรับปรุง แก้ไขและพัฒนาต่อไป จากการวิจัยพบว่าการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในน้ำประปา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ โดยใช้เทคนิค Atomic Absorption Spectrophotometer ในช่วงเดือน มกราคม ถึง เดือนมิถุนายน จำนวน 6 เดือน สามารถสรุปได้ดังนี้ ผลการวิเคราะห์ เหล็กมีปริมาณสูงที่สุด คือ 0.3215 มิลลิกรัมต่อลิตรในเดือน พฤษภาคม แมงกานีสมีปริมาณสูงที่สุดคือ 0.1225 มิลลิกรัมต่อลิตรในเดือนมีนาคม คอปเปอร์ตรวจไม่พบ ในระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน สังกะสีมีปริมาณสูงที่สุด คือ 0.0306 มิลลิกรัมต่อลิตรในเดือนมกราคม ตะกั่ว ตรวจไม่พบในระหว่างเดือน มกราคม ถึง เดือนมิถุนายน ตามลำดับ โดยเมื่อนำค่ามาเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำบริโภคตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก 257-2549 พบว่า อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

คำสำคัญ : โลหะหนัก, น้ำประปา

หัวข้อวิจัย Heavy Metal Analysis of Tap Water in Phetchabun Rajabhat University
ผู้วิจัย Miss warinthorn chatsuphaphp
ที่ปรึกษา Dr.Saowapa Chumanee
หน่วยงาน Science Center Job Faculty of Science and Technogoly Phetchabun Rajabhut University, 2563

Abstract

The objective in this study was heavy metal analysis in tap water at Phetchaun Rajabhat University. The data of this research was advantageous for improve the quality of heavy metal content in tap water at Phetchaun Rajabhat University. The results found that heavy metal in tap water at Phetchaun Rajabhat University was analyzed by Atomic Absorption Spectrophotometer in 6 months during January to June. Iron metal had 0.3215 mg/ L of the highest content in May, manganese had 0.1225 mg/L of the highest content in March, copper had not detected during January to June, zinc had 0.0306 mg/L of the highest content in January and lead had not detected during January to June, respectively. The results was met in drinking water standard by Industrial product standards 257-2549.

Keyword: safety laboratory, safety culture

(ค)

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยคำแนะนำต่าง ๆ จากคณาจารย์ในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ และความร่วมมือช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากบุคคลหลายฝ่าย ที่สละเวลาให้คำแนะนำคำปรึกษา รวมถึงข้อเสนอแนะต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.เสาวภา ชุมณีเป็นอย่างสูง ที่ได้ให้ความกรุณาให้คำปรึกษาแนะนำให้แก่ผู้วิจัย ขอขอบพระคุณ ศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ได้ให้ความกรุณาด้านข้อมูลและสถานที่ทำวิจัย ขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ที่ได้ให้ทุนการวิจัยประเภททุนอุดหนุนงานวิจัยสถาบันครั้งนี้มา ณ ที่นี้ด้วย

วรินทร์ ขาดิสภาพ

28 สิงหาคม 2563

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	จ
สารบัญภาพ.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.5 นิยามศัพท์.....	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (พร้อมด้วยระบบอ้างอิงที่ถูกต้อง).....	4
2.1 เอกสารที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	20
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	23
3.1 ศึกษาเอกสาร วิธีทดสอบตามมาตรฐาน และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	23
3.2 วางแผน และเตรียมเครื่องมือปฏิบัติการวิจัย.....	23
3.3 วิธีการทดลอง.....	24
3.4 ขั้นตอนการทดสอบ.....	24
3.5 วิธีวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ.....	24
3.6 วิธีสร้างกราฟมาตรฐาน.....	25
3.7 การควบคุมคุณภาพผลการทดสอบ.....	25
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล.....	26
4.1 ผลการวิจัยและอภิปรายผล.....	26
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ.....	31
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	31
บรรณานุกรม.....	32
ภาคผนวก.....	33
ภาคผนวก ก มาตรฐานน้ำบริโภค.....	34
ภาคผนวก ข ภาพขั้นตอนการวิเคราะห์.....	49
ประวัติคณะผู้วิจัย.....	52

(จ)

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2-1	เกณฑ์คุณภาพน้ำประปา.....	7
2-3	วิธีการกำจัดสารอินทรีย์ต่างๆ ออกจากน้ำประปา.....	9
2-4	คุณสมบัติที่สำคัญของสารเคมีที่ใช้ในระบบน้ำประปา.....	10
3-1	ความเข้มข้นของสารมาตรฐาน.....	25
4-1	แสดงผลค่าปริมาณโลหะหนัก.....	26
4-2	ตารางเปรียบเทียบผลปริมาณโลหะหนักกับค่ามาตรฐานน้ำประปา.....	27

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
2-1 ขั้นตอนการผลิตน้ำประปา.....	15
2-2 ระบบผลิตน้ำบริสุทธิ์หรือระบบผลิตน้ำปราศจากแร่ธาตุ..... (Demineralization Plant)	11
2-3 การเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานจากสถานะพื้น(ground state)..... เป็นสถานะกระตุ้น(exited state)	17
4-1 กราฟมาตรฐานของตะกั่ว.....	28
4-2 กราฟมาตรฐานของคอปเปอร์.....	28
4-3 กราฟมาตรฐานของเหล็ก.....	29
4-4 กราฟมาตรฐานของแมงกานีส.....	29
4-5 กราฟมาตรฐานของสังกะสี.....	30
ข-1 ตัวอย่างน้ำประปา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.....	50
ข-2 การวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในน้ำประปา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์..... โดยเครื่อง atomic absorbtion spectrometer (AAS)	50
ข-3 การย่อยตัวอย่างน้ำประปา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.....	51
ข-4 ขั้นตอนการปรับปริมาตรตัวอย่าง.....	51

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

น้ำ ถือเป็นสาธารณูปโภคที่มีความสำคัญ ที่สุดสำหรับมนุษย์ก็ว่าได้ ว่ากันว่าคนเรา สามารถอดอาหารได้นานถึง 7 วัน แต่ทนอดน้ำ ได้ไม่เกิน 3 วัน เนื่องจากน้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญ สำหรับกระบวนการต่างๆ ภายในร่างกายของ เรา นอกจากความสำคัญในเรื่องการหล่อเลี้ยงร่างกายแล้ว น้ำยังจำเป็นสำหรับการซักล้าง ทำความสะอาดด้วย น้ำจากธรรมชาติที่คนเราใช้ในการอุปโภค บริโภค มาตั้งแต่ในอดีต คือ น้ำในแม่น้ำ และห้วย หนอง คลอง บึง ต่างๆ แต่ในพื้นที่ที่ทางไกลแหล่งน้ำธรรมชาติ ก็สามารถใช้น้ำฝนในการ บริโภค และน้ำบาดาลในการอุปโภคได้ หากแต่การนำน้ำจากธรรมชาติ มาใช้อาจต้องผ่านกระบวนการทำให้น้ำสะอาด ก่อนที่จะนำมาอุปโภค บริโภค หลายหลายวิธี กว่าจะเป็นน้ำสะอาด การทำน้ำให้สะอาดมีด้วยกันหลายหลายวิธี เช่น การกลั่น เป็นกระบวนการต้มน้ำให้กลายเป็นไอและไอน้ำควบแน่น กลายเป็นน้ำอีกครั้งน้ำที่ได้จะสะอาดบริสุทธิ์ที่สุด แต่ไม่เหมาะกับการบริโภค เนื่องจากไม่มีแร่ธาตุหลงเหลืออยู่แล้ว การกรอง กระบวนการแยกสารที่ไม่ละลายน้ำออกจากน้ำ โดยผ่านกระดาษกรองหรือวัสดุกรอง เช่น กรวด หิน ดิน ทราย และถ่าน แต่การกรองไม่สามารถกำจัดเชื้อโรคได้ การต้ม เป็นการฆ่าเชื้อโรคด้วยความร้อน การตกตะกอน โดยการใสสารสมแกวลงในน้ำเพื่อให้ น้ำตกตะกอน ช่วยให้น้ำใสขึ้น และการทำน้ำประปา ซึ่งเป็นการตกตะกอนและฆ่าเชื้อโรค

การตรวจวิเคราะห์และทดสอบคุณภาพน้ำแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำภาคสนาม และการตรวจวิเคราะห์และทดสอบคุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการ การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำในภาคสนาม การตรวจวิเคราะห์และทดสอบตัวอย่างน้ำในห้องปฏิบัติการ การตรวจวิเคราะห์และทดสอบตัวอย่างน้ำในห้องปฏิบัติการ ควรตรวจวิเคราะห์ทุกปี โดยทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้ง 3 ด้าน ดังนี้ คุณสมบัติทางกายภาพ หมายถึง การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าหรือสามารถ ดมกลิ่นชิมรสได้ ได้แก่ ความขุ่น รส กลิ่น สี และอุณหภูมิ คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ความเป็นกรด – ด่าง เหล็ก ปริมาณสารละลายที่เหลือจากการระเหย ความกระด้าง เหล็ก ซัลเฟต คลอไรด์ ไนเตรท ฟลูออไรด์ แมงกานีส ทองแดง สังกะสี ตะกั่ว โครเมียม แคดเมียม สารหนูและปรอท คุณสมบัติทางชีววิทยา หมายถึง ตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ที่เป็นดัชนีบอกให้ทราบว่าน้ำเหมาะสมจะใช้บริโภคหรือไม่ ได้แก่ โคลิฟอร์มแบคทีเรีย และฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

งานวิจัยนี้วิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในน้ำประปา คือ แมงกานีส ทองแดง สังกะสี ตะกั่วและเหล็ก โดยใช้เทคนิค AAS ในการหาปริมาณโลหะหนักและแร่ธาตุ อาศัยหลักการใช้ความร้อนไปทำให้สารประกอบโลหะและแร่ธาตุเปลี่ยนเป็นอะตอม (atomization) อะตอมเหล่านี้จะถูกดูดกลืนแสง (absorb) ที่ความยาวคลื่นที่เหมาะสม โดยค่า absorbance จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอะตอม

ค่ามาตรฐานโลหะหนักในน้ำประปา โดยทั่วไป แมงกานีสจะมีค่าอยู่ในช่วงไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ทองแดงจะมีค่าอยู่ในช่วงไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร สังกะสีจะมีค่าอยู่ในช่วงไม่เกิน 3.0 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ตะกั่วจะมีค่าอยู่ในช่วงไม่เกิน 0.01 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร และเหล็กจะมีค่าอยู่ในช่วงไม่เกิน 0.3 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค มอก.257-2549)

จากเนื้อหาที่กล่าวมาข้างต้น มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ มีแหล่งน้ำดิบในการผลิตน้ำประปามาจากหลายแหล่ง เช่น บริเวณแหล่งน้ำหนองนารี สระน้ำบริเวณหลังมหาวิทยาลัยและน้ำบาดาล ซึ่งมีความหลากหลายของแหล่งน้ำ ทำให้มีความจำเป็นที่ต้องวิเคราะห์เพื่อให้ทราบปริมาณโลหะหนักที่มีในน้ำประปา เป็นข้อมูลทางสถิติไว้เป็นแนวทางเพื่อปรับปรุง แก้ไขและพัฒนาให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้ใช้น้ำประปาเพื่ออุปโภคและบริโภคต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

เพื่อวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในน้ำประปา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 โรงผลิตน้ำประปา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

1.3.2 การเก็บตัวอย่าง จำนวน 1 ครั้งต่อ 1 เดือน (เดือนมกราคม – เดือนมิถุนายน 2563)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบปริมาณโลหะหนักในน้ำประปา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

1.4.2 งานพัฒนากายภาพและสิ่งแวดล้อม(หน่วยประปา) มีข้อมูลปริมาณโลหะหนักในน้ำประปา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ไว้เป็นแนวทางเพื่อปรับปรุง แก้ไขและพัฒนาต่อไป

1.5 นิยามศัพท์

โลหะหนัก หมายถึง ธาตุที่มีค่าความถ่วงจำเพาะมากกว่าน้ำ 5 เท่า ขึ้นไป ซึ่งโลหะหนักบางชนิดมีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น แมงกานีส (Mn), เหล็ก (Fe), ทองแดง (Cu) และสังกะสี (Zn) เป็นต้น แต่โลหะหนักบางชนิดมีความเป็นพิษต่อร่างกาย เช่น ปรอท (Hg), ตะกั่ว (Pb) และแคดเมียม (Cd) นอกจากนี้สารหนู (As) ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มธาตุกึ่งโลหะ (Metalloid) แต่สารหนูมีความเป็นพิษต่อร่างกาย จึงมักจะถูกรวมอยู่ในกลุ่มโลหะหนักที่มีความเป็นพิษด้วย โลหะหนักเหล่านี้สามารถเกิดขึ้นได้เองในธรรมชาติ โดยอาจมาจากการทำเหมืองแร่โรงงานผลิตสารเคมี โรงงานผลิตไฟฟ้าโดยใช้ถ่านหิน การทำแบตเตอรี่ การใช้ปุ๋ยและยากำจัดศัตรูพืชในการเกษตรกรรม แล้วจะถูกปลดปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมและบรรยากาศ หากไม่มีการบริหารจัดการกากของเสียที่ดี จะทำให้เกิดการปนเปื้อนโลหะหนักเหล่านี้ในสิ่งแวดล้อมและเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารได้ ทำให้เกิดปัญหาการปนเปื้อนในอาหารสูงเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่อนุญาตให้บริโภคได้อย่างปลอดภัย ถ้าคนหรือสัตว์เลี้ยงที่บริโภคอาหารและน้ำที่มีโลหะหนักปนเปื้อนเป็นเวลานาน ก็จะทำให้เกิดการสะสมและอาจเกิดอันตรายต่อร่างกายได้ โลหะหนักที่ถูกกำหนดไว้ในมาตรฐานอาหารส่วนใหญ่ ได้แก่ สารหนู ตะกั่ว แคดเมียม และปรอท

น้ำประปา หมายถึง หรือ น้ำก๊อก คือ น้ำที่ไหลออกมาจากก๊อกน้ำ เริ่มใช้กันมาตั้งแต่ปลายคริสต์ศตวรรษที่ 19 และเป็นสาธารณูปโภคพื้นฐานที่จำเป็นในปัจจุบัน น้ำประปาผลิตมาจากน้ำดิบ สูดเข้าไปยังถังพักตกตะกอน และผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อโรค จากนั้นจึงเพิ่มแรงดันและส่งไปยังท่อน้ำต่างๆ ในบ้านของผู้ใช้น้ำ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 คุณภาพน้ำ

ความเหมาะสมของน้ำเพื่อใช้ในกิจกรรมเฉพาะของมนุษย์คุณภาพของน้ำตามแหล่งน้ำธรรมชาติ จะเปลี่ยนแปลงไป มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยของสภาพแวดล้อมเป็นสำคัญ ได้แก่ สภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ ลักษณะของธรณีวิทยา พืชพรรณธรรมชาติ รวมถึงกิจกรรมของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ

คุณภาพน้ำประกอบด้วย

1. คุณภาพน้ำทางกายภาพ ได้แก่ น้ำมีสารแขวนลอย สี กลิ่น รส ความขุ่น การนำไฟฟ้า อุณหภูมิ เป็นต้น

2. คุณภาพน้ำทางเคมี ได้แก่ ความเป็นกรดต่าง ความเป็นด่าง ความกระด้าง ออกซิเจนละลายน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ ไนเตรต (NO_3^-) ไนไตรต์ (NO_2^-) แอมโมเนีย (NH_4^{+1}) ฟอสเฟต (PO_4^-) ปริมาณความต้องการออกซิเจน (BOD) คลอไรด์ ความเค็ม ซัลเฟต ยาปราบศัตรูพืช โลหะหนัก ผงซักฟอก คลอโรฟิล เป็นต้น

3. คุณภาพของน้ำทางชีวภาพ ได้แก่ น้ำที่มีสิ่งมีชีวิตเจือปน เช่น แพลงก์ตอนพืชและสัตว์ แบคทีเรีย พืชน้ำ และเชื้อโรคอื่น ๆ เป็นต้น

สีของน้ำ (Color of water)

สีของน้ำตามธรรมชาติ เป็นผลจากการที่น้ำไหลผ่านสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ เช่น ใบไม้ ใบหญ้า ซากสัตว์ ซึ่งมีลิกนินเป็นองค์ประกอบ เมื่อสลายตัวจะให้สารพวกแทนนิน กรดฮิวมิก และฮิวเมต ซึ่งเป็นสารมีสีจากอ็อกซิเจนของ โลหะในน้ำ เช่น เหล็ก แมงกานีสจากแพลงค์-ตอน และจากการปะปนของน้ำทั้งจากโรงงานอุตสาหกรรม สีของน้ำตามธรรมชาติมีค่าตั้งแต่ 1 หน่วยถึงมากกว่า 200 หน่วยมาตรฐาน

ความขุ่น (Turbidity)

น้ำที่มีสารแขวนลอย ซึ่งขัดขวางทางเดินแสงที่ผ่านน้ำนั้น ความขุ่นขึ้นของน้ำเกิดจากการที่น้ำมีสิ่งแขวนลอยอยู่ เช่น ดินละเอียด หรือ อินทรีย์สาร แพลงค์ตอน และสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ สารพวกที่จะทำให้เกิดการกระจัดกระจาย (Scattered) และดูดซึม (Absorbed) ของแสง แทนที่จะปล่อยให้แสงผ่านเป็นเส้นตรง กำหนดมาตรฐานน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลก ความขุ่นระดับสูงสุดที่ควรมีได้ 5 เจ ที ยู ระดับสูงสุดที่ยอมให้มี 25

