วารสารวนศาสตร์ไทย 44(2): 253–264 (2568)
Thai Journal of Forestry 44(2): 253–264 (2025)

นิพนธ์ต้นฉบับ
(Original Article)

คุณภาพน้ำด้านกายภาพและด้านเคมีของน้ำพุร้อนแจ้ซ้อนที่ใช้เพื่อการท่องเที่ยว ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติแจ้ซ้อน จังหวัดลำปาง ในฤดูร้อนและฤดูฝน ปี พ.ศ. 2566

Physical and Chemical Water Quality of Chae Son Hot Springs for Tourism in Chae Son National Park, Lampang Province, during the Summer and Rainy Seasons of 2023

โชติรส พงษ์ปราโมทย์[1*], อิสรีย์ ฮาวปินใจ[2], ฑีฆา โยธาภักดี[3] และธนากร ลัทธิ์ถีระสุวรรณ[1]

Chotiros Pongpramote[1*], Itsaree Howpinjai[2], Teeka Yotapakdee[3] and Thanakorn Lattirasuvan[1]

[1]สาขาวิชาการจัดการป่าไม้ โครงการจัดตั้งวิทยาลัยการป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ – แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

[1]Master of Science Program in Forest Management, The Established Project of College of Forestry, Maejo University Phrae Campus, Phrae 54140

[2]สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ – แพร่ เฉลิมพระเกียรติ 54140

[2]Bachelor of Science Program in Forest Industry Technology, Maejo University Phrae Campus, Phrae 54140

[3]สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ประยุกต์เพื่อการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ – แพร่ เฉลิมพระเกียรติ 54140

[3]Bachelor of Economics Program in Appiled Economics for Community Development, Maejo University Phrae Campus, Phrae 54140

*Corresponding Author, E–mail: ijoonzch@gmail.com

รับต้นฉบับ 3 ธันวาคม 2567 **รับแก้ไข** 5 มีนาคม 2568 **รับลงพิมพ์** 21 มีนาคม 2568

Received: 3 December 2024 **Revised**: 5 March 2025 **Accepted**: 21 March 2025

ABSTRACT

Chae Son Hot Springs is a tourist attraction located within Chae Son National Park where water is used for tourism–related activities. Thus, the water quality may affect the health of the visitors. This study aims to examine certain physical and chemical properties of the water quality and compare them with the groundwater quality standards for consumption. The study involved collecting water samples from three hot spring sources: a hot spring without tourism activities, a hot spring reservoir used for mineral bathhouses, and a warm water pond for foot soaking. Data collection was conducted twice: once during the summer and once during the rainy season. A total of 22 water quality indicators were analyzed. Statistical analysis was performed to compare the water quality between various hot spring sources using the F–test and DMRT, and between seasons using the t–test.

The water was clear with low turbidity, with the water temperature ranging from warm to extremely hot. Among the 14 chemical indicators analyzed, fluoride levels in all sources during the summer and the hot spring without tourism activities during the rainy season exceeded the standard limits. Additionally, arsenic was detected but remained within the standard limits, while six heavy metals were not detected. Differences in water temperature and turbidity between different hot spring sources was found to be statistically significant ($p \leq 0.05$), whereas other water quality indicators were not found to be significant ($p > 0.05$). Seasonal comparisons indicated statistically significant differences ($p \leq 0.05$) in sodium (Na), potassium (K), calcium (Ca), chloride (Cl), fluoride (F), manganese (Mn), and arsenic (As), while other water quality indicators were not found to be significantly different ($p > 0.05$).

Keywords: Water quality; Chae Son hot spring; Chae Son National Park

บทคัดย่อ

น้ำพุร้อนแจ้ซ้อนเป็นแหล่งท่องเที่ยวในพื้นที่อุทยานแห่งชาติแจ้ซ้อน ที่มีการใช้น้ำเพื่อกิจกรรมท่องเที่ยว ซึ่งคุณภาพน้ำอาจมีผลต่อสุขภาพได้ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพและทางเคมีบางประการ และเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานน้ำบาดาลที่จะใช้บริโภคได้ วิธีการศึกษา คือ กำหนดจุดเก็บตัวอย่างจำนวน 3 บ่อน้ำพุร้อน คือ บ่อที่ไม่มีการทำกิจกรรมท่องเที่ยว บ่อพักน้ำพุร้อนที่ใช้สำหรับห้องอาบน้ำแร่ และบ่อน้ำอุ่นสำหรับการแช่เท้า ทำการเก็บข้อมูล 2 ครั้ง คือ ในช่วงฤดูร้อนและในช่วงฤดูฝน วิเคราะห์คุณภาพน้ำจำนวน 22 ดัชนี วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเปรียบเทียบคุณภาพน้ำระหว่างบ่อน้ำพุร้อนโดยใช้สถิติ F–test และ DMRT และเปรียบเทียบระหว่างฤดูร้อนและฤดูฝน โดยใช้สถิติ t–test

ผลการศึกษา พบว่า อุณหภูมิของน้ำอยู่ในระดับน้ำพุร้อนชนิดอุ่นถึงร้อนจัด และน้ำมีความใส ค่าความขุ่นต่ำ สำหรับคุณภาพน้ำทางเคมีที่ตรวจพบมีทั้งหมด 14 ดัชนี ซึ่งฟลูออไรด์ของทุกบ่อในฤดูร้อนและบ่อน้ำพุร้อนที่ไม่มีการทำกิจกรรมในฤดูฝนมีปริมาณเกินเกณฑ์มาตรฐาน นอกจากนี้พบสารหนูในปริมาณที่ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน ในขณะที่ตรวจไม่พบโลหะหนัก 6 ชนิด เมื่อเปรียบเทียบระหว่างบ่อน้ำพุร้อน พบว่า อุณหภูมิน้ำและความขุ่นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนดัชนีคุณภาพน้ำอื่น ๆ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนการเปรียบเทียบระหว่างฤดูกาล พบว่า โซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม คลอไรด์ ฟลูออไรด์ แมงกานีส และสารหนู มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ดัชนีคุณภาพน้ำอื่น ๆ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

คำสำคัญ: คุณภาพน้ำ น้ำพุร้อนแจ้ซ้อน อุทยานแห่งชาติแจ้ซ้อน

คำนำ

น้ำพุร้อนเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดจากน้ำฝนและน้ำผิวดินไหลลงสู่ใต้ดินตามรอยเลื่อน รอยแตก และรูพรุนของหิน จนถึงชั้นหินที่ความลึกระดับหนึ่ง เมื่อน้ำได้รับการถ่ายเทความร้อนและไหลกลับสู่ผิวดินตามรอยเลื่อนหรือรอยแตก ทำให้เกิดเป็นน้ำพุร้อนหรือบ่อน้ำอุ่นบริเวณผิวดิน โดยน้ำจะมีคุณสมบัติตามชนิดแร่ธาตุที่เป็นองค์ประกอบของชั้นหินที่น้ำซึมผ่าน (Department of Mineral Resources (DMR), 2003) ประเทศไทยมีการสำรวจพบแหล่งน้ำพุร้อน 124 แหล่ง กระจายตัวอยู่ในภาคเหนือ ภาคตะวันตก ภาคกลาง และภาคใต้ มีอุณหภูมิของน้ำพุร้อนที่ผิวดินอยู่ระหว่าง 40–100 องศาเซลเซียส สามารถจำแนกได้ 4 ประเภท คือ 1) น้ำพุร้อน (hot spring หรือ thermal spring) 2) ไกเซอร์ (geyser) 3) พุแก๊ส (fumaroles) และ 4) พุโคลน (mud pot) (DMR, 2001) ปัจจุบันมีการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำพุร้อนตามอุณหภูมิของแหล่งนั้น ๆ 4 ด้าน คือ 1) ด้านแหล่งน้ำแร่เพื่อการบริโภค 2) ด้านพลังงานความร้อนใต้พิภพ 3) ด้านการศึกษาปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา ธรณีเคมี และจุลชีววิทยา และ 4) ด้านนันทนาการการท่องเที่ยว และธรรมชาติบำบัด ซึ่งเป็นด้านที่มีการใช้ประโยชน์มากที่สุด เนื่องจากน้ำพุร้อนมีลักษณะทางธรณีที่มีเอกลักษณ์ (Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning (ONEP), 2008) นอกจากนี้น้ำยังมีคุณสมบัติบางประการในการรักษาโรคต่าง ๆ เช่น โรคผื่นภูมิแพ้ผิวหนัง โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคข้ออักเสบ โรคข้อกระดูกสันหลังอักเสบชนิดติดยึด อาการปวดข้อและกล้ามเนื้อตึง เป็นต้น (Lele and Deshmukh, 2016; Liang *et al*., 2015) อย่างไรก็ตามน้ำพุร้อนมีองค์ประกอบแร่ธาตุหลายชนิดรวมถึงอาจจะมีองค์ประกอบที่เป็นพิษที่อาจส่งผลต่อสุขภาพได้หลายประการ โดยเฉพาะผู้ที่มีโรคประจำตัว เช่น ผู้ที่มีอาการบวมน้ำ ผู้ป่วยโรคไต ผู้ที่หัวใจทำงานได้ไม่ดี ผู้ป่วยความดันโลหิตสูง ผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจที่มีภาวะหลอดลมหดเกร็ง ผู้ที่มีการหลั่งกรดในกระเพาะอาหารปริมาณมาก มีแผลในกระเพาะอาหารและในทางเดินอาหาร ผู้ป่วยภาวะ Gastric Hypochilia เป็นต้น (Jittiyossara and Puksun, 2014) จึงควรใช้อย่างระมัดระวังและเหมาะสม โดยคำนึงถึงความปลอดภัยต่อสุขภาพและต้องไม่ส่งผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

