

คุณภาพน้ำจากบ่อน้ำพุร้อนในจังหวัดชุมพร ระนอง สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช Water quality of hot spring in Chumphon, Ranong, Surat Thani and Nakhon Si Thammarat Provinces

กนกวรรณ เทพเลื่อน^{1*} และ กฤษณี เรืองสมบัติ¹

Kanokwan Thepluean^{1*} and Kritsane Rungsombat¹

บทคัดย่อ

น้ำพุร้อนเกิดจากน้ำบาดาลร้อนซึมผ่านรอยแตกของชั้นหินขึ้นมาจากใต้ดิน โดยน้ำมีคุณสมบัติเฉพาะตามชั้นหินที่น้ำซึมผ่าน ที่ผ่านมานในปี พ.ศ. 2559 พบคุณภาพน้ำจากบ่อน้ำพุร้อนในจังหวัดระนองมีปริมาณฟลูออไรด์และเชื้อจุลินทรีย์ไม่ผ่านเกณฑ์ ดังนั้นในปีพ.ศ. 2560 ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 11 สุราษฎร์ธานี จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลชีววิทยาของน้ำจากบ่อน้ำพุร้อนในจังหวัดชุมพร ระนอง สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค จำนวน 30 บ่อ ผลการศึกษา พบว่าน้ำในจังหวัดชุมพร ระนอง สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช ไม่ผ่านเกณฑ์ทางกายภาพและทางเคมีร้อยละ 100, 100, 91 และ 62 และไม่ผ่านเกณฑ์ทางจุลชีววิทยา ร้อยละ 100, 78, 73 และ 100 ของจำนวนบ่อทั้งหมดในแต่ละจังหวัด ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่าปริมาณฟลูออไรด์ในจังหวัดระนอง สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราชสูงเกินเกณฑ์ร้อยละ 100, 73 และ 62 ของจำนวนบ่อทั้งหมดในแต่ละจังหวัด ตามลำดับ จึงไม่ควรใช้น้ำดื่มกิน ข้อมูลที่ได้เป็นประโยชน์ในการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ และบริหารการใช้น้ำจากบ่อน้ำพุร้อนให้เหมาะสมกับคุณสมบัติของน้ำแต่ละบ่อต่อไป

คำสำคัญ: บ่อน้ำพุร้อน, คุณภาพน้ำ, ภาคใต้ตอนบน, คุ่มครองผู้บริโภค

^{1*} ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 11 สุราษฎร์ธานี, กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, กระทรวงสาธารณสุข

^{1*} The Regional of Medical Science Center 11 Surat Thani, Department of Medical Sciences, Ministry of Public Health

* Corresponding Author: e-mail: kanokwan.th@dmsc.mail.go.th

Abstract

Hot springs are formed by hot groundwater seeping through cracks in rock layers rising from the ground. The water has specific properties according to the rock layers that the water seeps through. In the past year, 2016 it was found that the water quality from hot springs in Ranong province contained fluoride and microorganisms that did not meet the criteria. This study, The Regional of Medical Science Center 11 Surat Thani, aimed to determine the physical, chemical and microbiological properties of water from 30 ponds of hot springs in Chumphon, Ranong, Surat Thani and Nakhon Si Thammarat provinces in 2017 compared to groundwater standards that used for consumption. The results showed that water in Chumphon, Ranong, Surat Thani and Nakhon Si Thammarat provinces did not meet the physical and chemical criteria by 100, 100, 91 and 62 percent of total pond in each province, and 100, 78, 73 and 100 percent of total pond in each province did not meet the microbiological criteria, respectively. Furthermore, the fluoride concentration of hot springs in Ranong, Surat Thani and Nakhon Si Thammarat provinces exceeded the threshold of 100, 73 and 62 percent of total pond in each province, respectively. Therefore, hot springs water should not be used as drinking water. Hence, the information obtained is useful in surveillance, water quality and manage the use of water from hot springs appropriately according to specific properties of each well.

Key words: hot spring, water quality, upper southern region, consumer protection

บทนำ

น้ำพุร้อนเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่น้ำร้อนซึมขึ้นมาจากใต้ดินเกิดจากน้ำบาดาลที่ถูกความร้อนและแรงอัดภายในโลกพยายามซึมผ่านรอยเลื่อนหรือรอยแตก ละลายแร่ธาตุจากชั้นหินและเกิดการผสมกับน้ำบาดาลเย็นที่ระดับตื้นทำให้อุณหภูมิหรือแรงดันลดต่ำลงเป็นน้ำพุร้อนหรือน้ำบ่อน้ำร้อนที่บริเวณผิวดิน โดยน้ำจะมีคุณสมบัติเฉพาะตามชนิดและปริมาณแร่ธาตุที่เป็นองค์ประกอบของชั้นหินที่น้ำซึมผ่าน ซึ่งรอยเลื่อนของเปลือกโลกในพื้นที่ภาคใต้ตอนบนของประเทศไทยมี 2 รอยเลื่อน คือ รอยเลื่อนระนอง และรอยเลื่อนคลองมะรุ่ย ทำให้พื้นที่อำเภอละอุ่น อำเภอกระบุรี อำเภอ

เมือง จังหวัดระนอง และอำเภอบ้านตาขุน อำเภอพนม อำเภอทับปุด จังหวัดสุราษฎร์ธานีมีความเสี่ยงเกิดแผ่นดินไหว (กรมทรัพยากรธรณี, 2550ก : 2-3) การเกิดแผ่นดินไหวแต่ละครั้งอาจทำให้ชั้นหินมีการเปลี่ยนแปลงและน้ำที่ซึมผ่านชั้นหินมีคุณสมบัติเปลี่ยนแปลงได้