อุณหภูมิของน้ำ (Temperature)

อุณหภูมิของน้ำตามธรรมชาติในแหล่งน้ำจะผันแปรตามอุณหภูมิของอากาศขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงจากดวงอาทิตย์ กระแสลม ความลึก ปริมาณสารแขวนลอยหรือความขุ่นของแหล่งน้ำ ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำจะมีอัตราผกผัน กับอุณหภูมิของน้ำ คือ อุณหภูมิสูงขึ้นปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำจะลดลง

การนำไฟฟ้าของน้ำ (electrical conductivity of water)

การนำไฟฟ้า คือ ความสามารถของน้ำที่จะให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ซึ่งขึ้นอยู่กับความเข้มข้นชนิดของไอออนที่มีอยู่ในน้ำ และอุณหภูมิ น้ำที่มีไอออนของสารต่าง ๆ ละลายอยู่สามารถนำไฟฟ้าได้ ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำธรรมชาติโดยทั่วไป มีค่าระหว่าง 0.1 - 5.0 ไมโครโมห์ต่อเซนติเมตร

ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

ความเป็นกรดเป็นด่างหรือ pH มาจากคำว่า positive potential of the hydrogen ions เกิดจากประจุบวก Ca^{++} , Mg^{++} และ K^+ จะเข้าไปสะเทินกับ H^+ ในสารละลายดินทำให้ pH ของดินเพิ่มขึ้น ซึ่งจะมีผลทำให้ pH ของน้ำที่ไหลผ่านพื้นที่นั้นแปรผันไปตามระดับ pH ของดินด้วย

ความกระด้าง (hardness)

ความกระด้างของน้ำ หมายถึง ความสามารถในการจะทำให้สบู่ตกตะกอนได้โดยไอออน Ca^{3+} และ Mg^{++} ในน้ำเป็น ส่วนใหญ่ แต่อาจจะตก ตะกอนโดยไอออนตัวอื่น เช่น Al^{3+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Sr^{2+} , Zn^{2+} ได้ด้วย เนื่องจากไอออน 2 ตัวแรกคือ Ca^{2+} , Mg^{2+} มีมากในน้ำธรรมชาติจึงใช้ Ca^{2+} และ Mg^{2+} ที่อยู่ในรูป CaCO_3 (มิลลิกรัมต่อลิตร) เป็นตัววัดความ กระด้างของน้ำ ระดับความกระด้างของน้ำ แบ่งเป็น 4 ระดับ 0-75, 75-150, 150-300 และมากกว่า 300 มิลลิกรัมต่อลิตร ในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต CaCO_3 (ไมตรี และ จารุวรรณ (2528) ส่วน Garland ได้แบ่งความกระด้างของน้ำตาม ธรรมชาติ 3 ระดับ ปริมาณความกระด้างน้อย 0-60, 60-120 และมากกว่า 120 มิลลิกรัมต่อลิตร ในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต เป็นน้ำกระด้างชั่วคราว และน้ำกระด้างถาวร

ของแข็งทั้งหมดในน้ำ (Total Solids)

ของแข็งทั้งหมดในน้ำ หมายถึง ของแข็งที่เป็นสารแขวนลอย Suspended solids ตะกอนและสารที่ละลายน้ำได้ส่วนใหญ่ เป็นเกลืออนินทรีย์ มีอินทรีย์สารและก๊าซน้อย สารที่เหลืออยู่เป็นตะกอน ภายหลังจากที่ผ่านการระเหย แห้งน้ำตามธรรมชาติจะมีค่าของแข็งทั้งหมดในน้ำระหว่าง 0-500 มิลลิกรัมต่อลิตร มาตรฐานน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลกว่า ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำระดับสูงสุดที่ควรมีได้ 500 มิลลิกรัมต่อลิตรระดับสูงสุดที่ยอมรับได้ 1,500 มิลลิกรัมต่อลิตร (รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2538 – 2539)

2.1.2 มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำ

มาตรา 32 แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 บัญญัติให้คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติกำหนดมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมเพื่อเป็นเป้าหมายในการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม ซึ่งมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม นี้จะต้องอาศัยหลักวิชาการและหลักการทางวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐานโดยจะต้องคำนึงถึงความเป็นไปได้ในเชิงเศรษฐกิจ สังคม และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง

1) มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำเป็นมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมชนิดหนึ่ง มีวัตถุประสงค์

1. เพื่อควบคุมและรักษาคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำให้เหมาะสมกับการใช้ประโยชน์และมีความปลอดภัยต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน

2. เพื่ออนุรักษ์ทรัพยากร และสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติสำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ ได้นำเสนอมาตรฐานคุณภาพแหล่ง น้ำ 2 ฉบับ คือ มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำ

ผิวดิน และมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง ต่อคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติซึ่ง ฯ พณฯ นายกรัฐมนตรี ในฐานะประธานคณะกรรมการ สิ่งแวดล้อมแห่งชาติได้ลงนามเมื่อวันที่ 20 มกราคม 2537

หลักการสำคัญในการกำหนดมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำ ได้แก่การกำหนดค่ามาตรฐาน เพื่อรักษาคุณภาพน้ำให้เหมาะสมกับการใช้ประโยชน์การจัดแบ่งลักษณะการใช้ประโยชน์ของแหล่งน้ำ และการกำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการตรวจสอบคุณภาพน้ำ

2) หลักเกณฑ์ในการพิจารณากำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำ ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำที่ได้จัดทำขึ้น มีหลักเกณฑ์ที่สำคัญดังนี้

1. ความเหมาะสมต่อการนำมาใช้ประโยชน์ในกิจกรรมต่อละประเภทในกรณีที่แหล่งน้ำ นั้นมีการใช้ประโยชน์หลายด้าน (Multi Purposes) โดยคำนึงถึงการใช้ประโยชน์หลักเป็นสำคัญ ทั้งนี้ ระดับมาตรฐานจะไม่ขัดแย้งต่อการใช้ประโยชน์หลายด้านพร้อมกัน

2. สถานการณ์คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำหลักของประเทศและแนวโน้มของคุณภาพน้ำที่ อาจมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการพัฒนาด้านต่างๆในอนาคต

3. คำนึงถึงสุขภาพและความปลอดภัยของชีวิตมนุษย์และสัตว์น้ำส่วนใหญ่

4. ความรู้สึกพึงพอใจในการยอมรับระดับคุณภาพน้ำในเขตต่างๆของประชาชนในพื้นที่ ลุ่มน้ำหลักและของประชาชนส่วนใหญ่

อย่างไรก็ตาม การปรับปรุงค่ามาตรฐานในอนาคต จำเป็นจะต้องพิจารณาถึงความ เหมาะสมของระดับการลงทุน และภาวะทางเศรษฐกิจในพื้นที่ลุ่มน้ำ ที่อยู่ในแผนการพัฒนาตลอดจน ความเป็นไปได้ในเทคโนโลยีในการบำบัด ของเสียและสารพิษจากแหล่งกำเนิดของเสียซึ่งได้แก่กิจกรรม ที่เกิดขึ้นจากการวางแผนพัฒนาเศรษฐกิจและ สังคมด้วย

3) วัตถุประสงค์ในการกำหนดมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำ เพื่อเป็นแนวทางการรักษา คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำที่คงสภาพดีเหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ และฟื้นฟู คุณภาพน้ำ ในแหล่งน้ำที่เสื่อมโทรม หรือมีแนวโน้มของการเสื่อมโทรมให้มีสภาพที่ดีขึ้น เป้าหมายในการกำหนด มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดิน

1. เพื่อให้มีการจัดทำแบ่งประเภทแหล่งน้ำโดยมีมาตรฐานระดับที่เหมาะสมและ สอดคล้องกับการใช้ประโยชน์ของแหล่งน้ำ

2. เพื่อให้มีมาตรฐานคุณภาพน้ำและวิธีการตรวจสอบที่เป็นหลักสำหรับการ วางโครงการต่างๆ ที่ต้อง คำนึงถึงแหล่งน้ำเป็นสำคัญ

3. เพื่อรักษาคุณภาพแหล่งน้ำตามธรรมชาติซึ่งเป็นต้นน้ำลำธารให้ปราศจาก การปนเปื้อนจากกิจกรรมใด ๆ ทั้งสิ้น

ตารางที่ 2-1 เกณฑ์คุณภาพน้ำประปา

พารามิเตอร์	หน่วย	เกณฑ์ คุณภาพฯ กรมอนามัย พ.ศ.2553	เกณฑ์ คุณภาพฯ อย.	เกณฑ์ คุณภาพฯ มอก.(ใหม่)	เกณฑ์คุณภาพน้ำบริโภค มอก.(เก่า)	
					กำหนด สูงสุด	อนุโลมให้ สูงสุด
1. ความเป็นกรด-ด่าง	(pH at 25°C)	6.5-8.5		6.5-8.5	6.5-8.5	9.2
2. สี (Colour)	(แพลตตินัมโคบอลท์)	ไม่เกิน 15		5	5	15
3. ความขุ่น (Turbidity)	(เอ็นทียู)	ไม่เกิน 5*		5	5	20
4. ความกระด้าง (Hardness)	(มก./ล.)	ไม่เกิน 500		100	-	-
5. ปริมาณสารทั้งหมดที่เหลือจากการระเหย (TDS)	(มก./ล.)	ไม่เกิน 1,000		500	500	1,500
6. เหล็ก (Fe)	(มก./ล.)	ไม่เกิน 0.5		0.3	0.5	1.0
7. แมงกานีส (Mn)	(มก./ล.)	ไม่เกิน 0.3		0.05	0.5	1.0
8. ทองแดง (Cu)	(มก./ล.)	ไม่เกิน 1.0		1.0	1.0	1.5
9. สังกะสี (Zn)	(มก./ล.)	ไม่เกิน 3.0		3	5.0	15
10. ตะกั่ว (Pb)	(มก./ล.)	ไม่เกิน 0.01*		100	0.05	-
11. โครเมียม (Cr)	(มก./ล.)	ไม่เกิน 0.05		200	0.05	-
12. แคดเมียม (Cd)	(มก./ล.)	ไม่เกิน 0.003		0.003	0.01	
13. สารหนู (As)	(มก./ล.)	ไม่เกิน 0.01		0.01	-	-
14.ปรอท (Hg)	(มก./ล.)	ไม่เกิน 0.001		0.001	0.001	
15. ซัลเฟต (Sulfate)	(มก./ล.)	ไม่เกิน 250		200	200	250
16. คลอไรด์ (Chloride)	(มก./ล.)	ไม่เกิน 250		250	250	600
17. ไนเตรท (Nitrate as Nitrate)	(มก./ล.)	ไม่เกิน 50		4	45	45
18. ฟลูออไรด์ (Fluoride)	(มก./ล.)	ไม่เกิน 0.7		0.7	0.7	1.0
19. โคลิฟอร์มแบคทีเรีย(Coliform Bacteria)	(เอ็มพีเอ็น/100 มล.)	ไม่พบ		< 1.1	<2.2	-
20. ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Faecal Coliform Bacteria)	(เอ็มพีเอ็น/100 มล.)	ไม่พบ		-	-	-
21. อีโคไล (E. coli)	โคโลนี	-		ไม่พบ	ไม่มี	-
22. สแตฟิโลคอคคัส ออเรียส (Staphylococcus aureus)	โคโลนี	-		ไม่พบ	-	-
23. ซัลโมเนลลา (Salmonella)	โคโลนี	-		ไม่พบ	-	-

ตารางที่ 2-2 เกณฑ์คุณภาพน้ำประปา (ต่อ)

พารามิเตอร์	หน่วย	เกณฑ์ คุณภาพฯ กรมอนามัย พ.ศ.2553	เกณฑ์ คุณภาพฯ อย.	เกณฑ์ คุณภาพฯ มอก.(ใหม่)	เกณฑ์คุณภาพน้ำบริโภค มอก.(เก่า)	
					กำหนด สูงสุด	อนุโลมให้ สูงสุด
24. คลอสทริเดียม เพอร์ฟริง เจนส์ (Clostridium perfringens)	โคโลนี	-		ไม่พบ	-	-
25. สแตนด์อาร์เพลตเคานต์ (Standard Plate Count)	โคโลนี	-		-	500	-
26. กลิ่น (Odour)		-		ไม่เป็นที่ รังเกียจ	ไม่เป็นที่ รังเกียจ	-
27. รส (Taste)		-		ไม่เป็นที่ รังเกียจ	ไม่เป็นที่ รังเกียจ	-

ตารางที่ 2-3 วิธีการกำจัดสารอินทรีย์ต่างๆ ออกจากน้ำประปา

Contaminant	Method	% Removal
Arsenic		
As ⁺³	Oxidation to As ⁺⁵ required	> 90
As ⁺⁵	Ferric sulfate coagulation, pH 6-8	> 90
	Alum coagulation, pH 6-7	> 90
	Lime softening, pH 11	> 90
Barium	Lime softening, pH 10-11	> 80
	Ion exchange	> 90
Cadmium ^a	Ferric sulfate coagulation, > pH 8	> 90
	Lime softening > pH 8.5	> 95
Chromium ^a		
Cr ⁺³	Ferric sulfate coagulation, pH 6-9	> 95
	Alum coagulation, pH 7-9	> 90
	Lime softening, pH > 10.5	> 95
Cr ⁺⁶	Ferrous sulfate coagulation, pH 6.5-9	
	(pH may have to be adjusted after coagulation to allow reduction to Cr ⁺³)	> 95
Fluoride	Ion exchange with activated	
	Alumina or bone char media (limited full-scale experience), pH slightly above 7	> 90
Lead ^a	Ferric sulfate coagulation, pH 6-9	> 95
	Alum coagulation pH 6-9	> 95
	Line softening, pH 7-8.5	> 95
Mercury ^a		
Inorganic	Ferric sulfate coagulation, pH 7-8	> 60
Organic	Granular activated carbon	> 90
Nitrate	Ion exchange (limited full-scale experience)	> 90
Selenium ^a		
Se ⁺⁴	Ferric sulfate coagulation, pH 6-7	70-80
	Ion exchange	> 90
	Reverse osmosis	> 90
Se ⁺⁶	Ion exchange	> 90
	Reverse osmosis	> 90
Silver	Ferric sulfate coagulation, pH 7-9	70-80
	Alum coagulation, pH 6-8	70-80
	Lime softening, pH 7-9	70-90

^aNo full-scale experience

ตารางที่ 2-4 คุณสมบัติที่สำคัญของสารเคมีที่ใช้ในระบบน้ำประปา

Properties of Water Treating Chemicals					
Chemical	Molecular Weight	Apparent Density	Approx.Max. solubility		Typical Analysis Or Composition of Commercial Product
			In Water at 75 F % by Weight	pH of 1% Solution	
Aluminum Sulfate	594	38-71	50%	3.4	17% Al_2O_3 , $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$
Sodium Aluminate		50-66	45%	11.5	45% Al_2O_3
Soda Ash	106	30-60	22%	11.0	58% Na_2O or 99% Na_2CO_3
Calcium Carbonate (200 mesh)		45-70	Not Soluble		17% $CaCO_3$ or $CaCO_3 + MgCO_3$
Activated Carbon		10-25	Not Soluble		Carbon plus variable % of Ash
Hydrated Lime	74	30-50	0.15%	12.2	90% Available Hydrate
Pulverized Quicklime	56	50-70	0.1%	12.2	90% Available CaO
Diatomite		8-10	Not Soluble		Essentially SiO_2
Copper Sulfate	250	87	18%	4.5	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$
Disodium Phosphate	142	50-82	11%	8.9	Na_2HPO_4 49% P_2O_5
Disodium Phosphate	178	73	13%	8.9	$Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O$, 40% P_2O_5
Trisodium Phosphate	164	58-66	12%	11.4	Na_3PO_4 42% P_2O_5
Trisodium Phosphate	182	45	13%	11.4	$Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$, 19% P_2O_5
Trisodium Phosphate	380	55-60	27%	11.4	$Na_3P_2O_7$, 58% P_2O_5
Sodium Tripolyphosphate	368	49-70	14%	9.7	$Na_5P_3O_{10}$, 53% P_2O_5
Tetrasodium Pyrophosphate	266	45-65	5%	10.2	$Na_4H_2P_2O_7 \cdot 2H_2O$, 40% P_2O_5
Hemisodium Phosphate	218	50	80%	2.2	$NaH_2PO_4 \cdot H_2O$, 64% P_2O_5
Monosodium Phosphate	120	50-60	48%	4.5	NaH_2PO_4 , 59% P_2O_5
Monosodium Phosphate	138	62	48%	4.5	$NaH_2PO_4 \cdot H_2O$, 53% P_2O_5
Sodium Bicarbonate	84	71	9%	8.1	$NaHCO_3$
Clay		65	Not Soluble		Aluminum Silicates
Magnesium Oxide	40	5-60	Not Soluble		97% MgO
Ferric Sulfate	400	70-80	> 30%	2.0	$Fe_2(SO_4)_3$
Ferrous Sulfate	278	65-70	23%	3.8	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$
Sodium Fluoride	42	50-86	4%	9.5	NaF
Sodium Silicofluoride	188	70-95	0.7%		$Na_2 \cdot SiF_3$
Ammonium Sulfate	132	47	40	5.6	$(NH_4)_2 SO_4$
Ammonium Chloride	53.5	50	28%	5.4	NH_4Cl

Water Analysis Conversions	
1 part per million (p.p.m.) = 1 mg. per l. = 0.1 p.p.h.t. = 0.058 g.p.g. U.S. = 0.07 g.p.g. Imp.	
1 milligram per liter (mg. per l.) = 0.1 p.p.h.t. = 0.058 g.p.g. U.S. = 0.07 g.p.g. Imp.	
1 part per Hundred thousand (p.p.h.t.) = 10 p.p.m. = 10 mgs. per l. = 0.058 g.p.g. U.S. = 0.07 g.p.g. Imp.	
1 grain per U.S. Gallon (g.p.g. U.S.) = 17.1 p.p.m. = 17.1 mg. per l. = 1.71 p.p.h.t. = 1.2 g.p.g. Imp.	
1 grain per Imperial Gallon (g.p.g. Imp.) = 14.3 p.p.m. = 14.3 mg. per l. = 1.43 p.p.h.t. = 0.83 g.p.g. U.S.	