น้ำพุร้อนแจ้ซ้อน เป็นแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติในอุทยานแห่งชาติแจ้ซ้อน จังหวัดลำปาง ประกอบด้วยบ่อน้ำร้อนที่ปรากฏบนผิวดินหลายบ่อ คือ แบบบ่อน้ำร้อน (hot pool) และแบบบ่อน้ำร้อนที่ไหลซึมขึ้นมา (seep) มีลักษณะพื้นที่เป็นหินแกรนิต และหินควอร์ตไซต์ กระจายอยู่ทั่วไป (DMR, 2001) ในปี พ.ศ. 2565 มีอุณหภูมิของผิวน้ำสูงสุดประมาณ 76.4 องศาเซลเซียส น้ำพุร้อนส่วนใหญ่ไหลมารวมกันแล้วไหลลงสู่ลำน้ำแม่มอนในบริเวณใกล้เคียง ซึ่งปัจจุบันพื้นที่ได้รับการพัฒนาเพื่อให้บริการด้านการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ ประกอบด้วยการแช่อาบและการลวกไข่ ซึ่งกิจกรรมดังกล่าวมีการสัมผัสน้ำโดยตรง ทำให้ดัชนีคุณภาพน้ำอาจส่งผลต่อสุขภาพของผู้ใช้บริการได้ เนื่องจากข้อมูลที่เคยมีการศึกษาคุณภาพน้ำในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา พบว่ามีฟลูออไรด์มากเกินกว่ามาตรฐานของน้ำสะอาดที่ใช้ดื่ม ส่วนดัชนีคุณภาพน้ำอื่น ๆ ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (DMR, 2003) อย่างไรก็ตามควรมีการตรวจคุณภาพน้ำอย่างสม่ำเสมอเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้นในพื้นที่

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้ทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำบางประการในพื้นที่น้ำพุร้อนแจ้ซ้อน เปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่จะใช้บริโภคได้ของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับอุทยานแห่งชาติแจ้ซ้อนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ในการใช้ประกอบการวางแผนบริหารจัดการพื้นที่น้ำพุร้อนแจ้ซ้อนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

อุทยานแห่งชาติแจ้ซ้อน มีเนื้อที่ 480,000 ไร่ เป็นส่วนหนึ่งของเทือกเขาผีปันน้ำ มีระดับความสูงของพื้นที่อยู่ระหว่าง 295–2,031 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง อยู่ในกลุ่มป่าศรีลานนา – ขุนตาล – ศรีสัชนาลัย การศึกษาครั้งนี้ทำการศึกษาน้ำพุร้อนแจ้ซ้อน ตั้งอยู่ที่พิกัด 47 N 549728 E 2082814 N เขตตำบลแจ้ซ้อน อำเภอเมืองปาน จังหวัดลำปาง ความสูงของพื้นที่อยู่ระหว่าง 435–439 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรวมทั้งปีที่ที่ทำการอุทยานแห่งชาติแจ้ซ้อน ในช่วงปี พ.ศ. 2564 – 2565 คือ 1,580.70 มิลลิเมตร (ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรวมรายปี 1,457.80 – 1,703.60) อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปี 28.66 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิเฉลี่ย 20 – 34 องศาเซลเซียส) และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยต่อปี 79.89 เปอร์เซ็นต์ (ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 48.70 – 93.67 เปอร์เซ็นต์) (Hydro – Informatics Institute (Public Organization) (HII), 2023) ฤดูกาล แบ่งเป็น 3 ฤดู คือ ฤดูร้อน ตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ – กลางเดือนพฤษภาคม ฤดูฝน ตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคม – กลางเดือนตุลาคม และฤดูหนาว ตั้งแต่กลางเดือนตุลาคม – กลางเดือนกุมภาพันธ์ (Thai Meteorological Department (TMD), 2023) ลักษณะพืชพรรณมีสภาพเป็นป่าเบญจพรรณ ต้นไม้ขึ้นกระจายห่าง ๆ ต้นไม้ที่พบทั่วไป เช่น ประดู่ แดง สัก มะค่าโมง เป็นต้น

อุปกรณ์

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัย ได้แก่ เครื่องระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (GPS) ถุงมือป้องกันของเหลวร้อน เทอร์โมมิเตอร์ ขวดแก้ว ถุงป้องกันแสง กระติกสำหรับเก็บรักษาอุณหภูมิตัวอย่างน้ำ อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับวิเคราะห์คุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการ

วิธีการ

การกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง และการเก็บข้อมูลตัวอย่างน้ำ

กำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำพุร้อน จำนวน 3 บ่อ โดยพิจารณาจากบ่อน้ำพุร้อนที่ใช้ทำกิจกรรมท่องเที่ยวและไม่มีการทำกิจกรรมท่องเที่ยว คือ 1) บ่อน้ำพุร้อนที่ไม่มีการทำกิจกรรมท่องเที่ยว เป็นตัวแทนของน้ำพุร้อนที่ผุดขึ้นมาจากใต้ดิน 2) บ่อพักน้ำพุร้อนที่อยู่ต่อจากลานน้ำพุร้อน และมีการวางท่อเพื่อนำน้ำจากบ่อนี้ไปใช้ในห้องอาบน้ำแร่ เป็นตัวแทนของน้ำพุร้อนที่ผ่านการใช้ลวกไข่บริเวณลานน้ำพุร้อน และ 3) บ่อน้ำอุ่นสำหรับการแช่เท้า เป็นตัวแทนของจุดที่อยู่ส่วนท้ายของน้ำพุร้อน อยู่บริเวณจุดปลายสุดของน้ำพุร้อน (Figure 1) โดยเก็บบ่อละ 3 ตัวอย่าง (Table 1 และ Figure 1) บันทึกค่าพิกัดจุดเก็บตัวอย่างด้วย GPS โดยทำการเก็บตัวอย่างตามฤดูกาลตามการคาดการณ์สภาพอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา ในปี พ.ศ. 2566 จำนวน 2 ครั้ง ได้แก่ ครั้งที่ 1 ฤดูร้อน ในวันที่ 3 พฤษภาคม และครั้งที่ 2 ฤดูฝน ในวันที่ 25 กันยายน

Table 1 Geographical coordinate of the three sites for water sampling in Chae Son hot springs

No	Sites	Geographical coordinate
1	No activities hot spring	549686 E 2082785 N 549686 E 2082786 N 549688 E 2082785 N
2	Hot spring water reservoir	549760 E 2082804 N 549772 E 2082824 N 549757 E 2082823 N
3	Hot spring for foot soaking	549827 E 2082809 N 549830 E 2082809 N 549834 E 2082809 N

