

ลักษณะและคุณภาพของน้ำประปา น้ำดื่มบรรจุภาชนะปิดสนิทและน้ำดื่มที่ให้บริการฟรี
ในรัฐนอร์ทดาโคตา ประเทศสหรัฐอเมริกา

Characteristics and Qualities of Tap Water, Drinking Water in Sealed
Container and Free Drinking Water in North Dakota, USA

สุบันทิต นิมรัตน์^{1*} และ วีรพงษ์ วุฒิพันธุ์ชัย²
Subuntith Nimrat^{1*} and Verapong Vuthiphandchai²

¹ภาควิชาจุลชีววิทยาและโครงการวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี
¹Department of Microbiology and Environmental Science Program, Faculty of Science, Burapha University,
Chon Buri Province

²ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี
²Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University, Chon Buri Province
*E-mail: subunti@buu.ac.th

Received: 09 Jan 20

Revised: 16 Oct 20

Accepted: 29 Oct 20

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ได้ศึกษาถึงคุณภาพบางประการของน้ำประปา น้ำดื่มบรรจุภาชนะปิดสนิทและน้ำดื่มที่ให้บริการฟรีในรัฐนอร์ทดาโคตา ประเทศสหรัฐอเมริกา จากการศึกษาพบว่าน้ำประปาจำนวน 32 ตัวอย่าง มีความใส ไม่มีกลิ่น มีค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดและค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 205.00 ± 5.20 - 519.67 ± 2.89 mg/L และ 8.43 ± 0.06 - 10.27 ± 0.21 ตามลำดับ ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าตัวอย่างน้ำประปาจำนวน 96.88% ในการศึกษาครั้งนี้มีค่าความเป็นกรด-ด่างเกินค่าที่แนะนำ (6.5 - 8.5) โดยองค์การอนามัยโลก พ.ศ. 2554 ส่วนน้ำดื่มที่ให้บริการฟรีจำนวน 32 ตัวอย่าง มีความใสและกลิ่นเหมาะสมต่อการบริโภค มีค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดและค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 32.22 ± 0.58 - 890.00 ± 2.65 mg/L และ 8.43 ± 0.12 - 10.57 ± 0.23 ตามลำดับ สรุปได้ว่าน้ำดื่มที่ให้บริการฟรีจำนวน 87.50% ในการศึกษาครั้งนี้มีค่าเกินเกณฑ์ที่กำหนดตามประกาศกรมอนามัย พ.ศ. 2553 เนื่องจากค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่า 8.5 และน้ำดื่มบรรจุขวดและน้ำดื่มในขวดเกลลอนทั้งหมด 17 ตัวอย่าง มีความใสและกลิ่นเหมาะสมต่อการบริโภค มีการระบุวันหมดอายุ รายละเอียดบนฉลาก ชนิดของพลาสติก มีค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดและค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 1.00 ± 1.00 - 82.67 ± 1.53 mg/L และ 6.50 ± 0.10 - 10.40 ± 0.00 ตามลำดับ สรุปได้ว่าน้ำดื่มบรรจุภาชนะปิดสนิทในครั้งนี้จำนวน 5.88% ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 61 (พ.ศ. 2524) ของประเทศไทย เพราะค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่า 8.5 ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าน้ำดื่มบรรจุภาชนะปิดสนิทที่ทำการทดสอบเกือบทั้งหมดมีคุณภาพผ่านเกณฑ์ ยกเว้นเพียง 1 ตัวอย่างที่ไม่ผ่านเกณฑ์ทางด้านความเป็นกรด-ด่าง ส่วนน้ำประปาและน้ำดื่มที่ให้บริการฟรีมีคุณสมบัติอื่นที่ดีและมีความสะอาดเหมาะสมต่อการบริโภคเพียงแต่มีค่าความเป็นด่างที่สูงอาจจะเกิดจากแหล่งน้ำตามธรรมชาติที่มีความเป็นด่างซึ่งอาจจะมิประโยชน์ต่อสุขภาพและนำการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

คำสำคัญ: น้ำประปา น้ำดื่มบรรจุภาชนะปิดสนิท น้ำดื่มที่ให้บริการฟรี รัฐนอร์ทดาโคตา

Abstract

In this study, some qualities of tap water, drinking water in sealed containers and free drinking water in North Dakota, USA were investigated. Thirty-two samples of tap water showed transparency, no disgusting odor, values of total dissolved solids (TDS) and pH in the ranges of 205.00 ± 5.20 - 519.67 ± 2.89 mg/L and 8.43 ± 0.06 - 10.27 ± 0.21 , respectively. These results indicated that 96.88% of the tap water had pH value over acceptable limits (6.5 - 8.5) recommended by World Health Organization (2011). All thirty-two samples of free drinking water

were transparent, odorless, and demonstrated levels of TDS and pH ranging from 32.22 ± 0.58 - 890.00 ± 2.65 mg/L and 8.43 ± 0.12 - 10.57 ± 0.23 , respectively. Therefore, 87.50% of the free drinking water in this study was over the allowable values of potable-water-supply quality imposed by Department of Health (2010) owing to exceeding pH value of 8.5. Lastly, all bottled drinking water and gallon bottled drinking water (17 samples) were clear and odorless suitable for consumption, and had an expiry date, label information, and types of plastic container on the products, values of TDS and pH ranging from 1.00 ± 1.00 - 82.67 ± 1.53 mg/L and 6.50 ± 0.10 - 10.40 ± 0.00 , respectively. Consequently, drinking water in plastic container (5.88%) was discordant with the criteria set by Ministry of Public Health of Thailand, Notification no. 61 (1981), due to pH value over 8.5. In conclusion, almost all tested drinking water in sealed containers met the criterion, except 1 sample having exceeding pH. Tap water and free drinking water had other good examined properties, but they had high alkalinity attributable to the basic condition of natural raw water. Alkaline water may generate health benefits and require further an additional study.