2.1.3 โลหะหนัก

โลหะหนัก (Heavy metal) คือกลุ่มธาตุที่มีความหนาแน่นมากกว่า 5 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรและความถ่วงจำเพาะสูงกว่า 4 ถ้าคุณยังมองไม่เห็นภาพให้ลองเทียบกับน้ำซึ่งมีความหนาแน่นเท่ากับ 1 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งแสดงว่าคุณสมบัติเบื้องต้นของโลหะหลักคือจมน้ำแต่โลหะหนักมีคุณสมบัติที่สำคัญอีกอย่างคือ ต้องเป็นโลหะที่อยู่ในกลุ่มธาตุ Transition metals ซึ่งจัดว่าเป็นกลุ่มธาตุที่เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต ไม่สลายตัวในกระบวนการทางธรรมชาติ มีความเสถียร และสามารถสะสมอยู่ในอากาศ ดินและแหล่งน้ำรวมถึงสะสมอยู่ในสิ่งมีชีวิตได้อีกด้วย จัดเป็นกลุ่มธาตุที่เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต ธาตุที่จัดเป็นโลหะหนักมีทั้งหมด 22 ชนิดได้แก่ ทองแดง เงิน ทองคำ ทองคำขาว สังกะสี ตะกั่ว ดีบุก โครเมียม ทังสเตน พลวง แคดเมียม พรอท บิสมัท พลวง ไททาเนียม แทนทาลัม โคบอลต์ ยูเรเนียม นิเกิล แมงกานีส โมลิบดีนัม และเบอร์รมัสเนียม จะเห็นว่าเป็นล้วนแต่เป็นธาตุที่นิยมนำไปใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท และจากข้อมูลการจัดอันดับสารอันตรายโดยองค์กร The Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) แสดงดังตารางที่ 1 พบว่า มีโลหะหนัก 3 ชนิดติด 10 อันดับแรกของสารอันตรายจากทั้งหมด 275 รายการทั้งในปี ค.ศ. 2007 และค.ศ.2011 คือ ตะกั่ว (Lead) พรอท (Mercury) และแคดเมียม (Cadmium)

โลหะหนัก (Heavy Metal) หมายถึง ธาตุที่มีน้ำหนักมากกว่าน้ำ 5 เท่า หรือมีความถ่วงจำเพาะตั้งแต่ 5 ขึ้นไป ซึ่งมีเลขอะตอม ตั้งแต่ 23-92 จำนวนทั้งหมด 72 ธาตุ ในคาบที่ 4-7 อาทิ แคดเมียม โครเมียม พรอท ตะกั่ว เป็นต้น ซึ่งธาตุโลหะหนักเหล่านี้ บางชนิดมีประโยชน์ในทางอุตสาหกรรม บางชนิดมีประโยชน์ต่อร่างกาย แต่บางชนิดก็เป็นพิษต่อร่างกาย

2.1.3.1 อันตรายและแนวทางการกำจัดโลหะหนักในระบบผลิตน้ำประปา

โลหะหนักเป็นสารพิษเนื่องจากร่างกายไม่สามารถเผาผลาญสะสมตัวในเนื้อเยื่ออ่อนได้ โลหะหนักจะเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ผ่านทางอาหาร น้ำ อากาศ หรือผ่านทาง การดูดซับทางผิวหนังจากการสัมผัสในการทำเกษตรกรรม กระบวนการผลิตทางเภสัชกรรม กระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม หรือทำเลที่ตั้งที่อยู่อาศัย

The Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) เป็นองค์กรที่ก่อตั้งขึ้นเพื่อศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพและคุณภาพชีวิตที่ลดลงจากสารอันตรายต่าง ๆ ได้รวบรวมรายการโลหะหนักที่เป็นอันตรายจัดอันดับไว้เป็น Top 20 Hazardous Substances

1) ตะกั่ว (Lead)

ตะกั่วเป็นโลหะหนักในลำดับที่ 2 ใน Top 20 Hazardous Substances ของ ATSDR ได้จัดอันดับไว้ การได้รับตะกั่วในปริมาณหนึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดความเป็นพิษเฉียบพลันจากโลหะหนักในเด็ก ตะกั่วมักถูกใช้ในท่อส่งน้ำ ท่อระบายน้ำ และอุปกรณ์ทางทหารในทุก ๆ ปี มีการใช้ตะกั่วในกระบวนการผลิตต่าง ๆ ประมาณ 2.5 ล้านตันทั่วโลก ซึ่งส่วนใหญ่ใช้ในแบตเตอรี่ การหุ้มสายเคเบิล และกระสุน นอกจากนี้ยังพบในเม็ดสี พลาสติกพีวีซี ดินสอ และยาฆ่าแมลง โดยอวัยวะเป้าหมายหลักที่ตะกั่วเข้าไปทำปฏิกิริยา คือ กระดูก สมอง ไต และต่อมไทรอยด์

2) เหล็ก (Iron)

ความเป็นพิษของธาตุเหล็กที่เกิดจากการดูดซึมธาตุเหล็กเข้าร่างกาย และการกระจายตัวของธาตุเหล็กในธรรมชาติ ในเด็กที่ทานยาบำรุงเลือดที่มีธาตุเหล็ก หรือวิตามินรวมต่างๆ ที่ผสมอยู่ในลูกอมอาจได้รับธาตุเหล็กในปริมาณมากจนเป็นอันตราย นอกจากนี้ยังพบเหล็กในน้ำดิบ ท่อเหล็กและอุปกรณ์เครื่องครัว โดยอวัยวะเป้าหมายหลักที่เหล็กเข้าไปทำปฏิกิริยาก็คือ ตับ ไต และระบบหัวใจและหลอดเลือด

3) คอปเปอร์ (Copper)

ทองแดง (Copper) เป็นโลหะที่มีความหนาแน่น จุดเดือดและจุดหลอมเหลวสูง พบได้ตามธรรมชาติ ทั้งในดิน หิน น้ำและอากาศ อาจอยู่ในรูปธาตุอิสระหรือสารประกอบ เช่น Cu_2O , Cu_2S , CuF , CuSO_4 , CuFeS_2 เป็นต้น ทองแดงเป็นตัวนำความร้อนและไฟฟ้าที่ดีรองจากเงิน ปัจจุบันจึงมีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมหลายชนิดเช่น ใช้ผลิตลวด สายไฟ ท่อน้ำ นอกจากนี้ยังใช้เป็นสารเคมีทางการเกษตร สารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์รบกวนต่างๆ การทำสีย้อม เป็นต้น ส่งผลให้มีการแพร่กระจายของทองแดงสู่สิ่งแวดล้อมมากขึ้น ซึ่งเราอาจได้รับทองแดงจากการหายใจ การน้ำดื่ม การบริโภคอาหารในชีวิตประจำวัน ทองแดงมีความจำเป็นต่อร่างกายสิ่งมีชีวิตถ้าได้รับในปริมาณที่เหมาะสมกับร่างกาย โดยเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในกระดูกและกล้ามเนื้อ

ความเป็นพิษ

การเกิดพิษขึ้นอยู่กับปริมาณที่ได้รับเข้าไป ช่องทางที่ได้รับและสภาพร่างกายของแต่ละบุคคล ทองแดงถูกดูดซึมได้ดีในกระเพาะอาหารและลำไส้ส่วนบน โดยซึมผ่านเข้าผนังลำไส้ไปที่ตับ จากนั้นจะรวมตัวกับน้ำดี แล้วถูกหลั่งออกมาบริเวณลำไส้ ขับออกไปกับอุจจาระ หรืออาจถูกดูดกลับเข้าสู่ร่างกายได้ 30% โดยไปสะสมที่กระดูก กล้ามเนื้อ ตับ สมอง การสะสมจะมากที่ตับและสมอง เมื่อได้รับทองแดงในปริมาณมากจะทำให้เกิดความเป็นพิษต่อร่างกาย คือ คลื่นเหียนอาเจียน เกิดการอักเสบในช่องท้องและกล้ามเนื้อ ท้องเสีย การทำงานของหัวใจผิดปกติ กดระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายและอาจส่งผลให้เกิดความผิดปกติทางจิต ส่วนอาการเรื้อรังจากการได้รับติดต่อกันเป็นเวลานาน และตับทำหน้าที่บกพร่อง ไม่สามารถขับทองแดงออกจากร่างกายได้ตามปกติ จึงทำให้มีการสะสมอยู่ในร่างกายเป็นปริมาณมาก ส่งผลให้เกิดความผิดปกติของร่างกาย หรือกลุ่มอาการ Wilson' Diseases คือ ร่างกายสั่นเทาอยู่ตลอดเวลา กล้ามเนื้อแข็งเกร็ง มีน้ำมูกน้ำลายไหล ควบคุมการพูดลำบาก

4) แมงกานีส (Manganese)

นอกเหนือจากการใช้ประโยชน์ ในการเตรียมสารเคมีของแมงกานีสที่มีความบริสุทธิ์สูงเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมเภสัชกรรม อาหาร เป็นตัวเร่งของปฏิกิริยาและในการวิเคราะห์ แมงกานีสส่วนใหญ่ใช้ในการควบคุมปริมาณกำมะถันในกระบวนการผลิตเหล็กกล้า และทำโลหะเจือทั้ง

ที่มีเหล็กและไม่มีเหล็กเป็นองค์ประกอบ โลหะเจือที่มีเหล็กเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วยเรียกว่า ferroalloy และโลหะเจือระหว่างแมงกานีสและเหล็ก (และธาตุอื่น ๆ เล็กน้อย) เรียกว่า ferromanganese ซึ่งมีหลายชนิด ที่สำคัญชนิดหนึ่งมีองค์ประกอบดังนี้ Mn 78 – 82 %, Fe 12-16 %, C 6 – 8 % และ Si 1 % โลหะเจือของแมงกานีสมีสมบัติแข็งแรงและสามารถป้องกันการขึ้นสนิมได้เป็นอย่างดี

ความเป็นพิษ

แมงกานีสเป็นหนึ่งในจำนวน 5 ธาตุที่พืชชั้นสูงส่วนใหญ่ต้องการเพียงเล็กน้อย (trace elements) อีก 4 ธาตุ ได้แก่ โบรอน (B), สังกะสี (Zn), ทองแดง (Cu) และโมลิบดีนัม (Mo) เหตุผลประการหนึ่งที่ธาตุนี้จำเป็นสำหรับพืชเพราะเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่จำเป็นสำหรับเอนไซม์บางชนิด พืชที่ขาดแมงกานีสจะเกิดอาการผิดปกติหลายอย่าง ที่สำคัญชนิดหนึ่งเรียกว่า interveinal chlorosis (เพราะขาดคลอโรฟิลล์) ทำให้เกิดรอยเหลืองหรือสีเทาระหว่างเส้น (vein) ของใบ ดังนั้นดินที่ขาดแมงกานีสจึงต้องมีการเติมแมงกานีสพิเศษลงในปุ๋ยที่ใช้ ทั่วไปในรูปของ $MnSO_4$ หรือ MnO สำหรับคน สารประกอบของแมงกานีสทั่วไปถือว่าไม่เป็นพิษ (ถ้าเข้าสู่ร่างกายหรือมีในร่างกายในปริมาณน้อย) เมื่อเปรียบเทียบกับความเป็นพิษของไอออนของโลหะอื่น เช่น พรอท (Hg), แคดเมียม (Cd), เทลเลียม (Tl), และตะกั่ว (Pb) ฯลฯ

5) สังกะสี (Zinc)

สังกะสีเป็นโลหะโครงสร้างที่มีความสำคัญเป็นลำดับ 4 รองจากเหล็กกล้า อะลูมิเนียมและทองแดง เนื่องจากสังกะสีมีเลขออกซิเดชันได้เพียงค่าเดียวคือ +2 และขาดสมบัติทั่วไปของธาตุทรานซิชัน ในปัจจุบันจึงไม่จัดสังกะสีเป็นโลหะทรานซิชัน แต่เรียกว่าเป็นธาตุหลังทรานซิชัน (post transition element)

ความเป็นพิษ

สังกะสีในรูปธาตุไม่ปรากฏเป็นพิษ และตามความเป็นจริงแล้ว สังกะสีเป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของคนและสัตว์ แต่สารประกอบหลายชนิดอาจเป็นพิษ แต่จัดอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำ เพราะสามารถถูกขจัดออกจากร่างกายอย่างรวดเร็ว สังกะสีในรูปผงอาจติดไฟโดยตนเอง และเกิดการระเบิดได้

2.1.4 ระบบผลิตน้ำ

ระบบผลิตน้ำ หมายถึง การนำน้ำผิวดินหรือน้ำดิบจากแหล่งน้ำธรรมชาติต่าง ๆ อาทิ แม่น้ำ คลอง ทะเลสาบ อ่างเก็บน้ำ และทะเล เข้าสู่กระบวนการผลิตเพื่อให้ได้น้ำที่มีคุณภาพและปริมาณตามความต้องการ ได้แก่ น้ำประปา น้ำจืด และน้ำบริสุทธิ์ เพื่อใช้ในการอุปโภคบริโภค เกษตรกรรม และอุตสาหกรรม หรือใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งตั้งอยู่ในพื้นที่ใกล้ทะเลหรือพื้นที่ที่ราคาน้ำสูง ซึ่งน้ำที่

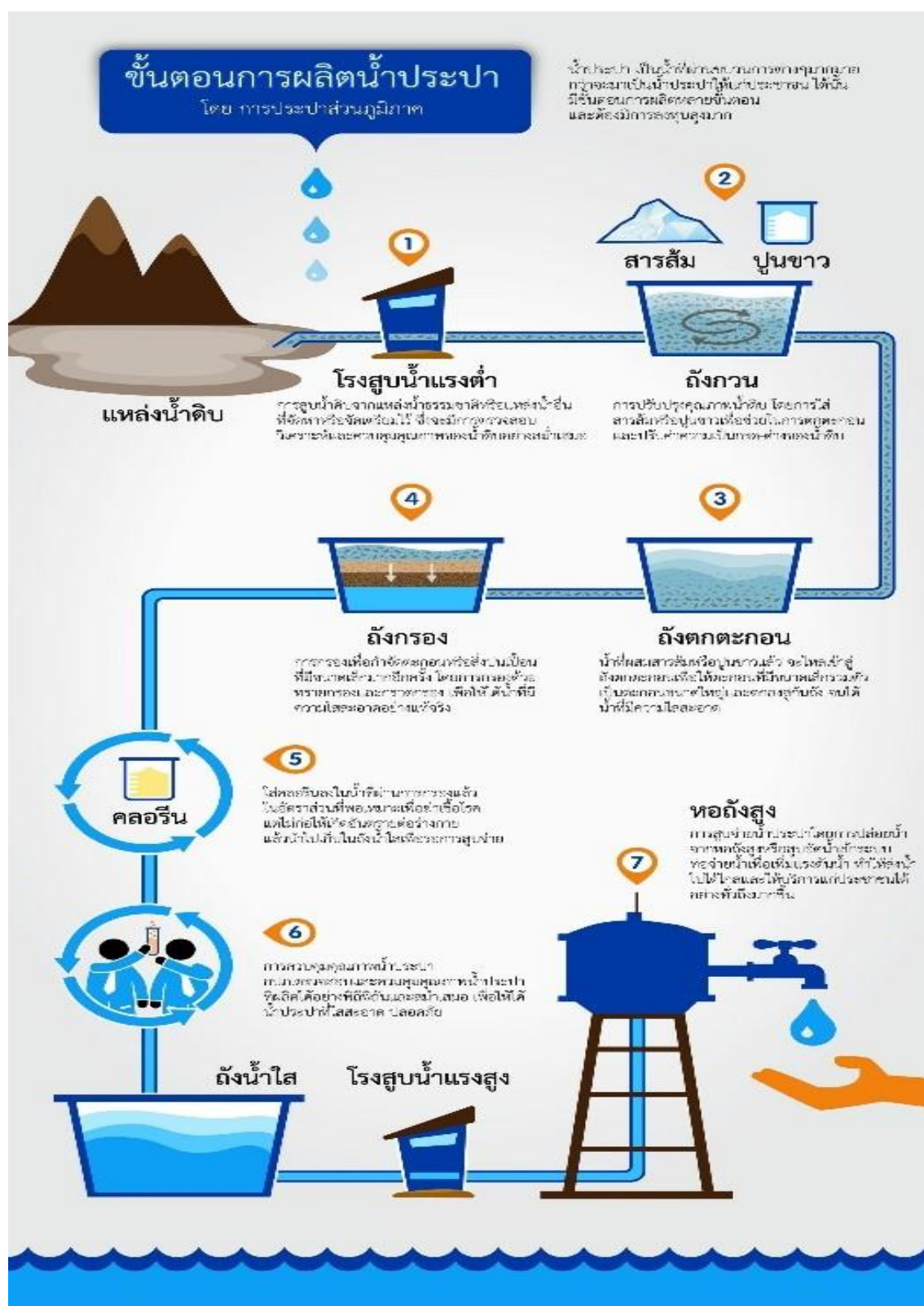
ผลิตได้แต่ละประเภทจะใช้เทคโนโลยีการผลิตที่มีความซับซ้อนแตกต่างกัน ทั้งนี้ โดยหากพิจารณาการให้บริการระบบผลิตน้ำของบริษัทสามารถแยกตามประเภทผลผลิตน้ำได้ดังนี้

