

การสำรวจคุณภาพและประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพแหล่งน้ำดื่มชุมชน Water Quality and Health Risk Assessment of Drinking Water

จอมจันทร์ นทีวัฒนา^{1,2*} ศิริลักษณ์ สันทา³ ศิโรรัตน์ สุใจยา¹ ควอง วุ คิม² และวิชัย เทียนถาวร¹

¹ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จ.พะเยา 56000

² คณะวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์สิ่งแวดล้อม สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
สาธารณรัฐเกาหลีใต้

³ คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยพะเยา จ.พะเยา 56000

* Email: jomjun_102@hotmail.com

บทคัดย่อ

เนื่องจากบ้านแม่ต๋ำน้อย ตำบลแม่กา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา นับได้ว่าเป็นพื้นที่ที่ห่างไกลความเจริญ สาธารณูปโภคพื้นฐานไม่สามารถเข้าไปถึง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจคุณภาพและประเมินความเสี่ยงของแหล่งน้ำดื่มชุมชนบ้านแม่ต๋ำน้อย และรวบรวมฐานข้อมูลที่เชื่อถือได้พบว่า การตรวจวัดทางกายภาพ ได้แก่ ความเป็นกรด - ด่าง ออกซิเจนละลายน้ำค่าการนำไฟฟ้า ความขุ่น และความกระด้าง ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน การตรวจวัดทางเคมี พบว่า ซัลเฟต ฟอสเฟต และไนเตรท รวมทั้งธาตุหลักและจุลธาตุทั้งที่เป็นโลหะและอโลหะ ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่ม โดยพบว่า การนำไฟฟ้า ความขุ่น ความกระด้าง ซัลเฟต ฟอสเฟต และไนเตรทในน้ำ มีความเสี่ยงระดับปานกลาง สำหรับปริมาณธาตุหลักและจุลธาตุ ได้แก่ แคลเซียม อะลูมิเนียม สารหนู โครเมียม เหล็ก ลิเทียม แมงกานีส และโมลิบดีนัมมีความเสี่ยงปานกลาง ไม่พบว่าธาตุใดมีความเสี่ยงสูง การตรวจวัด จุลินทรีย์พบว่า ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มีการตรวจพบโคลิฟอร์ม อีโคไล และค่าจุลินทรีย์ทั้งหมด ในปริมาณที่เกิน มาตรฐาน นอกจากนี้พบว่า การตรวจวัดสาหร่ายและแพลงก์ตอนไม่พบชนิดที่เป็นพิษ หรือสามารถสร้างสารพิษที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ ดังนั้นหากชุมชนจะบริโภคแหล่งน้ำนี้ให้ปลอดภัย ควรนำไปผ่านการปรับปรุงคุณภาพเบื้องต้น ได้แก่ การกรองผ่านวัสดุกรองน้ำ เพื่อกรองตะกอน สี กลิ่น สารอินทรีย์ และแร่ธาตุบางชนิด และทำการต้ม เพื่อฆ่าเชื้อโรค

คำสำคัญ : คุณภาพน้ำดื่ม การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ

Abstract

The objectives of this research were to assess the water quality and health risks of drinking water in Mae Tom Noi village in Phayao province, a remote location outside the reach of standard infrastructure. Water samples were collected and subjected to physical, chemical, and biological analyses. Physical parameters were measured at in-situ, and biological function included Bacteriological Analytical Manual (BAM) and detection of algae and plankton. Major and trace elements were analyzed by Inductively-Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP – OES) and Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP – MS). Results showed that pH, dissolved oxygen (DO), electrical conductivity (EC), turbidity, and hardness were at acceptable levels, and sulfate (SO_4^{2-}), phosphate (PO_4^{3-}), nitrate (NO_3^-),

and major and trace elements were below acceptable levels. The risk assessments of EC, turbidity, hardness, sulfate (SO_4^{2-}), phosphate (PO_4^{3-}), nitrate (NO_3^-) showed medium risks, and the major and trace elements, including Ca, Al, As, Cr, Fe, Li, Mn, and Mo, showed medium risks. However, there were no high risk elements. The bacteriological analysis showed that total coliform bacteria (MPN coliforms/100 ml), *Escherichia coli*, and total plate counts were more than the allowable values. In addition, investigation of algae and plankton indicated that they were not toxic species and were not harmful to humans. The study recommended that the quality of the drinking water should be improved by filtration through filter material to remove sediment, color, odor, organic matter, and minerals, in addition to boiling for disinfection purposes before consumption.