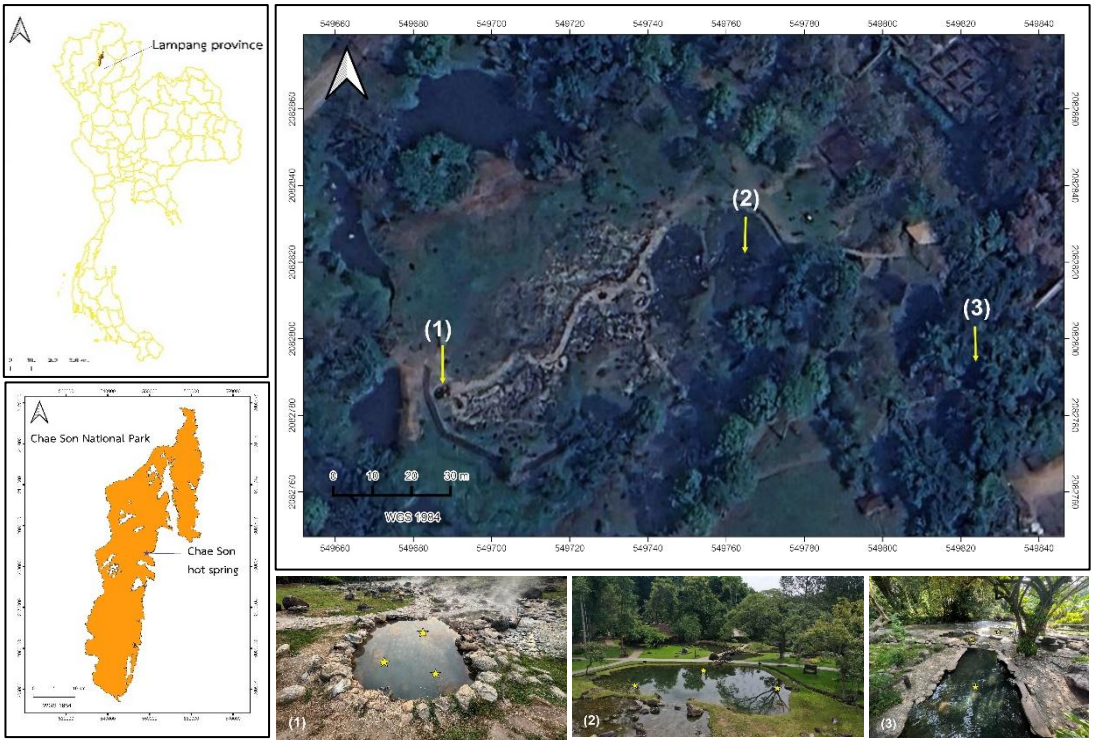

Figure 1 The experimental sites for water sampling in Chae Son hot springs; 1) hot spring with no activities, 2) hot spring water reservoir, and 3) hot spring for foot soaking.

การเก็บข้อมูลภาคสนาม ได้แก่ การตรวจวัดอุณหภูมิน้ำ (water temperature) โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ (Pollution Control Department, 2010)

การเก็บตัวอย่างน้ำ เพื่อวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยเก็บตัวอย่างน้ำที่จุดกึ่งกลางความลึก ณ จุดเก็บตัวอย่างที่มีความลึกน้อยกว่า 2 เมตร โดยใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำด้วยวิธีแบบแยก (grab sampling) แล้วถ่ายลงขวดแก้วใสที่กลั้วด้วยน้ำตัวอย่างเรียบร้อยแล้ว เก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์ค่าความขุ่น (turbidity) ความกระด้างทั้งหมด (total hardness) ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (total dissolved solids, TDS) ของแข็งทั้งหมด (total solids, TS) ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (total suspended solids, TSS) โซเดียม (Na) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) ไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen, TN) ซัลเฟต (SO_4^{2-}) เหล็ก (Fe) คลอไรด์ (Cl) ฟลูออไรด์ (F) แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) สารหนู (As) ทองแดง (Cu) ตะกั่ว (Pb) แคดเมียม (Cd) โครเมียม (Cr) ปรอท (Hg) โดยตัวอย่างน้ำที่จะนำไปวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมด ทำการเติมกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) เข้มข้น 2 มิลลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตร และตัวอย่างน้ำที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ความกระด้างทั้งหมดและโลหะหนัก ทำการเติมกรดไนตริก (HNO_3) เข้มข้น 2 มิลลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตร ห่อตัวอย่างน้ำด้วยถุงป้องกันแสง และนำไปแช่น้ำแข็ง เพื่อทำการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำตามคู่มือวิธีปฏิบัติสำหรับการเก็บตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำของกรมควบคุมมลพิษ (Pollution Control Department, 2010) และนำส่งวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ

การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำโดยห้องปฏิบัติการ

วิเคราะห์ดัชนีคุณภาพน้ำ ได้แก่ ค่าความขุ่น (turbidity) ความกระด้างทั้งหมด (hardness) ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (TDS) ของแข็งทั้งหมด (TS) ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS) โซเดียม (Na) แคลเซียม (Ca) ไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen, TN) ซัลเฟต (SO42–) เหล็ก (Fe) คลอไรด์ (Cl) ฟลูออไรด์ (F) แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) ตะกั่ว (Pb) แคดเมียม (Cd) โครเมียม (Cr) นำส่งห้องปฏิบัติการคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง จังหวัดลำปาง ส่วนการวิเคราะห์สารหนู (As) ปรอท (Pb) โพแทสเซียม (K) นำส่งห้องปฏิบัติการสถาบันบริการตรวจสอบคุณภาพและมาตรฐานผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ โดยวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีใช้วิธีตามวิธีของ APHA–AWWA–WEF (2017) และวิเคราะห์โลหะหนักโดยใช้วิธี Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy (ICP–OES) ส่วนการวิเคราะห์ปรอทใช้วิธี Inductively Coupled Plasma Mass Spectroscopy (ICP–MS)

การวิเคราะห์เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำบาดาลที่จะใช้บริโภคได้

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำของน้ำพุร้อนกับค่ามาตรฐานน้ำบาดาลที่จะใช้บริโภคได้ของกระทรวง

ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (Ministry of Natural Resources and Environment (MNRE), 2008)

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และค่าความแปรปรวนระหว่างจุดเก็บตัวอย่างและระหว่างฤดูกาล

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำระหว่างบ่อน้ำพุร้อนโดยใช้สถิติ F–test และ DMRT และเปรียบเทียบระหว่างฤดูร้อนและฤดูฝน โดยใช้สถิติ t–test

ผลและวิจารณ์

คุณภาพน้ำทางกายภาพ

อุณภูมิน้ำ (water temperature)

อุณหภูมิน้ำ มีค่าอยู่ในช่วง 42.9–53.9 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างบ่อน้ำพุร้อน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F=102.105, p=0.002) (Table 2) โดยบ่อน้ำพุร้อนที่ไม่มีการทำกิจกรรมท่องเที่ยวมีอุณหภูมิน้ำสูงกว่าบ่อพักน้ำพุร้อนและบ่อน้ำอุ่นสำหรับการแช่เท้า และอุณหภูมิน้ำทั้งช่วงฤดูร้อนและฤดูฝน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t=–0.215, p=0.840) (Table 3)

ความขุ่น (turbidity)

ค่าความขุ่น มีค่าอยู่ในช่วง 0.77–1.37 FAU เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างบ่อน้ำพุร้อน พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F=35.579, p=0.008) (Table 2) โดยบ่อน้ำพุร้อนที่ไม่มีการทำกิจกรรมท่องเที่ยวมีความขุ่นมากกว่าบ่อน้ำอุ่นสำหรับการแช่เท้า และบ่อพักน้ำพุร้อน ตามลำดับ โดยความขุ่นทั้งช่วงฤดูร้อนและฤดูฝนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t = 0.053, p=0.960) (Table 3) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทุกบ่อเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่จะใช้บริโภคได้ของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งน้ำที่ใช้ดื่มควรจะมีความขุ่นไม่เกิน 5 หน่วยความขุ่น (MNRE, 2008)