1.1 ระบบผลิตน้ำประปา (Portable Water Plant)

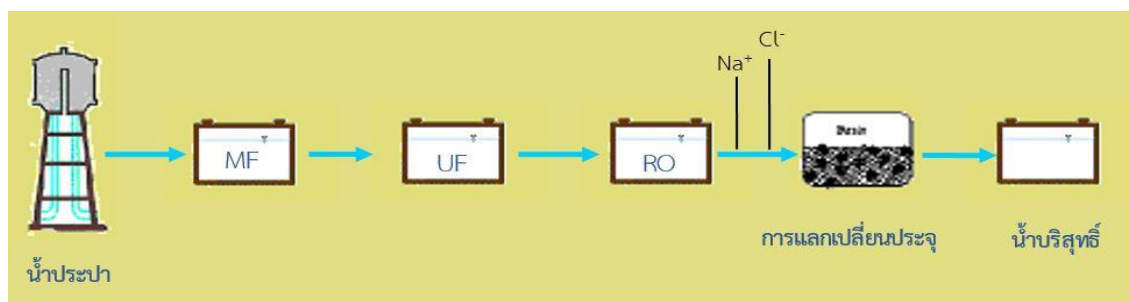
เป็นการนำน้ำผิวดินหรือน้ำดิบเข้าสู่กระบวนการผลิตเพื่อให้ได้น้ำประปา ซึ่งน้ำที่ได้จะนำไปใช้เพื่อการอุปโภคบริโภค เกษตรกรรม และอุตสาหกรรมบางประเภทที่ไม่ต้องใช้น้ำที่มีคุณภาพสูง ขั้นตอนการผลิตน้ำประปา สามารถอธิบายได้ดังภาพ

ขั้นตอนการผลิตน้ำประปา

1. สูบน้ำผิวดินหรือน้ำดิบจากแหล่งน้ำธรรมชาติหรือแหล่งน้ำอื่นที่จัดหาหรือจัดเตรียมไว้ ซึ่งน้ำดังกล่าวจะมีความขุ่นและมีสารละลายต่าง ๆ รวมถึงโลหะหนักเจือปนอยู่
2. ปรับปรุงคุณภาพน้ำดิบโดยการใส่สารส้มหรือปูนขาวลงไป ในน้ำ เพื่อช่วยให้เกิดการตกตะกอนและปรับค่าความเป็น กรด-ด่างของน้ำดิบ
3. การตกตะกอนโดยน้ำที่ผสมสารส้มหรือปูนขาวแล้วจะไหลเข้าสู่ถังตกตะกอน เพื่อให้ตะกอนที่มีขนาดเล็กรวมตัวกันเป็นตะกอนขนาดใหญ่และตกลงสู่ก้นถังจนได้น้ำที่มีความใสสะอาด
4. กรองเพื่อกำจัดตะกอนหรือสิ่งปนเปื้อนที่มีขนาดเล็กมากอีกครั้ง โดยการกรองด้วยทราย กรอง กรวดกรอง เพื่อให้ได้น้ำที่มีความใสสะอาดอย่างแท้จริง
- 5.ฆ่าเชื้อโดยการใส่คลอรีนในอัตราส่วนที่พอเหมาะและ ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกาย แล้วนำไปเก็บไว้ในถังน้ำใสเพื่อรอการสูบจ่าย
6. ตรวจสอบและควบคุมคุณภาพน้ำประปาที่ผลิตได้
7. ปล่อยน้ำจากหอถังสูงหรือสูบน้ำเข้าไปในระบบท่อจ่ายน้ำเพื่อเพิ่มแรงดันน้ำ



รูปที่ 2-1 ขั้นตอนการผลิตน้ำประปา



รูปที่ 2-2 ระบบผลิตน้ำบริสุทธิ์หรือระบบผลิตน้ำปราศจากแร่ธาตุ (Demineralization Plant)

เป็นการนำน้ำประปาเข้าสู่กระบวนการผลิตเพื่อกรองสารละลายที่ค้างออก ได้แก่ เกลือแร่ต่าง ๆ โดยขั้นตอนการผลิต น้ำบริสุทธิ์ต้องอาศัยเทคโนโลยีการผลิตที่ซับซ้อนกว่าการผลิตน้ำประปา คือ การใช้วิธีแลกเปลี่ยนประจุไฟฟ้าเพื่อให้ได้น้ำที่มี

ขั้นตอนการผลิตน้ำบริสุทธิ์หรือน้ำปราศจากแร่ธาตุ

1. นำน้ำประปาที่ได้จากกระบวนการผลิตเข้าสู่กระบวนการกรองเกลือแร่ขนาดเล็กที่ยังคงค้างอยู่ในน้ำประปาโดยผ่านระบบการกรองด้วยเมมเบรน เริ่มจากระบบการกรองแบบ MF หรือระบบการกรองแบบ UF ก่อนจะผ่านระบบการกรองแบบ RO จนกระทั่งได้น้ำที่เหลือเพียงโซเดียมไอออน (Na^+) และคลอไรด์ไอออน (Cl^-)

2. นำน้ำที่ผ่านกระบวนการกรองข้างต้นเข้าสู่กระบวนการแลกเปลี่ยนประจุไฟฟ้าเพื่อกรองอนุภาคขนาดเล็กดังกล่าว โดยประจุบวกจาก Na^+ และประจุลบจาก Cl^- จะถูกจับด้วย Resin (polymer ที่ไม่ละลายน้ำและมีสมบัติแลกเปลี่ยนประจุได้) ทำให้ได้น้ำบริสุทธิ์

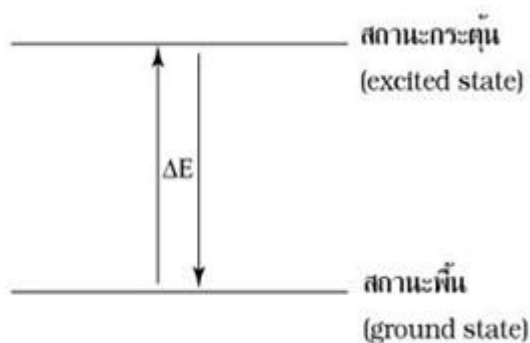
3. ตรวจสอบคุณภาพน้ำที่ได้

4. เก็บไว้ในถังน้ำใสเพื่อรอการใช้งาน ทั้งนี้ น้ำบริสุทธิ์ที่ได้เป็นน้ำที่ไม่มีคุณประโยชน์ต่อร่างกาย เนื่องจากได้ผ่านขั้นตอนการกรองเกลือแร่ออกจนหมด ดังนั้น ผู้ประกอบการในธุรกิจน้ำดื่มจึงเติมเกลือแร่ที่เป็นประโยชน์กับร่างกายเข้าไปในระหว่างการผลิต ซึ่งทำให้ได้น้ำที่มีคุณค่าและเป็นประโยชน์กับร่างกายมากขึ้น อาทิ น้ำแร่ ซึ่งช่วยสร้างมูลค่าให้กับน้ำที่ผลิตได้ดังกล่าว

2.1.5 อะตอมมิคแอบซอร์พชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Atomic Absorption Spectrophotometer)

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ธาตุ(metal element) ที่อยู่ในตัวอย่างทดสอบ ด้วยเทคนิค Atomic Absorption Spectroscopy ซึ่งเป็นกระบวนการที่อะตอมอิสระ (free atom) ของธาตุ ดูดกลืน (absorb) แสงที่มีความยาวคลื่นระดับหนึ่งโดยเฉพาะซึ่งขึ้นอยู่กับธาตุแต่ละธาตุ

เนื่องจากธาตุแต่ละชนิดมีระดับของพลังงานแตกต่างกันจึงมีการดูดกลืนพลังงานได้แตกต่างกัน พลังงานที่พอดีกับคุณสมบัติเฉพาะของธาตุจะทำให้อิเล็กตรอนของธาตุนั้น ๆ เปลี่ยนสถานะจากสถานะพื้น(ground state) ไปเป็นสถานะกระตุ้น (excited state)



รูปที่ 2-3 การเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานจากสถานะพื้น(ground state) เป็นสถานะ กระตุ้น(excited state)

องค์ประกอบที่สำคัญของเครื่อง AAS จะมีด้วยกัน 5 ส่วน ดังนี้

1. แหล่งกำเนิดแสง (light source) แหล่งกำเนิดแสงของ AAS โดยทั่วไป เป็นหลอดแบบ hollow cathode lamp (HCL) และ electrodeless discharge lamp (EDL) โดยแหล่งกำเนิดแสงของ AAS ของเครื่องที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ฯ มีปัจจุบัน เป็นชนิด hollow cathode lamp (HCL) ซึ่งในหลอด(lamp) จะบรรจุ buffer ของแก๊สเฉื่อย(inert gas) เช่น แก๊สอาร์กอน(Ar) หรือ นีออน(Ne) และมีการเคลือบเกลือของธาตุโลหะที่จะวิเคราะห์ไว้ที่ขั้ว cathode ของ lamp โดยจะมีการให้ศักย์ไฟฟ้า(apply voltage) ให้แก่ขั้ว cathode เกิดการ ionization ของ inert gas ไปชนกับเกลือของธาตุโลหะที่เคลือบไว้ ทำให้ธาตุโลหะหลุดออกจากขั้ว cathode แล้วไปชนกับ inert gas ทำให้ธาตุโลหะเปลี่ยนสถานะจากสถานะพื้น(ground state) ไปเป็นสถานะกระตุ้น(excited state) แต่ไม่เสถียร จึงปล่อยพลังงานออกมาเป็นพลังงานแสงที่มีความยาวคลื่นจำเพาะกับธาตุแต่ละธาตุซึ่ง hollow cathode lamp มีทั้งแบบ single lame (ปล่อยพลังงานช่วงความยาวคลื่นสำหรับวิเคราะห์ธาตุใดธาตุหนึ่ง) และ แบบ multiple lamp (ที่ขั้ว cathode จะเคลือบเกลือของธาตุโลหะ

หลายชนิด มีการปล่อยพลังงานในหลายช่วงตามระดับพลังงานของธาตุที่เคลือบไว้ จะอาศัย monochromator ในการเลือกแสงที่ระดับความยาวคลื่นที่ต้องการใช้)

2. ส่วนที่ทำให้ธาตุกลายเป็นอะตอมอิสระ (atomizer หรือ atomization process) การทำให้อะตอมของธาตุในสารประกอบเกิดเป็นอะตอมอิสระได้นั้น ต้องมีการดูดกลืนพลังงานความร้อนเข้าไป ซึ่งพลังงานดังกล่าวอาจอยู่ในรูปต่างๆ เช่น พลังงานความร้อนจากเปลวไฟ พลังงานความร้อนจากกระแสไฟฟ้า เป็นต้น ซึ่งส่วนประกอบของเครื่อง AAS ที่ให้พลังงานความร้อนเพื่อทำให้เกิดอะตอมอิสระนั้นเรียกว่า atomizer และกระบวนการที่ทำให้เกิดอะตอมอิสระนั้นเรียกว่า Atomization process ซึ่ง Atomization process ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ได้แก่ Flam Atomization, Electrothermal atomization หรือ Graphite furnace หรือ flameless atomization , Hydride Generation Techique และ Cold Vapor Technique โดยมีรายละเอียดของแต่ละเทคนิคดังนี้

1. Flam Atomization ใช้พลังงานความร้อนจากเปลวไฟทำให้เกิด atomization process แบ่งเป็น 5 ขั้นตอน ได้แก่

1. Nebulization เป็นกระบวนการเปลี่ยนของเหลวให้เป็นละอองฝอยเล็กๆ (mist หรือ aerosol) ด้วยส่วนของเครื่องที่เรียกว่า nebulizer โดยเครื่องจะดูดสารละลายเข้าไปเพื่อพ่นให้สารละลายไปชนกับ glass bead เพื่อให้เกิดเป็นละอองฝอย

2. Droplet precipitation> เป็นกระบวนการที่ละอองเล็กบางส่วน รวมกันเป็นหยดสารละลาย ไม่สามารถลอยอยู่ในอากาศได้จึงตกลงมาแล้วออกไปทางท่อน้ำทิ้ง (drain)

3. Mixing เป็นกระบวนการที่ mist หรือ aerosol ผสมกับแก๊สเชื้อเพลิง(fuel) และ ออกซิเจนแก๊ส (oxidant gas) เกิดใน spray chamber ของ nebulizer

4. Desolvation เป็นกระบวนการที่ตัวทำละลายที่อยู่ใน mist หรือ aerosol ถูกกำจัดออกไปทำให้เป็นอนุภาคเล็ก ๆ ของสารประกอบ (solid paticles)

5. Compound decomposition เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในเปลวไฟ โดยพลังงานความร้อนจากเปลวไฟทำให้สารประกอบเกิดการแตกตัวเป็นเป็นออกไซด์ เป็น โมเลกุล และเป็นอะตอมอิสระ

2. Electrothermal atomization หรือ Graphite furnace หรือ flameless atomization ใช้พลังงานความร้อนจากกระแสไฟฟ้าทำให้เกิด atomization process แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่

1. Drying stage เป็นการค่อยๆ ให้ความร้อนแก่สารตัวอย่าง เพื่อระเหยตัวทำละลายออกไป โดยปกติใช้อุณหภูมิต่ำ (ต่ำกว่า 100°C)

2. Ashing stage เป็นขั้นตอนที่ให้ความร้อนสูงขึ้น (อาจถึง 1,500 °C) เพื่อกำจัดสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ โดยโมเลกุลของสารเหล่านั้นจะแตกตัวออกไปเหลือแต่สารอนินทรีย์ที่เสถียรเท่า นั้น โดยทั่วไปอยู่ในรูปของโลหะออกไซด์

3. Atomization stage เป็นขั้นตอนที่สารที่เหลืออยู่ถูกเผาที่อุณหภูมิสูง (อาจถึง 3,000 °C) เพื่อให้สลายเกิดเป็นอะตอมอิสระ

3. Hydride Generation Techique เนื่องจากธาตุบางชนิดจะเปลี่ยนให้เป็นอะตอมโดยตรงด้วยเทคนิค Flam Atomization และ Electrothermal atomization ไม่ได้จำเป็นต้องใช้วิธีทำให้แตกตัวในบรรยากาศที่ปราศจากออกซิเจนเพื่อป้องกันการ รวมกับออกซิเจน ดังนั้น จึงต้องใช้วิธีทำให้ธาตุเหล่านั้นกลายเป็นสารที่เป็นไอได้ง่ายๆ ที่อุณหภูมิห้อง ด้วยการ reduce ให้เป็น hydrided แล้วให้ hydrided นั้นผ่านเข้าไปในเปลวไฟไฮโดรเจนจะทำให้ธาตุกลายเป็นอะตอมอิสระได้ เทคนิคนี้ใช้ในการวิเคราะห์ธาตุ As, Bi, Se, Pb, Sb, Sn และ Te

4. Cold Vapor Technique จัดเป็นวิธี flameless atomization แบบ Vapor Generation ใช้ในการวิเคราะห์ธาตุบางชนิดที่เปลี่ยนเป็นไอได้ง่าย ซึ่งได้แก่ การวิเคราะห์ปรอท โดยการใช้การ reduction ของสารประกอบปรอท

3. Monochromator ใช้แยกแสงให้ได้ความยาวคลื่นของแสงที่ต้องการ (wavelength selector)

4. Detector ของ AAS เป็นชนิด Photo Multiplier Tube (PMT)

5. เครื่องประมวลผลและอ่านผล

ขั้นตอนของการทำวิเคราะห์ด้วยเทคนิค AAS ในการวิเคราะห์สารตัวอย่างนั้น ถ้าตัดสินใจที่จะใช้เทคนิค AAS ขั้นตอนต่าง ๆ ควรเตรียมความพร้อม ดังนี้

1. เตรียมสารตัวอย่างให้อยู่ในรูปสารละลายที่เหมาะสมและพร้อมที่จะใช้กับเครื่อง AAS
2. พิจารณาว่าจะทำการวิเคราะห์เพื่อหาอะไรและเลือกวิธีการให้เหมาะสมทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณวิเคราะห์
3. จัดเครื่องมือให้พร้อมที่จะทำงานได้ เช่น คอมพิวเตอร์ไมโครโพรเซสเซอร์ควบคุม มี software ที่ เก็บข้อมูลของธาตุแต่ละชนิดไว้ แล้วเป็นเสมือน cook book ให้ผู้วิเคราะห์สามารถเลือกให้ได้ซึ่งมี

ก. เลือก HCL ของธาตุที่จะทำการวิเคราะห์ใส่เข้าไปในเครื่องและเลือกกระแสไฟฟ้าที่ต้องใช้

ข. จัดเครื่องให้มีสภาพที่เหมาะสมกับเทคนิคที่ใช้เช่น ใช้ Flame หรือ flameless atomization การปรับอัตราการไหลของออกซิเจนที่อากาศและเชื้อเพลิง เป็นต้น