Keywords: Drinking water quality; Health risk assessment

บทนำ

บ้านแม่ตำน้อย ตั้งอยู่ ณ ตำบลแม่กา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา เป็นพื้นที่ห่างไกล มีชุมชนชาวเขาเผ่าเย้าร้อยละ 95 ที่เหลือเป็นเผ่าลีซอ จำนวนประชากร 101 ครัวเรือน จำนวน 457 คน [1] ชาวบ้านมีฐานะยากจน อาชีพหลักได้แก่ เกษตรกรรม ปัญหาที่พบส่วนใหญ่เกิดจากการขาดความรู้ด้านสาธารณสุขพื้นฐาน และการรักษาสิ่งแวดล้อมเช่น การดูแลรักษาแหล่งน้ำ นอกจากนี้ชาวบ้านยังได้รับการศึกษาน้อย สาธารณูปโภคขั้นพื้นฐานยังเข้าไปไม่ถึง โดยถนนหนทางเป็นดินลูกรัง ฤดูฝนการสัญจรยากลำบาก ไฟฟ้าเข้าไม่ถึง แต่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์มีระบบประปาภูเขา ซึ่งน้ำประปาไม่สะอาด ขาดระบบการกรองและการจัดการที่ได้มาตรฐาน เนื่องจากใช้น้ำที่สูบจากแหล่งน้ำดิบโดยตรง รวมทั้งแหล่งน้ำใช้ดื่มเป็น

ด้านสาธารณสุขพบว่า ประชาชนในหมู่บ้านขาดความรู้ความเข้าใจด้านสาธารณสุขขั้นพื้นฐาน ไม่มีการป้องกันและดูแลสุขภาพ รวมทั้งไม่มีหน่วยงานหลักเข้าไปช่วยส่งเสริมสุขภาพ ปัญหาสุขภาพที่พบบ่อยได้แก่ สุขภาพอนามัยของผู้สูงอายุมีการเจ็บป่วยเรื้อรัง นอกจากนี้ชุมชนยังนิยมบริโภคของสุกๆดิบๆ ดังนั้นจากปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและ

สาธารณสุขในชุมชน ปัญหาหนึ่งที่มีความสำคัญเร่งด่วน ได้แก่ ปัญหาทางด้านสุขภาพจากน้ำดื่มเนื่องจากชุมชนมีความจำเป็นที่จะต้องจัดหาน้ำดื่มสะอาดและปลอดภัย เพราะส่วนใหญ่ชาวบ้านจะตักน้ำจากท่อที่สูบมาจากแหล่งน้ำดิบโดยตรง ซึ่งไม่ได้ผ่านกระบวนการทำให้สะอาด ทำให้บางครั้งเรือยนต์ต้องซื้อน้ำดื่มบรรจุขวด บางครัวเรือนมีการเก็บกักน้ำฝนโดยเฉพาะในโรงเรียนประจำหมู่บ้านนักเรียนตักน้ำจากก๊อกน้ำที่ต่อมาจากแหล่งน้ำดิบโดยตรง และสภาพแหล่งน้ำดิบในชุมชนเป็นฝายกั้นจากห้วยที่ไหลลงมาจากยอดเขา สภาพน้ำโดยทั่วไปมีความใสสะอาดแต่บริเวณฝายกั้นน้ำมีตะไคร่น้ำขึ้นอยู่เป็นจำนวนมากและมีสิ่งสกปรกเจือปนอยู่มาก ปัญหาเรื่องน้ำดื่มในชุมชนมีความสำคัญและจำเป็นเร่งด่วน จึงนำมาสู่การสำรวจทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพน้ำบริโภคโดยตรง การตรวจวัดทางเคมีจะแสดงถึงการปนเปื้อนแร่ธาตุตามธรรมชาติ หรือเกิดจากการกระทำของมนุษย์ที่ส่งผลต่อแหล่งน้ำ การวิเคราะห์ปัจจัยทางชีวภาพ คือ การหาจุลินทรีย์ที่ปะปนในน้ำดื่ม สาหร่ายและแพลงก์ตอนที่อาจมีอันตรายต่อสุขภาพ เช่น สาหร่าย สีเขียวแกมน้ำเงิน

ลำดับ (order) *Pleurocapsales* ซึ่งมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและผลิตสารพิษไมโครซิสติน [12]

วัตถุประสงค์งานวิจัย

1. เพื่อสำรวจคุณภาพน้ำ ด้านกายภาพ ได้แก่ ความขุ่น (turbidity) การนำไฟฟ้า (electrical conductivity) ด้านเคมี ได้แก่ ความเป็นกรด - ด่าง (pH) ออกซิเจนละลายในน้ำ dissolved oxygen (DO) และความกระด้าง (hardness) การวิเคราะห์ปริมาณธาตุหลัก ได้แก่ แคลเซียม (Ca) โพแทสเซียม (K) แมกนีเซียม (Mg) โซเดียม (Na) และซิลิกอน (Si) และจุลธาตุ ได้แก่ อะลูมิเนียม (Al) สารหนู (As) โบรอน (B) แบเรียม (Ba) แคดเมียม (Cd) โคบอลต์ (Co) โครเมียม (Cr) ทองแดง (Cu) เหล็ก (Fe) แกลเลียม (Ga) ลิเทียม (Li) แมงกานีส (Mn) โมลิบดีนัม (Mo) นิกเกิล (Ni) ตะกั่ว (Pb) รูบิเดียม (Rb) ซีเซียม (Se) สตรอนเชียม (Sr) ทาลเลียม (Tl) ยูเรเนียม (U) วาเนเดียม (V) และสังกะสี (Zn) ด้านชีวภาพ ได้แก่ ทางจุลชีววิทยาและประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ ได้แก่ สาหร่ายและแพลงก์ตอนพืชที่ก่อให้เกิดพิษ เช่น สาหร่ายไมโครซิสติน และจุลินทรีย์ ได้แก่ โคลิฟอร์ม [Total coliform bacteria (MPN coliforms/100 ml)] อีโคไล (*Escherichia coli*) และจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) และทำการประเมินคุณภาพน้ำเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำดื่ม

