

คุณภาพของน้ำดื่มบรรจุขวดในจังหวัดกาญจนบุรี ประเทศไทย

Quality of Bottled Drinking Water Distributed in Kanchanaburi Province, Thailand

สุบันติธ นิมรัตน์^{1*}, พีรพัฒน์ สุพรรณพันธุ์², วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย³

Subuntith Nimrat^{1*}, Peeraphat Supannapan², Verapong Vuthiphandchai³

Received: 30 April 2014 ; Accepted: 4 August 2014

บทคัดย่อ

ในการศึกษานี้ได้ทำการศึกษาถึงคุณภาพทางแบคทีเรียวิทยาและคุณภาพบางประการ คือ การตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ลักษณะกลิ่น ลักษณะน้ำดื่มที่บรรจุภายในขวด ฉลาก (ชื่อบริษัทที่ผลิตและสถานที่ผลิต) ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม ฟีคัลโคลิฟอร์ม และ *E. coli* ของน้ำดื่มบรรจุขวดชนิดพลาสติกใสและขวดขาวขุ่นที่จำหน่ายในจังหวัดกาญจนบุรี ประเทศไทย จากผลการศึกษาพบว่า ตัวอย่างน้ำดื่มบรรจุขวดทั้งหมดมีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 5.5-7.5 ส่วนฉลากบนผลิตภัณฑ์ของน้ำดื่มบรรจุขวดมีการระบุรายละเอียดของสถานที่ผลิต ชื่อบริษัท และวันผลิต/หมดอายุ บนฉลากของน้ำดื่มบรรจุขวดจำนวน 29 ตัวอย่าง และไม่ระบุวันผลิต/หมดอายุบนฉลากผลิตภัณฑ์ จำนวน 18 ตัวอย่าง และจากการตรวจหาแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม และ *E. coli* ในตัวอย่างน้ำดื่มบรรจุขวดผลการศึกษาพบว่า มีปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม และแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม น้อยกว่า 1.8 MPN/100 mL และตรวจไม่พบ *E. coli* ยกเว้นตัวอย่างที่ 1 ของยี่ห้อ KO4 ที่พบแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิดเท่ากับ 23, 2.0 และ < 1.8 MPN/100 mL ตามลำดับ และตัวอย่างที่ 6 ของยี่ห้อ KO5 ที่พบแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม และฟีคัลโคลิฟอร์มเท่ากับ 49 และ 6.1 MPN/100 mL ตามลำดับ แต่ตรวจไม่พบ *E. coli* ดังนั้นจากการประเมินคุณภาพของตัวอย่างน้ำดื่มบรรจุขวดชนิดพลาสติกใสและขวดขาวขุ่นที่จำหน่ายในจังหวัดกาญจนบุรี ประเทศไทย ทั้งสมบัติทางกายภาพบางประการและจุลชีววิทยามีเพียง 19 ตัวอย่าง (40.42%) จากตัวอย่างทั้งหมด 47 ตัวอย่าง ที่ผ่านมาตรฐานน้ำดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทที่กำหนดโดยกระทรวงสาธารณสุขของประเทศไทย

คำสำคัญ: น้ำดื่มบรรจุขวดชนิดพลาสติกใส น้ำดื่มบรรจุขวดขาวขุ่น แบคทีเรียโคลิฟอร์ม ฟีคัลโคลิฟอร์ม *E. coli* จังหวัดกาญจนบุรี ประเทศไทย

Abstract

In this study, bacteriological qualities and some qualities in terms of pH, odour, appearance, label information (name of manufacturer and location of product), coliform bacteria, fecal coliform bacteria and *E. coli* of clear and opaque plastic bottled drinking water samples distributed in Kanchanaburi Province, Thailand, were investigated. The results showed that the pH values of the tested samples were in a range of 5.5-7.5. Complete label information with respect to the manufacturer, the manufacturing name and expired/manufacturing date appeared in 29 samples, while 18 samples did not show expired date/manufacturing date on their labels. Coliform bacteria and fecal coliform bacteria of the water samples was less than 1.8 MPN/100 mL and none of *E. coli* was found in all samples. However, one sample (Sample 1) of brand KO4 was found to have all types of indicator bacteria with 23, 2.0 and < 1.8 MPN/100 mL, respectively. One sample (Sample 6) of brand KO5 was contaminated with both coliform and fecal coliform bacteria for 49 and 6.1 MPN/100 mL, respectively, and no detection of *E. coli*. Indeed, assessment of bottled drinking

^{1,3} รองศาสตราจารย์, ภาควิชาจุลชีววิทยาและโครงการวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี

² นิสิตปริญญาโท, ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี

^{1,3} Associate Professor, Department of Microbiology and Environmental Science Program, Faculty of Science, Burapha University, Chon Buri Province

² Graduate Student Department of Microbiology, Faculty of Science, Burapha University, Chon Buri Province

* Corresponding author : E-mail: subunti@buu.ac.th

water samples distributed in Kanchanaburi Province, Thailand, based on some physical and microbiological standards for drinking water in sealed container set by Ministry of Public Health of Thailand revealed that the tested samples met the standard for 19 samples (40.42%) from 47 samples.