คุณภาพน้ำทางเคมี

ความกระด้างทั้งหมด (total hardness)

ค่าความกระด้างทั้งหมดของบ่อน้ำพุร้อนที่ไม่มีการทำกิจกรรมท่องเที่ยว บ่อพักน้ำพุร้อน และบ่อน้ำอุ่นสำหรับการแช่เท้า มีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 48.7–53.3 มิลลิกรัมต่อลิตร (Table 4) ทั้งช่วงฤดูร้อนและฤดูฝน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t=–0.834, p=0.451) (Table 3) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทุกบ่อเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่จะใช้บริโภคได้ของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งน้ำที่ใช้ดื่มควรจะมีความกระด้างไม่เกิน 300 มิลลิกรัมต่อลิตร (MNRE, 2008)

ปริมาณของแข็งละลายทั้งหมด (TDS)

ปริมาณของแข็งละลายทั้งหมดของบ่อน้ำพุร้อนที่ไม่มีการทำกิจกรรมท่องเที่ยว บ่อพักน้ำพุร้อน และบ่อน้ำอุ่นสำหรับการแช่เท้า มีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 362.7–410.7 มิลลิกรัมต่อลิตร (Table 4) ทั้งช่วงฤดูร้อนและฤดูฝน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t=–0.834, p=0.451) (Table 3) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทุกบ่อเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่จะใช้บริโภคได้ของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งน้ำที่ใช้ดื่มควรจะมีปริมาณของแข็งละลายทั้งหมดไม่เกิน 600 มิลลิกรัมต่อลิตร (MNRE, 2008)

ปริมาณของแข็งทั้งหมด (TS)

ปริมาณของแข็งทั้งหมดของบ่อน้ำพุร้อนที่ไม่มีการทำกิจกรรมท่องเที่ยว บ่อพักน้ำพุร้อน และบ่อน้ำอุ่นสำหรับการแช่เท้า มีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 366.0–412.7 มิลลิกรัมต่อลิตร (Table 4) ทั้งช่วงฤดูร้อนและฤดูฝน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t=–0.763, p=0.488) (Table 3)

ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS)

ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดของบ่อน้ำพุร้อนที่ไม่มีการทำกิจกรรมท่องเที่ยว บ่อพักน้ำพุร้อน และบ่อน้ำอุ่นสำหรับการแช่เท้า มีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 2–5.3 มิลลิกรัมต่อลิตร (Table 4) ทั้งช่วงฤดูร้อนและฤดูฝน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t=1.604, p=0.184) (Table 3)

ปริมาณโซเดียม (Na)

ปริมาณโซเดียมของบ่อน้ำพุร้อนที่ไม่มีการทำกิจกรรมท่องเที่ยว บ่อพักน้ำพุร้อน และบ่อน้ำอุ่นสำหรับการแช่เท้า มีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 30.23–34.04 มิลลิกรัมต่อลิตร (Table 4) เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างบ่อน้ำพุร้อน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F=0.022, p=0.979) (Table 2) และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างฤดูร้อนและฤดูฝน พบว่า ปริมาณโซเดียมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t=16.279, p=<0.001) (Table 3) โดยในฤดูร้อนมีปริมาณโซเดียมมากกว่าในฤดูฝน ซึ่งโซเดียมรวมกับคลอไรด์จะอยู่ในรูปของเกลือ เป็นแร่ธาตุที่ร่างกายควรได้รับในปริมาณน้อยกว่า 2,300 มิลลิกรัมต่อวัน แต่ผู้ที่มีอายุมากกว่า 51 ปี ควรได้รับ 1,500 มิลลิกรัมต่อวัน โดยร่างกายได้รับเกลือจากอาหารหลายชนิด เช่น เครื่องปรุงรส อาหารสำเร็จรูป อาหารทะเล เป็นต้น อย่างไรก็ตามโซเดียมที่พบในน้ำมีปริมาณน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับโซเดียมที่พบในอาหาร (Jittiyossara and Puksun, 2014) นอกจากนี้โซเดียมยังเป็นแร่ธาตุองค์ประกอบหลักในน้ำแร่ โดยน้ำแร่ที่มีปริมาณมากกว่า 200 มิลลิกรัมต่อลิตร จะถูกจัดเป็นน้ำแร่โซเดียม แต่หากมีปริมาณน้อยกว่า 20 มิลลิกรัมต่อลิตร จะถูกจัดเป็น

น้ำแร่เกลือต่ำ สำหรับผู้ที่มีความดันโลหิตสูง มีการหลั่งกรดในกระเพาะอาหารปริมาณมากและมีแผลในกระเพาะอาหาร ไม่ควรดื่มน้ำแร่ที่มีปริมาณโซเดียมหรือโซเดียมคลอไรด์สูง (Siriprom, 2010)

ปริมาณโพแทสเซียม (K)

ปริมาณโพแทสเซียมของบ่อน้ำพุร้อนที่ไม่มีการทำกิจกรรมท่องเที่ยว บ่อพักน้ำพุร้อน และบ่อน้ำอุ่นสำหรับการแช่เท้า มีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 5.26–13.48 มิลลิกรัมต่อลิตร (Table 4) เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างบ่อน้ำพุร้อน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F=0.011, p=0.990) (Table 2) และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างฤดูร้อนและฤดูฝน พบว่า ปริมาณโพแทสเซียมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t=22.368, p=<0.001) (Table 3) โดยในฤดูร้อนมีปริมาณโพแทสเซียมมากกว่าในฤดูฝน ซึ่งมีปริมาณน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณโพแทสเซียมที่ร่างกายต้องการมากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อวัน อย่างไรก็ตามควรจำกัดการได้รับโพแทสเซียมไม่เกิน 2,000 มิลลิกรัมต่อวัน เพื่อรักษาระดับโพแทสเซียมในเลือดให้อยู่ในช่วง 3.5–5.0 มิลลิอิควิวาเลนต์ต่อลิตร เนื่องจากหากมีปริมาณน้อยเกินไปอาจทำให้เกิดภาวะกล้ามเนื้ออ่อนแรง ตะคริว หัวใจเต้นผิดจังหวะ หรือหากมีปริมาณมากเกินไปอาจทำให้เกิดภาวะหัวใจหยุดเต้นได้ (Department of Health, 2020)

ปริมาณแคลเซียม (Ca)

ปริมาณแคลเซียมของบ่อน้ำพุร้อนที่ไม่มีการทำกิจกรรมท่องเที่ยว บ่อพักน้ำพุร้อน และบ่อน้ำอุ่นสำหรับการแช่เท้า มีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 8.60–15.20 มิลลิกรัมต่อลิตร (Table 4) เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างบ่อน้ำพุร้อน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F=0.090, p=0.916) (Table 2) และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างฤดูร้อนและฤดูฝน พบว่า ปริมาณแคลเซียมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t=6.515, p=0.020) (Table 3) โดยในฤดูร้อนมีปริมาณแคลเซียมมากกว่าในฤดูฝน ซึ่งมีปริมาณน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับการจัดประเภทน้ำแร่ตามผลที่มีต่อร่างกายของ Siriprom (2010) ระบุว่าน้ำแร่ที่มีปริมาณแคลเซียมมากกว่า 150 มิลลิกรัมต่อลิตร จัดเป็นน้ำแร่แคลเซียม ซึ่งมีประโยชน์ต่อผู้ที่มีความต้องการแคลเซียมมากกว่าคนปกติ เช่น เด็ก สตรีมีครรภ์ สตรีวัยหมดประจำเดือน ผู้สูงอายุ เป็นต้น โดยควรได้รับในปริมาณที่เหมาะสมตามช่วงวัยตั้งแต่ 500 มิลลิกรัมต่อวัน แต่ไม่ควรเกิน 1,500 มิลลิกรัมต่อวัน (Department of Health, 2020)

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (TN)

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของบ่อน้ำพุร้อนที่ไม่มีการทำกิจกรรมท่องเที่ยว บ่อพักน้ำพุร้อน และบ่อน้ำอุ่นสำหรับการแช่เท้า มีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 2.80–12.32 มิลลิกรัมต่อลิตร (Table 4) ทั้งช่วงฤดูร้อนและฤดูฝน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t=0.014, p=0.989) (Table 3)