2. เพื่อประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของแหล่งน้ำดื่มชุมชน โดยประเมินจากสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. พื้นที่ศึกษา

ฝายกั้นน้ำชุมชนหมู่บ้านแม่ตำน้อย ตำบลแมกกา อำเภอมือง จังหวัดพะเยา

2. การเก็บและเตรียมตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างวันที่ 20 กันยายน 2556 ตัวอย่างน้ำดิบถูกเก็บต่ำกว่าระดับผิวน้ำ 25 เซนติเมตร สำหรับการวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพ และเก็บต่ำกว่าระดับผิวน้ำ 30 เซนติเมตร สำหรับการวิเคราะห์ทางชีวภาพ ทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์ทางกายภาพและเคมีในพื้นที่เก็บตัวอย่าง ได้แก่ ความเป็นกรด - ด่าง และการนำไฟฟ้า (Mettler Toledo, SG237-FK5 pH/Conductivity), ออกซิเจนละลายน้ำ (Mettler Toledo, SG6-FK2 DO Meter), ความขุ่น (Hach, 2100Q Turbidimeter) และอุณหภูมิ น้ำที่จะนำไปวิเคราะห์โลหะหนักทำการกรองผ่านไมลอนฟิลเตอร์เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.45 ไมโครเมตร เก็บในขวดเฮชดีพีอี (High density polyethylene: HDPE) และปรับสภาพตัวกรดไนตริกเข้มข้น 65% ป้องกันการตกตะกอนของโลหะหนัก เก็บตัวอย่างน้ำที่อุณหภูมิ 4°C และขนส่งไปวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุ ณ คณะวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์สิ่งแวดล้อม สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งมหาวิทยาลัย

3. การวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา

3.1) การวิเคราะห์จุลินทรีย์ในน้ำ

การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อทำการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา เก็บในขวดที่ผ่านการฆ่าเชื้อ ตัวอย่างน้ำจะถูกนำไปวิเคราะห์ทันทีตามวิธีมาตรฐาน Bacteriological Analytical Manual (BAM) [10] ณ คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยพะเยา

3.2) การตรวจหาสาหร่ายและแพลงก์ตอน

สำรวจพื้นที่และกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง ซึ่งเป็นบริเวณฝายกั้นน้ำ เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชในจุดเก็บตัวอย่าง โดยกรองน้ำปริมาตร 20 ลิตร ผ่านตาข่ายแพลงก์ตอน (Plankton net) ขนาด 10

ไมโครเมตร เก็บตัวอย่างใส่ขวดสีชา เติมน้ำยารักษา สภาพ สารละลายลูกอล (Lugol's solution) ทำการ วิจัยชนิดและการจัดหมวดหมู่สาหร่าย โดยนำ ตัวอย่างนำมาส่องดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบเลนส์ ประกอบถ่ายรูปสาหร่าย เพื่อศึกษารูปร่างและลักษณะ ทางสัณฐานวิทยา ณ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

4. การวิเคราะห์ทางเคมี

ธาตุหลักวิเคราะห์โดย Inductively-Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP-OES; Optima 5300 DV, Perkin Elmer, USA) ความเข้มข้นต่ำสุดที่เครื่องสามารถตรวจพบได้ คือ 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และจุลธาตุวิเคราะห์โดย Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP – MS) ความเข้มข้นต่ำสุดที่เครื่องสามารถตรวจพบได้คือ 0.1 ไมโครกรัมต่อลิตร เตรียมสารละลาย มาตรฐานรวมธาตุสำหรับธาตุหลัก (multi-elements standard) จากสารละลายมาตรฐานบริษัทเมอร์ค (Merck, Germany) เพื่อทำการพลาสมาเทียบมาตรฐาน (Calibration standard curve) วิเคราะห์ธาตุหลัก ในช่วงความเข้มข้น 0 – 20 มิลลิกรัมต่อลิตร และ เตรียมสารละลายมาตรฐานรวมธาตุสำหรับจุลธาตุ (multi-elements standard) จากสารละลายมาตรฐาน บริษัทอากิเล็นท์ (Agilent, Santa Clara, CA. USA) เพื่อทำการพลาสมาเทียบมาตรฐาน (Calibration standard curve) วิเคราะห์จุลธาตุในช่วงความเข้มข้น 0 – 100 ไมโครกรัมต่อลิตร ตรวจวัดความเที่ยงตรง ด้วยน้ำอ้างอิงมาตรฐาน 1640 (SRM 1640; the National Institute of Standard and Technology, MD. USA) การวิเคราะห์จะถูกยอมรับในช่วงไม่เกิน 5% (%RSD) ของค่าความเข้มข้นของธาตุในน้ำอ้างอิง มาตรฐาน เพื่อรับรองความถูกต้องและเที่ยงตรงของ วิธีการตรวจวัด