Keywords : Clear plastic bottled drinking water, Opaque plastic bottled drinking water, Coliform bacteria, Fecal coliform bacteria, *E. coli*, Kanchanaburi Province, Thailand

บทนำ

น้ำ หมายถึง ของเหลวชนิดหนึ่งที่เกิดจากไฮโดรเจน 2 อะตอม รวมกับออกซิเจน 1 อะตอม ซึ่งน้ำที่ดื่มจะต้องสะอาดบริสุทธิ์ ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส และไม่มีสี มีลักษณะที่ใสสะอาด¹ ในการผลิตน้ำเพื่อการบริโภคนั้นจำเป็นต้องคำนึงถึงความปลอดภัยและความปลอดภัยเป็นหลัก โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อสุขภาพอนามัยที่ดีของมนุษย์ ในการนำมาใช้ในด้านต่างๆ ดังนั้น น้ำที่ผลิตขึ้นจะต้องปราศจากตัวการต่างๆ ที่อาจจะทำให้เป็นโรค เช่น เชื้อโรค สารเคมีปนเปื้อน เป็นต้น (การผลิตน้ำสะอาดเพื่อการบริโภค) ลักษณะของน้ำที่ใช้ในการบริโภคต้องใส ปราศจากสี กลิ่น รส และต้องมีการทดสอบคุณภาพของน้ำดื่มทางจุลชีววิทยา เพื่อเป็นการทดสอบว่าน้ำดื่มสามารถนำมาบริโภคได้หรือไม่โดยที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ

การตรวจสอบคุณภาพน้ำดื่มทางจุลชีววิทยาได้รับความสนใจทั่วโลกเนื่องจากคุณภาพของน้ำดื่มมีผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน² รวมทั้งในประเทศไทยด้วยจึงต้องมีการตรวจสอบคุณภาพน้ำดื่มทั้งทางด้านกายภาพ ฟิสิกส์ เคมี และจุลชีววิทยา โดยเฉพาะอย่างยิ่งการตรวจสอบทางด้านจุลชีววิทยาของน้ำดื่มเป็นสิ่งสำคัญที่สุดเนื่องจากน้ำดื่มอาจมีการปนเปื้อนของน้ำดื่มด้วยจุลินทรีย์ก่อโรคโดยเฉพาะอย่างยิ่งแบคทีเรียซึ่งส่งผลให้เกิดโรคต่อผู้บริโภคได้ อาทิ เช่น ไข้ไทฟอยด์ (Typhoid fever) เกิดจาก *Salmonella typhi* โรคกระเพาะอาหารอักเสบ (Gastroenteritis) เกิดจาก Enteropathogenic *E. coli* และโรคบิดไม่มีตัว (Bacillary dysentery) เกิดจาก *Shigella* spp. เป็นต้น³ และแบคทีเรียกลุ่มหนึ่งที่ใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพของน้ำดื่มคือแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มและ *E. coli* โดยแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม เป็นกลุ่มของแบคทีเรียในวงศ์ Enterobacteriaceae ที่มีรูปร่างท่อนสั้น ติดสีแกรมลบ ไม่สร้างสปอร์ เป็นพวกที่ไม่ต้องการอากาศหรือ Facultative anaerobe สามารถหมักน้ำตาลแลคโตสให้เกิดกรดและแก๊สได้ภายใน 48 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส⁴ สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม ตามแหล่งที่มา คือ 1) เฟคัลโคลิฟอร์ม (Fecal coliforms) โดยปกติมักพบอยู่ในทางเดินอาหารสัตว์เลื้อยคลานและของคณ ถูกขับถ่ายออกมาจากอุจจาระ ได้แก่ *E. coli* บางสายพันธุ์เป็นสาเหตุของโรคทางเดินอาหาร ใช้เป็นดัชนีชี้แนะ

ถึงความปลอดภัยของน้ำ และ 2) นอนเฟคัลโคลิฟอร์ม (Non-Fecal coliforms) กลุ่มนี้อาศัยอยู่ในดินและพืช หรืออยู่ในผลิตภัณฑ์อาหารที่ไม่มีลักษณะในการผลิต มีอันตรายน้อยกว่ากลุ่มแรก ใช้เป็นแบคทีเรียชี้แนะถึงความปลอดภัยของน้ำได้เช่นกัน เช่น *Enterobacter aerogenes*

ดังนั้นถ้าหากตรวจสอบพบแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มในน้ำ แสดงว่าอาจมีการปนเปื้อนของอุจจาระซึ่งเป็นที่มาของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคอีกหลายชนิดตามมาตรฐานของน้ำ ด้วยเหตุนี้จึงมีการตรวจหาแบคทีเรียโคลิฟอร์มซึ่งสามารถตรวจนับได้หลายวิธีตามความเหมาะสมของตัวอย่างน้ำ วิธีที่ใช้ในมาตรฐานของประเทศไทยคือวิธีเอ็มพีเอ็น (Most probable number; MPN หรือวิธี Multiple tubes fermentation technique) วิธีนี้เหมาะสมกับการนับตัวอย่างน้ำที่มีจำนวนเชื้อน้อย