ปริมาณซัลเฟต (SO_4^{2-})

ปริมาณซัลเฟตทั้งหมดของบ่อน้ำพุร้อนที่ไม่มีการทำกิจกรรมท่องเที่ยว บ่อพักน้ำพุร้อน และบ่อน้ำอุ่นสำหรับการแช่เท้า มีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 43.66–61.33 มิลลิกรัมต่อลิตร (Table 4) ทั้งช่วงฤดูร้อนและฤดูฝน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t=0.914, p=0.412) (Table 3) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทุกบ่อเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่จะใช้บริโภคได้ของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งน้ำที่ใช้ดื่มควรจะมีปริมาณซัลเฟตไม่เกิน 200 มิลลิกรัมต่อลิตร (MNRE, 2008)

ปริมาณเหล็ก (Fe)

ปริมาณเหล็กของบ่อน้ำพุร้อนที่ไม่มีการทำกิจกรรมท่องเที่ยว บ่อพักน้ำพุร้อน และบ่อน้ำอุ่นสำหรับการแช่เท้า มีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 0.016–0.032 มิลลิกรัมต่อลิตร (Table 4) ทั้งช่วงฤดูร้อนและฤดูฝน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t=–2.536, p=0.126) (Table 3) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทุกบ่อเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่จะใช้บริโภคได้ของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งน้ำที่ใช้ดื่มควรจะมีปริมาณเหล็กไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (MNRE, 2008)

ปริมาณคลอไรด์ (Cl)

ปริมาณคลอไรด์ของบ่อน้ำพุร้อนที่ไม่มีการทำกิจกรรมท่องเที่ยว บ่อพักน้ำพุร้อน และบ่อน้ำอุ่นสำหรับการแช่เท้า มีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 9.36–12.69 มิลลิกรัมต่อลิตร (Table 4) เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างบ่อน้ำพุร้อน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F=0.282, p=0.773) (Table 2) และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างฤดูร้อนและฤดูฝน พบว่า ปริมาณคลอไรด์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t=–4.173, p=0.014) (Table 3) โดยในฤดูฝนมีปริมาณคลอไรด์มากกว่าในฤดูร้อน ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทุกบ่อเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่จะใช้บริโภคได้ของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งน้ำที่ใช้ดื่มควรจะมีปริมาณคลอไรด์ไม่เกิน 250 มิลลิกรัมต่อลิตร (MNRE, 2008)

ปริมาณฟลูออไรด์ (F)

ปริมาณฟลูออไรด์ของบ่อน้ำพุร้อนที่ไม่มีการทำกิจกรรมท่องเที่ยว บ่อพักน้ำพุร้อน และบ่อน้ำอุ่นสำหรับการแช่เท้า มีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 0.000–1.697 มิลลิกรัมต่อลิตร (Table 4) เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างบ่อน้ำพุร้อน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F=0.069, p=0.935) (Table 2) และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างฤดูร้อนและฤดูฝน พบว่า ปริมาณฟลูออไรด์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t=5.588,

p=0.029) (Table 3) โดยในฤดูร้อนมีปริมาณฟลูออไรด์เกินเกณฑ์มาตรฐานทุกบ่อ ส่วนในฤดูฝนพบฟลูออไรด์มีปริมาณน้อยในบ่อน้ำพุร้อนที่ไม่มีการทำกิจกรรมท่องเที่ยว ซึ่งเกินเกณฑ์มาตรฐานเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่จะใช้บริโภคได้ของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งน้ำที่ใช้ดื่มควรจะมีปริมาณฟลูออไรด์ไม่เกิน 0.7 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออนุโลมสูงสุดไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (MNRE, 2008) โดยน้ำแร่ธรรมชาติควรจะมีฟลูออไรด์ไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่หากมีฟลูออไรด์มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ต้องแสดงคำเตือนว่ามีฟลูออไรด์ ส่วนน้ำแร่ธรรมชาติที่มีฟลูออไรด์มากกว่า 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ต้องแสดงคำเตือนว่าไม่เหมาะสำหรับทารกและเด็กที่อายุต่ำกว่า 7 ปี (Ministry of Plublic Health (MOPH), 2000) เนื่องจากหากได้รับฟลูออไรด์ในปริมาณที่มากเกินไปจะทำให้ฟันตกกระเป็นจุดดำและเกิดผลเสียต่อโครงกระดูกและฟัน (Homchan *et al.*, 2014)

ปริมาณแมงกานีส (Mn)

ปริมาณแมงกานีสของบ่อน้ำพุร้อนที่ไม่มีการทำกิจกรรมท่องเที่ยว บ่อพักน้ำพุร้อน และบ่อน้ำอุ่นสำหรับการแช่เท้า มีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 0.000 – 0.049 มิลลิกรัมต่อลิตร (Table 4) เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างบ่อน้ำพุร้อน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F=0.226, *p*–value = 0.810) (Table 2) และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างฤดูร้อนและฤดูฝน พบว่า ปริมาณคลอไรด์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t = –4.248, *p*–value = 0.043) (Table 3) โดยในฤดูฝนมีปริมาณแมงกานีสมากกว่าในฤดูร้อน ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทุกบ่อเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่จะใช้บริโภคได้ของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งน้ำที่ใช้ดื่มควรจะมีปริมาณแมงกานีสไม่เกิน 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร (MNRE, 2008)

ปริมาณสารหนู (As)

ปริมาณสารหนูของบ่อน้ำพุร้อนที่ไม่มีการทำกิจกรรมท่องเที่ยว บ่อพักน้ำพุร้อน และบ่อน้ำอุ่นสำหรับการแช่เท้า มีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 0.005 – 0.009 มิลลิกรัมต่อลิตร (Table 4) เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างบ่อน้ำพุร้อน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F=0.029, *p*–value = 0.972) (Table 2) และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างฤดูร้อนและฤดูฝน พบว่า ปริมาณคลอไรด์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t = –2.899, *p*–value = 0.044) (Table 3) โดยในฤดูฝนมีปริมาณสารหนูมากกว่าในฤดูร้อน ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทุกบ่อเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่จะใช้บริโภคได้ของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งน้ำที่ใช้ดื่มต้องไม่พบสารหนู หรืออนุโลมสูงสุดไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร (MNRE, 2008) โดยปริมาณสารหนูตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำแร่ธรรมชาติของกระทรวงสาธารณสุขควรมีค่าไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร (MOPH, 2000)

ปริมาณสังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) ตะกั่ว (Pb) แคดเมียม (Cd) โครเมียม (Cr) และปรอท (Hg) ตรวจไม่พบในตัวอย่างน้ำ

Table 2 Comparison of water quality among the three sites at Chae son hot spring

Parameters	Average			F–value	*p*–value
	Site 1	Site 2	Site 3		
Physical water quality					
1. Water Temperature (°C)	53.6[a]	44.6[b]	43.2[b]	102.105	0.002*
2. Turbidity (FAU)	0.82[c]	1.32[a]	1.05[b]	35.579	0.008*
Chemical water quality					
1. Total hardness as $CaCO_3$ (mg/L)	52.7	50.7	49.3	1.900	0.293
2. TDS (mg/L)	400.3	386.7	373.3	0.791	0.530
3. TS (mg/L)	403	389.3	377.3	0.723	0.554
4. TSS (mg/L)	2.7	2.7	4.0	0.800	0.527
5. Sodium (Na) (mg/L)	32.22	32.34	31.87	0.022	0.979
6. Potassium (K) (mg/L)	9.05	9.76	9.18	0.011	0.990
7. Calcium (Ca) (mg/L)	12.09	12.06	10.64	0.090	0.916
8. Total Nitrogen (TN) (mg/L)	2.92	7.75	10.36	6.128	0.087
9. Sulfate (SO_4^{2-}) (mg/L)	58.76	46.68	46.33	7.085	0.073
10. Iron (Fe) (mg/L)	0.024	0.024	0.030	0.312	0.753
11. Chloride (Cl) (mg/L)	10.25	11.50	10.98	0.282	0.773
12. Fluoride (F) (mg/L)	1.17	0.85	0.83	0.069	0.935
13. Manganese (Mn) (mg/L)	0.034	0.038	0.043	0.226	0.810
14. Arsenic (As) (mg/L)	0.007	0.007	0.007	0.029	0.972

* = significant differences at 95 % confidence level.