5. การวิเคราะห์ผลหารความเสี่ยง

คำนวณการประเมินความเสี่ยงจากสมการ $RQ = MEC / PNEC$ โดย MEC (measured environment concentration) คือ ความเข้มข้นของ สารที่วัดในสิ่งแวดล้อม PNEC (predicted no effect concentration) คือ ความเข้มข้นสูงสุดของสารที่ไม่ ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต การแปลผลค่า RQ ระหว่าง 0.01 – 0.1 หมายความว่า มีความเสี่ยงต่ำ RQ ระหว่าง > 0.1 – 1 หมายความว่า มีความเสี่ยงระดับ ปานกลาง RQ มากกว่า 1 หมายความว่า มีความเสี่ยง สูง และ RQ มากกว่า 10 หมายความว่า มีความเสี่ยง สูงมาก [4]

ผลการทดลอง

ส่วนที่ 1 การประเมินทางจุลชีววิทยา

1) การวิเคราะห์จุลินทรีย์ที่เป็นอันตราย ต่อสุขภาพของน้ำตัวอย่าง 2 ชนิด โดยตัวอย่างแรกยังไม่ผ่านการกรอง และตัวอย่างที่ 2 ผ่านการกรองโดย เครื่องกรองน้ำรุ่น KC – 1103 ของบริษัท คงคู ลอว เตอร์ จำกัด ซึ่งทำการกรอง 3 ชั้นตอนดังนี้ 1. Sediment Filter 5 Micron 10" กรองตะกอนและสารแขวนลอยผ่านไส้กรอง 2. Block carbon cartridge Filter 5 – 10 Micron 10" กรองกลิ่น สี คลอรีน สารอินทรีย์ โดยอาศัยคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์ 3. Resin Filter 10" กรองโดยใช้หลักการแลกเปลี่ยนประจุ ผ่านเรซินซึ่งเป็นตัวกลางในการดูดซับสารละลาย หินปูน

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 61 (พ.ศ. 2524) เรื่อง น้ำบริโภคในภาชนะ บรรจุที่ปิดสนิท ค่าโคลิฟอร์ม (MPN Coliforms/100) ต้องน้อยกว่า 2.2 ต่อน้ำบริโภค 100 มิลลิตร และอี โคไล (*Escherichia coli*/100 ml) ต้องไม่พบ ดังนั้น จากตัวอย่างน้ำที่ 1 และ 2 ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน เพราะพบว่า มีค่าโคลิฟอร์มถึง 1,600 และ 4.5 ต่อน้ำ

บริโภค 100 มิลลิลิตรของน้ำตัวอย่าง 1 และ 2 และตรวจพบอีโคไลทั้งสองตัวอย่าง แสดงว่าแหล่งน้ำมีการปนเปื้อนอุจจาระสัตว์เลือดอุ่น สำหรับจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate Count) มีค่าเท่ากับ 59,000 และ 1,400 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 2547-2549 คือ ต้องไม่มากกว่า 500 ซีเอฟยูต่อมิลลิลิตร (CFU/ml) [10]

2) คุณภาพน้ำด้านชีวภาพ อาศัยแหล่งกักต่อน้ำเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพ พบว่า แหล่งน้ำชุมชนบ้านแม่ตำน้อย ชาวบ้านบริโภคน้ำโดยไม่ผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพ เช่น การกรอง และการต้มซึ่งอาจได้รับอันตรายจากสิ่งปนเปื้อนทางกายภาพและชีวภาพ จากการสำรวจไม่พบแบคทีเรียที่เรียกว่า *Microcystis* spp. ที่สามารถสร้างสารพิษที่เรียกว่า สารพิษไมโครซิสติน (Microcystin) ซึ่งเป็นปัญหาและพบได้ทั่วไป โดยสารพิษชนิดนี้มีผลต่อเซลล์ตับโดยตรง และเป็นสารก่อมะเร็ง (carcinogens) รวมทั้งส่งผลต่อการทำงานของเอนไซม์โปรตีนฟอสฟาเตส (protein phosphatase: PP) ส่งผลต่อการควบคุมเมตาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต การแบ่งเซลล์ การยึดหดตัวของกล้ามเนื้อ ปริมาณที่องค์การอนามัยโลก [12] กำหนดค่าความปลอดภัยในน้ำดื่มให้มีได้ไม่เกิน 1 ไมโครกรัมต่อลิตร และจำนวนเซลล์ของสาหร่ายได้ไม่เกิน 20,000 เซลล์ต่อมิลลิลิตร นอกจากนี้จากการสำรวจไม่พบแบคทีเรียที่อื่นที่สามารถสร้างสารพิษที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์

ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมี

1) พารามิเตอร์คุณสมบัติเบื้องต้นของน้ำพบว่า ความเป็นกรด - ด่าง และออกซิเจนที่ละลายในน้ำผ่านมาตรฐาน แต่ความขุ่น การนำไฟฟ้า และความกระด้างไม่เกินค่ามาตรฐานน้ำดื่ม และอยู่ในระดับที่มีความเสี่ยงปานกลาง

2) การเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำดื่ม ได้แก่ มาตรฐานน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลก (WHO; World Health Organization, 2011) มาตรฐานน้ำดื่มของประเทศญี่ปุ่น (DWQSS; Drinking water quality standards of Japan) มาตรฐานน้ำดื่มของประเทศออสเตรเลีย (ADWG; Australian Drinking Water Guidelines, 2004) , มาตรฐานของสำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อมประเทศสหรัฐอเมริกา (U.S. EPA; United States Environmental Protection Agency, 2006 และ 2008), มาตรฐานน้ำดื่มของรัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา (Title 22; California Code of regulations, 2008) , มาตรฐานน้ำดื่มของสหภาพยุโรป (EU; European Union, 1998), มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภคและมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินของประเทศไทย (Pollution Control Department, 2556) [1-3, 5-12] พบว่า ค่าฟอสเฟต ซัลเฟต และไนเตรท มีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน ธาตุหลักได้แก่ แคลเซียม (Ca), โพแทสเซียม (K), แมกนีเซียม (Mg), โซเดียม (Na), และซิลิกอน (Si) ไม่มีธาตุตัวใดที่มีค่าเกินมาตรฐานน้ำดื่ม และจุลธาตุได้แก่ อะลูมิเนียม (Al), สารหนู (As), โบรอน (B), แบเรียม (Ba), แคดเมียม (Cd), โคบอลต์ (Co), โครเมียม (Cr), ทองแดง (Cu), เหล็ก (Fe), แกลเลียม (Ga), ลิเทียม (Li), แมงกานีส (Mn), โมลิบดีนัม (Mo), นิกเกิล (Ni), ตะกั่ว (Pb), รูบิเดียม (Rb), ซีเซียม (Se), สตรอนเชียม (Sr), เทลลูเรียม (Te), ยูเรเนียม (U), วาเนเดียม (V), และสังกะสี (Zn) พบว่า ไม่มีธาตุใดมีค่าเกินมาตรฐานน้ำดื่ม แสดงว่าแหล่งน้ำดื่มในชุมชนมีความปลอดภัยจากแร่ธาตุที่ปนเปื้อน โดยผลการตรวจวัดแสดงในตารางที่ 2

3) การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ (Risk quotation assessment) พบว่า คุณ สมบัติเบื้องต้น ความขุ่น การนำไฟฟ้า และความกระด้างของน้ำดื่ม มีความเสี่ยงปานกลาง สำหรับธาตุหลัก

พบว่า แคลเซียม (Ca) มีความเสี่ยงปานกลาง และไม่
มีธาตุที่มีความเสี่ยงสูง สำหรับจุลธาตุพบว่า
อะลูมิเนียม (Al) สารหนู (As) โครเมียม (Cr) เหล็ก
(Fe) ลิเทียม (Li) แมงกานีส (Mn) และโมลิบดีนัม
(Mo) มีความเสี่ยงปานกลาง และไม่มีจุลธาตุใดที่
ปรากฏว่ามีความเสี่ยงสูง ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 แสดงค่าการตรวจวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา

รายการตรวจวิเคราะห์	ผลการวิเคราะห์		หมายเหตุ ค่ามาตรฐาน
	น้ำตัวอย่างที่ 1 ยัง ไม่ผ่านการกรอง	น้ำตัวอย่างที่ 2 ผ่านการกรอง	
โคลิฟอร์มต่อ 100 มิลลิลิตร (MPN Coliforms /100 ml)	1,600 MPN/100 ml	4.5 MPN/100 ml	2.2 MPN/100 ml
จุลินทรีย์ทั้งหมดต่อมิลลิลิตร (Total Plate Count / ml)	5.9×10^4 CFU/ml	1.4×10^3 CFU/ml	500 CFU/ml
อีโคไลต่อ 100 มิลลิลิตร (<i>Escherichia coli</i> / 100 ml)	ตรวจพบ	ตรวจพบ	ต้องตรวจไม่พบ

ตารางที่ 2 แสดงค่ามาตรฐานน้ำดื่มและการประเมินความเสี่ยงของน้ำดื่มชุมชน (Risk quotation assessment)