การตรวจโคลิฟอร์มแบคทีเรียด้วยวิธี MPN (Most probable number of coliform organisms) เป็นการวิเคราะห์ปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม โดยอาศัยความสามารถในการย่อยสลายอาหารให้เกิดก๊าซในหลอดทดลอง จากจำนวนของหลอดที่ให้ผลบวกของแต่ละการเจือจาง 3 ระดับ แล้วนำมาอ่านค่าในตารางดัชนี MPN (MPN index) ซึ่งจะบอกจำนวนของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มที่มีอยู่ในน้ำ 100 mL โดยค่าในตารางดัชนี MPN นี้เป็นค่าการวิเคราะห์ทางสถิติ ซึ่งจะเป็นการประมาณทางสถิติถึงปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มที่น่าจะตรวจพบได้ในน้ำ (Most Probable Number per 100 mL of sample) ซึ่งวิธีนี้เหมาะสำหรับตัวอย่างน้ำที่ขุ่น หรือน้ำเสียต่าง ๆ⁵ ในการตรวจสอบทางจุลชีววิทยาของน้ำดื่มเป็นสิ่งจำเป็น ซึ่งจะต้องกระทำอย่างสม่ำเสมอทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจว่าน้ำดื่มสามารถนำไปใช้บริโภคหรือดื่มได้โดยไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ ซึ่งกระทรวงสาธารณสุขได้กำหนดเกณฑ์มาตรฐานของน้ำที่จะนำมาใช้ดื่มได้โดยไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพจะต้องมีจำนวนของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม (Coliform bacteria) น้อยกว่า 1.8 MPN/100 mL และต้องไม่พบ *E. coli* ซึ่งวิธีในการตรวจหานิยมใช้วิธี Most Probable Number (MPN) วิธีการนี้สามารถนำไปใช้ในการหาปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มได้ในน้ำดื่ม น้ำผิวดินและน้ำทะเล รวม

ถึงน้ำเสียจากชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรม โดยวิธีนี้ปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มในน้ำตัวอย่างจะต้องมีค่าไม่เกิน 1,600 MPN/100mL ซึ่งถ้ามีปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มสูงมากกว่านี้ จะต้องทำการเจือจางน้ำตัวอย่างก่อนนำไปวิเคราะห์ เป็นการวิเคราะห์ปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม

ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้ดำเนินการเพื่อประเมินคุณภาพ คือ การตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง กลิ่น ลักษณะน้ำดื่มที่บรรจุภายในขวด ฉลาก (ชื่อบริษัทที่ผลิต สถานที่ผลิต และวันผลิตวันหมดอายุ) ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม และ *E. coli* ของน้ำดื่มบรรจุขวดที่จำหน่ายในจังหวัดกาญจนบุรี เพื่อให้มีข้อมูลนำมาสู่หน่วยงานที่รับผิดชอบในการดูแลและควบคุมมาตรฐานน้ำดื่มดังกล่าวต่อไป

วิธีการศึกษา

1. การจัดบันทึก

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำดื่มบรรจุขวดชนิดพร้อมดื่ม ซึ่งตัวอย่างน้ำดื่มทุกยี่ห้อเป็นน้ำดื่มบรรจุขวดที่จำหน่ายภายในจังหวัดกาญจนบุรี โดยเก็บน้ำดื่มบรรจุขวดทั้งหมดจำนวน 14 ยี่ห้อ จากนั้นทำการบันทึกคุณภาพบางประการของตัวอย่างน้ำดื่มบรรจุขวด ได้แก่ ยี่ห้อ รายละเอียดบนฉลาก (ชื่อบริษัท วันผลิต/หมดอายุ สถานที่ตั้ง) ลักษณะขวด ลักษณะน้ำ ลักษณะกลิ่น และค่าความเป็นกรด-ด่าง

2. การทดสอบแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม ฟีคัลโคลิฟอร์ม และ *E. coli* โดยวิธี Most Probable Number⁶

2.1 การทดสอบขั้นแรก (Presumptive test)

ปิเปตตัวอย่างลงในอาหาร Lauryl Tryptose broth (LST) 10 mL ที่มีความเข้มข้น 2 เท่า จำนวน 5 หลอด ๆ ละ 10 mL และปิเปตตัวอย่างลงในอาหาร LST 10 mL ที่มีความเข้มข้น 1 เท่า หลอด ๆ ละ 1 และ 0.1 mL อย่างละ 5 หลอด ตามลำดับ นำไปบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง เลือกลอด LST บวก (ขุ่นและมีก๊าซใน Durham tube) เพื่อนำไปทำ Confirmed test ของ โคลิฟอร์ม และ ฟีคัลโคลิฟอร์ม

2.2 การทดสอบขั้นยืนยัน (Confirmed test)

นำหลอด LST ที่ให้ผลบวกถ่ายเชื้อลงใน Brilliant Green Lactose Bile broth (BGLB) นำไปบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 24-48 ชั่วโมง (แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม) และนำหลอด LST ที่ให้ผลบวกถ่ายเชื้อลงใน *Escherichia coli* (EC) medium นำไปบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 45.5 องศาเซลเซียส ใน Water bath นาน 24-48 ชั่วโมง

(แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม) นับจำนวนหลอด BGLB ที่ให้ผลบวก (ขุ่นและมีก๊าซใน Durham tube) นำไปเทียบกับตาราง Most Probable Number (MPN) จะได้ค่า MPN Coliform/100 mL และนับจำนวนหลอด EC ที่ให้ผลบวก (ขุ่นและมีก๊าซใน Durham tube) นำไปเทียบกับตาราง MPN จะได้ค่า MPN Fecal coliform/100 mL

2.3 การทดสอบขั้นสมบูรณ์ (Completed test) ของ *E. coli*

นำหลอด BGLB และ/หรือ EC ที่ให้ผลบวกไปเลี้ยงบน Eosin Methylene Blue agar (EMB) บ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ลักษณะโคโลนีเฉพาะของ *E. coli* มีสีเขียวสะท้อนเงาโลหะ (Metallic sheen) และนำไปทดสอบยืนยันโดยใช้ IMViC test