ประเทศไทยมีการสำรวจพบแหล่งน้ำพุร้อนมากกว่า 112 แหล่ง กระจายตัวอยู่ทั่วไปตั้งแต่ ภาคเหนือ ภาคตะวันตก ภาคกลางและภาคใต้ อุณหภูมิของน้ำพุร้อนที่ผิวดินอยู่ในช่วง 40-100 องศาเซลเซียส พื้นที่ภาคใต้ตอนบนมีการใช้ประโยชน์น้ำจากบ่อน้ำพุร้อนเพื่อบำบัดและรักษาสุขภาพในลักษณะการลงแช่และการดื่ม

ทำให้หน่วยงานที่กำกับดูแลบ่อน้ำพุร้อน ได้แก่ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลได้พัฒนาพื้นที่บริเวณบ่อน้ำพุร้อนเพื่อการใช้บริการของประชาชนรวมทั้งรองรับสังคมผู้สูงอายุของประเทศไทยและพัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ โดยเกณฑ์มาตรฐานกำหนดให้แหล่งท่องเที่ยวเชิงสุขภาพประเภทน้ำพุร้อนธรรมชาติ ต้องมีผลการทดสอบคุณภาพน้ำจากกรมทรัพยากรน้ำบาดาล กรมทรัพยากรธรณี หรือกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ทุก 2 ปี โดยน้ำจะต้องมีคุณภาพที่เหมาะสมในการให้บริการและสอดคล้องกับการรักษาทางการแพทย์ (กรมการท่องเที่ยว กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา, 2557 : 3, 8) แต่ปัจจุบันยังไม่มีเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำจากบ่อน้ำพุร้อนที่ชัดเจนเพื่อเป็นการคุ้มครองผู้บริโภคและความปลอดภัยของผู้ใช้บริการ เปรียบเทียบผลการศึกษาคูณสมบัติน้ำจากบ่อน้ำพุร้อนกับเกณฑ์มาตรฐานน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2551) จากข้อมูลที่ผ่านมาบ่อน้ำพุร้อนในจังหวัดระนอง ปี พ.ศ. 2559 ของศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 11 สุราษฎร์ธานี (กนกวรรณ เทพเลื่อน และกฤษณี เรื่องสมบัติ, 2559 : 26) จำนวน 6 บ่อ พบน้ำมีปริมาณฟลูออไรด์ 4.9-6.7 มิลลิกรัมต่อลิตร สูงเกินเกณฑ์ทั้ง 6 บ่อ สอดคล้องกับรายงานผลการตรวจน้ำพุร้อนในจังหวัดระนอง (สมาคมเภสัชกรแห่งจังหวัดชุมมะ ศูนย์ตรวจวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อม ประเทศญี่ปุ่น, 2560) และพบเชื้อจุลินทรีย์ที่บ่งชี้สุขภาพไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 46

ดังนั้น เพื่อเป็นการเฝ้าระวัง คุ้มครองผู้บริโภค เป็นข้อมูลสำหรับผู้รับผิดชอบในการบริหารจัดการบ่อน้ำพุร้อนรวมถึงสร้างองค์ความรู้ด้านการป้องกันมลพิษ และเพิ่มความมั่นใจในความปลอดภัยต่อผู้ใช้บริการ ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 11 สุราษฎร์ธานี จึงได้

ศึกษาคูณสมบัติน้ำจากบ่อน้ำพุร้อนให้ครอบคลุมพื้นที่รับผิดชอบทั้ง 4 จังหวัด

วัตถุประสงค์

ศึกษาคูณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลชีววิทยา ของน้ำจากบ่อน้ำพุร้อนต้นกำเนิดในพื้นที่จังหวัดชุมพร ระนอง สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค

วัสดุและวิธีการ

ตัวอย่าง

ตัวอย่างน้ำจากบ่อน้ำพุร้อนต้นกำเนิดในจังหวัดชุมพร ระนอง สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช จำนวน 21 แหล่ง รวม 30 บ่อ โดยสำรวจข้อมูลแหล่งน้ำพุร้อนจากสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดของแต่ละจังหวัด จำนวนบ่อที่เก็บจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับจำนวนบ่อที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติและกระจายอยู่ในแหล่งน้ำพุร้อนแต่ละแหล่ง (ตารางที่ 1) เก็บตัวอย่างน้ำบ่อละ 3 ครั้ง ฤดูหนาว (เดือนธันวาคม 2559) ฤดูร้อน (เดือนมีนาคม 2560) และฤดูฝน (มิถุนายน 2560) เป็นเวลา 1 ปี โดยจำแนกบ่อน้ำพุร้อนเป็น 2 ชนิด

1. บ่อน้ำพุร้อนที่มีการสร้างขอบบ่อครอบตบน้ำโดยบ่อมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1-4 เมตร และมีการต่อท่อน้ำจากบ่อไปยังบ่อพักน้ำหรือนำน้ำไปใช้ประโยชน์ เก็บตัวอย่างโดยการจุ่มขวดเก็บน้ำโดยตรงหรือใช้ภาชนะตักน้ำบริเวณกลางบ่อหรือห่างจากขอบบ่อประมาณ 1 เมตร ส่วนทางจุลชีววิทยาเก็บตัวอย่างลึกลงใต้น้ำประมาณ 30 เซนติเมตร

2. น้ำพุร้อนที่เป็นตาน้ำไหลผุดออกมาตลอดเวลาและไหลลงมารวมกันเป็นแอ่งน้ำ โดยมีการใช้ประโยชน์จากแอ่งน้ำเก็บตัวอย่างน้ำจากตาน้ำที่ไหลออกมาโดยตรง