Remark : Site 1 = hot spring with no activities
Site 2 = Hot spring water reservoir
Site 3 = Hot spring for foot soaking

Table 3 Comparison of physical and chemical water quality indicators between seasons

Parameters	Average (min – max)		t–value	*p*–value
	summer	rainy season		
Physical water quality				
1. Water Temperature (°C)	46.7 (42.9 – 53.3)	47.7 (43.5 – 53.9)	–0.215	0.840
2. Turbidity (FAU)	1.07 (0.77 – 1.37)	1.06 (0.87 – 1.27)	0.053	0.960
Chemical water quality				
1. Total hardness as $CaCO_3$ (mg/L)	51.3 (49.3 – 52.7)	50.4 (48.7 – 53.3)	0.500	0.643
2. TDS (mg/L)	379.6 (362.7 – 394.0)	394.0 (364.7 – 410.7)	–0.834	0.451
3. TS (mg/L)	383.3 (366.0 – 396.7)	396.4 (367.3 – 412.7)	–0.763	0.488
4. TSS (mg/L)	3.8 (2.7 – 5.3)	2.4 (2.0 – 2.7)	1.604	0.184
5. Sodium (Na) (mg/L)	33.79 (33.51 – 34.04)	30.49 (30.23 – 30.64)	16.279	<0.001*
6. Potassium (K) (mg/L)	13.00 (12.70 – 13.48)	5.65 (5.26 – 6.04)	22.368	<0.001*
7. Calcium (Ca) (mg/L)	14.32 (12.68 – 15.20)	8.88 (8.60 – 9.10)	6.515	0.020*
8. Total Nitrogen (TN) (mg/L)	7.04 (2.80 – 12.32)	6.99 (3.04 – 9.52)	0.014	0.989
9. Sulfate (SO_4^{2-}) (mg/L)	53.23 (48.68 – 61.33)	47.94 (43.66 – 56.19)	0.914	0.412
10. Iron (Fe) (mg/L)	0.020 (0.016 – 0.029)	0.031 (0.031 – 0.032)	–2.536	0.126
11. Chloride (Cl) (mg/L)	9.74 (9.36 – 10.30)	12.07 (11.13 – 12.69)	–4.173	0.014*
12. Fluoride (F) (mg/L)	1.650 (1.590 – 1.700)	0.249 (0.000 – 0.747)	5.588	0.029*
13. Manganese (Mn) (mg/L)	0.015 (0.000 – 0.023)	0.046 (0.043 – 0.049)	–4.248	0.043*
14. Arsenic (As) (mg/L)	0.006 (0.005 – 0.007)	0.008 (0.008 – 0.009)	–2.899	0.044*

* indicates significant differences at 95 % confidence level.

เมื่อเปรียบเทียบจากการศึกษาของ Charat (2003) ที่ได้ศึกษาคุณภาพน้ำทางเคมีของน้ำพุร้อนแจ้ซ้อน พบว่า มีปริมาณของแข็งละลายทั้งหมด (TDS) โซเดียม (Na) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) ไนโตรเจนทั้งหมด (N) ซัลเฟต (SO_4^{2-}) เหล็ก (Fe) คลอไรด์ (Cl) ฟลูออไรด์ (F) และแมกนีเซียม (Mg) เท่ากับ 440, 116, 10.9, 4.6, 22, 0.09, 4.2, 3.7 และ 0.27 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาครั้งนี้ พบว่า มีดัชนีคุณภาพน้ำที่มีปริมาณเพิ่มขึ้น ได้แก่ โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) ซัลเฟต (SO_4^{2-}) และคลอไรด์ (Cl) ส่วนดัชนีคุณภาพน้ำที่มีปริมาณลดลง ได้แก่ โซเดียม (Na) เหล็ก (Fe) และฟลูออไรด์ (F)

เมื่อเปรียบเทียบจากการศึกษาของ Chiang Mai University (2006) ที่ได้ศึกษาเพื่อประเมินศักยภาพแหล่งน้ำพุร้อนในประเทศไทย โดยศึกษาคุณภาพน้ำของน้ำพุร้อนแจ้ซ้อน พบว่า มีค่าความกระด้างทั้งหมด (hardness) ปริมาณของแข็งละลายทั้งหมด (TDS) โซเดียม (Na) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) ซัลเฟต (SO_4^{2-}) เหล็ก (Fe) คลอไรด์ (Cl) ฟลูออไรด์ (F) แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) ตะกั่ว (Pb) แคดเมียม (Cd) และแมกนีเซียม (Mg) เท่ากับ 41.000, 378.800, 83.162, 7.351, 13.383, 33.700, <0.005, 4.800, 5.200, 0.100, 0.079, <0.005, <0.005, <0.002 และ 1.862 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาครั้งนี้ พบว่า มีดัชนีคุณภาพน้ำที่มีปริมาณเพิ่มขึ้น ได้แก่ ได้แก่ โพแทสเซียม (K) ซัลเฟต (SO_4^{2-}) เหล็ก (Fe) และคลอไรด์ (Cl) ส่วนคุณภาพที่มีปริมาณลดลง ได้แก่ โซเดียม (Na) แคลเซียม (Ca) ฟลูออไรด์ (F) ปริมาณแมงกานีส (Mn) และสังกะสี (Zn)

เมื่อพิจารณาจากการศึกษาคุณภาพน้ำพุร้อนแจ้ซ้อนของหน่วยงานต่างๆ ในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา พบว่า ดัชนีคุณภาพน้ำที่มีปริมาณเพิ่มขึ้น ได้แก่ ความกระด้างทั้งหมด (Hardness) ซัลเฟต (SO_4^{2-}) และคลอไรด์ (Cl) ส่วนดัชนีคุณภาพน้ำที่มีปริมาณลดลง ได้แก่ โซเดียม (Na) ฟลูออไรด์ (F) แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) ดัชนีคุณภาพน้ำที่เคยตรวจพบในอดีตแต่ตรวจไม่พบในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ ทองแดง (Cu) ตะกั่ว (Pb) แคดเมียม (Cd) ในขณะที่ปริมาณโพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) เหล็ก (Fe) ยังคงมีค่าใกล้เคียงกัน จะเห็นได้ว่าดัชนีคุณภาพน้ำมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อระยะเวลาผ่านไป แต่ส่วนใหญ่ยังอยู่ในระดับใกล้เคียงกัน แตกต่างกันไม่มาก

จากผลการศึกษาครั้งนี้ที่พบว่าฟลูออไรด์มีปริมาณเกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำบาดาลที่จะใช้บริโภคได้ และพบสารหนูในปริมาณน้อย เมื่อเปรียบเทียบปริมาณฟลูออไรด์ระหว่างน้ำพุร้อนแจ้ซ้อนกับแหล่งอื่นๆ พบว่า มีปริมาณฟลูออไรด์ใกล้เคียงกับการศึกษาของ Pananont *et al*. (2016) ที่ได้ศึกษาในพื้นที่น้ำพุร้อนบ้านเหมืองแร่ มีปริมาณฟลูออไรด์ 2.25 มิลลิกรัมต่อลิตร และการศึกษาของ Mineral Resources Analysis and Identification Division (2023) ที่ได้ศึกษาในพื้นที่น้ำพุร้อนเค็มคลองท่อม มีปริมาณฟลูออไรด์ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่มีปริมาณมากกว่าการศึกษาของ Homchan *et al*. (2014) ที่ได้ศึกษาในพื้นที่น้ำพุร้อนโป่งกระทิงซึ่งไม่พบฟลูออไรด์ อย่างไรก็ตามยังพบว่าในการศึกษาครั้งนี้มีปริมาณฟลูออไรด์น้อยกว่าการศึกษาของ Mineral Resources Analysis and Identification Division (2023) ที่ได้ศึกษาในพื้นที่น้ำพุร้อนรัตนโกศัย น้ำพุร้อนธรรมชาติ และน้ำพุร้อนคลองปลายพู่ ซึ่งมีปริมาณฟลูออไรด์ 3.17, 3.4 และ 8.78 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำจะขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างแหล่งน้ำพุร้อนกับรอยแยกของสายแร่ ซึ่งแหล่งแร่ฟลูออไรด์ส่วนใหญ่ของประเทศไทยอยู่บริเวณเทือกเขาทางทิศตะวันตกเรียงตัวจากจังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน ลำปาง ลำพูน สุโขทัย ตาก กำแพงเพชร กาญจนบุรี ราชบุรี เพชรบุรี สุราษฎร์ธานี และกระบี่ ทำให้น้ำพุร้อนในภาคเหนือและภาคตะวันตกมีส่วนประกอบของฟลูออไรด์ค่อนข้างสูงมากกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่น้ำพุร้อนในภาคใต้จะมีฟลูออไรด์น้อยลง (Charat, 2003) โดยผลกระทบจากการได้รับฟลูออไรด์ในปริมาณที่มากเกินไปจะทำให้ฟันตกกระเป็นจุดดำและเกิดผลเสียต่อโครงกระดูกและฟัน (Homchan *et al.,* 2014)

สำหรับสารหนู เมื่อเปรียบเทียบระหว่างในน้ำพุร้อนแจ้ซ้อนกับแหล่งอื่นๆ พบว่า มีปริมาณใกล้เคียงกับการศึกษาของ Pananont *et al*. (2016) ที่ได้ศึกษาในพื้นที่น้ำพุร้อนบ้านเหมืองแร่ พบว่า มีปริมาณ 0.0026 มิลลิกรัมต่อลิตร อย่างไรก็ตามยังพบว่ามีปริมาณสารหนูน้อยกว่าการศึกษาของ Homchan *et al*. (2014) ที่ได้ศึกษาในพื้นที่น้ำพุร้อนพระร่วงและน้ำพุร้อนโป่งกระทิง ซึ่งมีปริมาณ 0.023 และ 0.343 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และการศึกษาของ Mineral Resources Analysis and Identification Division (2023) ที่ได้ศึกษาในพื้นที่น้ำพุร้อนคลองปลายพู่ น้ำพุร้อนรัตโกศัย น้ำพุร้อนเค็มคลองท่อม และน้ำพุร้อนธรรมชาติ ซึ่งมีปริมาณ 3, 4, 7 และ 24 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ สำหรับสาเหตุที่พบสารหนูในน้ำพุร้อนเกิดจากการชะล้างหินและแร่ที่มีสารหนูเป็นองค์ประกอบในธรรมชาติ ซึ่งจะพบในปริมาณไม่มาก แต่หากพบสารหนูในปริมาณมากอาจมีสาเหตุมาจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การทำเหมืองแร่ การใช้ปุ๋ยและยาฆ่าแมลง เป็นต้น อย่างไรก็ตามสารชนิดนี้ส่งผลต่อร่างกายได้ทั้งแบบเฉียบพลันและแบบเรื้อรัง เช่น ทำให้ระบบทางเดินหายใจระคายเคือง ปัสสาวะน้อย โลหิตจาง ปวดท้องรุนแรง คลื่นไส้อาเจียน ท้องร่วง ถ่ายเป็นสีน้ำข้าวหรือเป็นเลือด ปวดศีรษะ ชักหมดสติ ส่วนแบบเรื้อรังทำให้เกิดมะเร็งที่ผิวหนัง กระดูก ปอด กระเพาะปัสสาวะและไต เป็นต้น (Homchan *et al*., 2014)

Table 4 Physical and chemical water quality indicators at the three sampled sites in Chae Son hot springs, Lampang province

Parameters	Summer season (May 2023)			Rainy season (September 2023)			The standards for groundwater intended for consumption	
	Site 1	Site 2	Site 3	Site 1	Site 2	Site 3	Appropriate criteria	Maximum permissible criteria
Physical water quality								
1. Water Temperature (°C)	53.3±0.0	43.7±0.0	42.9±0.0	53.9±0.2	45.5±0.6	43.5±0.4	–	–
2. Turbidity (FAU)	0.77±0.26	1.37±0.17	1.07±0.05	0.87±0.05	1.27±0.05	1.03±0.21	5	20
Chemical water quality								
1. Total hardness as $CaCO_3$ (mg/l)	52.0±0.0	52.7±0.9	49.3±0.9	53.3±1.9	48.7±0.9	49.3±1.9	≤300	500
2. TDS (mg/l)	394.0±7.1	362.7±75.0	382.0±3.3	406.7±7.5	410.7±11.1	364.7±15.2	≤600	1,200
3. TS (mg/l)	396.7±7.7	366.0±74.4	387.3±5.0	409.3±8.1	412.7±11.1	367.3±14.8	–	–
4. TSS (mg/l)	2.7±0.9	3.3±0.9	5.3±1.9	2.7±0.9	2.0±0.0	2.7±0.9	–	–
5. Sodium (Na) (mg/l)	33.82±0.09	34.04±0.08	33.51±0.11	30.61±0.20	30.64±0.03	30.23±0.10	–	–
6. Potassium (K) (mg/l)	12.83±0.13	13.48±0.24	12.70±0.05	5.26±0.19	6.04±0.12	5.66±0.07	–	–
7. Calcium (Ca) (mg/l)	15.09±0.87	15.20±0.58	12.68±1.08	9.10±0.07	8.93±0.02	8.60±0.11	–	–
8. Total Nitrogen (TN) (mg/l)	2.80±0.46	5.99±0.55	12.32±0.91	3.04±0.64	9.52±1.21	8.40±0.00	–	–
9. Sulfate (SO_4^{2-}) (mg/l)	61.33±1.40	49.69±0.24	48.68±0.50	56.19±2.85	43.66±1.70	43.98±1.17	≤200	250
10. Iron (Fe) (mg/l)	0.016±0.001	0.016±0.002	0.029±0.005	0.031±0.002	0.032±0.001	0.031±0.000	≤0.5	1
11. Chloride (Cl) (mg/l)	9.36±0.46	10.30±0.42	9.56±0.94	11.13±0.37	12.69±2.17	12.39±0.86	≤250	600
12. Fluoride (F) (mg/l)	1.593±0.082	1.697±0.046	1.660±0.059	0.747±0.088	N.D.	N.D.	≤0.7	1
13. Manganese (Mn) (mg/l)	0.021±0.002	0.023±0.002	N.D.	0.048±0.002	0.049±0.002	0.043±0.002	≤0.3	0.5
14. Arsenic (As) (mg/l)	0.007±0.000	0.005±0.000	0.006±0.001	0.008±0.002	0.009±0.001	0.008±0.002	0	0.05
15. Zinc (Zn) (mg/l)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	≤5.0	15
16. Copper (Cu) (mg/l)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	≤1.0	1.5
17. Lead (Pb) (mg/l)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0	0.05
18. Cadmium (Cd) (mg/l)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0	0.01
19. Chromium (Cr) (mg/l)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	–	–
20. Mercury (Hg) (mg/l)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0	0.001

Remarks: N.D. = Non Detected Site 1 = No activities hot spring

Site 2 = Hot spring water reservoir Site 3 = Hot spring for foot soaking

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

คุณภาพน้ำทางกายภาพในพื้นที่มีอุณหภูมิของน้ำอยู่ในระดับน้ำพุร้อนชนิดอุ่นถึงร้อนจัด และน้ำมีความใส ค่าความขุ่นต่ำ สำหรับคุณภาพน้ำทางเคมีที่ตรวจพบมีทั้งหมด 14 ดัชนี ซึ่งมีปริมาณฟลูออไรด์ของทุกบ่อในฤดูร้อน และบ่อน้ำพุร้อนที่ไม่มีการทำกิจกรรมในฤดูฝน มีปริมาณเกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำบาดาลที่จะใช้บริโภคได้ นอกจากนี้พบสารหนูในปริมาณที่ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำบาดาลที่จะใช้บริโภคได้และเกณฑ์มาตรฐานน้ำแร่ธรรมชาติ ส่วนคุณภาพน้ำทางเคมีที่ตรวจไม่พบมีทั้งหมด 6 ดัชนี ได้แก่ สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) ตะกั่ว (Pb) แคดเมียม (Cd) โครเมียม (Cr) และปรอท (Hg) เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน และจากการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำระหว่างบ่อน้ำพุร้อน พบว่า อุณหภูมิน้ำและความขุ่นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p<0.05) ผลการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำระหว่างฤดูกาล พบว่า โซเดียม (Na) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) คลอไรด์ (Cl) ฟลูออไรด์ (F) แมงกานีส (Mn) และสารหนู (As) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p≤0.05) โดยโซเดียม (Na) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) และฟลูออไรด์ (F) พบในฤดูร้อนมากกว่าฤดูฝน ส่วนคลอไรด์ (Cl) แมงกานีส (Mn) และสารหนู (As) พบในฤดูฝนมากกว่าฤดูร้อน

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาครั้งนี้พบฟลูออไรด์มีปริมาณมากเกินเกณฑ์มาตรฐาน จึงควรมีการแจ้งเตือนว่าน้ำมีฟลูออไรด์ ซึ่งหากร่างกายได้รับในปริมาณมากจะทำให้ฟันตกกระเป็นจุดดำและเกิดผลเสียต่อโครงกระดูกและฟัน นอกจากนี้มีการตรวจพบดัชนีคุณภาพน้ำอื่นๆ ซึ่งมีปริมาณที่ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน อย่างไรก็ตามควรใช้น้ำในพื้นที่น้ำพุร้อนด้วยความระมัดระวัง ไม่ควรใช้ดื่มโดยตรง เนื่องจากอาจส่งผลต่อร่างกายได้โดยเฉพาะผู้ที่มีปัญหาสุขภาพบางกลุ่ม เช่น ผู้ที่มีอาการบวมน้ำ ผู้ป่วยโรคไต ผู้ที่หัวใจทำงานได้ไม่ดี ผู้ป่วยความดันโลหิตสูง ผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจที่มีภาวะหลอดลมหดเกร็ง ผู้ที่มีการหลั่งกรดในกระเพาะอาหารปริมาณมาก มีแผลในกระเพาะอาหารและในทางเดินอาหาร ผู้ป่วยภาวะ Gastric Hypochilia เป็นต้น

แนวทางการจัดการพื้นที่น้ำพุร้อนแจ้ซ้อน คือ การทำป้ายสื่อความหมายเกี่ยวกับคุณภาพน้ำเพื่อให้ข้อมูลและแจ้งเตือนเกี่ยวกับการใช้น้ำพุร้อนอย่างเหมาะสม การออกแบบกิจกรรมที่เหมาะสมกับคุณภาพน้ำ การรักษาความสะอาดของลานน้ำพุร้อนและบ่อน้ำอุ่น ไม่ให้มีสิ่งเจือปนที่ก่อให้เกิดโรค การป้องกันไม่ให้มีกิจกรรมที่ปล่อยสารเคมีลงสู่แหล่งน้ำ นอกจากนี้ควรมีการตรวจสอบคุณภาพน้ำอย่างสม่ำเสมอเพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในระยะยาว และเป็นการเสริมสร้างความมั่นใจในการใช้น้ำสำหรับกิจกรรมการท่องเที่ยวนำไปสู่การส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพอย่างยั่งยืนต่อไป

คำนิยม

ขอขอบคุณ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ที่ให้ความอนุเคราะห์พื้นที่ศึกษาวิจัย หัวหน้าและเจ้าหน้าที่อุทยานแห่งชาติแจ้ซ้อน ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลในขณะทำการศึกษาวิจัย จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

REFERENCES

APHA–AWWA–WEF. 2017. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd eds.** American Public Health Association. Washington, DC. USA.

Charat, W. 2003. **Chemical Characteristics of Hot Springs in Thailand.** Department of Mineral Resources (DMR), Mineral Resources Analysis and Identification Division, Bangkok, Thailand. (in Thai)

Chiang Mai University. 2006. **Potential Assessment of Hot Springs in Thailand.** https://webkc.dede.go.th/testmax/sites/default/files/Content.pdf, 14 January 2022. (in Thai)

Department of Health. 2020. **Dietary reference intake tables for Thais 2020.** A.V. Progressive Ltd., part, Bangkok, Thailand. (in Thai)

Department of Mineral Resources (DMR). 2001. **Ban Chae Son Hot Spring, Chae Son Subdistrict, Mueang Pan District, Lampang Province.** http://www.dmr.go.th/main.php?filename=n03, 20 October 2022. (in Thai)

Department of Mineral Resources (DMR). 2003. **Chemical characteristics of hot springs in Thailand.** http://www.dmr.go.th/main.php, 20 June 2023. (in Thai)

Homchan, A., Soontornnont, P., Jiwapornkupt, P., Chuangcham, K., Sungthong, D. 2014. **Study of Environment, Hydrology, Hydrogeology and Water Quality for Hot Spring Tourism Development in the West Thailand.** Kasetsart University Press, Bangkok, Thailand. (in Thai)

Hydro – Informatics Institute (Public Organization) (HII). 2023. **Project for Installing Automatic**

Telemetry Stations to Monitor Climate Data, Rainfall, and Water Levels in Watershed Forest Areas. https://partners.thaiwater.net: 3007/fopMou/th/dashboardFopMou, 20 June 2024. (in Thai)

Jittiyossara, K., Puksun, K. 2014. Quality and safety of local and imported natural mineral water. **Bulletin of the Department of Medical Sciences,** 56(4): 193–204. (in Thai)

Lele, O.H. , Deshmukh, P. 2016. Isolation and characterization of thermophilic *Bacillus* sp. with extracellular enzymatic activities from hot spring of Ganeshpuri Maharashtra India. **International Journal of Applied Research,** 2(5): 427–430.

Liang, J., Kang, D., Wang, Y., Yu, Y., Fan, J., Takashi, E. 2015. Carbonate Ion–enriched hot spring water promotes skin wound healing in nude rats. **PLOS ONE,** 10 (2): 1–10. doi:10.1371/journal.pone.0117106

Mineral Resources Analysis and Identification Division. 2023. **Collection and Analysis of Geochemical Data of Hot Springs in Krabi, Phang Nga and Surat Thani Provinces.** http://library.dmr.go.th/elib/cgi–bin/opacexe.exe?op=mmvw&db=Main&skin=s&mmid=20190&bid=42472, 14 June 2024. (in Thai)

Ministry of Natural Resources and Environment (MNRE). 2008. **Announcement of the Ministry of Natural Resources and Environment Subject: Establishing Criteria and Measures in Academic Terms for Public Health Protection and Environmental Pollution Prevention. In: The Secretariat of the Cabinet 2551 B.E.** 24 March 2008, Bangkok, Thailand. (in Thai)

Ministry of Plublic Health (MOPH). 2000. **Announcement of the Ministry of Plublic Health 2543 B.E. Subject: Mineral Water.** 19 September 2000, Bangkok, Thailand. (in Thai)

Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning (ONEP). 2008. **The Project to Standardize the Quality of the Natural Environment in Hot Spring.** Forestry Research Center Press, Bangkok, Thailand. (in Thai)

Pananont, P., Putthapiban, P., Homchan, A., Chunhakit, A. 2016. **New Hot Spring System at Ban Muang Rae, Muang Paeng Subdistrict, Pai District, Mae Hongson Province by Geophysical Exploration for a New Tourist Spot Development in the Local Community.** http://tourismlibrary.tat.or.th/medias/RDG5750022V04_full.pdf, 15 December 2023. (in Thai)

Pollution Control Department. 2010. **Methods for Sampling Water from Water Sources.** http://www.pcd.go.th, 30 July 2022. (in Thai)

Siriprom, D. 2010. **Mineral Water**. https://pharmacy.mahidol.ac.th/knowledge/files/0020.pdf, 4 February 2025. (in Thai)

Thai Meteorological Department (TMD). 2023. **Climate in Lampang Province.** http://climate.tmd.go.th/data/province, 22 April 2024. (in Thai)