3. วิธีการตรวจสอบทางชีวเคมี IMViC⁷

ทำการตรวจสอบคุณสมบัติทางชีวเคมีของแบคทีเรียจากข้อ 2.3 โดยทดสอบสมบัติทางชีวเคมี ได้แก่ Indole production test, Methyl red test (MR test), Voges-proskauer test (VP test) และ Citrate utilization test

3.1 Indole test

ถ่ายเชื้อที่ต้องการทดสอบลงไปใน 1 % Tryptone broth นำไปบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 24-48 ชั่วโมง หยด Kovac's reagent ลงไป 0.2-0.3 mL เขย่าหลอดทดลองเบา ๆ 2-3 ครั้ง สังเกตการเปลี่ยนสีที่ผิวของอาหาร อ่านผลเป็นบวกเมื่อเกิดวงสีแดงที่ผิวอาหาร

3.2 Methyl red test

ถ่ายเชื้อที่ต้องการทดสอบลงไปใน MR-VP broth นำไปบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 24-48 ชั่วโมง หยด Methyl red ลงไป 5 หยด สังเกตการเปลี่ยนสีของอาหารทันทีหลังจากหยด Indicator อ่านผลเป็นบวกเมื่ออาหารเปลี่ยนเป็นสีแดง

3.3 Voges-proskauer test

ถ่ายเชื้อที่ต้องการทดสอบลงไปใน MR-VP broth นำไปบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 24-48 ชั่วโมง หยด 5 % naphthol และ Creatine ลงไป 1-2 หยด เขย่า หยด 40% KOH ลงไป 2 หยด เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 10-15 นาที สังเกตการเปลี่ยนสีของอาหาร อ่านผลเป็นบวกเมื่ออาหารเปลี่ยนเป็นสีแดง

3.4 Citrate utilization test

ถ่ายเชื้อที่ต้องการทดสอบโดยการเชื่อมลงบนอาหาร Simmons' citrate agar นำไปบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 24-48 ชั่วโมง สังเกตการเปลี่ยน

สีของอาหาร และการเจริญของแบคทีเรีย อ่านผลเป็นบวกเมื่ออาหารเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำเงิน

ผลการศึกษา

จากตรวจสอบคุณภาพบางประการและลักษณะทางกายภาพทั้ง 6 ด้านของตัวอย่างน้ำดื่มบรรจุขวดที่จำหน่ายในจังหวัดกาญจนบุรี ประเทศไทย ผลการศึกษาตัวอย่างน้ำดื่มบรรจุขวดจำนวน 47 ตัวอย่าง พบว่า น้ำดื่มบรรจุขวดชนิด

พลาสติกใสและขวดขาวขุ่นระบุรายละเอียดของสถานที่ผลิต ชื่อบริษัท และวันผลิต/หมดอายุ บนฉลากของน้ำดื่มบรรจุขวดจำนวน 29 ยี่ห้อ และไม่ระบุวันผลิต/หมดอายุบนผลิตภัณฑ์จำนวน 18 ยี่ห้อ ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างน้ำดื่มบรรจุขวดชนิดพลาสติกใสและขวดขาวขุ่นพบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 5.5-7.5 และลักษณะสีและกลิ่นพบว่าในทุกตัวอย่างมีลักษณะใสและไม่มีการเปลี่ยนแปลง (Table 1)

Table 1 Some quality and physical assessment of clear plastic bottled drinking water distributed in Kamjanaburi Province, Thailand

Brand	Sample	Label information			Product from	Characteristic of container	Appearance	Odour	pH	Bottled drinking water quality standard ***
		Name of manufacturer	MFD. / EXP.**	Location of product						
Clear plastic bottled drinking water										
KC1	1	✓	✓	✓	Phra Nakhon Si Ayutthaya Province	Clear plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	7.50±0.00	Passed
	2	✓	✓	✓		Clear plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	7.50±0.00	Passed
	3	✓	✓	✓		Clear plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	7.50±0.00	Passed
KC2	1	✓	✓	✓	Chiang Mai Province	Clear plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	6.00±0.00	Not passed
	2	✓	✓	✓		Clear plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	6.00±0.00	Not passed
	3	✓	✓	✓		Clear plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	6.00±0.00	Not passed
KC3	1	✓	✓	✓	Bangkok	Clear plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	7.00±0.00	Passed
	2	✓	✓	✓		Clear plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	7.00±0.00	Passed
KC4	1	✓	✓	✓	Chonburi Province	Clear plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	5.50±0.00	Not passed
	2	✓	✓	✓		Clear plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	5.50±0.00	Not passed
KC5	1	✓	✓	✓	Nakhon Sawan Province	Clear plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	6.00±0.00	Not passed
	2	✓	✓	✓		Clear plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	6.00±0.00	Not passed
	3	✓	✓	✓		Clear plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	6.00±0.00	Not passed
	4	✓	✓	✓		Clear plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	6.00±0.00	Not passed
KC6	1	✓	✓	✓	Rayong Province	Clear plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	7.00±0.00	Passed
	2	✓	✓	✓		Clear plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	7.00±0.00	Passed
	3	✓	✓	✓		Clear plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	7.00±0.00	Passed
Opaque plastic bottled drinking water										
KO1	1	✓	-	✓	Karnjanaburi Province	Opaque plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	6.50±0.00	Passed
	2	✓	-	✓		Opaque plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	6.50±0.00	Passed
	3	✓	-	✓		Opaque plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	6.50±0.00	Passed
KO2	1	✓	-	✓	Karnjanaburi Province	Opaque plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	5.50±0.00	Not passed
	2	✓	-	✓		Opaque plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	5.50±0.00	Not passed
	3	✓	-	✓		Opaque plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	5.50±0.00	Not passed
KO3	1	✓	✓	✓	Karnjanaburi Province	Opaque plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	7.00±0.00	Passed
	2	✓	✓	✓		Opaque plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	7.00±0.00	Passed
	3	✓	✓	✓		Opaque plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	7.00±0.00	Passed