พารามิเตอร์	หน่วย	ค่ามาตรฐาน (PNEC)	ค่าจากการ สำรวจ (MEC)	แหล่งมาตรฐานอ้างอิง	ผลหารความเสี่ยง (RQ)	ระดับ ความเสี่ยง
ความเป็นกรด - ด่าง	-	6.5 - 9	7.83	WHO Guideline for Drinking Water Quality, 2011	-	ผ่าน
ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ	mg L ⁻¹	3	6.24	WHO Guideline for Drinking Water Quality, 2011	-	ผ่าน
ความขุ่น	NTU	60	8.85	Surface Water Quality Standard, Thailand, 1994	0.15	ปานกลาง
การนำไฟฟ้า	µs cm ⁻¹	1500	150	WHO Guideline for Drinking Water Quality, 2011	0.10	ต่ำ
ความกระด้าง	mg L ⁻¹	150	57.11	WHO Guideline for Drinking Water Quality, 2011	0.38	ปานกลาง
ซัลเฟต	mg L ⁻¹	250	102	Drinking Water Standard, Thailand, 1978	0.41	ปานกลาง
ไนเตรท	mg L ⁻¹	45	3.7	Drinking Water Standard, Thailand, 1978	0.08	ต่ำ
ฟอสเฟต	mg L ⁻¹	250	0.018	EU; European Union, 1998	7.2E-5	ต่ำ
แคลเซียม	mg L ⁻¹	300	101.56	Drinking Water Quality Standards (DWQSSs) of Japan, 2008	0.34	ปานกลาง
โพแทสเซียม	mg L ⁻¹	411	1.63	WHO Guideline for Drinking Water Quality, 2011	3.97E-3	ต่ำ
แมกนีเซียม	mg L ⁻¹	300	19.89	Drinking Water Quality Standards (DWQSSs) of Japan, 2008	0.07	ต่ำ
โซเดียม	mg L ⁻¹	200	11.88	Drinking Water Quality Standards (DWQSSs) of Japan, 2008	0.06	ต่ำ
ซิลิกอน	mg L ⁻¹	ไม่มี	14.57	ไม่มีเกณฑ์มาตรฐานในขณะนี้	-	-
อะลูมิเนียม	µg L ⁻¹	100	43.75	ADWG; Australia Drinking Water Guideline, 2004	0.44	ปานกลาง
สารหนู	µg L ⁻¹	10	1.32	WHO Guideline for Drinking Water Quality, 2011	0.13	ปานกลาง
โบรอน	µg L ⁻¹	500	15.47	WHO Guideline for Drinking Water Quality, 2009	0.03	ต่ำ
แบเรียม	µg L ⁻¹	700	36.27	WHO Guideline for Drinking Water Quality, 2011	0.05	ต่ำ
แคดเมียม	µg L ⁻¹	3	0.07	WHO Guideline for Drinking Water Quality, 2011	0.02	ต่ำ
โคบอลต์	µg L ⁻¹	11	0.27	Title 22; California Code of Regulations, 2008	0.02	ต่ำ
โครเมียม	µg L ⁻¹	50	14.07	WHO Guideline for Drinking Water Quality, 2011	0.28	ปานกลาง

ตารางที่ 2 (ต่อ) แสดงค่ามาตรฐานน้ำดื่มและการประเมินความเสี่ยงของน้ำดื่มชุมชน (Risk quotation assessment)

พารามิเตอร์	หน่วย	ค่ามาตรฐาน (PNEC)	ค่าจากการสำรวจ (MEC)	แหล่งมาตรฐานอ้างอิง	ผลหารความเสี่ยง (RQ)	ระดับความเสี่ยง
ทองแดง	$\mu\text{g L}^{-1}$	2000	0.72	WHO Guideline for Drinking Water Quality, 2011	3.6E-4	ต่ำ
เหล็ก	$\mu\text{g L}^{-1}$	300	134.35	ADWG; Australia Drinking Water Guideline, 2004 / USEPA; United States Environmental Protection Agency, 2006 and 2008	0.45	ปานกลาง
แกเลียม	$\mu\text{g L}^{-1}$	ไม่มี	1.04	ไม่มีเกณฑ์มาตรฐานในขณะนี้	-	-
ลิเทียม	$\mu\text{g L}^{-1}$	73	12.59	Title 22; California Code of Regulations, 2008	0.17	ปานกลาง
แมงกานีส	$\mu\text{g L}^{-1}$	400	69.22	WHO Guideline for Drinking Water Quality, 2011	0.17	ปานกลาง
โมลิบดีนัม	$\mu\text{g L}^{-1}$	50	14.30	ADWG; Australia Drinking Water Guideline, 2004	0.29	ปานกลาง
นิกเกิล	$\mu\text{g L}^{-1}$	70	0.41	WHO Guideline for Drinking Water Quality, 2011	0.01	ต่ำ
ตะกั่ว	$\mu\text{g L}^{-1}$	10	0.67	WHO Guideline for Drinking Water Quality, 2011	0.07	ต่ำ
รูบิเดียม	$\mu\text{g L}^{-1}$	ไม่มี	1.10	ไม่มีเกณฑ์มาตรฐานในขณะนี้	-	-
ซีลีเนียม	$\mu\text{g L}^{-1}$	10	1.03	WHO Guideline for Drinking Water Quality, 2011	0.10	ต่ำ
สตรอนเชียม	$\mu\text{g L}^{-1}$	ไม่มี	1873.66	ไม่มีเกณฑ์มาตรฐานในขณะนี้	-	-
แทลเลียม	$\mu\text{g L}^{-1}$	2	0.003	Title 22; California Code of Regulations, 2008 / USEPA; United States Environmental Protection Agency, 2006 and 2008	1.5E-3	ต่ำ
ยูเรเนียม	$\mu\text{g L}^{-1}$	15	1.28	WHO Guideline for Drinking Water Quality, 2011	0.09	ต่ำ
วานาเดียม	$\mu\text{g L}^{-1}$	260	0.37	Title 22; California Code of Regulations, 2008	1.42E-3	ต่ำ