ตารางที่ 1 บ่อน้ำพุร้อนที่ศึกษาคุณภาพน้ำจำแนกตามจังหวัด

จังหวัด	จำนวนบ่อน้ำพุร้อน		ชื่อบ่อ	ตำบล	อำเภอ	จำนวนบ่อ
	แหล่ง	บ่อ				
ชุมพร	1	2	บ่อน้ำพุร้อนถ้ำเขาพลู	สวนแตง	ละแม	2
ระนอง	5	9	บ่อน้ำพุร้อนหาดยาย	บางพระเหนือ	ละอุ่น	2
			บ่อน้ำพุร้อนค่ายรัตนรังสรรค์ กองพันทหารราบที่ 2 กรมทหารราบที่ 25	ราชกรูด	เมือง	1
			บ่อน้ำพุร้อนรักษะวาริน (บ่อพ่อ บ่อแม่ บ่อลูกสาว)	เขานิเวศน์	เมือง	3
			บ่อน้ำพุร้อนพรหมภูมิ	บางรีน	เมือง	1
			บ่อน้ำพุร้อนพริ้ง	บางรีน	เมือง	2
			บ่อน้ำพุร้อนอุดมมิตร	บางสวรรค์	พระแสง	1
สุราษฎร์ธานี	9	11	บ่อน้ำพุร้อนไตรโสภา	ไตรโสภา	พระแสง	1
			บ่อน้ำพุร้อนเขาตอก	เขาตอก	เคียนซา	2
			บ่อน้ำพุร้อนค่ายลูกเสือ	เพิ่มพูนทรัพย์	บ้านนาสาร	1
			บ่อน้ำพุร้อนท่าสะท้อน	ท่าสะท้อน	พุนพิน	2
			บ่อน้ำพุร้อนถ้ำสิงขร	ถ้ำสิงขร	คีรีรัฐนิคม	1
			บ่อน้ำพุร้อนสวนโมกษานานาชาติ	เลม็ด	ไชยา	1
			บ่อน้ำพุร้อนสำนักธารน้ำร้อน	เขาก่าน	ท่าฉาง	1
			บ่อน้ำพุร้อนบ้านกรูด	บ้านกรูด	กาญจนดิษฐ์	1
			นครศรีธรรมราช	6	8	บ่อน้ำพุร้อนห้วยปรึก
บ่อน้ำพุร้อนห้วยทรายขาว	กะทูน	พิปูน				1
บ่อน้ำพุร้อนหนองบัว	เขาพระ	พิปูน				1
บ่อน้ำพุร้อน อบต.พิปูน	พิปูน	พิปูน				1
บ่อน้ำพุร้อนวังหิน (บ่อน้ำทิพย์ บ่อน้ำยา บ่อน้ำกรด)	วังหิน	บางขัน				3
บ่อน้ำพุร้อนกรุงชิง	กรุงชิง	นบพิตำ				1
รวม	21	30				

วิธีการตรวจวัดคุณภาพน้ำ

รายการตรวจวัดด้านกายภาพและเคมีจำนวน 17 รายการ ดังนี้ อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง ความขุ่น ของแข็งทั้งหมด ความกระด้างทั้งหมด คลอไรด์ ไนเตรท ฟลูออไรด์ ซัลเฟต โบรไมด์ เหล็ก ทองแดง แมงกานีส ตะกั่ว สารหนู แคดเมียม และปรอท โดยมีวิธีการ ดังนี้

1. อุณหภูมิ นำเทอร์มิเตอร์ที่ได้รับการสอบเทียบวัดอุณหภูมิตัวอย่างน้ำขณะเก็บตัวอย่าง

2. ความเป็นกรด-ด่าง (pH value) นำตัวอย่างน้ำมาวัดค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยเครื่อง pH meter ยี่ห้อ Orion รุ่น 420A (Rice et al.,2012: 4-91)

3. ความขุ่น (Turbidity) นำตัวอย่างน้ำมาวัดค่าความขุ่นด้วยเครื่อง Turbidimeter ยี่ห้อ Hach รุ่น 2100N และเปรียบเทียบกับปริมาณกับสารมาตรฐานฟอร์มมาซีน (Formazin) และใช้ GELEX Secondary Turbidity Standard Kit ในการควบคุมคุณภาพ

4. ของแข็งทั้งหมด (Total solids) ซึ่งเป็นกลุ่มสารที่ประกอบด้วยของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total

Dissolved Solids ; TDS) และของแข็งที่แขวนลอยในน้ำ (Total Suspended Solids ; TSS) (ปราโมช เชี่ยวชาญ, 2552) ตรวจวัดโดยการนำตัวอย่างน้ำมาระเหยให้แห้งอบให้น้ำหนักคงที่ แล้วชั่งหาน้ำหนักปริมาณของแข็งทั้งหมด (Rice et al., 2012 : 2-64)

5. ความกระด้างทั้งหมด โดยคำนวณเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต (Total hardness as CaCO₃) นำตัวอย่างน้ำมาไตเตรทกับสารละลาย EDTA (Rice et al., 2012 : 2-44)

6. คลอไรด์ (Chloride) ไนเตรท (Nitrate) ฟลูออไรด์ (Fluoride) ซัลเฟต (Sulfate) โบรไมด์ (Bromide) นำตัวอย่างน้ำมาตรวจวัดด้วยเครื่อง Ion Chromatography ยี่ห้อ Dionex รุ่น ICS-3000 โดยเปรียบเทียบปริมาณกับสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ไนเตรทฟลูออไรด์ ซัลเฟต และโบรไมด์ (Rice et al., 2012 : 4-5)

7. เหล็ก (Iron) ทองแดง (Copper) และแมงกานีส (Manganese) นำตัวอย่างน้ำมาย่อยด้วยกรดไนตริกเข้มข้นและความร้อน เพิ่มความเข้มข้นด้วยการระเหย วิเคราะห์ปริมาณด้วยเครื่อง Flame Atomic Absorption Spectrophotometer ยี่ห้อ Perkin Elmer รุ่น AAnalyst 800 โดยเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน เหล็ก ทองแดง และแมงกานีส (Rice et al., 2012 : 3-9)

8. ตะกั่ว (Lead) สารหนู (Arsenic) และแคดเมียม (Cadmium) นำตัวอย่างน้ำมาทดสอบด้วยเครื่อง Graphite Atomic Absorption Spectrophotometer ยี่ห้อ Perkin Elmer รุ่น AAnalyst 600 โดยเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน ตะกั่ว สารหนู และแคดเมียม (Rice et al., 2012 : 3-6)

9.ปรอท (Mercury) นำตัวอย่างน้ำมาตรวจวัดด้วยเครื่อง Direct Mercury Analyzer ยี่ห้อ Milestone รุ่น DMA-80 โดยใช้เทคนิคการเผา (Combustion) เปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานปรอท

รายการตรวจวัดด้านจุลชีววิทยาจำนวน

5 รายการ

1. โคลิฟอร์ม แบคทีเรีย (Coliforms) ตรวจวัดด้วยวิธี เอ็มพีเอ็น (MPN = Most Probable Number) โดยใช้ตาราง MPN ที่กำหนดหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อ 10 หลอด แต่ละหลอดใส่ตัวอย่างน้ำ 10 มิลลิลิตร รายงานผลเป็นค่า MPN ต่อ 100 มิลลิลิตร (Rice et al., 2012 : 70-76)

2. เอสเชอริเชียโคไล (*E. coli*) ตรวจหาด้วยวิธีต่อเนื่องจากการทดสอบโคลิฟอร์ม รายงานผล พบหรือไม่พบต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร (Rice et al., 2012: 70-76)

3. จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ตรวจวัดโดยวิธี Membrane Filtration Technique รายงานผล พบหรือไม่พบ ต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร ได้แก่

- ซาลโมเนลลา (*Salmonella* spp.) (ISO 19250, 2010)

- สตาฟีโลค็อกคัส ออเรียส (*S. aureus*) (Rice et al., 2012: 44-45)

- คลอสทริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์ (*C. Perfringens*) (Environment Agency, The Microbiology of drinking water, 2010)

โดยวิธีการตรวจวัดรายการความเป็นกรดต่าง ปริมาณของแข็งทั้งหมด ความกระด้าง คลอไรด์ไนเตรท ฟลูออไรด์ ซัลเฟต โบรไมด์ เหล็กตะกั่ว สารหนู โคลิฟอร์มแบคทีเรีย เอสเชอริเชีย โคไล สตาฟีโลค็อกคัส ออเรียส ซาลโมเนลลาและ คลอสทริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์ได้รับการรับรองมาตรฐาน ตามระบบ ISO/IEC 17025:2015 และเปรียบเทียบผลการศึกษากับเกณฑ์มาตรฐานน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2551)

ผลการวิจัย

ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำพุร้อนจำนวน 30 บ่อ แต่ละรายการแสดงเป็นค่าต่ำสุด-สูงสุด และค่ามัธยฐาน (Median) ของแต่ละจังหวัด เนื่องจากคุณสมบัติของน้ำแต่ละบ่อภายในจังหวัดเดียวกันมีค่าเป็นอิสระต่อกัน จึงใช้ค่ามัธยฐานเป็นการแสดงค่ากลางของข้อมูลภายใน

จังหวัด (ตารางที่ 2) เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของน้ำพุร้อนในจังหวัดชุมพร ระนอง สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช สูงเกินเกณฑ์ร้อยละ 100, 100, 91 และ 62 ของจำนวนบ่อน้ำพุร้อนที่ศึกษาในแต่ละจังหวัด และทางจุลชีววิทยาสูงเกินเกณฑ์ร้อยละ 100, 78, 73 และ 100 ของจำนวนบ่อน้ำพุร้อนที่ศึกษาในแต่ละจังหวัด ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมี

รายการ	ค่าต่ำสุด- ค่าสูงสุด	ค่ามัธยฐาน				เกณฑ์ ¹
		ชุมพร	ระนอง	สุราษฎร์ธานี	นครศรีธรรมราช	
ทางกายภาพ						
1. อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	32-67	49	45	51	50	ไม่ได้กำหนด
2. ความขุ่น (ซิลิกาสะเท)	0.1-7.4	0.3	0.2	0.4	0.6	≤ 5
3. ความเป็นกรด-ด่าง	7.1-8.6	7.2	7.9	7.7	8.2	7.0-8.5
ทางเคมี²						
1. ปริมาณของแข็งทั้งหมด	204-14,699	541	277	1,581	257	ไม่ได้กำหนด
2. ความกระด้างทั้งหมด	10-2,284	345	54	1,068	25	≤ 300
3. คลอไรด์	< 5-6,938	98	< 5	6	< 5	≤ 250
4. ฟลูออไรด์	0.3-13.6	0.4	5.5	3.3	12.0	≤ 0.7
5. ซัลเฟต	3-1,196	12	21	659	5	≤ 200
คุณสมบัติที่พบน้อย²						
1. ไนเตรท	1.8 -5.6	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	≤ 45
2. โบรไมด์	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	ไม่ได้กำหนด
3. เหล็ก	0.03 -0.57	0.03	< 0.03	0.10	< 0.03	≤ 0.5
4. ทองแดง	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	≤ 1.0
5. แมงกานีส	< 0.03 -0.14	0.05	< 0.03	< 0.03	< 0.03	≤ 0.3
คุณสมบัติที่เป็นพิษ²						
1. ตะกั่ว	< 0.005 -0.01	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	≤ 0.05
2. สารหนู	< 0.005 -0.03	0.01	0.01	0.02	< 0.005	≤ 0.05
3. แคดเมียม	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	≤ 0.01
4.ปรอท	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	≤ 0.001
ทางจุลชีววิทยา³						
1. โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (เอ็มพีเอ็น)	< 1.1 - >23	>23	9.2	>23	>23	< 2.2
2. เอสเชอริเชีย โคไล	ไม่พบ/พบ	พบ	พบ	พบ	พบ	ต้องไม่มี
3. ซาลโมเนลลา	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่ได้กำหนด
4. สตาฟีโลค็อกคัส ออเรียส	ไม่พบ/พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่ได้กำหนด
5. คลอสทริเดียม เทอร์ฟริงเจนส์	ไม่พบ/พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่ได้กำหนด

หมายเหตุ ¹ เกณฑ์ตามคุณภาพน้ำบาดาลที่จะใช้บริโภคได้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปี พ.ศ. 2551

² หน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร

³ หน่วยเป็นต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร

เมื่อพิจารณาผลที่ไม่ผ่านเกณฑ์เป็นรายจังหวัด พบว่า จังหวัดชุมพร น้ำพุร้อนทั้งสองบ่อมีปริมาณความกระด้างทั้งหมดสูงเกินเกณฑ์เล็กน้อย อุณหภูมิอยู่ในช่วงสูงกว่า 40 องศาเซลเซียส และตรวจพบการปนเปื้อน เชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และเอสเชอริเชีย โคลิ จังหวัดระนอง น้ำพุร้อนมีปริมาณฟลูออไรด์สูงเกินเกณฑ์ทั้ง 9 บ่อ มีอุณหภูมิต่ำกว่า 40 องศาเซลเซียส 1 บ่อ พบการปนเปื้อนเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรียและเอสเชอริเชีย โคลิ 5 บ่อ (ร้อยละ 56) โดยมี 2 บ่อ (ร้อยละ 22) ที่พบเชื้อก่อโรคอาหารเป็นพิษด้วย

จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีบ่อน้ำพุร้อนที่อุณหภูมิสูงที่สุด 67 องศาเซลเซียส (บ่อน้ำพุร้อนท่าสะท้อน) ความขุ่นสูงที่สุด 7.4 ซิลิกาสะเทิล (บ่อเขาตอก 1) มีปริมาณความกระด้างทั้งหมด ฟลูออไรด์ และซัลเฟตสูงเกินเกณฑ์ 5 บ่อ (ร้อยละ 45) ปริมาณความกระด้างทั้งหมด คลอไรด์ ฟลูออไรด์ และซัลเฟตสูงเกินเกณฑ์ 2 บ่อ (ร้อยละ 18) ปนเปื้อนเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

และเอสเชอริเชีย โคลิ 6 บ่อ (ร้อยละ 54) เชื้อก่อโรคอาหารเป็นพิษ 1 บ่อ (ร้อยละ 9)

จังหวัดนครศรีธรรมราช บ่อน้ำพุร้อน อบต.พิปูน มีความเป็นกรด-ด่างสูงที่สุดเท่ากับ 8.6 ปริมาณฟลูออไรด์สูงเกินเกณฑ์ 5 บ่อ (ร้อยละ 62) ปนเปื้อนเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรียและเอสเชอริเชีย โคลิ 6 บ่อ (ร้อยละ 75)

เมื่อพิจารณาผลการศึกษาดูตามรายการตรวจวัด พบว่ามี 11 รายการที่ไม่ผ่านเกณฑ์ แบ่งเป็นทางเคมี 7 รายการ รายการที่มีน้ำบ่อน้ำพุร้อนไม่ผ่านเกณฑ์มากที่สุด ฟลูออไรด์ รองลงมาคือ ความกระด้างทั้งหมด ซัลเฟต คลอไรด์ ความขุ่น ความเป็นกรด-ด่าง และเหล็ก ทางจุลชีววิทยา 4 รายการ รายการที่มีน้ำบ่อน้ำพุร้อนไม่ผ่านเกณฑ์มากที่สุด คือ โคลิฟอร์มแบคทีเรีย รองลงมาคือ เชื้อเอสเชอริเชีย โคลิ เชื้อคอลลิสทริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์ และเชื้อสตาฟีโลค็อกคัส ออเรียส (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 บ่อน้ำพุร้อนที่มีคุณภาพไม่ผ่านเกณฑ์ จำแนกตามรายการตรวจวัด

รายการตรวจวัด	จำนวนบ่อ	รายชื่อบ่อน้ำพุร้อน
1. ความขุ่น	1	บ่อน้ำพุร้อนเขาตอก 1 ข้อมูลมีการกระจายตัวสูง ทำให้ค่าเฉลี่ยสูงเกินเกณฑ์
2. ความเป็นกรด-ด่าง	1	บ่อน้ำพุร้อนอบต.พิปูน สูงกว่าเกณฑ์เล็กน้อย
3. ความกระด้างทั้งหมด	8	บ่อน้ำพุร้อนถ้ำเขาพลู อุดมมิตร ไทรโสภา เขาตอก ท่าสะท้อน ถ้ำสิงขร สวนโมกข์ และสำนักธารน้ำร้อนสูงเกินเกณฑ์
4. คลอไรด์	2	บ่อน้ำพุร้อนสวนโมกข์ และสำนักธารน้ำร้อนสูงเกินเกณฑ์
5. ฟลูออไรด์	16	บ่อน้ำพุร้อนหาดยาย ค่ายรัตนรังสรรค์ รักชะวาริน พรหมลูมพี พรรั้ง เขาตอก ค่ายลูกเสือ ท่าสะท้อน ถ้ำสิงขร สวนโมกข์ สำนักธารน้ำร้อน ห้วยปรึก ห้วยทรายขาว หนองบัว อบต.พิปูน และกรุงชิงสูงเกินเกณฑ์
6. ซัลเฟต	5	บ่อน้ำพุร้อนเขาตอก ท่าสะท้อน ถ้ำสิงขร สวนโมกข์ และสำนักธารน้ำร้อนสูงเกินเกณฑ์
7. เหล็ก	1	บ่อน้ำพุร้อนเขาตอก 1 สูงเกินเกณฑ์เล็กน้อย
8. โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (เอ็มพีเอ็น)	22	บ่อน้ำพุร้อนถ้ำเขาพลู 1 และ 2 บ่อน้ำพุร้อนหาดยาย 1 และ 2 บ่อน้ำพุร้อนค่ายรัตนรังสรรค์ กองพันทหารราบที่ 2 กรมทหารราบที่ 25 บ่อน้ำพุร้อนพรหมลูมพี บ่อน้ำพุร้อนพรรั้ง 1 และ 2 บ่อน้ำพุร้อนอุดมมิตร บ่อน้ำพุร้อนไทรโสภา บ่อน้ำพุร้อนค่ายลูกเสือ บ่อน้ำพุร้อนถ้ำสิงขร บ่อน้ำพุร้อนสวนโมกข์นานาชาติ บ่อน้ำพุร้อนสำนักธารน้ำร้อน บ่อน้ำพุร้อนบ้านกรูด บ่อน้ำพุร้อนห้วยปรึก บ่อน้ำพุร้อนห้วยทรายขาว

รายการตรวจวัด	จำนวนบ่อ	รายชื่อบ่อน้ำพุร้อน
9. เอสเซอร์เซีย โคลโล	21	บ่อน้ำพุร้อนหนองบัว บ่อน้ำพุร้อนวังหิน (บ่อน้ำทิพย์ บ่อน้ำยา บ่อน้ำกรด) บ่อน้ำพุร้อนกรุงชิง บ่อน้ำพุร้อนถ้ำเขาพลู 1 และ 2 บ่อน้ำพุร้อนหาดยาย 1 และ 2 บ่อน้ำพุร้อนค่ายรัตนรังสรรค์ กองพันทหารราบที่ 2 กรมทหารราบที่ 25 บ่อน้ำพุร้อนพหลุมพี บ่อน้ำพุร้อนพรรั้ง 1 บ่อน้ำพุร้อนอุดมมิตร บ่อน้ำพุร้อนโทรโสภา บ่อน้ำพุร้อนเขาตอก 2 บ่อน้ำพุร้อนค่ายลูกเสือ บ่อน้ำพุร้อนถ้ำสิงขร บ่อน้ำพุร้อนสวนโมกข์นานาชาติ บ่อน้ำพุร้อนสำนักธารน้ำร้อน บ่อน้ำพุร้อนบ้านกรูด บ่อน้ำพุร้อนห้วยปรก บ่อน้ำพุร้อนห้วยทรายขาว บ่อน้ำพุร้อนหนองบัว บ่อน้ำพุร้อนวังหิน (บ่อน้ำทิพย์ บ่อน้ำยา บ่อน้ำกรด)
10. สตาฟีโลค็อกคัส ออเรียส	1	บ่อน้ำพุร้อนพหลุมพี
11. คลอสทริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์	6	บ่อน้ำพุร้อนบ่อลูกสาว บ่อน้ำพุร้อนพหลุมพี บ่อน้ำพุร้อนพรรั้ง 1 บ่อน้ำพุร้อนสวนโมกข์ บ่อน้ำพุร้อนอบต.พิปูน บ่อน้ำพุร้อนบ่อน้ำกรด

หมายเหตุ เกณฑ์ตามคุณภาพน้ำบาดาลที่จะใช้บริโภคได้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปี พ.ศ. 2551

การอภิปรายผลการวิจัย

เนื่องจากในปัจจุบันยังไม่มีเกณฑ์มาตรฐานน้ำจากบ่อน้ำพุร้อน การศึกษาคุณภาพน้ำจากบ่อน้ำพุร้อนจำนวน 30 บ่อ ในจังหวัดชุมพร ระนอง สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช ครั้งนี้ จึงได้ทำการเปรียบเทียบผลการศึกษากับเกณฑ์มาตรฐานน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค ซึ่งผลการศึกษาพบว่า อุณหภูมิของน้ำอยู่ในช่วง 32-67 องศาเซลเซียส เป็นบ่อน้ำอุ่นถึงบ่อน้ำร้อน น้ำพุร้อนที่มีอุณหภูมิสูงตามแหล่งท่องเที่ยวต่างๆ ในปัจจุบัน มักมีกิจกรรมการต้มไข่ในน้ำพุร้อนให้นักท่องเที่ยว โดยน้ำพุร้อนที่มีอุณหภูมิมากกว่า 65 องศาเซลเซียส จะสามารถต้มไข่ให้สุกได้ภายใน 12 นาที (วรรณภา จาราช, 2546 : 10) จากการศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่างในน้ำจากบ่อน้ำพุร้อน พบว่า อยู่ในช่วง 7.1-8.6 ซึ่งน้ำมีสภาพเป็นกลางค่อนข้างไปทางด่าง ทั้งนี้เนื่องมาจากความร้อนใต้พื้นดิน และปริมาณแร่ธาตุที่น้ำละลายจากชั้นหินทำให้น้ำมีคุณสมบัติเป็นด่าง ปริมาณความกระด้างของบ่อน้ำพุร้อนบ้านกรูดมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสูง อาจเกิดจากน้ำจากบ่อน้ำพุร้อนมีการปนเปื้อนน้ำจากผิวดิน หากต้องการลดปริมาณความกระด้างอาจใช้วิธีการกรองผ่านเรซินกำจัดความกระด้าง (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข, 2562 : 17) จากการศึกษา

ปริมาณฟลูออไรด์ พบว่ามีประมาณ 0.3-13.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (ไม่เกิน 0.7 มิลลิกรัมต่อลิตร) การที่ปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำจากบ่อน้ำพุร้อนสูง อาจเกิดจากน้ำพุร้อนใต้ดินซึมผ่านรอยแตกและละลายสารประกอบฟลูออไรด์จากชั้นหิน ซึ่งปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำขึ้นอยู่กับความใกล้ชิดกับรอยแยกของสายแร่ โดยแหล่งแร่ฟลูออไรด์ส่วนใหญ่ของประเทศ ไทยอยู่บริเวณเทือกเขาทางทิศตะวันตก เรียงตัวจากจังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน ลงมาจนถึงจังหวัดกาญจนบุรี เพชรบุรี และทางภาคใต้พบมากที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี และกระบี่ (กรมทรัพยากรธรณี, 2550 ข : 1) ปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำจากน้ำพุร้อนทางภาคใต้พบปริมาณต่ำกว่าทางภาคเหนือ ซึ่งการต้มน้ำที่มีปริมาณฟลูออไรด์ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตรจะช่วยให้โรคฟันผุลดลง และปริมาณฟลูออไรด์ที่เหมาะสมในน้ำบริโภคต้องไม่เกิน 0.7 มิลลิกรัมต่อลิตร เพราะหากดื่มน้ำที่มีปริมาณฟลูออไรด์สูงเกินไปจะทำให้เกิดการสะสมของฟลูออไรด์ในฟัน เกิดสภาวะฟันตกกระ (Dental fluorosis) และถ้าปริมาณฟลูออไรด์สูงไปอีก จะเกิดการสะสมในกระดูกทั่วร่างกายทำให้เกิดโรคทางกระดูกเรียกว่า Crippling fluorosis โดยการลดปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำมีหลายวิธี ได้แก่ การตกตะกอน

โดยการเติมสารตัวกลางที่สามารถจับกลุ่มให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับฟลูออไรด์ เช่น ถ่านกระดูก ปูนขาว สารส้ม เป็นต้น การแลกเปลี่ยนไอออนโดยใช้เรซินสำหรับจับฟลูออไรด์ หรือใช้วิธีการกรองแบบรีเวอร์สออสโมซิส ที่เป็นการกรองผ่านแผ่นสังเคราะห์ภายใต้ความดันสูง (สุรัตน์ มงคลชัยธัญญา และ อังศณา ฤทธิอยู่, 2548 : 7-25) น้ำจากบ่อน้ำพุร้อนที่มีปริมาณซัลเฟต และคลอไรด์สูงเกินเกณฑ์มาก อาจเกิดจากน้ำพุร้อนเกิดการผสมกับน้ำทะเลที่ระดับตื้นทำให้ปริมาณซัลเฟตและคลอไรด์จากน้ำเค็มเข้ามาในน้ำพุร้อน (วรรณภา จำราช, 2546 : 47, 50) น้ำพุร้อนที่ศึกษาอาจจะจัดเป็นน้ำพุร้อนทั่วไป (Simple Springs) คือ น้ำมีอุณหภูมิสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส ประกอบด้วยธาตุคาร์บอน เกลือ และแร่ธาตุอื่นๆ น้อยกว่า 1 กรัมต่อลิตร ยกเว้นน้ำพุร้อนเขาตอกและน้ำพุร้อน ท่าสะท้อน น้ำมีปริมาณแร่ธาตุมากกว่า 1 กรัมต่อลิตร จัดเป็นน้ำพุร้อนดินคาร์บอนหนัก (Heavy Carbon Soil Springs) และน้ำพุร้อนสวนโมกข์ นานาชาติและน้ำพุร้อนสำนักธารน้ำร้อน น้ำมีส่วนประกอบของเกลืออยู่ในช่วง 5-10 กรัมต่อลิตร จัดเป็นน้ำพุร้อนเกลือ (Salt Springs) (กรมทรัพยากรธรณี, 2559) ส่วนคุณสมบัติที่พบน้อยได้แก่ ไนเตรท ทองแดง แมงกานีส และโลหะหนักที่เป็นพิษ ได้แก่ ตะกั่ว สารหนู แคดเมียม และปรอท มีค่าผ่านเกณฑ์น้ำบาดาลที่ใช้บริโภคทุกบ่อ

คุณภาพน้ำทางจุลชีววิทยาพบตัวอย่างน้ำจากบ่อน้ำพุร้อนมีการปนเปื้อนเชื้อกลุ่มโคลิฟอร์มแบคทีเรีย เชื้อเอสเชอริเชีย โคลิ ซึ่งเป็นเชื้อที่บ่งชี้ลักษณะของบ่อน้ำพุร้อน แม้เชื้อกลุ่มโคลิฟอร์มแบคทีเรียส่วนใหญ่จะไม่มีอันตราย แต่บางสายพันธุ์อาจทำให้เกิดอาหารเป็นพิษและโรคที่รุนแรงได้ และยังพบเชื้อโรคอาหารเป็นพิษ คลอสทริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์ และสตาฟีโลค็อกคัส ออเรียส ซึ่งสตาฟีโลค็อกคัส ออเรียส เป็นเชื้อที่ปนเปื้อนจากผิวหนังที่มีแผล ฝี หนอง การปนเปื้อนอาจเนื่องจากบ่อน้ำพุร้อนเป็นบ่อดินและเป็นบ่อแบบเปิด ทำให้มีโอกาสปนเปื้อนเชื้อจากดิน เศษใบไม้ ฝุ่นละออง

น้ำผิวดิน รวมทั้งน้ำฝนชะล้างสิ่งปนเปื้อนลงบ่อ จึงควรต้องมีการดูแลความสะอาดของบ่อและบริเวณรอบๆ บ่อ มีการป้องกันฝุ่นละอองและเศษใบไม้ไม่ให้ลงไปในบ่อ รวมถึงป้องกันไม่ให้น้ำบนผิวดินชะล้างสิ่งสกปรกลงไปปนเปื้อนน้ำในบ่อ โดยการปรับบริเวณที่ตั้งบ่อให้สูงกว่าบริเวณข้างเคียง การพ่นก้างบ่อ การทำลานคอนกรีตเป็นชานบ่อรอบปากบ่อ (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2551) หรือการจัดทางระบายน้ำบริเวณรอบๆ บ่อเพื่อป้องกันมิให้น้ำจากภายนอกไหลเข้ามาบริเวณบ่อ เพราะถ้ามีการปนเปื้อนเข้าสู่ระบบทางเดินอาหารโดยเข้าปากอาจทำให้เกิดโรคระบบทางเดินอาหาร เช่น ท้องเสียได้ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องหรือกำกับดูแลบ่อน้ำพุร้อนควรมีการเฝ้าระวังตรวจสอบคุณภาพ รายการแร่ธาตุให้ครอบคลุมและสอดคล้องกับทางการแพทย์ที่คาดว่าจะเกิดประโยชน์ในการช่วยบำบัดต่างๆ และแร่ธาตุที่อาจเป็นอันตรายเพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้บริการต่อไป ทั้งนี้ ถ้าจะใช้น้ำในการผลิตเป็นน้ำแร่เพื่อการบริโภค (กระทรวงสาธารณสุข, 2543) จะต้องมีกระบวนการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ ให้ผ่านเกณฑ์

ข้อเสนอแนะ

ข้อมูลที่ได้เป็นประโยชน์สำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล ผู้ดูแลรับผิดชอบบ่อน้ำพุร้อนในการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ การป้องกันการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์สู่บ่อ รวมถึงการใช้ประโยชน์น้ำให้เหมาะสมกับคุณสมบัติของน้ำแต่ละบ่อ และการวิจัยต่อไปควรมีการศึกษารายการตรวจวิเคราะห์ เช่น กำมะถัน เรดอน หรือรายการที่ช่วยในการบำบัดทางการแพทย์เพิ่มเติม

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาคุณสมบัติน้ำจากบ่อน้ำพุร้อนเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค คุณภาพน้ำทางกายภาพและทางเคมี พบว่าน้ำจากบ่อน้ำพุร้อนในจังหวัดระนอง สุราษฎร์ธานี และ

นครศรีธรรมราชมีปริมาณฟลูออไรด์สูงเกินเกณฑ์ร้อยละ 100, 73 และ 62 ของจำนวนบ่อในแต่ละจังหวัด ตามลำดับ ในจังหวัดชุมพรทุกตัวอย่างมีความกระด้างสูงเกินเกณฑ์ ในจังหวัดสุราษฎร์ธานีพบปริมาณความกระด้าง คลอไรด์ และซัลเฟตสูงเกินเกณฑ์ร้อยละ 82, 18 และ 64 ของจำนวนบ่อในจังหวัด ตามลำดับ ทางจุลชีววิทยาตรวจพบการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ที่บ่งชี้สุขภาพของบ่อน้ำพุร้อนไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 77 และพบเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคอาหารเป็นพิษ ร้อยละ 20 ของตัวอย่างทั้งหมด จึงไม่ควรใช้น้ำในการดื่มกิน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการอาหารของศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์สุราษฎร์ธานีทุกท่าน รวมถึงเจ้าหน้าที่จากสำนักงานสาธารณสุขทุกจังหวัดที่สนับสนุนข้อมูลแหล่งบ่อน้ำร้อนในจังหวัดชุมพร ระนอง สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช ที่มีส่วนร่วมทำให้ผลงานวิชาการนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กนกวรรณ เทพเลื่อน และ กฤษณี เรืองสมบัติ. (2559). คุณภาพน้ำจากบ่อน้ำร้อนและบ่อแช่ในจังหวัดระนองปีงบประมาณ พ.ศ. 2559. ใน รายงานประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 11 สุราษฎร์ธานี. (น. 26). สุราษฎร์ธานี.
- กรมการท่องเที่ยว กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา. (2557). คู่มือการตรวจประเมินมาตรฐานคุณภาพแหล่งท่องเที่ยวเชิงสุขภาพประเภทน้ำพุร้อนธรรมชาติ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สำนักงานกิจการโรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึกในพระบรมราชูปถัมภ์.
- กรมทรัพยากรธรณี. (2550ก). การศึกษาคาบอุบัติในพื้นที่ที่แสดงร่องรอยการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร

- ระนอง สุราษฎร์ธานี กระบี่ พังงา และภูเก็ต (รอยเลื่อนระนองและรอยเลื่อนคลองมะรุ่ย). พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรมทรัพยากรธรณี. (2550ข). ฟลูออไรด์. สืบค้นเมื่อวันที่ 2 พฤษภาคม 2564, จาก <http://www.dmr.go.th/>
- กรมทรัพยากรธรณี. (2559). การแบ่งประเภทและประโยชน์จากการอาบน้ำพุร้อน. สืบค้นเมื่อวันที่ 28 มีนาคม 2564, จาก <http://www.dmr.go.th/>
- กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. (2562). คู่มือมาตรฐานน้ำดื่มประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 1. นนทบุรี : ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2551). กำหนดหลักเกณฑ์และมาตรการในทางวิชาการสำหรับการ ป้องกันด้านสาธารณสุข และการป้องกันในเรื่องสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ. คุณภาพของน้ำบาดาลที่จะใช้บริโภคได้. กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. สืบค้นเมื่อวันที่ 19 ธันวาคม 2562, จาก <http://lab.dgr.go.th/images/std.pdf>
- กระทรวงสาธารณสุข. (2543). ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 199 เรื่องน้ำแร่ธรรมชาติ. สืบค้นเมื่อวันที่ 2 พฤษภาคม 2564, จาก <http://food.fda.moph.go.th/>
- วรรณภา จำราช. (2546). คุณลักษณะทางเคมีแหล่งน้ำพุร้อนในประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : กองวิเคราะห์และตรวจสอบทรัพยากรธรณี กรมทรัพยากรธรณี.
- สมาคมเภสัชกรแห่งจังหวัดชุมมะ ศูนย์ตรวจวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อม ประเทศญี่ปุ่น. (2560). รายงานผลการตรวจน้ำพุร้อนในจังหวัดระนอง.

สุรัตน์ มงคลชัยอรัญญา และ อังศณา ฤทธิอยู่. (2548).

แนวทางการจัดการฟลูออไรด์สูงในน้ำบริโภค
เพื่อป้องกันผลกระทบต่อด้านทันตสุขภาพ. พิมพ์
ครั้งที่ 1. นนทบุรี : กองทันตสาธารณสุข กรม
อนามัย กระทรวงสาธารณสุข.

Environment Agency, The Microbiology of drinking
water. (2010). Methods for the Isolation
and Enumeration of Sulfite-Reducing
Clostridia and *Clostridium perfringens*
by membrane filtration.

ISO 19250. (2010). Water quality detection of
Salmonella spp. Geneva: International
Organization Standard.

Rice, E.W.; Baird, R.B.; Eaton, A.D.; Clesceri, L.S.
(2012). Standard Methods for the
Examination of Water and Wastewater,
22nded; Washington, DC: American Public
Health Association (APHA).