✓ ; Found, - ; Not found, MFD; Manufacturing date, EXP; Expired date

* **; The standard for bottled drinking water in sealed container set by Ministry of Public Health of Thailand is not determined

***; Notification of Ministry of Health, No. 61 (1981). The water for consumption in sealed container.

Table 1 Some quality and physical assessment of clear plastic bottled drinking water distributed in Kamjanaburi Province, Thailand (Cont.)

Brand	Sample	Label information			Product from	Characteristic of container	Appearance	Odour	pH	Bottled drinking water quality standard ***
		Name of manufacturer *	MFD. / EXP.**	Location of product						
Opaque plastic bottled drinking water										
KO4	1	✓	-	✓	Kamjanaburi Province	Opaque plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	7.00±0.00	Passed
	2	✓	-	✓		Opaque plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	7.00±0.00	Passed
	3	✓	-	✓		Opaque plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	7.00±0.00	Passed
KO5	1	✓	✓	✓	Kamjanaburi Province	Opaque plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	6.00±0.00	Passed
	2	✓	✓	✓		Opaque plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	6.00±0.00	Not passed
	3	✓	✓	✓		Opaque plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	6.00±0.00	Not passed
	4	✓	✓	✓		Opaque plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	6.00±0.00	Not passed
	5	✓	✓	✓		Opaque plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	6.00±0.00	Not passed
	6	✓	✓	✓		Opaque plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	6.00±0.00	Not passed
KO6	1	✓	-	✓	Ratchaburi Province	Opaque plastic with not scratch and few dent	Clear	Odourless	6.00±0.00	Not passed
	2	✓	-	✓		Opaque plastic with not scratch and few dent	Clear	Odourless	6.00±0.00	Not passed
	3	✓	-	✓		Opaque plastic with not scratch and few dent	Clear	Odourless	6.00±0.00	Not passed
	4	✓	-	✓		Opaque plastic with not scratch and few dent	Clear	Odourless	6.00±0.00	Not passed
	5	✓	-	✓		Opaque plastic with not scratch and few dent	Clear	Odourless	6.00±0.00	Not passed
	6	✓	-	✓		Opaque plastic with not scratch and few dent	Clear	Odourless	6.00±0.00	Not passed
KO7	1	✓	-	✓	Kamjanaburi Province	Opaque plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	7.00±0.00	Passed
	2	✓	-	✓		Opaque plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	7.00±0.00	Passed
	3	✓	-	✓		Opaque plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	7.00±0.00	Passed
KO8	1	✓	✓	✓	Kamjanaburi Province	Opaque plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	5.50±0.00	Not passed
	2	✓	✓	✓		Opaque plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	5.50±0.00	Not passed
	3	✓	✓	✓		Opaque plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	5.50±0.00	Not passed

✓; Found, - ; Not found, MFD; Manufacturing date, EXP; Expired date
*,**; The standard for bottled drinking water in sealed container set by Ministry of Public Health of Thailand is not determined
***; Notification of Ministry of Health, No. 61 (1981), The water for consumption in sealed container.

จากตรวจสอบการทดสอบแบบที่เรียกกลุ่มโคลิฟอร์ม และ *E. coli* โดยวิธี Most Probable Number (MPN) ของตัวอย่างน้ำดื่มบรรจุขวดชนิดพลาสติก
ใส่ที่จำหน่ายในจังหวัดกาญจนบุรี ประเทศไทย ผลการศึกษาตัวอย่างน้ำดื่มบรรจุขวดพบปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มมีค่าน้อยกว่า 1.8 MPN/100 mL
และไม่พบ *E. coli* ในทุกตัวอย่างที่ทำการศึกษาในครั้งนี้และผ่านมาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ยกเว้นตัวอย่างที่ 1 และตัวอย่างที่ 6 จากยี่ห้อ KO4 และ KO5 ตามลำดับ ที่พบ
การปนเปื้อนของแบคทีเรียที่ใช้น้ำดื่มนี้ในการทดสอบ (Table 2)

Table 2 Number of indicator bacteria in clear and opaque plastic bottled drinking water distributed in Kanchanaburi Province, Thailand