- ค. จัดความกว้างของช่องแสงเข้าออกจากโมนโครเมเตอร์ (slit width) ให้เหมาะสม
4. เลือกโปรแกรมการวัดผลการคำนวณ ตลอดจนการรายงานผลวิเคราะห์

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เบญจวรรณ นิลวงศ์ สุนิศา เม้าะสนิ อาชีชะห์ ดอเลาะ (2557) การวิเคราะห์นิกเกิล(II) อะลูมิเนียม(III) และเหล็ก(II) ในน้ำดื่มด้วยอุปกรณ์ของไหลจุลภาคบนกระดาษ อุปกรณ์ที่สร้างโดยการสกรีนด้วยเทียนและออกแบบให้สามารถวิเคราะห์ได้อย่างรวดเร็วและมีความจำเพาะเจาะจงต่อการวิเคราะห์โลหะทั้งสามชนิด บริเวณตรวจวัดจะเกิดเป็นสารเชิงซ้อนระหว่างนิกเกิล(II) กับ Dimethylglyoxime (DMG) เกิดเป็นสีชมพู ส่วนอะลูมิเนียม(III) จะเกิดเป็นสารเชิงซ้อนกับสารสกัดกะหล่ำปลีสีม่วงเกิดเป็นสีน้ำเงิน และเหล็ก(II) จะเกิดเป็นสารเชิงซ้อนกับ 1,10-phenanthroline ให้สีส้มแดง หาความเข้มข้นด้วยโปรแกรม Image J ในโหมดสีเทาภายใต้สภาวะการทดลองที่เหมาะสม กราฟมาตรฐานของนิกเกิล(II) อะลูมิเนียม(III) และเหล็ก(II) อยู่ในช่วงความเข้มข้น 1–15 มิลลิกรัมต่อลิตร ($R^2=0.9985$) 0.05–15 มิลลิกรัมต่อลิตร ($R^2=0.9952$) และ 0.005–1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ($R^2=0.9975$) ตามลำดับขีดจำกัดของการตรวจวัด (LOD) ของนิกเกิล(II) อะลูมิเนียม(III) และเหล็ก(II) เท่ากับ 1, 0.05 และ 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเบี่ยงเบน-มาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) เท่ากับ 1.0, 1.1 and 0.6% ($n = 10$) ตามลำดับสามารถนำมาประยุกต์ใช้สำหรับการวิเคราะห์นิกเกิล(II) อะลูมิเนียม(III) และเหล็ก(II) ในน้ำดื่มของโรงเรียนในจังหวัดนครศรีธรรมราชได้ซึ่งจากการตรวจวัดปริมาณโลหะนิกเกิล(II) อะลูมิเนียม(III) และเหล็ก(II) พบว่าตรวจไม่พบการปนเปื้อนของโลหะทั้งสามชนิดในตัวอย่างน้ำดื่มของโรงเรียนทั้ง 21 แห่ง ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับ (% Recovery) อยู่ในช่วง 84–120% เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีที่พัฒนาขึ้นกับวิธีมาตรฐาน (Inductively coupled plasma optical emission spectrometry, ICP-OES) ทั้งสองวิธีให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (t-test) ดังนั้นวิธีนี้เป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับการวิเคราะห์นิกเกิล(II) อะลูมิเนียม(III) และเหล็ก(II) ที่สามารถทำได้รวดเร็วย่อยสลายได้ดีเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม รวมทั้งเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ตัวอย่าง

ประพัฒน์ เป็นตามวา สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (2557) การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพจากการอุปโภคบริโภค น้ำประปาชุมชนในจังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์ และสุรินทร์ โดยทำการประเมินเฉพาะสารกลุ่ม Trihalomethanes (THMs) ซึ่งประกอบด้วย Chloroform, Bromodichloromethane (BDCM), Dibromochloromethane (DBCM), Bromoform และสารกลุ่มโลหะหนักประกอบด้วย แคดเมียม (Cd) ตะกั่ว (Pb) เหล็ก (Fe) สังกะสี (Zn) แมงกานีส (Mn) โดยการวิเคราะห์สารกลุ่ม THMs ในตัวอย่างน้ำประปา ผิดดินโดยใช้เครื่อง GC-ECD with head-space technique สำหรับสาร Cd Cr Pb และ Zn ทำการวิเคราะห์โดยวิธี Flame AAS การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชนที่อุปโภคบริโภค น้ำประปาชุมชนโดยแบ่งการประเมินเป็นความเสี่ยงที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง (Non-cancer

risk) และการประเมินความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดมะเร็ง (Cancer risk) ตามวิธีการของ U.S. EPA (2005) ผลการศึกษา พบว่า สารกลุ่ม THMs พบ Chloroform ในน้ำประปาผิวดินมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในจังหวัดชัยภูมิในบริเวณ จุดจ่ายน้ำประปาและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง $nd-28.67$ และ $nd-30.53$ $\mu g/L$ ตามลำดับ ซึ่งสารกลุ่ม THMs มีค่าอยู่ในเกณฑ์ ค่ามาตรฐานน้ำดื่มตามคำแนะนำขององค์การอนามัยโลก ส่วนสาร Bromoform ไม่พบในน้ำประปาผิวดินในทุกจังหวัด และจากการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพทั้งเพศ ชายและเพศหญิงผลการศึกษาพบว่าค่าความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดมะเร็งมีค่าสูงสุดในสาร DBCM เท่ากับ 4.11×10^{-5} ผ่านเส้นทางการดื่มกินที่บ้านช่องสามหมอ จังหวัดชัยภูมิโดยการศึกษาพบค่าความเสี่ยง ที่ก่อให้เกิดมะเร็งของสาร DBCM และ Chloroform เฉพาะน้ำประปาในระบบประปาช่องสามหมอ จังหวัดชัยภูมิและบ้านดอนใหญ่ จังหวัดนครราชสีมาเท่านั้นที่เกิน ค่าที่ยอมรับได้สำหรับค่าความเสี่ยงที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็งรวม (Hazard indexes, HI) พบค่าความเสี่ยงสูงที่สุดพบในสาร Chloroform เท่ากับ 0.11 โดยอยู่ในเกณฑ์ที่ร่างกายได้รับความเสี่ยงที่ยอมรับได้ผลการศึกษาสารกลุ่มโลหะหนัก พบว่า กลุ่มโลหะหนัก (Cd Pb Fe Zn Mn) ในน้ำส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้น Fe ในจุด บ้านผู้ใช้ในประปาผิวดินมีค่าเกินค่ามาตรฐานร้อยละ 6.3 และ Cd ในน้ำประปาบาดาลในแหล่งน้ำและบ้านผู้ใช้มีค่าสูงเกินค่ามาตรฐาน ร้อยละ 30 และในการศึกษานี้ไม่พบสาร Pb ในน้ำทุกตัวอย่าง การประเมินค่าความเสี่ยงของสารกลุ่มโลหะหนักพบว่าค่าความเสี่ยง (Hazard Quotient, HQ) ของ Cd ใน น้ำประปาบาดาล มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 4.51×10^{-2} และ 4.25×10^{-2} ในแหล่งน้ำและในน้ำก๊อกตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ย HQ ของโลหะหนักแต่ละชนิดอยู่ในเกณฑ์ความเสี่ยงที่ยอมรับได้

อนุพงศ์ คุ่มเวช และคณะ การศึกษาประสิทธิภาพของดินตะกอนจากโรงผลิตน้ำประปาเพื่อใช้ตรึงโลหะหนักที่ปนเปื้อนในดิน และลดการชะละลายของโลหะหนักออกจากดิน ทำการศึกษาโดยเก็บตัวอย่างดินบน (0-15 เซนติเมตร) บริเวณเหมืองสังกะสี ตำบลแม่ตาว อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก ผลการวิเคราะห์โลหะหนักที่ปนเปื้อนในดินด้วยวิธี US-EPA 3051 และเครื่อง AAS พบว่าดินมีความเข้มข้นของแคดเมียม ตะกั่ว สังกะสี และแมงกานีส เท่ากับ 37.60, 770.00, 135.51 และ 500.80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ การศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดโลหะหนักของดินตะกอนโดยการทดลองแบบแบตช์ พบว่า ดินตะกอน 2 กรัม สามารถดูดซับแคดเมียม และสังกะสีที่ความเข้มข้น 10-40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ได้มากกว่าร้อยละ 95.00 และแมงกานีสร้อยละ 59.72 อัตราส่วนของดินตะกอนต่อดินปนเปื้อนโลหะหนักที่อัตรา 1:1 มีประสิทธิภาพในการดูดซับโลหะหนักได้ดีที่สุด ชุดการทดลองปลูกข้าวโดยการสุมตัวอย่างสมบูรณ์มี 7 ชุดการทดลอง ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ผลการทดลองพบว่าการใช้ดินปนเปื้อนโลหะหนัก 5 กิโลกรัม ต่อดินตะกอน 5 กิโลกรัม ปุ๋ยเคมี 20 กิโลกรัม และมูลสุกร 70 กิโลกรัม ให้ผลผลิตข้าวสูงสุด (889.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และน้ำหนักเมล็ดข้าว 38.60 กรัม ต่อ 1,000 เมล็ด ไม่พบการปนเปื้อนโลหะหนักในเมล็ดข้าว นอกจากนี้ปริมาณโลหะหนักในน้ำชะของชุดการทดลองที่มีดินตะกอนมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน

วารางคณา เขตต์ มกราคม (2561) งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจวัดไอออนโลหะในน้ำทั้งเชิงคุณภาพ และเชิงปริมาณ การตรวจวัดใช้การตรวจวัดด้วยตาเปล่าโดยสังเกตการเปลี่ยนแปลงสีของ AXAD-7Cy ซึ่งเตรียมได้จากการดัดแปร Amberlite XAD-7 ด้วยไซยานิดิน (Cyanidin) ที่สกัดจากกะหล่ำปลีสีม่วง แล้วบรรจุในคอลัมน์ขนาดเล็ก จากการทดลองพบว่าไอออนที่สามารถตรวจวัดได้ คือ ไอออนทองแดง (Cu^{2+}) ไอออนตะกั่ว (Pb^{2+}) และไอออนอะลูมิเนียม (Al^{3+}) ได้อย่างชัดเจน ภายใต้สารละลายบัฟเฟอร์ พีเอช 7, 6 และ 5 ตามลำดับ โดยเมื่อนำน้ำตัวอย่างและสารละลาย บัฟเฟอร์ (0.01 M) ไหลผ่านคอลัมน์ของ AXAD-7Cy (10 มิลลิกรัม) ด้วยอัตราการไหล 0.5 มิลลิลิตร/นาที เป็นเวลา 20 นาที สามารถตรวจวัด Cu^{2+} , Pb^{2+} และ Al^{3+} ในน้ำได้ระดับความเข้มข้นต่ำสุดที่ 4, 30 และ 5 ไมโครโมลาร์ ตามลำดับ เมื่อนำวิธีนี้ตรวจวัดไอออนโลหะ ทั้ง 3 ในน้ำตัวอย่าง เทียบความถูกต้องกับเทคนิค ICP พบว่าค่าความเข้มข้นที่ได้จากทั้ง 2 วิธี มีความสอดคล้องกัน วิธีการที่พัฒนาขึ้นสามารถทำการตรวจสอบนอกสถานที่ได้ ซึ่งมีความง่าย สะดวก รวดเร็ว ปลอดภัยในการใช้งาน ใช้สารทุกตัวในปริมาณน้อย โดยเฉพาะ Cu^{2+} ที่สามารถถูกตรวจวัดได้ใน ระดับต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดในน้ำดื่ม

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในน้ำประปา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ โดยใช้ห้องปฏิบัติการวิจัยเคมี ศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ มีวิธีการดำเนินงานวิจัย ตามลำดับดังนี้

3.1 ศึกษาเอกสาร วิธีทดสอบตามมาตรฐาน และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สำรวจพื้นที่ ณ จุดผลิตน้ำประปา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ โดยประสานงานกับฝ่ายพัฒนาคุณภาพและสิ่งแวดล้อม สอบถามปัญหาเกี่ยวกับการผลิตน้ำประปาและรวบรวมเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.2 วางแผน และเตรียมเครื่องมือปฏิบัติการวิจัย

สำรวจพื้นที่ ณ จุดผลิตน้ำประปา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ โดยประสานงานกับฝ่ายพัฒนาคุณภาพและสิ่งแวดล้อม เป้าหมายในการศึกษาครั้งนี้ โดยเก็บตัวอย่างน้ำเป็นเวลา 6 เดือน คือ เดือนมกราคม – เดือนมิถุนายน 2563

เครื่องมือปฏิบัติการวิจัย

1) อุปกรณ์

- (1) ขวดวัดปริมาตร ขนาด 50 ml และขนาด 100 ml
- (2) ปีกเกอร์
- (3) กรวยกรองแก้ว
- (4) กระจกนาฬิกา
- (5) ปิเปตต์หลายขนาด
- (6) ลูกยาง
- (7) ขวดฉีดยาน้ำกลั่น
- (8) หลอดหยด
- (9) ขวดลดความดัน
- (10) กระดาษกรองเบอร์ 42
- (11) แ่งแก้วคน
- (12) ถังมือ
- (13) ช้อนตักสาร
- (14) กระบอกตวง

2) เครื่องมือ

- (1) เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)
- (2) เตาให้ความร้อน

- (3) เครื่องชั่งละเอียด
- (4) ตู้ดูดควัน
- 3) สารเคมี
 - (1) กรดไนตริก เข้มข้น 65 %
 - (2) กรดไนตริก 1%
 - (3) สารละลายสังกะสีมาตรฐาน 1,000 mg/l
 - (4) สารละลายแมงกานีสมาตรฐาน 1,000 mg/l
 - (5) สารละลายคอปเปอร์มาตรฐาน 1,000 mg/l
 - (6) สารละลายเหล็กมาตรฐาน 1,000 mg/l
 - (7) สารละลายตะกั่วมาตรฐาน 1,000 mg/l
 - (8) น้ำกลั่นปราศจากไอออน

3.3 วิธีการทดลอง

วิธีการเก็บรักษาน้ำตัวอย่าง

1) เก็บน้ำตัวอย่างใส่ขวดน้ำตัวอย่างที่มีความจุขนาด 6,000 มิลลิลิตร และเติมกรดไนตริกเข้มข้น (เติมกรดไนตริกเข้มข้น 10 มิลลิลิตรต่อน้ำตัวอย่าง 1 ลิตร) หรือจนกว่าค่าความเป็นกรด - เบส (pH) ของตัวอย่างน้ำมีค่าต่ำกว่า 2

2) นำน้ำตัวอย่างไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C

การเตรียมตัวอย่าง

1) ตัวอย่างน้ำ : สุ่มตัวอย่างและเขย่าผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน

2) ตัวอย่างน้ำแข็ง : สุ่มตัวอย่าง ปล่อยให้ละลายที่อุณหภูมิห้องและเขย่าผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน

3.4 ขั้นตอนการทดสอบ

1) ปิเปตน้ำตัวอย่างมา 500 ml ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 600 ml

2) เติม 5 ml HNO_3 65% (W/W) ย่อยตัวอย่างบนแผ่นให้ความร้อนในตู้ดูดควัน (ระวังอย่า ให้เดือด) จนปริมาตรลดลงเหลือน้อยกว่า 25 ml

3) ทิ้งให้เย็น ถ่ายสารละลายตัวอย่างลงใน ขวดวัดปริมาตรขนาด 25 ml ล้างบีกเกอร์ด้วย H_2O หลาย ๆ ครั้ง รวมน้ำล้างในขวดวัดปริมาตร ปรับปริมาตรและเขย่าผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน (ถ้าตัวอย่าง มีตะกอนต้องกรองก่อน)

4) วิเคราะห์ Blank ควบคู่ไปกับการวิเคราะห์ตัวอย่าง

3.5 วิธีวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

1) การหาโลหะหนักในน้ำให้นำสารละลายไปวัดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

2) นำค่าดูดกลืนแสงที่ได้ไปเทียบหาความเข้มข้นของโลหะหนักจากกราฟมาตรฐานของ สารละลาย สังกะสี แมงกานีส คอปเปอร์ เหล็ก ตะกั่ว และคำนวณหาปริมาณโลหะหนักในน้ำ

3.6 วิธีการสร้างกราฟมาตรฐาน

1) การเตรียมสารละลายมาตรฐาน สังกะสี แมงกานีส คอปเปอร์ เหล็ก ตะกั่ว (mg/L)

โดยเจือจางสารละลายมาตรฐาน สังกะสี แมงกานีส คอปเปอร์ เหล็ก ตะกั่ว ให้เป็น 100 ppm ด้วยน้ำ DI

2) เจือจางสารละลายมาตรฐาน สังกะสี แมงกานีส คอปเปอร์ เหล็ก ตะกั่ว จากความเข้มข้น 100 ppm ด้วย HNO_3 1% ปรับปริมาตรเป็น 50 ml ให้ได้ช่วงความเข้มข้นที่ครอบคลุมความเข้มข้นที่ต้องการวัดตามตาราง

ตารางที่ 3-1 ความเข้มข้นของสารมาตรฐาน

Standard solution	ความเข้มข้นของสารละลาย
สังกะสี	0.1, 0.5, 1, 2, 3
แมงกานีส, คอปเปอร์	0.1, 0.5, 1, 2, 3, 4,
เหล็ก	0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 5.0, 7.0
ตะกั่ว	2, 3, 5, 7, 10