Keywords: Tap Water, Sealed drinking water, Free drinking water, North Dakota

1. บทนำ

รัฐนอร์ทดาโคตาเป็นรัฐที่อยู่ทางตอนเหนือของสหรัฐอเมริกาติดกับประเทศแคนาดา (Figure 1) ชื่อรัฐตั้งชื่อตามอินเดียนแดงเผ่าลาโคตาที่ได้ตั้งรกรากบริเวณนั้นมาก่อน รัฐนอร์ทดาโคตาได้กลายมาเป็นรัฐของสหรัฐอเมริกาในปี พ.ศ. 2432 (ค.ศ. 1889) เมืองสำคัญในรัฐ ได้แก่ บิสมาร์กซึ่งเป็นเมืองหลวงของรัฐ และฟาร์โก เมืองศูนย์กลางทางเศรษฐกิจของรัฐ [1] น้ำดื่มในประเทศสหรัฐอเมริกาและในรัฐนอร์ทดาโคตามีหลายประเภท ได้แก่ น้ำประปาที่สามารถดื่มได้ น้ำบริการฟรีตามสถานที่ต่าง ๆ ในรัฐนอร์ทดาโคตา รวมทั้งน้ำดื่มบรรจุในภาชนะปิดสนิทที่มีหลายประเภทให้ผู้บริโภคเลือก

น้ำประปาในเมืองฟาร์โก รัฐนอร์ทดาโคตามีแหล่งน้ำดิบมาจากแม่น้ำเรด (Red River) [2] ส่วนน้ำดื่มบรรจุในภาชนะปิดสนิทในรัฐนอร์ทดาโคตามีมากมายหลายชนิดทั้งน้ำดื่มที่บริสุทธิ์หรือที่เรียกในประเทศสหรัฐอเมริกาว่า purified drinking water นอกจากนั้นยังมี spring water ซึ่งเป็นน้ำแร่ และน้ำดื่มที่มีการเติมกลิ่นชนิดต่าง ๆ (flavored water) (Figure 2) แต่การศึกษารั้วนี้ได้ทำการศึกษาเพียงกลุ่มน้ำดื่มที่บริสุทธิ์เท่านั้น

นอกจากนี้รัฐนอร์ทดาโคตายังมีเครื่องผลิตน้ำดื่มที่บริการฟรีอย่างมากมายและมีความสะอาด เหมาะต่อการบริโภค โดยเครื่องผลิตน้ำดื่มบริการฟรีมีระบบบำบัดน้ำติดตั้งอยู่ โดยบางเครื่องมีการระบุถึงสถานะของระบบกรอง (filtration) เพื่อความมั่นใจของผู้บริโภค (Figure 3) หรือถึงแม้จะไม่มีการระบุถึงสถานะของระบบกรอง แต่ในเครื่องผลิตน้ำดื่มฟรีนั้นจะมีระบบการกรองอยู่ภายใน (Figure 4)



Figure 1 Map of the U.S. states of North Dakota¹

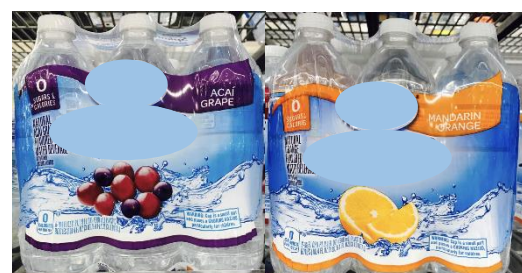


Figure 2 Flavored water distributed in Fargo, ND

การศึกษารั้วนี้จึงมีความสนใจการศึกษาถึงลักษณะและคุณภาพน้ำดื่ม 3 ชนิด ได้แก่ น้ำประปา น้ำดื่มบรรจุภาชนะปิดสนิทและน้ำดื่มที่ให้บริการฟรีในรัฐนอร์ทดาโคตา ประเทศสหรัฐอเมริกา เพื่อทำให้ทราบถึงข้อมูลของลักษณะและคุณภาพของน้ำดื่มทั้ง 3 ชนิดดังกล่าว เพื่อเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภค รวมทั้งสามารถนำมาเปรียบเทียบกับน้ำดื่มในประเทศไทยและประเทศต่าง ๆ ได้ ทั้งด้านคุณภาพและความสะอาดต่อไป

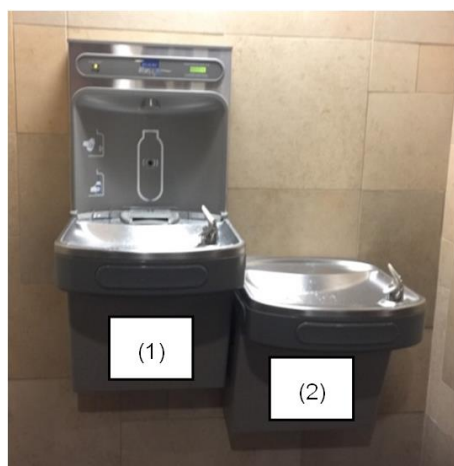


Figure 3 Drinking water machine

- (1) Drinking water machine with the filtration status
(2) Drinking water machine without the filtration status



Figure 4 Drinking water machine with the filtration status

2. อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 ตัวอย่างน้ำประปา

เก็บตัวอย่างน้ำประปาในรัฐนอร์ทดาโคตา ประเทศสหรัฐอเมริกา (โดยเก็บตัวอย่างละ 3 ขั้ว; Figure 5) ในช่วงวันที่ 30 เมษายน พ.ศ. 2562 ถึงวันที่ 7 พฤษภาคม พ.ศ. 2562 ซึ่งมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 0 - 12 °C จำนวน 32 ตัวอย่าง จากนั้นนำมาตรวจวัดค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ค่าความเป็นกรด-ด่าง สี และกลิ่น

2.2 ตัวอย่างน้ำดื่มบรรจุขวดและน้ำดื่มบรรจุใน

แกลลอน โดยการสุ่มซื้อจากร้านค้าที่มีการจำหน่ายในรัฐนอร์ทดาโคตา ประเทศสหรัฐอเมริกา และไม่มีการเลือกลักษณะร้านค้า จำนวน 17 ตัวอย่าง บันทึกคุณภาพบางประการของตัวอย่างน้ำดื่มบรรจุขวดและน้ำดื่มบรรจุในแกลลอน (ชื่อบริษัท วันหมดอายุ สถานที่ตั้ง