Brand	Product from	Sample	Coliform (MPN/100 mL)	Fecal coliform (MPN/100 mL)	E. coli (MPN/100 mL)	Bottled drinking water quality standard *
Clear plastic bottled drinking water						
KC1	Phra Nakhon Si Ayutthaya Province	1	<1.8	<1.8	-	Passed
		2	<1.8	<1.8	-	Passed
		3	<1.8	<1.8	-	Passed
KC2	Chiang Mai Province	1	<1.8	<1.8	-	Passed
		2	<1.8	<1.8	-	Passed
		3	<1.8	<1.8	-	Passed
KC3	Bangkok	1	<1.8	<1.8	-	Passed
		2	<1.8	<1.8	-	Passed
		3	<1.8	<1.8	-	Passed
KC4	Chonburi Province	1	<1.8	<1.8	-	Passed
		2	<1.8	<1.8	-	Passed
		3	<1.8	<1.8	-	Passed
KC5	Nakhon Sawan Province	1	<1.8	<1.8	-	Passed
		2	<1.8	<1.8	-	Passed
		3	<1.8	<1.8	-	Passed
KC6	Rayong Province	1	<1.8	<1.8	-	Passed
		2	<1.8	<1.8	-	Passed
		3	<1.8	<1.8	-	Passed
Opaque plastic bottled drinking water						
KO1	Kamjanaburi Province	1	<1.8	<1.8	-	Passed
		2	<1.8	<1.8	-	Passed
		3	<1.8	<1.8	-	Passed
KO2	Kamjanaburi Province	1	<1.8	<1.8	-	Passed
		2	<1.8	<1.8	-	Passed
		3	<1.8	<1.8	-	Passed
KO3	Kamjanaburi Province	1	>58	6.8	-	Passed
		2	<1.8	<1.8	-	Passed
		3	<1.8	<1.8	-	Passed
KO4	Kamjanaburi Province	1	23	2.0	<1.8	Not passed
		2	<1.8	<1.8	-	Passed
		3	<1.8	<1.8	-	Passed

- : Not found

* : Notification of Ministry of Health, No. 61 (1981). The water for consumption in sealed container.

Table 2 Number of indicator bacteria in clear and opaque plastic bottled drinking water distributed in Karnjanaburi Province, Thailand (Cont.)

Brand	Product from	Sample	Coliform (MPN/100 mL)	Fecal coliform (MPN/100 mL)	<i>E. coli</i> (MPN/100 mL)	Bottled drinking water quality standard *
<i>Opaque plastic bottled drinking water</i>						
KO5	Karnjanaburi Province	1	<1.8	<1.8	-	Passed
		2	<1.8	<1.8	-	Passed
		3	<1.8	<1.8	-	Passed
		4	<1.8	<1.8	-	Passed
		5	<1.8	<1.8	-	Passed
		6	49	6.1	-	Not passed
KO6	Ratchaburi Province	1	<1.8	<1.8	-	Passed
		2	<1.8	<1.8	-	Passed
		3	<1.8	<1.8	-	Passed
		4	<1.8	<1.8	-	Passed
		5	<1.8	<1.8	-	Passed
		6	<1.8	<1.8	-	Passed
KO7	Karnjanaburi Province	1	<1.8	<1.8	-	Passed
		2	<1.8	<1.8	-	Passed
		3	<1.8	<1.8	-	Passed
KO8	Karnjanaburi Province	1	<1.8	<1.8	-	Passed
		2	<1.8	<1.8	-	Passed
		3	<1.8	<1.8	-	Passed

- ; Not found

* ; Notification of Ministry of Health, No. 61 (1981), The water for consumption in sealed container.

อภิปรายผลการศึกษา

ตัวอย่างน้ำดื่มบรรจุขวดที่จำหน่ายในจังหวัดกาญจนบุรี ประเทศไทย เมื่อทำการเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุข ประเทศไทย (Table 3) พบว่าทุกยี่ห้อ มีการบรรจุละเอียดบนฉลาก ได้แก่ ชื่อบริษัทที่ผลิต สถานที่ผลิต วันผลิต-วันหมดอายุ ครบถ้วนตามมาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทโดยกระทรวงสาธารณสุข ประเทศไทย ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่าง พบว่าตัวอย่างน้ำดื่มบรรจุขวดเพียง 20 ตัวอย่าง จาก 47 ตัวอย่าง (42.55%) ผ่านมาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทของประเทศไทย น้ำที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างที่มีฤทธิ์เป็นกรดจะมีโปรตอนของไฮโดรเจนซึ่งเป็นประจุบวก (H^+) สูง ดังนั้นจึงทำให้น้ำมีคุณสมบัติเช่นเดียวกับอนุมูลอิสระทั่วไปในการแข่งขันเข้าจับกับอิเล็กตรอนจากเซลล์ใกล้เคียงส่งผลให้น้ำนี้ไม่ควรบริโภค ส่วนน้ำที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างที่มีฤทธิ์เป็นด่างจะมีอิเล็กตรอนที่เป็นประจุลบในปริมาณที่มากพอที่จะเข้าไปหยุดหรือยับยั้งปฏิกิริยาห่วงโซ่ของอนุมูลอิสระ รวมทั้งสามารถป้องกันการเกิดมะเร็ง¹ นอกจากนี้ยังพบว่า ตัวอย่างน้ำดื่มมีการปนเปื้อนของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มที่ผ่านมาตรฐานจำนวน 45 ตัวอย่างจากตัวอย่างทั้งหมด 47 ตัวอย่าง (95.74%) ดังนั้นเมื่อพิจารณาคุณภาพทั้งหมดในการศึกษาคครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่า ตัวอย่างที่ผ่านมาตรฐานเท่ากับ 19 ตัวอย่างจาก 47 ตัวอย่าง (40.43%)