3.7 การควบคุมคุณภาพผลการทดสอบ

1) ก่อนสร้างกราฟมาตรฐานต้องทำ sensitivity check ของเครื่อง โดยใช้ working standard solution ตามที่เครื่องมือของเครื่องกำหนด

2) ตรวจสอบ drift ของเครื่อง โดยการวัด working standard solution 1 จุด หลังการวัดตัวอย่าง ทุก 10 – 12 ตัวอย่าง

3) วิเคราะห์ blank ทุกครั้งที่ทำการวิเคราะห์

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในน้ำประปา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ โดยมีห้องปฏิบัติการวิจัยเคมี ศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ เป็นห้องตรวจวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก ได้แก่ สังกะสี แมงกานีส คอปเปอร์ เหล็ก ตะกั่ว และใช้เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

4.1 ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการตรวจวิเคราะห์ เมื่อนำผลการวิเคราะห์ที่คำนวณได้จากกราฟมาตรฐานโลหะหนักในน้ำประปา โดยใช้เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) ซึ่งได้เก็บน้ำตัวอย่างจำนวน 6 เดือน (มกราคม - เมษายน) มาหาค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ ของปริมาณโลหะหนัก สังกะสี แมงกานีส คอปเปอร์ เหล็ก ตะกั่ว ดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 แสดงผลค่าปริมาณโลหะหนัก

เดือน	ปริมาณโลหะหนัก				
	Zn	Mn	Cu	Fe	Pb
มกราคม	0.0306	0.1148	-	0.0693	-
กุมภาพันธ์	ND	0.0465	ND	0.0712	ND
มีนาคม	ND	0.1225	-	0.0734	ND
เมษายน	-	0.0492	-	ND	ND
พฤษภาคม	0.0127	ND	ND	0.3215	ND
มิถุนายน	ND	ND	ND	ND	ND

หมายเหตุ ND คือ
 - คือ ตรวจไม่พบ

ตารางที่ 4-2 ตารางเปรียบเทียบผลปริมาณโลหะหนักกับค่ามาตรฐานน้ำประปา

คุณลักษณะทางเคมี							
รายการ	ผลการทดสอบ						มาตรฐานกำหนด (1)
	(มิลลิกรัม/ลิตร)						(มิลลิกรัม/ลิตร)
เดือน	มค.	กพ.	มีค.	เมษ.	พค.	มิย.	
เหล็ก (Fe)	0.0693	0.0712	0.0734	ND	0.3215	ND	ไม่เกิน 0.5
แมงกานีส (Mn)	0.1148	0.0465	0.1225	0.0492	ND	ND	ไม่เกิน 0.3
คอปเปอร์ (Cu)	-	ND	-	-	ND	ND	ไม่เกิน 1.0
สังกะสี (Zn)	0.0306	ND	ND	-	0.0127	ND	ไม่เกิน 5.0
ตะกั่ว (Pb)	-	ND	ND	ND	ND	ND	ต้องไม่มีเลย

หมายเหตุ ND (not detected) หมายถึง ตรวจพบในปริมาณต่ำกว่าค่า limit of Detection (LOD)
 - หมายถึง ตรวจไม่พบ

ปริมาณโลหะหนักเหล็ก (Fe) ในน้ำประปา มีผลดังนี้

เดือน มกราคม ถึง เดือนมิถุนายน มีปริมาณเท่ากับ 0.0693, 0.0712, 0.0734, ND, 0.3215, ND ตามลำดับ

ปริมาณโลหะหนักแมงกานีส (Mn) ในน้ำประปา มีผลดังนี้

เดือน มกราคม ถึง เดือนมิถุนายน มีปริมาณเท่ากับ 0.1148, 0.0465, 0.1225, 0.0492, ND, ND ตามลำดับ

ปริมาณโลหะหนักคอปเปอร์ (Cu) ในน้ำประปา มีผลดังนี้

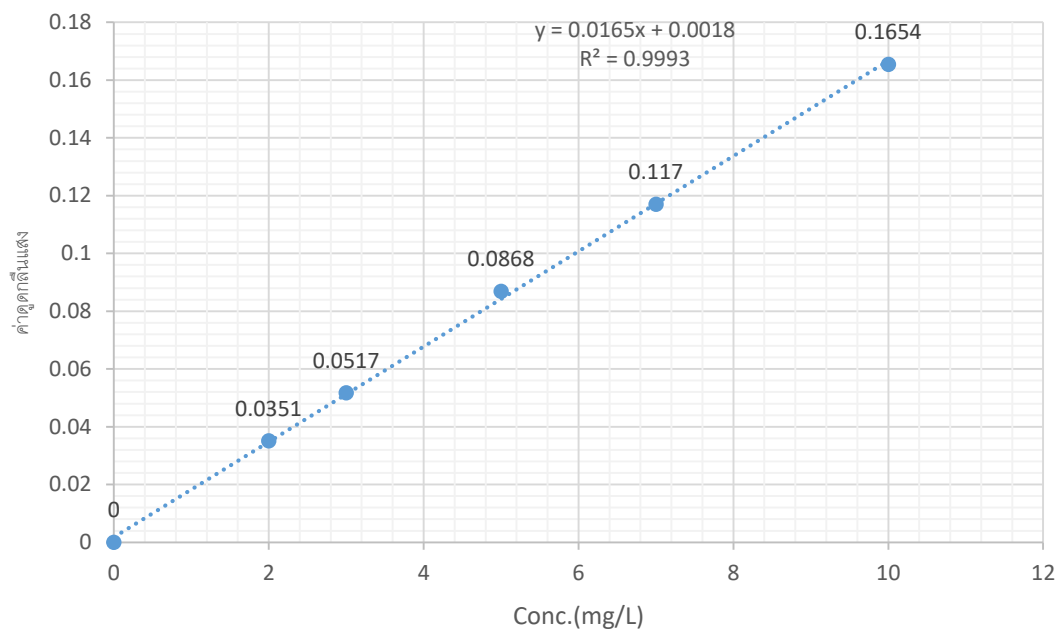
เดือน มกราคม ถึง เดือนมิถุนายน มีปริมาณเท่ากับ ไม่พบ, ND, ไม่พบ, ไม่พบ, ND, ND ตามลำดับ

ปริมาณโลหะหนักสังกะสี (Zn) ในน้ำประปา มีผลดังนี้

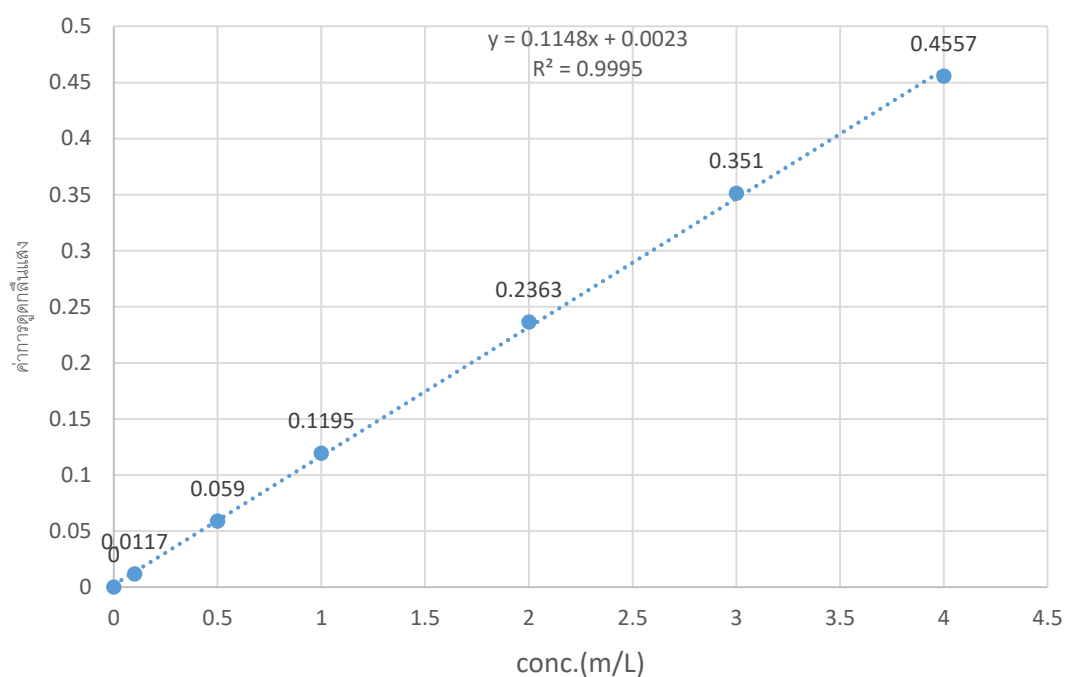
เดือน มกราคม ถึง เดือนมิถุนายน มีปริมาณเท่ากับ 0.0306, ND, ND, ไม่พบ, 0.0127, ND ตามลำดับ

ปริมาณโลหะหนักตะกั่ว (Pb) ในน้ำประปา มีผลดังนี้

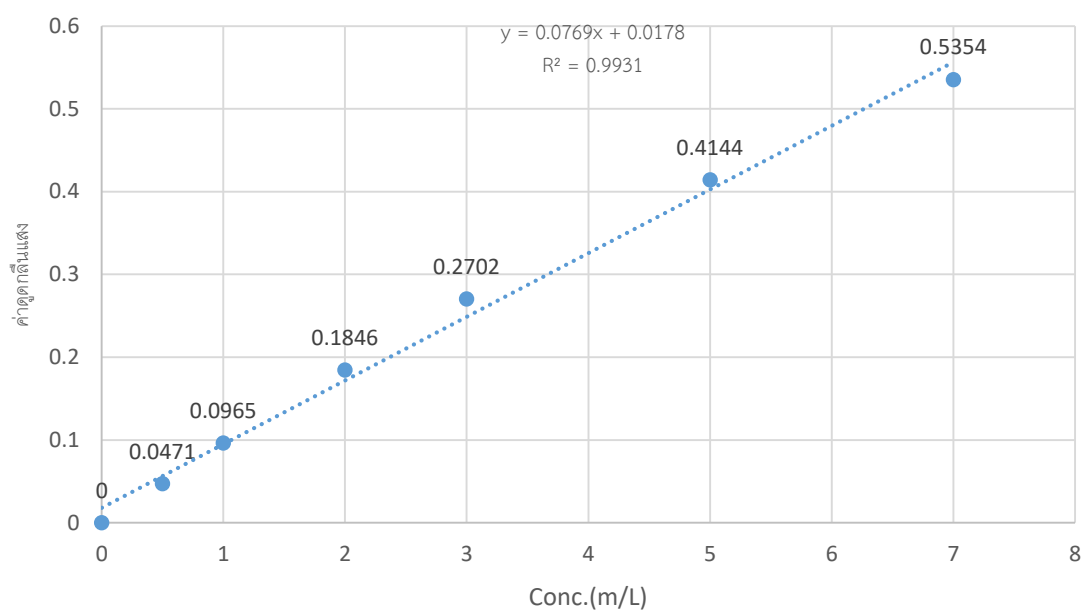
เดือน มกราคม มีปริมาณเท่ากับ ไม่พบ เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมิถุนายน มีปริมาณเท่ากับ ND



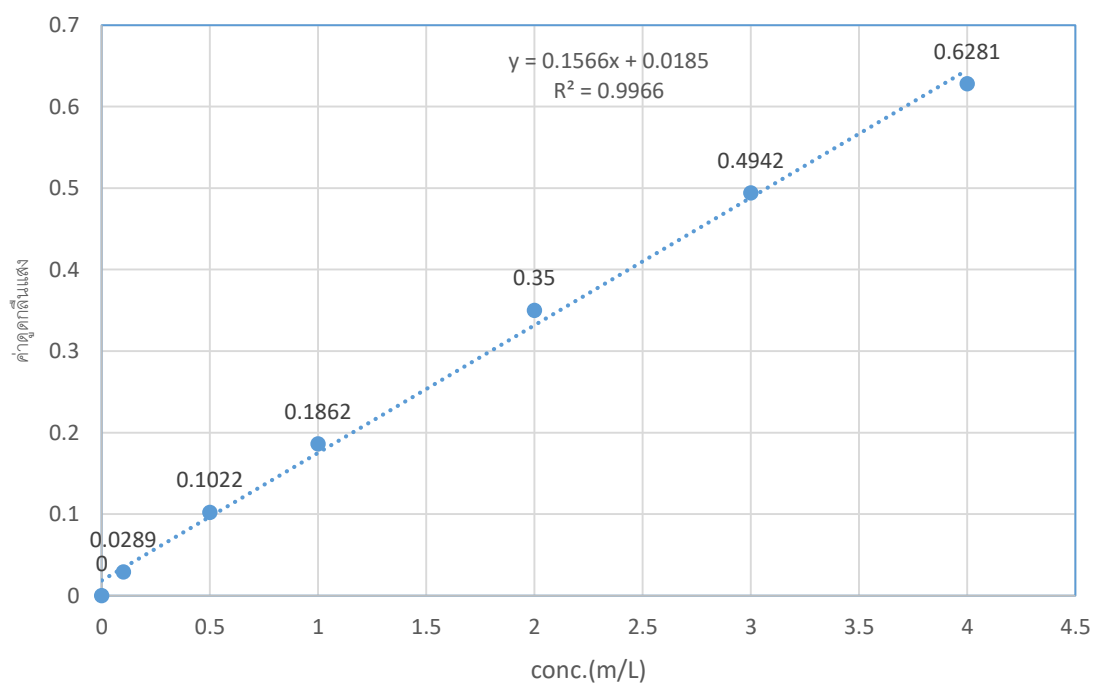
รูปที่ 4-1 กราฟมาตรฐานของเตทรา



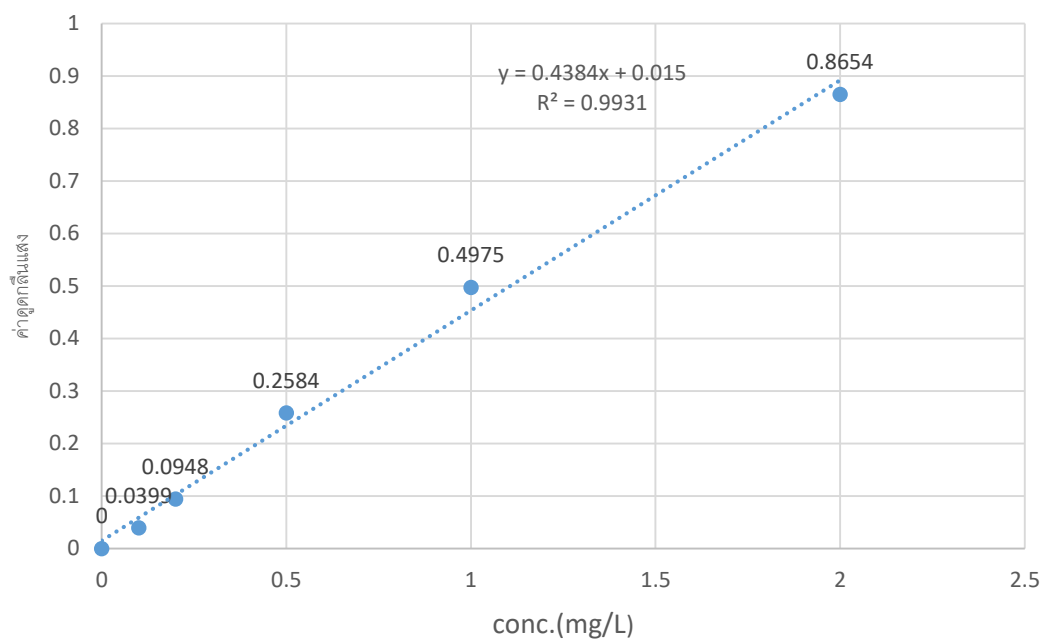
รูปที่ 4-2 กราฟมาตรฐานของคอปเปอร์



รูปที่ 4-3 กราฟมาตรฐานของเหล็ก



รูปที่ 4-4 กราฟมาตรฐานของแมงกานีส



รูปที่ 4-5 กราฟมาตรฐานของสังกะสี

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในน้ำประปา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ โดยมีห้องปฏิบัติการวิจัยเคมี ศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ เป็นห้องตรวจวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก ได้แก่ สังกะสี แมงกานีส คอปเปอร์ เหล็ก ตะกั่ว และใช้เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในน้ำประปา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ผลการทดลอง การวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในน้ำประปา โดยใช้เทคนิค Atomic Absorption Spectrophotometer วิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในน้ำประปา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ในช่วง เดือน มกราคม ถึง เดือนมิถุนายน 2563 จำนวน 6 เดือน สามารถสรุปได้ดังนี้

ผลการวิเคราะห์ เหล็ก มีปริมาณสูงสุด คือ 0.3215 มิลลิกรัมต่อลิตรในเดือนพฤษภาคม

ผลการวิเคราะห์ แมงกานีส มีปริมาณสูงสุดคือ 0.1225 มิลลิกรัมต่อลิตรในเดือนมีนาคม

ผลการวิเคราะห์ คอปเปอร์ ตรวจไม่พบในระหว่างเดือน มกราคม ถึง เดือนมิถุนายน

ผลการวิเคราะห์ สังกะสี มีปริมาณสูงสุด คือ 0.0306 มิลลิกรัมต่อลิตรในเดือนมกราคม

ผลการวิเคราะห์ ตะกั่ว ตรวจไม่พบในระหว่างเดือน มกราคม ถึง เดือนมิถุนายน ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำประปา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ พบว่า เมื่อนำค่ามา เปรียบเทียบมาตรฐานน้ำบริโภคตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก 257-2549 พบว่า อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน การตรวจวัดปริมาณโลหะหนัก ควรมีการสุ่มตรวจวิเคราะห์สม่ำเสมอ เพื่อเป็นการป้องกันอันตรายและความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

บรรณานุกรม

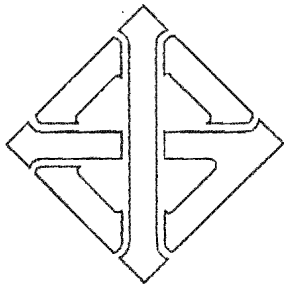
- กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. “เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำ.” (ออนไลน์). (2537)
- กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. “วิธีมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์อาหาร เล่มที่ 3.”
- ชนัญชิดา สายชุมดี สำนักวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมโรงงาน “การวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำเสียโดยใช้เครื่อง AAS.”
- ทิศา ดวงสวัสดิ์. “การปนเปื้อนโลหะหนักในน้ำและตกตะกอนท้องน้ำ บริเวณปากแม่น้ำท่าตะเภา จังหวัดชุมพร.” สาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยทักษิณ. (2553)
- นฤมล ตปนียะกุล และคณะ. “คุณภาพน้ำและผลกระทบต่อสุขภาพ.”
- ลาวัลย์ เอียวสวัสดิ์. “การตรวจวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำ.” นักวิชาการสิ่งแวดล้อมชำนาญการพิเศษ สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี). 2557.
- วิญญู จิตสัมพันธ์เวช และคณะ. “การวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก 9 ชนิดในน้ำดื่มโดยใช้เทคนิคอินดักทีฟลีคฟิเลพลาสมาสเปกโตรเมตรี.” หน้า 492-495.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 257-2549

น้ำบริโภค



มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

THAI INDUSTRIAL STANDARD

มอก. 257– 2549

น้ำบริโภค

DRINKING-WATER

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม

ICS 13.06020

ISBN 974-1508-26-3

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม น้ำบริโภค

มอก. 257 – 2549

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม ถนนพระรามที่ 6 กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 0 2202 3300

ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่ม 123 ตอนที่ 64ง
วันที่ 6 กรกฎาคม พุทธศักราช 2549

คณะกรรมการวิชาการคณะที่ 5
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค

ประธานกรรมการ	
นางกาญจนา ว่องชนิษฐ์	ผู้ทรงคุณวุฒิ
กรรมการ	
นางสมทรัพย์ อธิคมรังสฤษฎ์	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล
นางวนิดา พันธุ์โอภาส	กรมโยธาธิการ
นางสาวสุวรรณี อธิภาพธรรมกุล	กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์
นางลดาพรรณ แสงคล้าย	
นางสาวเกษร ตันนุกิจ	กรมวิทยาศาสตร์บริการ (โครงการเคมี)
นางอังสนา จั่วสุวรรณ	
นายปรีชา ธรรมนิยม	กรมวิทยาศาสตร์บริการ (โครงการวิทยาศาสตร์ชีวภาพ)
นายเกรียงไกร นาคะเทศ	
นางนฤมล ตปนียะกุล	กรมอนามัย
นางสาวสุกัญญา บุญเฉลิมกิจ	สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ
นายชินันท์ เจริญพงศ์	สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข
นางชนิษฐา ศรีสุขสวัสดิ์	สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ
นางสาวน้ำทิพย์ รัตนพันธุ์	การประปานครหลวง
นายสมศักดิ์ กิจเจริญ	
นางจิตสุภา ไตรธรรม	การประปาส่วนภูมิภาค
นางอินจิรา นิยมธู	กรุงเทพมหานคร (ฝ่ายกำจัดน้ำทิ้ง)
นางสาวอรรพรรณ บัณฑิต	สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย
นายพร เดชคณากร	บริษัท ไทยน้ำทิพย์ จำกัด
กรรมการและเลขานุการ	
นางสาวลักขณ์ ทองสถิตย์	สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภคนี้ ได้ประกาศใช้ครั้งแรกเป็นมาตรฐานเลขที่ มอก.257-2521 ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 95 ตอนที่ 68 วันที่ 4 กรกฎาคม พุทธศักราช 2521 ต่อมาผู้เสนอให้แก้ไขเพื่อให้เหมาะสมยิ่งขึ้น จึงได้แก้ไขปรับปรุงโดยยกเลิกมาตรฐานเดิมและกำหนดมาตรฐานนี้ขึ้นใหม่

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดขึ้นโดยใช้ผลการศึกษาร่วมกันของคณะกรรมการวิชาการคณะที่ 5 กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กรมวิชาการเกษตร และเอกสารต่อไปนี้เป็นแนวทาง

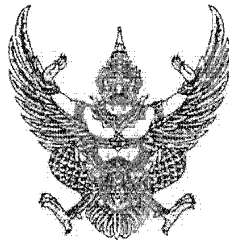
Guidelines for drinking - water quality, SECOND EDITION Volume 2 Health criteria and other supporting information World Health Organization, Geneva. 1996

COMPENDIUM OF METHODS FOR THE MICROBIOLOGICAL EXAMINATION OF FOODS
FOURTH EDITION 2001 AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION

Standard Methods FOR THE Examination of Water and Wastewater 20 th Edition 1998 American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation.

มอก. 34-2546 ข้อปฏิบัติแนะนำระหว่างประเทศ : หลักการทั่วไปเกี่ยวกับสุขลักษณะอาหาร

คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้พิจารณามาตรฐานนี้แล้ว เห็นสมควรเสนอรัฐมนตรีประกาศตาม
มาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511



ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 3470 (พ.ศ. 2549)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. 2511

เรื่อง ยกเลิกมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

น้ำบริโภคน้ำดื่ม เล่ม 1 ข้อกำหนดเกณฑ์คุณภาพ

และกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

น้ำบริโภคน้ำดื่ม

โดยที่เป็นการสมควรปรับปรุงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม น้ำบริโภคน้ำดื่ม เล่ม 1 ข้อกำหนดเกณฑ์คุณภาพ มาตรฐานเลขที่ มอก.257 เล่ม 1-2521

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศยกเลิกประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 332 (พ.ศ. 2521) เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม น้ำบริโภคน้ำดื่ม เล่ม 1 ข้อกำหนดเกณฑ์คุณภาพ ลงวันที่ 8 พฤษภาคม พ.ศ. 2521 และออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม น้ำบริโภคน้ำดื่ม มาตรฐานเลขที่ มอก. 257-2549 ขึ้นใหม่ ดังมีรายการละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ทั้งนี้ให้มีผลเมื่อพ้นกำหนด 180 วัน นับแต่วันที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ 24 มีนาคม พ.ศ. 2549

สุริยะ จึงรุ่งเรืองกิจ

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

น้ำบริโภค

1. ขอบข่าย

- 1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ครอบคลุมน้ำที่บริโภคทั่วไปและน้ำที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

- 2.1 น้ำบริโภค หมายถึง น้ำที่บริโภค รวมทั้งน้ำที่ใช้ทำอาหารและเครื่องดื่ม
- 2.2 หน่วยแพลทินัม-โคบอลต์ (platinum-cobalt scale) หมายถึง หน่วยวัดระดับความเข้มของสีแท้ (true colour) ของน้ำ โดยเปรียบเทียบกับสีของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมคลอโรแพลทินัมกับโคบอลต์ (II) คลอไรด์
- 2.3 หน่วยเอ็นทียู (nephelometric turbidity unit, NTU) หมายถึง หน่วยวัดความขุ่นในน้ำโดยวิธีเนเฟโลเมตริก

3. ประเภท

- 3.1 น้ำบริโภค แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ
- 3.1.1 ประเภทที่ 1 บรรจุในภาชนะบรรจุปิดสนิท
- 3.1.2 ประเภทที่ 2 ไม่บรรจุในภาชนะบรรจุ

4. คุณลักษณะที่ต้องการ

- 4.1 ลักษณะทั่วไป
- ต้องปราศจากสิ่งแปลกปลอมและกลิ่นและรสที่ไม่พึงประสงค์หรือเป็นที่น่ารังเกียจ
- การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ
- 4.2 คุณลักษณะทางฟิสิกส์
- 4.2.1 สี
- ต้องไม่เกิน 5 หน่วยแพลทินัม-โคบอลต์
- การทดสอบให้ปฏิบัติตาม Standard Methods FOR THE Examination of Water and Wastewater 20th Edition 1998 ข้อ 2120 B
- 4.2.2 ความขุ่น
- ต้องไม่เกิน 5 หน่วยเอ็นทียู
- การทดสอบให้ปฏิบัติตาม Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th Edition 1998 ข้อ 2130 B

4.2.3 ค่าความเป็นกรด-ด่าง

ต้องอยู่ระหว่าง 6.5 ถึง 8.5

การทดสอบให้ปฏิบัติตาม Standard Methods FOR THE Examination of Water and Wastewater 20th Edition 1998 ข้อ 4500-H⁺B

4.3 คุณลักษณะทางเคมี

4.3.1 ประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามตารางที่ 1ก.

4.3.2 ประเภทที่ 2 ให้เป็นไปตามตารางที่ 1ก. อาจอนุโลมให้เป็นไปตามตารางที่ 1ข. ได้ชั่วคราว

4.4 สารที่เป็นพิษ

ให้เป็นไปตามตารางที่ 2

ตารางที่ 1ก. คุณลักษณะทางเคมี
(ข้อ 4.3.1 และข้อ 4.3.2)

ลำดับที่	รายการ	เกณฑ์ที่กำหนดสูงสุด มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร	วิธีวิเคราะห์*
1	ปริมาณสารที่ละลายทั้งหมด (total dissolved solids)	500	ข้อ 2540 C
2	เหล็ก	0.3	ข้อ 3111B หรือข้อ 3111C
3	แมงกานีส	0.05	ข้อ 3111B
4	ทองแดง	1.0	ข้อ 3111 B
5	สังกะสี	3	ข้อ 3111 B
6	ความกระด้างทั้งหมด (คำนวณเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต)	100	ข้อ 2340C
7	ซัลเฟต	200	ข้อ 4500-SO ₄ ²⁻ E
8	คลอไรด์	250	ข้อ 4500-Cl ⁻ B
9	ฟลูออไรด์	0.7	ข้อ 4500-F ⁻ C
10	ไนเตรต (คำนวณเป็น ไนโตรเจน)	4	ข้อ 4500-NO ₃ ⁻ D
11	ลิเเนียร์อัลคิลเบนซีนซัลโฟเนต	0.2	ข้อ 5540 C
12	ฟีนอลิกซบสแดนซ์	0.001	ข้อ 5530 C

หมายเหตุ * หมายถึง Standard Methods FOR THE Examination of Water and Wastewater 20th Edition 1998

ตารางที่ 1ข. คุณลักษณะทางเคมีของน้ำบริโภคประเภทที่ 2
(ข้อ 4.3.2)

ลำดับที่	รายการ	เกณฑ์ที่กำหนดสูงสุด มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร	วิธีวิเคราะห์*
1	ปริมาณสารที่ละลายทั้งหมด	600	ข้อ 2540 C
2	แมงกานีส	0.1	ข้อ 3111 B
3	ความกระด้างทั้งหมด (คำนวณเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต)	300	ข้อ 2340 C
4	ซัลเฟต	250	ข้อ 4500-SO ₄ ²⁻ E
5	ฟลูออไรด์	1	ข้อ 4500-F ⁻ C
6	ไนเตรต (คำนวณเป็น ไนโตรเจน)	10	ข้อ 4500-NO ₃ ⁻ D
7	ฟีนอลิกซัสแดนซ์	0.005	ข้อ 5530 C

หมายเหตุ * หมายถึง Standard Methods FOR THE Examination of Water and Wastewater 20th Edition 1998

5. สุขลักษณะ

- 5.1 สุขลักษณะในการทำน้ำบริโภค ให้เป็นไปตาม มอก.34
 - 5.2 จุลินทรีย์ที่มีในน้ำบริโภค ต้องไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนดดังนี้
 - 5.2.1 โคลิฟอร์มแบคทีเรีย ต้องน้อยกว่า 1.1 ในตัวอย่าง 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยวิธีมัลติเฟลทิวบ์เฟอร์เมนเทชันเทคนิค (multiple tube fermentation technique)
 - 5.2.2 เอสเชอริเชีย โคไล (*Escherichia coli*) ต้องไม่พบในตัวอย่าง 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
 - 5.2.3 สตาฟีโลค็อกคัส ออเรียส (*Staphylococcus aureus*) ต้องไม่พบในตัวอย่าง 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
 - 5.2.4 ซาลโมเนลลา (*Salmonella*) ต้องไม่พบในตัวอย่าง 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
 - 5.2.5 คลอสตริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์ (*Clostridium perfringens*) ต้องไม่พบในตัวอย่าง 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
 - 5.2.6 ในกรณีที่มีโรคระบาดทางน้ำในท้องถิ่นนั้น ให้ตรวจจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคระบาดในขณะนั้นด้วย เช่น อหิวาตกโรค ไทฟอยด์ บิด
- การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 9.3

ตารางที่ 2 ตารางที่เป็นพิษ
(ข้อ 4.4)

ลำดับที่	รายการ	เกณฑ์ที่กำหนดสูงสุด มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร	วิธีวิเคราะห์*
1	ปรอท	0.001	ข้อ 3112B
2	ตะกั่ว	0.01	ข้อ 3113B
3	สารหนู	0.01	ข้อ 3113B
4	ซีลีเนียม	0.01	ข้อ 3113B
5	โครเมียม	0.05	ข้อ 3113B
6	โซยาไนต์	0.07	ข้อ 4500-CN ⁻ F
7	แคดเมียม	0.003	ข้อ 3113B
8	แบเรียม	0.7	ข้อ 3113B

หมายเหตุ * หมายถึง Standard Methods FOR THE Examination of Water and Wastewater 20th Edition
1998

6. การบรรจุ

- 6.1 ให้บรรจุน้ำบริโภคน้ำในภาชนะบรรจุที่สะอาด มีฝาหรือจุกปิด ผนึกโดยรอบระหว่างฝาหรือจุกกับภาชนะบรรจุ และเมื่อเปิดใช้แล้วสิ่งที่ปิดผนึกหรือส่วนที่ปิดผนึกนั้นเสียไป
- 6.2 ปริมาตรสุทธิของน้ำบริโภคในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

7. เครื่องหมายและฉลาก

- 7.1 ที่ภาชนะบรรจุน้ำบริโภคทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน
- (1) ชื่อผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐานนี้หรือชื่ออื่นที่สื่อความหมายว่าเป็นผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐานนี้
 - (2) วัน เดือน ปีที่บรรจุ
 - (3) ปริมาตรสุทธิ เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร (มิลลิลิตร) หรือลูกบาศก์เดซิเมตร (ลิตร)
 - (4) รหัสรุ่นที่ทำ
 - (5) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน
- ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศด้วย ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น หรือในกรณีที่ใช้เฉพาะภาษาต่างประเทศเพื่อการส่งออก

8. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

- 8.1 การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสินให้เป็นไปตามภาคผนวก ก.

9. การทดสอบ

- 9.1 ให้ใช้วิธีทดสอบที่กำหนดในมาตรฐานนี้หรือวิธีอื่นใดที่ให้ผลเทียบเท่า ในกรณีที่มิข้อโต้แย้งให้ใช้วิธีที่กำหนดในมาตรฐานนี้
- 9.2 ความถี่ในการทดสอบประจำของผู้ทำ แนะนำให้เป็นไปตามภาคผนวก ข.
- 9.3 จุลินทรีย์
- 9.3.1 โคลิฟอร์มแบคทีเรีย ให้ปฏิบัติตาม Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th Edition 1998 ข้อ 9221C
- 9.3.2 เอสเชอริเชีย โคไล ให้ปฏิบัติตาม Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th Edition 1998 ข้อ 9221F
- 9.3.3 สตาฟีโลคอคคัส ออเรียส ให้ปฏิบัติตาม Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th Edition 1998 ข้อ 9213B ข้อย่อย 7
- 9.3.4 ซาลโมเนลลา ให้ปฏิบัติตาม Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th Edition 1998 ข้อ 9260B
- 9.3.5 คลอสทริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์ ให้ปฏิบัติตาม COMPENDIUM OF METHODS FOR THE MICROBIOLOGICAL EXAMINATION OF FOODS 4th EDITION 2001 หน้า 325 ถึง 330

ภาคผนวก ก.

การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

(ข้อ 8.1)

ก.1 ประเภทที่ 1

ก.1.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง น้ำบริโภคที่บรรจุในภาชนะบรรจุชนิดและขนาดเดียวกัน ในวันเดียวกันหรือระยะเวลาเดียวกันอย่างต่อเนื่อง

ก.1.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้ หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้

ก.1.2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบการบรรจุและเครื่องหมายและฉลาก

(1) ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันตามจำนวนที่กำหนดในตารางที่ ก.1

(2) จำนวนตัวอย่างน้ำบริโภคที่ไม่เป็นไปตามข้อ 6. และข้อ 7. ต้องไม่เกินเลขจำนวนที่ยอมรับที่กำหนดในตารางที่ ก.1 จึงจะถือว่าน้ำบริโภครุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ตารางที่ ก.1 แผนการชักตัวอย่างสำหรับการทดสอบการบรรจุและเครื่องหมายและฉลาก

(ข้อ ก.1.2.1)

ขนาดรุ่น หน่วยภาชนะบรรจุ	ขนาดตัวอย่าง หน่วยภาชนะบรรจุ	เลขจำนวนที่ยอมรับ
ไม่เกิน 10 000	8	1
10 001 ถึง 35 000	13	2
35 001 ถึง 150 000	20	3
150 001 ถึง 500 000	32	5
มากกว่า 500 000 ขึ้นไป	50	7

ก.1.2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบคุณลักษณะที่ต้องการ

(1) ให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบตามข้อ ก.1.2.1 แล้วแบ่งตัวอย่างมาภาชนะบรรจุละเท่า ๆ กัน นำมาผสมรวมกันเป็นตัวอย่างรวม โดยมีปริมาตรรวมไม่น้อยกว่า 4 ลูกบาศก์เดซิเมตร ในกรณี
ที่ตัวอย่างไม่พอให้ชักตัวอย่างเพิ่มจนได้ปริมาตรรวมตามที่กำหนด

(2) ตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 4.1 ข้อ 4.2 ข้อ 4.3 และข้อ 4.4 จึงจะถือว่าน้ำบริโภครุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ก.1.2.3 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบจุลินทรีย์

(1) ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันจำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุ

(2) ตัวอย่างทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 5.2 จึงจะถือว่าน้ำบริโภครุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ก.1.3 เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างน้ำบริโภครุ่นต้องเป็นไปตามข้อ ก.1.2.1(2) ข้อ ก.1.2.2(2) และข้อ ก.1.2.3(2) ทุกข้อ
จึงจะถือว่าน้ำบริโภครุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

ก.2 ประเภทที่ 2

ก.2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้ หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้

ก.2.1.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบคุณลักษณะที่ต้องการ

- (1) ให้ชักตัวอย่างน้ำบริโภครุ่นก่อนเข้าสู่ระบบท่อจ่ายไม่น้อยกว่า 6 ลูกบาศก์เดซิเมตร แล้วเก็บในภาชนะที่สะอาดและปิดได้สนิท
- (2) ตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 4.1 ข้อ 4.2 ข้อ 4.3 และข้อ 4.4 จึงจะถือว่าน้ำบริโภครุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ก.2.1.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบจุลินทรีย์

ให้ชักตัวอย่างน้ำบริโภคในระบบท่อจ่ายตามตารางที่ ก.2 และระงับการปนเปื้อนโดยปฏิบัติดังนี้

- (1) ภาชนะที่ใช้เก็บตัวอย่างให้ใช้ขวดแก้วปากกว้างชนิดทนความร้อนที่มีจุกแก้วปิดได้สนิท ความจุประมาณ 170 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต ร้อยละ 3 โดยน้ำหนักจำนวน 0.1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงในขวดแก้ว หุ้มด้วยกระดาษหรืออะลูมิเนียมเปลว นำขวดแก้วใส่ลงในกระบอกโลหะ แล้วนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียสถึง 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ให้ปิดจุกแก้วไว้ตลอดจนกว่าจะเก็บตัวอย่าง การเปิดให้จับจุกแก้วเฉพาะส่วนบน ห้ามจับส่วนที่จะปิดลงในขวดแก้วและคอขวด
- (2) ใช้ไฟจากตะเกียงแอลกอฮอล์สนปากก๊อกน้ำให้ร้อนเพื่อฆ่าเชื้อโรค แล้วปิดน้ำให้ไหลเต็มที่โดยปล่อยให้ทิ้งไป 5 นาทีเพื่อทำความสะอาดปากก๊อกน้ำ ใช้ไฟลงปากขวดพร้อมทั้งจุกจนร้อน เปิดจุกขวดออกกรองรับน้ำบริโภคประมาณ 2 ใน 3 ส่วนของความจุขวด (ประมาณ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร) อย่าให้น้ำบริโภครุ่นเต็มขวด เพื่อเหลือที่ว่างไว้สำหรับเขย่าตัวอย่างให้เข้ากันขณะทดสอบ ในการเก็บน้ำนี้ไม่ควรจับคอขวด เมื่อเปิดจุกขวดออกต้องถือจุกไว้อย่างให้สัมผัสกับสิ่งอื่น ก่อนปิดจุกขวดให้ใช้ไฟลงปากขวดและจุกอีกครั้ง ใส่ขวดเก็บตัวอย่างนี้ลงในกระบอกโลหะแล้วปิดฝาไว้ การทดสอบให้ทำทันที หากจำเป็นให้ทดสอบภายในเวลาไม่เกิน 30 ชั่วโมง หลังจากเก็บตัวอย่างโดยเก็บรักษาตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิไม่เกิน 10 องศาเซลเซียส

ตารางที่ ก.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบจุลินทรีย์
(ข้อ ก.2.1.2)

จำนวนประชากรที่ใช้น้ำ (คน)	อย่างน้อยต้องวิเคราะห์ทุกช่วงเวลา	จำนวนตัวอย่างจากระบบที่จ่าย ในแต่ละเดือน
ไม่เกิน 20 000	1 เดือน	1 ตัวอย่างต่อประชากร 5 000 คน
20 000 ถึง 50 000	2 สัปดาห์	1 ตัวอย่างต่อประชากร 5 000 คน
50 000 ถึง 100 000	4 วัน	1 ตัวอย่างต่อประชากร 5 000 คน
100 001 ขึ้นไป	1 วัน	1 ตัวอย่างต่อประชากร 10 000 คน

ก.2.1.3 ตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 5.2 จึงจะถือว่าน้ำบริโภครุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ก.2.2 เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างน้ำบริโภคต้องเป็นไปตามข้อ ก.2.1.1(2) และข้อ ก.2.1.3 ทุกข้อ จึงจะถือว่าน้ำบริโภครุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

ภาคผนวก ข.
 ความถี่ในการทดสอบประจำ
 (ข้อ 9.2)

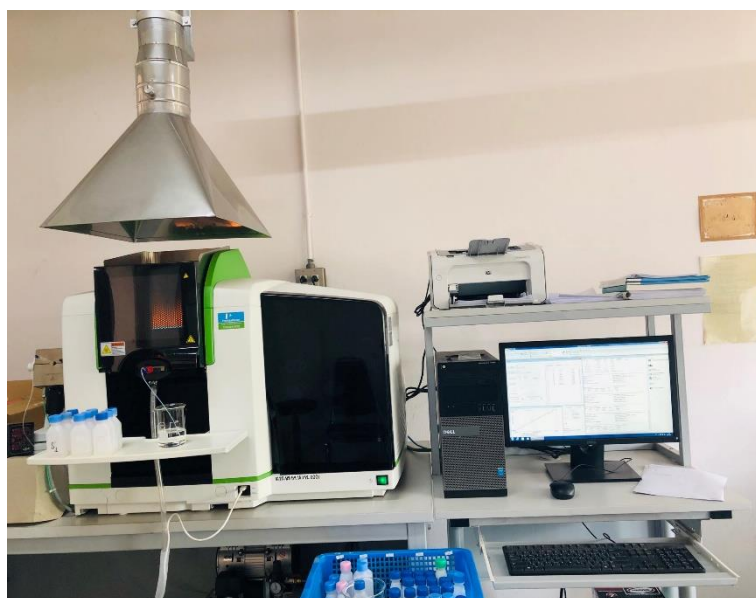
กลุ่มที่ 1 ตรวจสอบทุกวัน	กลุ่มที่ 2 ตรวจสอบอย่างน้อยปีละ 2 ครั้ง ยกเว้นจุลินทรีย์ตรวจสอบทุก 2 เดือน	กลุ่มที่ 3 ตรวจสอบปีละครั้ง
1. สี กลิ่นและรส	1. สี กลิ่นและรส	1. ทองแดง
2. ความขุ่น	2. ความขุ่น	2. สังกะสี
3. ค่าความเป็นกรด-ด่าง	3. ค่าความเป็นกรด-ด่าง	3. โปรท
4. โคลิฟอร์ม	4. ปริมาณสารที่ละลายทั้งหมด	4. ตะกั่ว
5. จุลินทรีย์ทั้งหมด (ต้องไม่มากกว่า 500 CFU)	5. แมงกานีส	5. แคดเมียม
6. ปริมาณสารที่ละลายทั้งหมด	6. ซัลเฟต	6. แบเรียม
	7. คลอไรด์	7. โครเมียม
	8. ฟลูออไรด์	8. ซีลีเนียม
	9. ความกระด้างทั้งหมด	9. สารหนู
	10. จุลินทรีย์	10. เหล็ก
		11. โซเดียม
		12. ลิเทียมอัลซิลเบนซีนซัลโฟเนต
		13. ฟีนอลิกซบสแตนซ์

ภาคผนวก ข

ภาพขั้นตอนการวิเคราะห์



รูปที่ ข-1 ตัวอย่างน้ำประปา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์



รูปที่ ข-2 การวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในน้ำประปา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
โดยเครื่อง atomic absorbtion spectrometer (AAS)



รูปที่ ข-3 การย่อยตัวอย่างน้ำประปา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์



รูปที่ ข-4 ขั้นตอนการปรับปริมาตรตัวอย่าง

ประวัติผู้วิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาววรินทร์ ชาทิสุภาพ
- ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss.Warinthorn Chatsuphaph
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3 670300829 11 5
3. ตำแหน่งปัจจุบัน นักวิทยาศาสตร์
4. หน่วยงานที่สังกัด คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
อ. เมือง จ. เพชรบูรณ์ 67000
โทร. (056) 717122 ต่อ 2705
โทรสาร (056) 717123
e-mail : warinthorn.ch@pcru.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

ชื่อปริญญา	สถานศึกษา	ปีที่สำเร็จ	ประเทศ
วท.บ.(เคมี)	สถาบันราชภัฏเพชรบูรณ์	2546	ประเทศไทย

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

-

7. ประสบการณ์ในการทำวิจัย

- ชื่อเรื่อง 1.การศึกษาระบบนิเวศบริเวณสวนสาธารณะหนองนารีเพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการศึกษา
ระบบนิเวศให้สมดุล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- แหล่งทุน : สถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
- ปีที่ได้รับทุน: 2552
- สถานะภาพ: ผู้ช่วยนักวิจัย
- ชื่อเรื่อง 2.พัฒนาศักยภาพพลังงานทดแทนของตำบลน้ำก้อ อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์
- แหล่งทุน : สถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
- ปีที่ได้รับทุน: 2553
- สถานะภาพ: ผู้ช่วยนักวิจัย
- ชื่อเรื่อง 3.การจัดการสารเคมีและของเสียอันตรายจากห้องปฏิบัติการคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- แหล่งทุน : สถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
- ปีที่ได้รับทุน: งบประมาณปี 2560
- สถานะภาพ: นักวิจัย

- ชื่อเรื่อง 4.การพัฒนาความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการวิจัยเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตาม
โครงการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทย
(ESPreL)
- แหล่งทุน : สถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
- ปีที่ได้รับทุน: งบประมาณปี 2562
- สถานะภาพ: นักวิจัย
- ชื่อเรื่อง 5.การวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในน้ำประปา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
- แหล่งทุน : สถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
- ปีที่ได้รับทุน: งบประมาณปี 2563
- สถานะภาพ: นักวิจัย

ประวัติที่ปรึกษาวิจัยและผู้ร่วมโครงการวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวเสาวภา ชุมณี
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss Saowapa Chumanee
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3-9501-00563-95-0
3. ตำแหน่งปัจจุบัน รองคณบดีฝ่ายศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์
และอาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาเคมี

4. หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ 67000
โทรศัพท์ (056) 717100 ต่อ 1508 โทรสาร (056) 717110 E – mail : Saowapa@pcru.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

ปีที่สำเร็จ	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญา	ชื่อสถานการศึกษา	ประเทศ
2531	ตรี	วท.บ. (เคมี)	มหาวิทยาลัยรามคำแหง	ไทย
2541	โท	วท.ม. (เคมี)	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ไทย
2550	เอก	Ph.D. (เคมี)	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ไทย

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

สาขาวิชาเคมีสิ่งทอ เคมีสิ่งแวดล้อม เคมีวิเคราะห์ การวิเคราะห์สารตกค้างที่อยู่ในอาหาร

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าแผนงานวิจัย หรือ ผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

7.1 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว: ชื่อโครงการวิจัย ปีที่ดำเนินโครงการ และแหล่งทุน

1. ทำงานวิจัย เรื่อง สังเคราะห์และศึกษาสเปกโทรโฟโตเมตริก 3-[(2-ไฮดรอกซี-5-ไนโตรฟีนอล)เอโอ] และ 3,6-บิส-[(2-ไฮดรอกซี-5-ไนโตรฟีนอล)เอโอ] อนุพันธ์ของ กรดโครโมโทรปิก เป็นรีเอเจนต์วิเคราะห์หาปริมาณบิสมีธ (III) ได้รับทุนวิจัยจากสำนักวิจัยและบริหารวิชาการ สถาบันราชภัฏเพชรบูรณ์ ในปี พ.ศ. 2544

2. นำเสนอผลงานวิจัยโดยปากเปล่า ของโครงการพัฒนาศักยภาพนักศึกษาและการวิจัยทางเคมี ครั้งที่ 4 2548 (PERCH Congress VI 2005, AC-O10: 60) เรื่อง Chromatographic determination of nitrofurans metabolites using a new derivatising reagent โดย S. Chumanee and P. Sutthivaiyakit.

3. ทำงานวิจัย เรื่อง การพัฒนาวิธีการตรวจวัดหาปริมาณยาปฏิชีวนะที่ตกค้างในกุ้ง เป็นงานวิจัยระดับปริญญาเอก 2550.

4. ทำงานวิจัย เรื่อง การพัฒนาวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณสารกันเสีย (กรดเบนโซอิก กรดซอร์บิก เมทิลพาราเบน และโพรพิลพาราเบน) ในอาหาร และเครื่องสำอาง โดยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวแบบสมรรถนะสูง ได้รับทุนวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ในปี พ.ศ. 2552

5. ทำงานวิจัย เรื่อง การวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหาร ในปุ๋ยน้ำชีวภาพและปุ๋ยอินทรีย์ ปั่นเม็ด ของกลุ่มเกษตรกรอินทรีย์และชีวภาพ ได้รับทุนวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) โครงการ IRPUS ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2552 เลขที่โครงการ I152C02001

6. ทำงานวิจัย เรื่อง ศึกษาผลกระทบจากการใช้ปุ๋ยในทางเกษตรกรรม ที่มีต่อคุณภาพน้ำ และดินในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสักตอนบน อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ ได้รับทุนวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ผ่านการพิจารณาจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2553

7. ทำงานวิจัย เรื่อง การศึกษากระบวนการผลิตและคุณภาพปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรของเกษตรกร อินทรีย์ ตำบลกองทุล อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ ได้รับทุนวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2554

8. ทำงานวิจัย เรื่อง การศึกษาการย่อยสลายด้วยสัณฐานชาติ ได้รับทุนวิจัยจาก สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555

9. ทำงานวิจัยโครงการย่อย เรื่อง ศึกษาการสร้างสารหอม (2-อะเซทิล-1-ไพโรลีน) เพื่อ เพิ่มมูลค่าผลผลิตข้าวไร้ลิ้มผิว โดยการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ได้รับทุนวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ผ่านการพิจารณาจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558

7.2 การเผยแพร่งานวิจัย: ชื่อผลงานวิจัย ชื่อวารสารที่เผยแพร่ ปีที่พิมพ์

1. P. Sutthivaiyakit, S. Achatz, J. Linlelmann, T. Aungpradit, R. Chanwirat, **S. Chumanee**, and A. Kettrup. LC-MS/MS method for the confirmatory determination of aromatic amines and its application in textile analysis., Anal. Bioanal. Chem., 2005, 381: 268-276.

2. **S. Chumanee**, S. Suttivaiyakit, and P. Suttivaiyakit. New Reagent for Trace Determination of Protein- Bound Metabolites of Nitrofurans in Shrimp Using Liquid Chromatography with Diode Array Detector, J. Agric. Food Chem. 2009, 57, 1752–1759.

3. สมพงษ์ แสนเสนยา, หยานหลิง หั่ว, **เสาวภา ชุมณี**, ดลนภา แก้วภา, ชากร ชินอมรวงศ์, และ กรรณิกา ภาไสย. ผลของรังสีแกมมาต่อปริมาณสารหอม (2-acetyl-1-pyrroline) และปริมาณกรดแกมมาอะมิโนบิวทริก (กาบา) ในข้าวไร้พญาลิ้มแกง. Proceeding. การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 4 ASTC2016: The 4th Academic Science and Technology Conference 2016 วันที่ 31 พฤษภาคม 2559.

4. S. Sansenya, Y. Hua, **S. Chumanee**, and C. Winyakul. Effect of gamma irradiation on the 2-acetyl-1-pyrroline content during growth of Thai black glutinous rice (Upland rice), **Australian Journal of Corp Science**. 2017, 11(05), 631-637

5. S. Sansenya, Y. Hua , **S. Chumanee**, K. Phasai and C. Sricheewin. Effect of Gamma Irradiation on 2-Acetyl- 1-pyrroline Content, GABA Content and Volatile Compounds of Germinated Rice (Thai Upland Rice). **Plants**, 2017, 6, 1-12.

6. Sansenya, S., Hua, Y., & Chumanee, S. (2018). The Correlation between 2-Acetyl-1-pyrroline Content, Biological Compounds and Molecular Characterization to the Aroma Intensities of Thai Local Rice. *Journal of oleo science*, 67(7), 893-904.

7.3 งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อข้อเสนอการวิจัย แหล่งทุน และสถานภาพในการทำวิจัยว่าได้ทำการวิจัยลุล่วงแล้วประมาณร้อยละเท่าใด