หมายเหตุ: RQ คือ Risk Quotient หรือ ผลหารความเสี่ยงจากการคำนวณเท่ากับ ค่าจากการสำรวจ/ค่ามาตรฐาน แบ่ง 4 ระดับได้แก่ RQ 0 – 0.10 มีความเสี่ยงระดับต่ำ, > 0.10 – 1 มีความเสี่ยงระดับปานกลาง, มากกว่า 1 มีความเสี่ยงระดับสูง และมากกว่า 10 มีความเสี่ยงระดับสูงมาก

ที่มา: ADWG; Australia drinking water guideline, 2004, DWQSSs; Drinking water quality standards of Japan, 2008, Drinking Water Standard, Thailand, 1978, European Commission., 1998, Surface Water Quality Standard, Thailand., 1994, Title 22 - California Code of regulations, 2008, U.S. EPA., 2006, U.S. EPA., 2008, WHO., 2009, and WHO., 2011,

อภิปรายผลการทดลอง

ความกระด้าง ไม่มีผลต่อสุขภาพอย่างชัดเจน [15] ซัลเฟต เกิดจากแร่ธาตุในธรรมชาติ ก่อให้เกิดน้ำกระด้างถาวร หากมีธาตุแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบปริมาณสูง จะทำให้เกิดผลเหมือนยาระบาย [16] ฟอสเฟต ส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินอาหาร [17] ไนเตรท ทำให้ความดันเลือดต่ำ มีผลต่อการสะสมวิตามินดีของตับ ขัดขวางการพาออกซิเจนของฮีโมโกลบิน อาจทำให้เกิดโรคบลูเบบี้ (Blue baby) และ โรค เม ที โม โกล บิ เน เมีย (Methemoglobinemia) เพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งกระเพาะและตับ [18]

การรับธาตุเหล่านี้จากน้ำดื่มที่มีความเข้มข้นสูงอย่างต่อเนื่องอาจส่งผลกระทบต่อตับนี้ แคลเซียม มีอาการวิตกกังวล เคร่า กล้ามเนื้ออ่อนแรง หัวใจเต้นผิดปกติ เกิดนิ่วในไต ส่งผลต่อการทำงานของไต และไตวายได้ [19] อะลูมิเนียม เสี่ยงต่อการเกิดโรคอัลไซเมอร์ (Alzheimer's disease) ภาวะสมองเสื่อม (Dementia) โรคพาร์กินสัน (Parkinson's disease) และ โรคเอแอลเอส (Amyotrophic Lateral Sclerosis; ALS) [20] สารหนู ส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินอาหาร ระบบประสาทส่วนกลาง ผิวหนังมีปุ่มหนา มีสีคล้ำ ผอมร่วง เพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งผิวหนัง ตับ ปอด ไต และกระเพาะปัสสาวะ [14] โครเมียมแบบเฮกซะวาเลน เป็นอันตรายต่อกระเพาะลำไส้ เพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็ง [21] เหล็ก ก่อให้เกิดภาวะฮีโมโครมาโทซิส (Haemochromatosis) [22] ลิเทียม ก่อให้เกิดภาวะไทรอยด์เป็นพิษ (hyperparathyroidism /hypoparathyroidism) ไตเป็นพิษ (renal toxicity) เบาหวานเบาจืด (diabetes insipidus) ส่งผลต่อการทำงานของระบบไต ระบบทางเดินอาหาร ต่อมไร้ท่อ หัวใจและหลอดเลือด [23] แมงกานีส เพิ่มความเสี่ยงในการเกิดโรคพาร์กินสัน (Parkinson disease) [24] โมลิบดีนัม ในปริมาณสูงเป็นเวลานานจะทำให้มีอาการเหมือนโรคเกาต์คือ ปวดตามข้อ ตับไตผิดปกติ [25]

สรุปผลการทดลอง

จากผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำพบว่า แหล่งน้ำดิบเพื่อน้ำดื่มชุมชนมีความสะอาดและปลอดภัยจากสารเคมีที่ปนเปื้อน โดยพิจารณาจากคุณสมบัติเบื้องต้น ทางกายภาพ ทางเคมีเบื้องต้น ได้แก่ ฟอสเฟต ซัลเฟต และไนเตรท ธาตุหลัก และจุลธาตุ ไม่พบค่าที่เกินมาตรฐานน้ำดื่ม ในการตรวจวัดจุลินทรีย์พบว่า ไม่ผ่านเกณฑ์ ทำให้การใช้น้ำในการบริโภคไม่ปลอดภัย ควรมีการปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยการนำไปต้มก่อนบริโภคทุกครั้ง อย่างไรก็ตามไม่พบสาหร่ายและแพลงก์ตอนพืชที่เป็นพิษหรือสามารถสร้างสารพิษในแหล่งน้ำที่เป็นอันตราย แต่การใช้น้ำของชาวบ้านควรมีกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ เช่น การกรองผ่านเครื่องกรองน้ำ และการต้ม หากภายหลังมีแพลงก์ตอนพืชที่สร้างสารพิษเกิดขึ้นในแหล่งน้ำอาจจะก่อกันตรายต่อผู้บริโภคโดยตรง ดังนั้นจึงควรทำการตรวจวัด เพื่อเฝ้าระวังคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำชุมชนอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากเป็นแหล่งน้ำหลักเพียงแหล่งเดียวของชุมชน และมีความเปราะบางทางนิเวศวิทยา ดังนั้นการรักษาคุณภาพแหล่งน้ำนี้ จึงจำเป็นต้องมีฐานข้อมูลที่ดี เชื่อถือได้ เพื่อประเมินความเสี่ยงที่อาจเกิดแก่คนในชุมชนหมู่ 18 บ้านแม่ตำน้อย และเป็นการช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตของคนในชุมชน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท คิงคูลวอเตอร์ จำกัด ที่จัดหาเครื่องกรองน้ำแก่ชุมชน คณะวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์สิ่งแวดล้อม สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งกวางจู สาธารณรัฐเกาหลี่ คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ และคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.ไมตรี สุทธิจิตต์ ชาวบ้านแม่ตำน้อยหมู่ 18 ทุกคน และบุคลากรทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง

เอกสารอ้างอิง

- [1] คณะกรรมการหมู่บ้านแม่ต๋ำน้อย หมู่ที่ 18. 2552. **แผนชุมชนบ้านแม่ต๋ำน้อย หมู่ 18 ตำบลแม่กา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา**. พะเยา: เอกสารการประชุมแผนพัฒนาหมู่บ้านประจำปี 2552.
- [2] Department of Health Services, Division of Drinking Water and Environmental Management. 2008. **CALIFORNIA DHS; California Regulations Related to Drinking Water; Title 22 – CALIFORNIA DHS**. Los Angeles, California.
- [3] Ministry of Health, Labour and Welfare of Japan. 2013. **Drinking water quality standards of Japan; DWQSS**. http://www.jwwa.or.jp/English/water_en/water-e07.html. 5 December.
- [4] National Health and Medical Research Council and Natural Resource Management Ministerial Council. 2004. **Australian Drinking Water Guidelines; ADWG**. Artarmon, NSW.
- [5] Nguyen, T.V.H., Nguyen, T.T.N., and Suthipong, S. 2010. "Occurrence of selected metals in the Saigon River Canal System: Implications for risk assessment of safety water supply to Ho Chi Minh City, Vietnam". **Science and Technology for Sustainability. Gwangju Institute of Science and Technology (GIST)**. 1(8): 69-97.
- [6] Official Journal of the European Communities. 2013. **EUROPEAN COMMISSION; Guidelines of water intended for human consumption**. <http://eur-lex.europa.eu/oj/direct-access.html>. 5 December.
- [7] Pollution Control Department, Ministry of Natural Resources and Environment, Thailand. 2013. **Drinking water standard**. www.pcd.go.th. 5 December.
- [8] U.S. EPA. 2006. **Drinking water standards and health advisories**. Washington, D.C.
- [9] U.S. EPA. 2008. **Drinking water contaminants**. Washington, D.C.
- [10] U.S. Food and Drug Administration. 2013. **Bacteriological Analytical Manual (BAM)**. Washington, D.C.
- [11] World Health Organization. 1996. **Iron in Drinking-water**. Guidelines for drinking water quality, 2nd ed. Vol. 2. Health criteria and other supporting information, Geneva.
- [12] World Health Organization. 1998. **Guidelines for drinking-water quality**, 2nd ed. Addendum to Vol. 2. Health criteria and other supporting information, Geneva.
- [13] World Health Organization. 2009. **Boron in drinking-water**, Geneva.
- [14] World Health Organization. 2011. **WHO Guidelines for Drinking-water Quality**, 4th ed. Geneva.

- [15] World Health Organization. 2011. **Hardness in Drinking-water**. Geneva.
- [16] สำนักงานเลขาธิการกรมอนามัย. 2559. “กรมอนามัยส่งเสริมให้คนไทยสุขภาพดี” www.anamai.moph.go.th. 17 ธันวาคม.
- [17] Manoj, K., and Avinash, Puri. 2012. “A review of permissible limits of drinking water”. **Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine**. 16(1): 40 – 44.
- [18] World Health Organization. 2011. **Nitrate and nitrite in drinking-water**. Geneva.
- [19] สินี ดิษฐบรรจง. 2559. ภาวะแคลเซียมในเลือดสูง (**Hypercalcemia**). <http://med.mahidol.ac.th>. 17 ธันวาคม 2558.
- [20] สิทธิธีรารักษ์ ชโรเตอร์. 2557. **Aluminium**. www.summacheeva.org. 19 มิถุนายน.
- [21] จีระฉัตร ศรีแสน. 2555. “ผลกระทบของโครเมียมและสารประกอบโครเมียมต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม”. วารสารกรมวิทยาศาสตร์. 60(189): 10 - 12.
- [22] World Health Organization. 1996. **Iron in Drinking-water**, 2nd ed. Geneva.
- [23] Eustatia-Rutten, C. F. A, Tamsma, J. T., Meinders, A. E. 2005. “Lithium-induced nephrogenic diabetes insipidus”. **Journal of Pakistan Medical Association**. 55: 125 – 127.
- [24] Michalke, B., and Fernsebner, K. 2014. “New insights into manganese toxicity and speciation”. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**. 28: 106 – 116.
- [25] World Health Organization. 2011. **Molybdenum in Drinking-water**. Geneva.