จากการศึกษาคครั้งนี้พบว่า มีเพียง 2 ตัวอย่างเท่านั้น ที่มีตัวอย่างน้ำดื่มมีการปนเปื้อนของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม และแบคทีเรียกลุ่มฟิซิลโคลิฟอร์มเกินค่ามาตรฐานซึ่งสอดคล้องกับรายงานของสุบันทิต และคณะ⁸ ที่พบว่าทุกตัวอย่างน้ำดื่มในจังหวัดชลบุรีมีค่าแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มและแบคทีเรียกลุ่มฟิซิลโคลิฟอร์มที่ไม่เกินค่ามาตรฐาน รวมทั้งจากรายงานของหทัยทิพย์ และคณะ⁹ ที่กล่าวถึงตัวอย่างน้ำดื่มบรรจุขวดจากสาธารณรัฐประชาชนจีน สาธารณรัฐเกาหลี และสาธารณรัฐฝรั่งเศส ที่มีการปนเปื้อนของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มและแบคทีเรียกลุ่มฟิซิลโคลิฟอร์มไม่เกินค่ามาตรฐานเช่นกัน สาเหตุของน้ำดื่มบรรจุขวดที่มีความสะอาดทางจุลชีววิทยาตามมาตรฐานของประเทศไทยอาจจะเนื่องมาจากการกระบวนการผลิตน้ำดื่มบรรจุขวดที่เหมาะสมโดยกองพัฒนาคุณภาพผู้บริโภค สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุขกำหนดให้มีการเลือกใช้แหล่งน้ำที่สะอาด เช่น น้ำฝน น้ำประปา เป็นต้น และมีการปรับปรุงคุณภาพของน้ำตามขั้นตอนต่าง ๆ อย่างเหมาะสมตามแหล่งคุณภาพน้ำ สถานที่ผลิต เครื่องมืออุปกรณ์ และวิธีการผลิตต้องเป็นไปตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่ดีในการผลิตอาหาร นอกจากนี้ยังเน้น

ถึงสุขลักษณะที่ดีของคนงาน และประสิทธิภาพของเครื่องกรองน้ำ¹⁰ แต่อย่างไรก็ตามพบว่าน้ำดื่มบรรจุขวดในจังหวัดพิษณุโลกพบว่าน้ำดื่มบรรจุขวดขาวขุ่น พบว่าน้ำดื่มบรรจุขวดขาวขุ่นจำนวน 135 ตัวอย่าง ที่จำหน่ายในเขตเทศบาลนครพิษณุโลกที่รายงานโดย อนุพงศ์ เพ็ญศรี และปิยะดา ชีรวงศ์¹¹ ที่ทำการวิเคราะห์การปนเปื้อนทางด้านจุลชีววิทยา พบตัวอย่างน้ำดื่มมีการปนเปื้อนของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.9-4.0 MPN/100 mL และแบคทีเรียกลุ่มฟิซิลโคลิฟอร์มเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.9-4.6 MPN/100 mL หรือสรุปได้ว่าน้ำดื่มบรรจุขวดขาวขุ่นจำนวน 11 ยี่ห้อ (73%) ที่ผ่านตามาตรฐานน้ำดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท

นอกจากนั้นน้ำดื่มชนิดอื่น ๆ ที่มีจำหน่ายในประเทศไทยยังมีอีกหลายรูปแบบ ยกตัวอย่างเช่น น้ำดื่มจากถังขาวขนาดบรรจุ 20 ลิตร น้ำดื่มที่ผ่านเครื่องทำน้ำเย็น และน้ำดื่มจากเครื่องทำน้ำดื่มแบบเท้าเหยียบ พบว่าจากการศึกษาของอุษามาต จริยวานานุกุล¹² ได้ทำการตรวจสอบน้ำดื่มที่ใช้บริโภคภายในมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ได้แก่ น้ำดื่มจากถังขาวขนาดบรรจุ 20 ลิตร น้ำดื่มที่ผ่านเครื่องทำน้ำเย็น และน้ำดื่มจากเครื่องทำน้ำดื่มแบบเท้าเหยียบ พบว่าตัวอย่างจากน้ำดื่มจากทั้ง 3 แหล่งตรวจไม่พบแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม และ *E. coli* จากผลการทดลองดังกล่าวสามารถกล่าวได้ว่า น้ำดื่มจากทั้ง 3 แหล่งมีคุณภาพทางจุลชีววิทยาที่ดี

จากผลการทดลองในครั้งนี้จะพบว่าน้ำดื่มบรรจุขวดแบบพลาสติกใสได้มาตรฐานทางจุลินทรีย์มากกว่าน้ำดื่มบรรจุขวดขาวขุ่นเนื่องจากมีกระบวนการผลิตน้ำดื่มบรรจุขวดได้แก่การทำ Reverse Osmosis (R.O) การใช้แสงอัลตราไวโอเลต (หลอด U.V.) และใช้ระบบโอโซน (Ozone) นั้นน่าจะสามารถกำจัดแบคทีเรียที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำรวมทั้งในกระบวนการผลิต และจากการศึกษาจุลินทรีย์ที่เป็นดัชนีบ่งชี้ ซึ่งได้แก่แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มและ *E. coli* พบว่าน้ำดื่มบรรจุขวดน่าจะปราศจากเชื้อก่อโรคที่มีแหล่งมาจากการปนเปื้อนด้วยสิ่งขับถ่ายของมนุษย์และสัตว์เลือดอุ่น¹³ ยกตัวอย่างเช่น *Vibrio cholera* ก่อโรคอหิวาตกโรค (Cholera) *Shigella flexneri* หรือ *Shigella dysenteriae* ก่อโรคบิด (Bacillary Dysentery) และ *Samonella paratyphi* ก่อโรคไขรากสาดหรือไข้ไทฟอยด์ (Typhoid Fever) เป็นต้น¹⁴ จึงทำให้พบว่าน้ำดื่มเหล่านี้ปลอดภัยต่อการบริโภค¹⁵ โดยจากผลการศึกษาในครั้งนี้จะกล่าวได้ว่าโรงงานผลิตน้ำดื่มบรรจุขวดชนิดขวดพลาสติกใส น่าจะมีความเข้มงวดในการผลิตทั้งทางกระบวนการด้านการผลิตและสาธารณสุขของบุคคลากรจึงทำให้มีคุณภาพทางด้านจุลชีววิทยาที่มีมาตรฐาน¹⁶