ปริมาณ ชนิดของพลาสติก) สังเกตลักษณะขวด และสีของน้ำด้วยตาเปล่า กลิ่น จากนั้นนำมาตรวจวัดค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดและค่าความเป็นกรด-ด่าง



Figure 5 Tap water in New Salem and Cleveland, ND

2.3 น้ำดื่มที่ให้บริการฟรี

เก็บตัวอย่างน้ำดื่มที่ให้บริการฟรีในรัฐนอร์ทดาโคตา ประเทศสหรัฐอเมริกา (โดยเก็บตัวอย่างละ 3 ขั้ว) ในช่วงวันที่ 30 เมษายน พ.ศ. 2562 ถึงวันที่ 10 พฤษภาคม พ.ศ. 2562 ซึ่งมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 0 - 12 °C จำนวน 32 ตัวอย่าง จากนั้นนำมาตรวจวัดค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ค่าความเป็นกรด-ด่าง สี และกลิ่น

2.4 การตรวจวัดค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solid: TDS) [3]

วัดค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดด้วยเครื่องวัด TDS (HM Digital, TDS-3, California, USA) โดยตรวจวัดจำนวน 3 ขั้ว แล้วนำค่าที่ได้ไปหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2.5 การตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง สี และกลิ่น [4]

วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (Digital pH meter, 5-SGS-PH-02-Yellow, Bangkok, Thailand) โดยได้สอบเทียบกับสารละลายมาตรฐานที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4, 7 และ 10 ตามลำดับ ก่อนทำการวัดตัวอย่างน้ำดื่ม จากนั้นวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างน้ำดื่มโดยตรวจวัดจำนวน 3 ขั้ว แล้วนำค่าที่ได้ไปหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน สังเกตสีของน้ำด้วยตาเปล่า และดมกลิ่นของน้ำโดยเปิดฝาและดมจากขวด

3. ผลการวิจัย

3.1 น้ำประปา

จากการศึกษาลักษณะและคุณภาพของน้ำประปาในรัฐนอร์ทดาโคตา ประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่าน้ำประปาทั้งหมดจำนวน 32 ตัวอย่าง ตรวจวัดค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดอยู่ในช่วง 205.00 ± 5.20 - 519.67 ± 2.89 mg/L และค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 8.43 ± 0.06 - 10.27 ± 0.21 และเมื่อทดสอบลักษณะทางกายภาพพบว่า น้ำทุกตัวอย่างมีลักษณะใส ไม่มีกลิ่น เมื่อนำผลการศึกษามาเทียบกับเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค ตามคำแนะนำขององค์การอนามัยโลก (World Health Organization) ปี ค.ศ. 2011 [5] พบว่ามีเพียง 1 ตัวอย่าง (3.12%) ที่ผ่านเกณฑ์ทางด้านค่าความเป็นกรด-ด่าง (Table 1) โดยเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค ตามคำแนะนำขององค์การอนามัยโลก ปี ค.ศ. 2011 กำหนดค่าความเป็นกรด-ด่าง ในช่วง 6.5-8.5

3.2 น้ำดื่มบรรจุภาชนะปิดสนิท

คุณภาพของน้ำดื่มบรรจุภาชนะปิดสนิท (น้ำดื่มบรรจุขวดและน้ำดื่มบรรจุในแกลลอน) จำนวน 17 ตัวอย่าง พบว่าน้ำดื่มบรรจุในภาชนะปิดสนิทที่เป็นขวดพลาสติกใสเกือบทั้งหมดเป็นพลาสติกชนิด PETE type 1 (Figure 6) ยกเว้น 1 ตัวอย่างที่บรรจุในขวดชนิด Plant-based plastic bottle ซึ่งเป็นขวดแบบ 100% recyclable plastic bottle ที่มีปริมาณไม่น้อยกว่า 30% ของพืชเป็นส่วนประกอบของขวดชนิดนี้ และยังเป็นยี่ห้อเดียวที่ใช้ขวดชนิดนี้ และยี่ห้อนี้ได้รับความนิยมจำหน่ายในรัฐนอร์ทดาโคตามากที่สุดเช่นกัน (Figure 7) ส่วนน้ำดื่มบรรจุภาชนะปิดสนิทที่บรรจุในพลาสติกขุ่น เป็นพลาสติกชนิด HDPE type 2 (Figure 8) เมื่อตรวจวัดค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดของน้ำดื่มบรรจุภาชนะปิดสนิท พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 1.00 ± 1.00 - 82.67 ± 1.53 mg/L และค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 6.50 ± 0.10 - 10.40 ± 0.00 โดยทุกตัวอย่างมีลักษณะใส ไม่มีกลิ่น มีรายละเอียดบนฉลาก (ชื่อบริษัท วันหมดอายุ สถานที่ตั้ง) และไม่มีรอยขีดข่วน เมื่อนำผลการศึกษามาเทียบกับเกณฑ์ของน้ำบริโภคในภาชนะที่ปิดสนิทที่กำหนดโดยประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 61 (พ.ศ. 2524) ของประเทศไทย [6] พบว่ามีเพียง 1 ตัวอย่าง (5.88%) ที่ไม่ผ่านเกณฑ์ด้านค่าความเป็นกรด-ด่าง (Table 2) ซึ่งเกณฑ์ของน้ำบริโภคในภาชนะที่ปิดสนิทที่กำหนดโดยประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 61 (พ.ศ. 2524) ของ

ประเทศไทย กำหนดค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 6.5-8.5

3.3 น้ำดื่มที่ให้บริการฟรี

คุณภาพของน้ำดื่มที่ให้บริการฟรี จำนวน 32 ตัวอย่าง พบว่ามีค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดอยู่ในช่วง 32.22 ± 0.58 - 890.00 ± 2.65 mg/L และค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 8.43 ± 0.12 - 10.57 ± 0.23 เมื่อทดสอบลักษณะทางกายภาพพบว่าทุกตัวอย่างมีลักษณะใสและไม่มีกลิ่น เมื่อนำผลการศึกษามาเทียบกับประกาศกรมอนามัย เรื่องเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ พ.ศ. 2553 [7] พบว่ามีเพียง 4 ตัวอย่าง (12.50%) ที่ผ่านเกณฑ์ด้านค่าความเป็นกรด-ด่าง (Table 3) โดยประกาศกรมอนามัย เรื่องเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ พ.ศ. 2553 กำหนดค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 6.5-8.5 และค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดไม่เกิน 1,000 mg/L

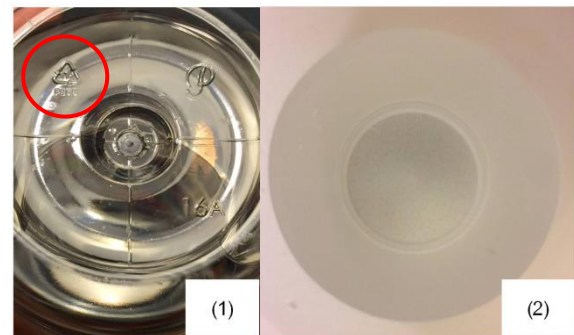


Figure 6 (1) Bottled drinking water sample with labeling of plastic type 1 (in the circle)
(2) Water sample in glass showing its transparency



Figure 7 Bottled drinking water with labeling the type of plastic (plant-based plastic bottle)

Table 1 Qualities of tap water in the U.S. states of North Dakota

Sample no.	TDS (mg/L)	pH	Appearance of water	Odour	Water quality criteria *
1	306.00±3.61	9.90±0.10	Clear	Odourless	Not passed
2	296.33±6.81	10.23±0.15	Clear	Odourless	Not passed
3	288.67±2.89	9.83±0.06	Clear	Odourless	Not passed
4	284.67±10.97	10.03±0.15	Clear	Odourless	Not passed
5	278.67±4.04	9.87±0.06	Clear	Odourless	Not passed
6	359.67±4.16	9.43±0.06	Clear	Odourless	Not passed
7	370.33±3.06	9.77±0.06	Clear	Odourless	Not passed
8	390.33±5.03	9.77±0.06	Clear	Odourless	Not passed
9	377.67±4.04	9.73±0.06	Clear	Odourless	Not passed
10	301.33±8.33	9.70±0.10	Clear	Odourless	Not passed
11	519.67±2.89	8.63±0.15	Clear	Odourless	Not passed
12	219.33±4.16	9.47±0.06	Clear	Odourless	Not passed
13	233.67±1.53	9.20±0.00	Clear	Odourless	Not passed
14	205.00±5.20	9.10±0.00	Clear	Odourless	Not passed
15	332.00±0.00	8.43±0.06	Clear	Odourless	Passed
16	287.00±4.00	8.88±0.00	Clear	Odourless	Not passed
17	248.00±1.00	10.07±0.06	Clear	Odourless	Not passed
18	359.67±5.03	10.03±0.06	Clear	Odourless	Not passed
19	283.33±20.43	10.13±0.06	Clear	Odourless	Not passed
20	408.67±4.04	8.67±0.06	Clear	Odourless	Not passed
21	316.67±2.89	10.03±0.25	Clear	Odourless	Not passed
22	317.00±19.08	9.93±0.06	Clear	Odourless	Not passed
23	225.67±7.51	10.03±0.12	Clear	Odourless	Not passed
24	222.67±6.43	10.27±0.21	Clear	Odourless	Not passed
25	333.33±1.53	10.03±0.06	Clear	Odourless	Not passed
26	252.00±3.00	10.07±0.06	Clear	Odourless	Not passed
27	348.67±5.77	9.97±0.06	Clear	Odourless	Not passed
28	274.33±1.15	9.33±0.15	Clear	Odourless	Not passed
29	261.33±7.77	9.50±0.10	Clear	Odourless	Not passed
30	256.33±2.31	10.23±0.06	Clear	Odourless	Not passed
31	280.67±4.93	9.70±0.26	Clear	Odourless	Not passed
32	294.00±3.61	9.20±0.00	Clear	Odourless	Not passed

Note: TDS: total dissolved solids, *The criteria recommended by World Health Organization (2011) [5]

Table 2 Qualities of drinking water in sealed containers in the U.S. states of North Dakota

Samples no.	Bottle size (ml)	Types of plastic	City/ country of manufacture	Expiry date	Scratch	Water treatment	TDS (mg/L)	pH	Appearance	Odour	Bottled drinking water quality criteria *
Clear plastic bottles											
1	591	Plant-based plastic bottle	-	✓	X	-	32.33±0.58	6.90±0.00	Clear	Odourless	Passed
2	-	PETE Type 1	-	✓	X	-	65.00±1.00	7.57±0.06	Clear	Odourless	Passed
3	1,000	PETE Type 1	-	✓	X	-	8.00±0.00	6.97±0.06	Clear	Odourless	Passed
4	1,000	PETE Type 1	-	✓	X	Reverse osmosis	6.00±0.00	6.50±0.10	Clear	Odourless	Passed
5	1,000	PETE Type 1	Watertown, WI, USA	✓	X	Filtered & Ozonated	3.33±0.58	6.73±0.06	Clear	Odourless	Passed
6	1,000	PETE Type 1	Purchase, NY, USA	✓	X	Reverse osmosis	1.00±1.00	6.83±0.06	Clear	Odourless	Passed
7	1,000	PETE Type 1	Wichita, KS, USA	✓	X	Reverse osmosis	22.67±0.58	7.97±0.06	Clear	Odourless	Passed
8	591	PETE Type 1	Ayer, MA, USA	✓	X	Reverse osmosis	27.67±0.58	8.07±0.06	Clear	Odourless	Passed
9	-	PETE Type 1	-	✓	X	-	28.67±1.15	6.70±0.10	Clear	Odourless	Passed
10	-	PETE Type 1	-	✓	X	-	26.67±0.58	6.87±0.15	Clear	Odourless	Passed
11	500	PETE Type 1	-	✓	X	-	8.33±3.21	7.43±0.42	Clear	Odourless	Passed
12	500	PETE Type 1	-	✓	X	-	2.67±3.79	6.68±0.06	Clear	Odourless	Passed
13	3,785	PETE Type 1	-	✓	X	-	3.00±0.00	6.60±0.26	Clear	Odourless	Passed
14	3,785	PETE Type 1	-	✓	X	-	65.00±1.00	7.77±0.06	Clear	Odourless	Passed
15	3,785	PETE Type 1	-	✓	X	-	82.67±1.53	10.40±0.00	Clear	Odourless	Not Passed
Opaque plastic bottles											
16	3,785	HDPE Type 2	Eden Prairie, MN, USA	✓	X	Reverse osmosis	2.33±0.58	6.83±0.06	Clear	Odourless	Passed
17	3,785	HDPE Type 2	Stamford, CT, USA	✓	X	Reverse osmosis or Distillation	72.67±0.58	8.30±0.10	Clear	Odourless	Passed

Note: TDS: total dissolved solids, *The criteria following Notification of Ministry of Public Health Notification, No. 61 (1981), Re: Drinking water in sealed container [6]

Table 3 Qualities of free drinking water in the U.S. states of North Dakota

Sample no.	TDS (mg/L)	pH	Appearance	Odour	Water quality criteria*
1	42.67±3.06	8.43±0.12	Clear	Odourless	Passed
2	42.00±2.00	8.43±0.15	Clear	Odourless	Passed
3	230.33±2.08	10.07±0.38	Clear	Odourless	Not passed
4	250.67±0.58	10.30±0.00	Clear	Odourless	Not passed
5	252.33±0.58	10.57±0.23	Clear	Odourless	Not passed
6	382.67±2.52	9.00±0.10	Clear	Odourless	Not passed
7	32.22±0.58	10.50±0.17	Clear	Odourless	Not passed
8	528.67±9.24	8.60±0.00	Clear	Odourless	Not passed
9	521.33±10.60	8.70±0.00	Clear	Odourless	Not passed
10	161.33±0.58	9.37±0.06	Clear	Odourless	Not passed
11	405.00±4.58	8.53±0.06	Clear	Odourless	Not passed
12	36.33±6.66	9.87±0.29	Clear	Odourless	Not passed
13	80.00±6.08	8.97±0.06	Clear	Odourless	Not passed
14	890.00±2.65	9.17±0.06	Clear	Odourless	Not passed
15	239.33±7.51	10.57±0.12	Clear	Odourless	Not passed
16	303.33±2.31	8.87±0.06	Clear	Odourless	Not passed
17	248.00±3.00	8.73±0.06	Clear	Odourless	Not passed
18	320.33±3.51	8.97±0.12	Clear	Odourless	Not passed
19	286.00±1.00	9.03±0.06	Clear	Odourless	Not passed
20	39.67±2.31	8.70±0.10	Clear	Odourless	Not passed
21	61.33±0.58	8.63±0.66	Clear	Odourless	Not passed
22	446.00±2.65	8.93±0.06	Clear	Odourless	Not passed
23	473.00±4.58	9.13±0.06	Clear	Odourless	Not passed
24	456.67±3.51	8.63±0.06	Clear	Odourless	Not passed
25	450.33±8.33	8.73±0.15	Clear	Odourless	Not passed
26	235.67±4.16	8.50±0.10	Clear	Odourless	Passed
27	328.00±41.24	8.83±0.15	Clear	Odourless	Not passed
28	290.33±1.15	8.43±0.21	Clear	Odourless	Passed
29	66.33±26.86	8.63±0.06	Clear	Odourless	Not passed
30	94.33±25.81	8.90±0.00	Clear	Odourless	Not passed
31	259.00±2.00	8.83±0.21	Clear	Odourless	Not passed
32	263.00±5.57	9.27±0.06	Clear	Odourless	Not passed

Note: TDS: total dissolved solids, * Criteria of potable water supply quality imposed by Department of Health (2010) [7]



Figure 8 (1) Drinking water in opaque plastic gallon
(2) Symbol of plastic type
(3) Expiry date labeled on the product

4. อภิปรายผล

จากการศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาค้นคว้าครั้งแรกที่ทำการศึกษถึงการเปรียบเทียบระหว่างลักษณะและคุณภาพของน้ำประปา น้ำดื่มบรรจุภาชนะปิดสนิทและน้ำดื่มที่ให้บริการฟรีในรัฐนอร์ทดาโคตา ประเทศสหรัฐอเมริกา และพบผลการศึกษาน่าสนใจ กล่าวคือ น้ำประปา ซึ่งน้ำประปาในประเทศสหรัฐอเมริกา รวมทั้งในรัฐนอร์ทดาโคตาเป็นน้ำที่สามารถดื่มได้ จากผลการศึกษาพบว่าน้ำประปาและน้ำดื่มที่ให้บริการฟรีมีค่าความเป็นกรด-ด่างที่ค่อนข้างสูง (8.43 ± 0.06 - 10.27 ± 0.21 และ 8.43 ± 0.12 - 10.57 ± 0.23 ตามลำดับ) และมีค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดที่ค่อนข้างสูงกว่าน้ำดื่มบรรจุภาชนะปิดสนิท (205.00 ± 5.20 - 519.67 ± 2.89 mg/L และ 32.22 ± 0.58 - 890.00 ± 2.65 mg/L ตามลำดับ) แสดงให้เห็นว่าน้ำประปาในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีความเป็นด่างค่อนข้างสูงแตกต่างจากค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำประปาที่ผลิตในประเทศไทย ยกตัวอย่างเช่น น้ำประปาในเขตพื้นที่ให้บริการของการประปาปทุมธานี ในวันที่ 14 พฤษภาคม พ.ศ. 2562 ณ สำนักงานประปาบางบัวทอง นิคมอุตสาหกรรมบางพลี และสำนักงานประปาสาขาพญาไท ตรวจพบค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำประปาเท่ากับ 7.42, 7.25 และ 7.30 ตามลำดับ [8]

น้ำดื่มบรรจุภาชนะปิดสนิทในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ส่วนใหญ่มีค่าความเป็นกรด-ด่างที่เป็นกลางถึงด่าง (6.50 ± 0.10 - 10.40 ± 0.00) และมีค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดในปริมาณต่ำ (1.00 ± 1.00 - 82.67 ± 1.53 mg/L) อาจจะเนื่องจากการบำบัดน้ำดิบด้วยกระบวนการรีเวอร์สออสโมซิส (Reverse

osmosis: RO) และกระบวนการอื่น ๆ ที่สามารถกำจัดสารที่อยู่ในแหล่งน้ำดิบออกไปได้ รวมทั้งแหล่งน้ำดิบของน้ำประปาในแถบเมืองฟาร์โก ได้แก่ แม่น้ำเรด (Red River) [2] ที่พบว่ามีความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 8.1-8.3 [9] น้ำดื่มบรรจุขวดที่จำหน่ายในรัฐนอร์ทดาโคตามีค่าความเป็นกรด-ด่างที่อยู่ในช่วงที่แนะนำสำหรับน้ำดื่มของประเทศไทย และของสำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อมสหรัฐอเมริกา (US Environmental Protection Agency) นั่นคือกำหนดให้มีค่าระหว่าง 6.5 -8.5 หรือ 6.0 - 9.0 ตามลำดับ [6], [10] แต่พบว่าน้ำดื่มของประเทศไทยมีบางส่วน เช่น จังหวัดระยองและอ่างทอง เป็นต้น มีค่าความเป็นกรด-ด่างน้อยกว่า 6.5 [11], [12]

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้พบว่ารัฐนอร์ทดาโคตา ประเทศสหรัฐอเมริกา มีเครื่องผลิตน้ำดื่มที่ให้บริการฟรีในมหาวิทยาลัยและในสถานที่สาธารณะ ยกตัวอย่างเช่น มหาวิทยาลัย North Dakota State University บริเวณที่พักริมทางหลวง (rest area) ห้างสรรพสินค้า โรงแรมและสนามบิน เป็นต้น จากการศึกษพบว่าบริเวณมหาวิทยาลัย North Dakota State University มีเครื่องผลิตน้ำดื่มให้บริการฟรีติดตั้งภายในอาคารและสถานที่ต่าง ๆ ถึงแม้จะมีร้านค้าจำหน่ายน้ำดื่มและอาหารก็มีการบริการน้ำดื่มฟรี และน้ำดื่มฟรีนั้นสะอาดเหมาะสมกับการดื่มเป็นอย่างมาก น้ำดื่มบริการฟรีที่พบในรัฐนอร์ทดาโคตามีระบบการกรอง และมีความสะอาดระดับที่เรียกว่าสูงมาก ยกเว้นในบริเวณที่พักริมทางหลวงบางแห่งเท่านั้นที่อาจจะไม่สะอาดมากนัก น้ำดื่มบริการฟรีนอกจากมีบริการแบบให้ดื่มโดยตรงแล้วยังพบเครื่องผลิตน้ำดื่มบางเครื่องมีบริการเติมน้ำลงในขวด นั่นคือการเอาขวดมาเติมน้ำเพื่อดื่มซึ่งเป็นการประหยัดและลดการใช้ขวดพลาสติกได้อย่างมีประสิทธิภาพ เครื่องผลิตน้ำดื่มบริการฟรีบางเครื่องยังมีระบบที่ทันสมัยที่แสดงถึงสถานะการกรอง (filtration status) นั่นทำให้ผู้บริโภคมีความมั่นใจในคุณภาพของน้ำดื่มบริการฟรี ณ จุดนั้น ๆ และจากการสังเกตมีผู้ใช้บริการหรือมีผู้เติมน้ำจากเครื่องผลิตน้ำดื่มบริการฟรีอยู่เป็นระยะ ๆ สำหรับคุณภาพน้ำดื่มจากแท่นน้ำดื่มที่ติดตั้งบริเวณสวนสาธารณะและหลายพื้นที่ในเขตกรุงเทพมหานครภายใต้ความร่วมมือของการประปาปทุมธานีและกรุงเทพมหานครพบว่าได้รับการร้องเรียนและมีข้อกังขาถึงความปลอดภัยของน้ำ เนื่องจากการสังเกตพบฝุ่นเกาะแท่นน้ำดื่มปริมาณมาก การมีกลิ่นคลอรีนที่ค่อนข้างแรง ท่อลำเลียงน้ำไม่สะอาดและเกิดสนิม บริเวณแท่นน้ำดื่มไม่มีระบบกรองน้ำและฆ่าเชื้อ ส่งผลให้

ประชาชนมีความรู้สึกไม่กล้าดื่มน้ำจากแท่นน้ำดื่ม แต่อย่างไรก็ตามจากการตรวจสอบคุณภาพทางเคมีและจุลชีววิทยาทุก ๆ 6 เดือน การประปานครหลวงยืนยันว่าน้ำประปาจากแท่นน้ำดื่มมีความสะอาด มีคุณภาพผ่านเกณฑ์ที่แนะนำโดยองค์การอนามัยโลก [13] ดังนั้นหากเปรียบเทียบกับน้ำดื่มที่ให้บริการฟรีในรัฐนอร์ทดาโคตา ประเทศสหรัฐอเมริกา หน่วยงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบเกี่ยวกับน้ำดื่มจากแท่นน้ำดื่มในประเทศไทย ควรปรับปรุงในด้านการดูแลรักษาความสะอาด การบำรุงรักษา และการติดตั้งระบบกรองน้ำและฆ่าเชื้อเพื่อเพิ่มความมั่นใจถึงความสะอาดและปลอดภัยในการบริโภคน้ำดื่มสาธารณะของประชาชนคนไทย

จากผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่าคุณภาพทางด้านความเป็นกรด-ด่างและค่าของแข็งละลายน้ำของน้ำประปาและน้ำดื่มบริการฟรีจะเป็นไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือมีความเป็นด่างค่อนข้างสูง รวมทั้งมีค่าของแข็งละลายน้ำที่ค่อนข้างสูงเช่นเดียวกัน เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำดื่มบรรจุในภาชนะปิดสนิทที่ทำการศึกษานี้คือน้ำดื่มบรรจุขวดและน้ำดื่มบรรจุกลลอนที่ระบุว่าเป็นน้ำดื่มชนิดน้ำดื่มบริสุทธิ์ น้ำดื่มบรรจุขวดและน้ำดื่มบรรจุในกลลอนมีระบบการบำบัดที่น่าจะเข้มงวดกว่าน้ำประปาและน้ำดื่มบริการฟรี มีการระบุถึงวิธีการบำบัดน้ำดื่ม ได้แก่ กระบวนการรีเวอร์ส ออสโมซิส การกรอง การบำบัดด้วยโอโซนและการกลั่น เป็นต้น โดยเฉพาะกระบวนการรีเวอร์สออสโมซิสที่พบว่าจะทำให้ น้ำมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น [14]

นอกจากนั้นยังพบความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรด-ด่างและค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด คล้ายกับตัวอย่างน้ำดื่มบรรจุขวดของจังหวัดกาญจนบุรี กล่าวคือถ้าตัวอย่างน้ำมีค่าความเป็นกรด-ด่างที่อยู่ในสภาวะที่ค่อนข้างเป็นกรดก็จะมีค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดต่ำ และเมื่อมีค่าเป็นด่างก็จะมีค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดที่สูงขึ้น ยกตัวอย่างเช่น ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.45 ± 0.08 มีค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดเท่ากับ 6.00 ± 0.00 mg/L ในขณะที่ตัวอย่างที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7.47 ± 0.14 มีค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดเท่ากับ 264.44 ± 5.70 mg/L [15] จากการอธิบายถึงความสัมพันธ์กับค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดนั้น อาจจะต้องทำการศึกษาในรายละเอียดถึงชนิดของสารที่ละลายในน้ำต่อไป

การศึกษานี้เป็นการศึกษาครั้งแรกที่ทำการศึกษถึงลักษณะและคุณภาพของน้ำประปา น้ำดื่มบรรจุในภาชนะปิดสนิทและน้ำดื่มบริการฟรีในรัฐนอร์ทดาโคตา และพบว่า

ตัวอย่างนี้มีคุณสมบัติด้านอื่น ๆ ที่ติดตามเกณฑ์ที่แนะนำสำหรับน้ำดื่ม ยกตัวอย่างเช่น ความใสและกลิ่นของน้ำทั้ง 3 กลุ่มและพบว่าน้ำดื่มบรรจุในภาชนะปิดสนิททั้งแบบขวดและแบบกลลอนมีการระบุวันหมดอายุครบถ้วนทุกตัวอย่างที่ทำการศึกษานี้ รวมทั้งมีการระบุถึงชนิดของพลาสติกที่ชัดเจน ซึ่งแตกต่างจากน้ำดื่มบรรจุขวดในประเทศไทยที่มีบางส่วนยังขาดการระบุถึงวันหมดอายุ และ/หรือไม่ทำการระบุถึงชนิดของพลาสติกที่ใช้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำดื่มบรรจุขวดชนิดพลาสติกขุ่นที่มักจะไม่มีการระบุถึงวันหมดอายุและชนิดของพลาสติกที่ใช้ [15], [16]

จากการศึกษาในครั้งนี้ทำให้เห็นว่าน้ำดื่มบรรจุในภาชนะปิดสนิทมีคุณภาพที่ใกล้เคียงกันทั่วโลก [17], [18] น้ำประปาและน้ำดื่มฟรีในประเทศสหรัฐอเมริกาถึงแม้มีความเป็นด่างสูงและไม่ผ่านเกณฑ์ของประเทศไทยและค่าที่แนะนำขององค์การอนามัยโลก แต่มีการกล่าวว่าน้ำต่างหรือน้ำที่มีความเป็นด่างสูงเป็นน้ำที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพในกรณีที่ไม่ใช่เกิดจากการปนเปื้อนสารพิษต่าง ๆ แต่เป็นการที่น้ำมีส่วนผสมของแร่ธาตุที่สำคัญต่อร่างกาย รวมทั้งความเป็นด่างจะช่วยรักษาโรคบางโรคได้และทำให้มีการปรับสมดุลความเป็นกรดต่างในเลือดและในส่วนน้ำของร่างกาย ยกตัวอย่างเช่น Magro et al. [19] พบว่าหนูที่ดื่มน้ำด่างมีอายุยืนกว่าหนูที่ดื่มน้ำปกติ รวมทั้งพบว่านักกีฬาที่ดื่มน้ำด่าง ร่างกายสามารถปรับสมดุลของความเป็นกรดต่างได้ดีกว่านักกีฬาที่ดื่มน้ำปกติและเพิ่มความแตกต่างของเลือดและปัสสาวะได้ดีกว่าชุดควบคุม นอกจากนี้พบว่านักกีฬาที่ดื่มน้ำด่างในปริมาณ 2.5-3.0 ลิตรต่อวัน สามารถชะลอความเป็นกรดในกล้ามเนื้อได้ดีกว่าชุดควบคุมในระหว่างการออกกำลังกายได้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจน รวมทั้งป้องกันการขาดน้ำและมีการฟื้นฟูสภาพของนักกีฬาได้รวดเร็วกว่าชุดควบคุม [20] ดังนั้นน้ำที่มีความเป็นด่างที่เหมาะสมจะมีประโยชน์ต่อสุขภาพมนุษย์ ซึ่งควรทำการศึกษาและวิจัยเพิ่มขึ้นถึงประโยชน์ด้านอื่น ๆ ต่อไป

นอกจากนั้นเพื่อทำให้มีข้อมูลแก่ผู้บริโภคที่มากขึ้นควรทำการศึกษถึงคุณภาพของน้ำทั้ง 3 ชนิดทางด้านอื่น ๆ เช่น คุณภาพทางด้านจุลชีววิทยา รวมทั้งควรทำการประเมินคุณภาพทางด้านการปนเปื้อนของสารชนิดต่าง ๆ ในน้ำทั้ง 3 กลุ่ม นอกจากนี้อาจจะทำการศึกษาน้ำดื่มบรรจุขวดชนิดอื่น ๆ ที่จำหน่ายในรัฐนอร์ทดาโคตา ซึ่งมีมากมายหลายชนิด นอกเหนือจากน้ำดื่มที่บริสุทธิ์ ได้แก่ น้ำแร่ น้ำกลั่นและน้ำดื่มที่มีการเติมกลิ่นชนิดต่าง ๆ ถึงคุณภาพทางด้านต่าง ๆ เพื่อทำ

ให้ผู้บริโภคสามารถเลือกน้ำดื่มชนิดต่าง ๆ ตามที่ผู้บริโภคต้องการและมีความเหมาะสมต่อสุขภาพของแต่ละบุคคลต่อไป

5. References

- [1] Wikipedia the free encyclopedia. 2018. **North Dakota**. [https://th.wikipedia.org/wiki/North Dakota](https://th.wikipedia.org/wiki/North_Dakota). Accessed 29 May 2018. *(in Thai)*
- [2] The City of Fargo. 2019. **Water Treatment- Other Water Sources**. <http://fargond.gov/city-government/departments/water-treatment/about>. Accessed 31 May 2019.
- [3] Nimrat, S., Supannapan, K. and Vuthiphandchai, V. 2016. Quality assessment of drinking water in sealed bottles sold in Phichit province, Thailand. **RMUTI Journal** 9(3): 137-150. *(in Thai)*
- [4] Nimrat, S., Banjertjaradlert, H. and Vuthiphandchai, V. 2014. Assessment of quality of bottled drinking water distributed in Chon Buri Province. **Journal of Science and Technology Mahasarakham University** 33(5): 454-459. *(in Thai)*
- [5] Provincial Waterworks Authority. 2011. **Water Quality Standards as Recommended by the World Health Organization (WHO)**. <https://www.pwa.co.th/download/pwastandard50-1.pdf>. Accessed 14 May 2019. *(in Thai)*
- [6] Bureau of Food, Food and Drug Administration, Ministry of Public Health 1981. **Notification of The Ministry of Public Health No. 61 (1981). Re: Drinking Water in Sealed Container**. http://food.fda.moph.go.th/law/announ_moph1-150.php. Accessed 14 May 2019. *(in Thai)*
- [7] Bureau of Food and Water Sanitation, Department of Health, Ministry of Public Health. 2010. **Potable Water Quality Criteria**. https://www.mwa.co.th/ewt_dl_link.php?nid=33083. Accessed 14 May 2019. *(in Thai)*
- [8] Metropolitan Waterworks Authority. 2019. **Water Quality Online, pH of Tap Water in Service Area of Metropolitan Waterworks Authority**. <http://twqonline.mwa.co.th/map.php?type=cl>. Accessed 14 May 2019. *(in Thai)*
- [9] USGS Science for a Changing World. **USGS 05054000 Red River of the North at Fargo, ND**. https://waterdata.usgs.gov/nwis/uv/?site_no=05054000&agency_cd=USGS. Accessed 14 May 2019.
- [10] North Dakota Legislative Council. **Chapter 33-16-02.1, Standards of Quality for Waters of the State**. <https://www.legis.nd.gov/information/acdata/pdf/33-16-02.1.pdf>. Accessed 14 May 2019.
- [11] Nimrat, S., Supannapan, K. and Vuthiphandchai, V. 2016. Quality of bottled drinking water distributed in Rayong province, Thailand. **Journal of Science and Technology Mahasarakham University** 35(5): 538-547. *(in Thai)*
- [12] Nimrat, S. and et al. 2016. Standard of bottled drinking water distributed in Ang Thong. **RMUTP Research Journal** 10(2): 135-147. *(in Thai)*
- [13] Isranews Agency. 2017. People complain “tap water through machine” that is undrinkable!! Metropolitan Waterworks Authority admits that is caused by no thorough supervision. <https://www.isranews.org/component/content/article/20921>. Accessed 21 October 2020. *(in Thai)*
- [14] Gerdpratoom, S. 2012. **Why Does RO-filtered Water Exhibit Higher Acidity?** <http://www.waterpurifier.th.com/AlkalineWaterBenefits.html>. Accessed 25 April 2018.

- [15] Nimrat, S., Supannapan, P. and Vuthiphandchai, V. 2015. Quality of bottled drinking water distributed in Kanchanaburi province, Thailand. **Journal of Science and Technology Mahasarakham University** 34(2): 63-73. *(in Thai)*
- [16] Nimrat, S., and Vuthiphandchai, V. 2019. The quality of bottled drinking water distributed in Uttaradit province. **Journal of Science & Technology, Ubon Ratchathani University** 21(1): 191-206. *(in Thai)*
- [17] Nimrat, S. and Vuthiphandchai, V. 2016. Standard of clear plastic bottled drinking water distributed in Sri Lanka. **RMUTTO Research Journal** 9(2): 105-12. *(in Thai)*
- [18] Nimrat, S., Banjertjaradlert, H. and Vuthiphandchai, V. 2016. Quality of pH and odour of bottled drinking water for drinking water and mineral water produced in People's Republic of China, Republic of Korea and French Republic. **KKU Research Journal (Graduate Studies)** 16(4): 92-100. *(in Thai)*
- [19] Magro, M. et al. 2016. **Alkaline water and longevity: a murine study. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine** Article ID 3084126, doi: <http://dx.doi.org/10.1155/2016/3084126>.
- [20] Chycki, J. et al., 2018. **Alkaline water improves exercise-induced metabolic acidosis and enhances anaerobic exercise performance in combat sport athletes.** PLoS ONE 13(11): e0205708. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205708>.