จากการศึกษาค้นคว้าพบว่าคุณภาพทั้งหมดของน้ำดื่มบรรจุขวดที่ทำการทดสอบ ได้แก่ การตรวจวัดค่า ความเป็นกรด-ด่าง กลิ่น ลักษณะน้ำดื่มที่บรรจุภายในขวด ฉลาก (ชื่อบริษัทที่ผลิตและสถานที่ผลิต) ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม และ *E. coli* พบว่าน้ำดื่มบรรจุขวดทุกยี่ห้อผ่านมาตรฐานตามคุณสมบัติที่ได้ศึกษาทั้ง 6 ประการ ดังนั้นจากข้อมูลเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าคุณภาพน้ำดื่มบรรจุขวดชนิดพลาสติกใสและพลาสติกขุ่นที่จำหน่ายในจังหวัดกาญจนบุรีนั้นควรต้องมีการปรับปรุงคุณภาพโดยเฉพาะค่าความเป็นกรด-ด่างเพื่อความปลอดภัยต่อสุขภาพของผู้บริโภค รวมทั้งควรทำการตรวจสอบสิ่งปนเปื้อนชนิดอื่น ๆ เพิ่มเติมต่อไป

Table 3 Standard of tested parameters followed by Notification of Ministry of Health, No. 61 (1981), The water for consumption in sealed container.

Parameters	Standard
Name of manufacturer	Not determined
MFD. / EXP.	Not determined
Location of product	Determined
Appearance	Clear
Odour	Odourless
pH	6.5-8.5
Coliform	< 1.8 MPN/100 mL
Fecal coliform	Not determined
<i>E. coli</i>	Not found

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพาที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์และสถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- สมศักดิ์ วรคามิน. น้ำดื่มในอุดมคติ. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : สามเจริญพาณิชย์, 2549.
- Olaoya OA, Onilude AA. Assessment of microbiological quality of sachet-packaged drinking water in Western Nigeria and its public health significance. Public Health 2009;123:729-734.
- Ashbolt NJ. Microbial contamination of drinking water and disease outcomes in developing regions. Toxicology 2004;198:229-238.
- สุบัณฑิต นิมรัตน์. การจัดจำแนกแบคทีเรียแกรมลบรูปท่อนวงค์เอนเทอโรแบคทีเรียซีอี. พิมพ์ครั้งที่1.กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2552.
- กรรณิการ์ สิริสิงห์. การตรวจโคลิฟอร์มแบคทีเรีย. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก <http://www.assist-impact.net/index.php?mo=3&art=41987986> เมื่อวันที่ 8 สิงหาคม 2556.
- American Public Health Association, American Water Works Association & Water Environment Federation. Standard Methods for the Examination of water and Wastewater. (21th ed.). Washington DC: American Public Health Association, 2005.
- U. S. Food and Drug Administration. [Online]. 1998. [cited 23 Dec 2012]; Available from <http://www.fda.gov/Food/ScienceResearch/LaboratoryMethods/BacteriologicalAnalyticalManualBAM/ucm064948.htm>, Accessed August 8, 2013.
- สุบัณฑิต นิมรัตน์, หทัยทิพย์ บรรเจิดจรัสเลิศ และ วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย. การประเมินคุณภาพของน้ำดื่มบรรจุขวดชนิดพลาสติกใสที่จำหน่ายในจังหวัดชลบุรี. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม 2557:33(5);In press.
- หทัยทิพย์ บรรเจิดจรัสเลิศ, วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย และ สุบัณฑิต นิมรัตน์. การประเมินคุณภาพของน้ำดื่มบรรจุขวดที่ผลิตในสาธารณรัฐประชาชนจีน สาธารณรัฐเกาหลี และสาธารณรัฐฝรั่งเศส. วารสาร วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัย มหาสารคาม 2557:33(5); In press.
- กองพัฒนาศักยภาพผู้บริโภค สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข. 2545. เข้าถึงได้จาก <http://www1.fda.moph.go.th>, เมื่อวันที่ 8 สิงหาคม 2556.
- อนุพงศ์ เพ็ญศรี และ ปิยะดา วชิรวงศกร. (2555). คุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำดื่มบรรจุขวดขาวขุ่นที่วางจำหน่ายในเขตเทศบาลนครพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก. เข้าถึงได้จาก <http://science.psru.ac.th>, เมื่อวันที่ 8 สิงหาคม 2556.
- อุษามาส จริยวรรณกุล. รายงานการตรวจสอบคุณภาพน้ำดื่ม: กรณีศึกษามหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 2549;26(2):71-83.

13. Smith MK. Microbial contamination and removal from drinking water in the Terai region of Nepal. M.S. (Chemical Engineering), Massachusetts Institute of Technology, 2001.
14. ปราโมช เขียวชาญ. (2552). น้ำดื่มในสถานประกอบการ/โรงงานอุตสาหกรรม. เข้าถึงได้จาก <http://www.stou.ac.th>, เมื่อวันที่ 8 สิงหาคม 2556.
15. World Health Organization. *Guidelines for Drinking Water Quality, Vol. 1, Recommendations*. Geneva: WHO. 1993.
16. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 61 (พ.ศ.2524) เรื่อง น้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท.