

การประเมินความเสี่ยงจุลินทรีย์เชิงปริมาณของ
Total Coliform และ Fecal Coliform จากตู้กดน้ำดื่ม
ในมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
Quantitative Microbial Risk Assessment of Total Coliform
and Fecal Coliform from Drinking Water Dispenser in
Thammasat University, Rangsit Centre

ณัฐพงศ์ ยมสมิต และวรณี มังคละศิริ*

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

กาญจนา ช้างแก้ว

คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

จิตติ มังคละศิริ

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

Nattapong Yamasamit and Woranee Mungkalasiri*

Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Thammasat University,
Rangsit Centre, Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

Kanjana Changkaew

Faculty of Public Health, Thammasat University,
Rangsit Centre, Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

Jitti Mungkalasiri

National Metal and Materials Technology Center, National Science and
Technology Development Agency, Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ประเมินความเสี่ยงจุลินทรีย์เชิงปริมาณของ total coliform และ fecal coliform ในน้ำดื่มจากตู้กดน้ำดื่มในมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ซึ่งเป็นการประเมินความเสี่ยงทางชีวภาพ โดยใช้วิธีการ

ประเมินความเสี่ยงตามหลักการของคณะกรรมการโคเด็กซ์ (The Codex Alimentarius Commission, CAC) โดยวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำดื่มจากตู้กดน้ำดื่มภายในมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ บริเวณโรงอาหารและอาคารเรียนรวม (พื้นที่ที่ 1) และบริเวณหอพักนักศึกษา (พื้นที่ที่ 2) ผลการวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการด้วยวิธี multiple tube fermentation technique และการคำนวณตามสมการคณิตศาสตร์ พบว่าผู้ที่ดื่มน้ำจากตู้กดน้ำดื่มบริเวณโรงอาหารและอาคารเรียนรวม (พื้นที่ที่ 1) มีความน่าจะเป็นในการรับสัมผัสเชื้อ (P_E) และความน่าจะเป็นในการติดเชื้อ (P_I) ของ total coliform และ fecal coliform มากกว่าคนที่ดื่มน้ำจากตู้กดน้ำดื่มบริเวณหอพักนักศึกษา (พื้นที่ที่ 2) โดยความน่าจะเป็นในการรับสัมผัสเชื้อและค่าความน่าจะเป็นในการติดเชื้อ total coliform ของตู้กดน้ำทั้งหมด 0.3529 และ $3.69347E-05$ ตามลำดับ และความน่าจะเป็นในการรับสัมผัสเชื้อและค่าความน่าจะเป็นในการติดเชื้อ fecal coliform ของตู้กดน้ำทั้งหมด 0.1733 และ $2.01388E-06$ ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม สามารถลดความน่าจะเป็นในการรับสัมผัสเชื้อและความน่าจะเป็นในการติดเชื้อ total coliform และ fecal coliform ได้ด้วยการวางแผนในการทำความสะอาดระบบตู้กดน้ำ และทำที่ปิดหัวจ่ายน้ำเพื่อป้องกันการปนเปื้อนเชื้อบริเวณหัวจ่ายน้ำ

คำสำคัญ : การประเมินความเสี่ยงจุลินทรีย์เชิงปริมาณ; น้ำดื่ม; ตู้กดน้ำดื่ม; total coliform; fecal coliform

Abstract

This study investigated the quantitative risk assessment of total coliform and fecal coliform in drinking water from drinking water dispenser in Thammasat University, Rangsit Centre as a biological risk assessment. The risk assessment method recommended by The Codex Alimentarius Commission (CAC) was used in this study. The number of microorganisms contaminated in drinking water dispenser was conducted in Thammasat University, Rangsit Centre. The first area (1st area) was cafeteria and lecture buildings and the second area (2nd area) was dormitories. The results were analyzed by a multiple tube fermentation technique and calculated based on the mathematical equations. The results showed that water from the 1st area had a higher of probability of exposure (P_E) and probability of infection (P_I) with total coliform and fecal coliform than those of the 2nd area. The probabilities of exposure and probability of infection total coliform were 0.3529 and $3.69347E-05$, respectively. In addition, the probabilities of exposure and probability of infection fecal coliform were 0.1733 and $2.01388E-06$, respectively. Moreover, the probabilities of infection and exposure of total coliform and fecal coliform can be reduced by cleaning the water dispenser system and adding the dispenser's cover in order to prevent contamination in the dispenser.

Keywords: quantitative microbial risk assessment; drinking water; drinking water dispenser; total coliform; fecal coliform

1. บทนำ

ปัจจุบันมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต มีนักศึกษาและบุคลากรเป็นจำนวนมาก ขณะเดียวกันมหาวิทยาลัยจำเป็นต้องจัดสิ่งอำนวยความสะดวกเพื่อตอบสนองความต้องการของนักศึกษาและบุคลากร ได้แก่ อาคารเรียน หอพัก โรงอาหาร เป็นต้น นอกจากนี้มหาวิทยาลัยได้จัดให้มีตู้กดน้ำดื่มเพื่อให้บริการทุกคนที่เข้ามาในมหาวิทยาลัย โดยที่ตู้กดน้ำดื่มนี้จะใช้น้ำประปาเป็นแหล่งน้ำดิบเพื่อนำมาผลิตเป็นน้ำดื่มโดยวิธีการกรอง น้ำดื่มที่ได้นั้นตามมาตรฐานน้ำประปาดื่มได้กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข จะต้องตรวจไม่พบการปนเปื้อน total coliform และ fecal coliform [1] เนื่องจาก total coliform และ fecal coliform เป็นแบคทีเรียที่บ่งบอกถึงคุณภาพอาหารและน้ำดื่ม [2] สามารถพบในสิ่งแวดล้อม เป็นกลุ่มของแบคทีเรียทั้งก่อโรคและไม่ก่อโรคในระบบทางเดินอาหาร ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมลบ (Gram negative) รูปร่างแท่งไม่สร้างสปอร์ สามารถเจริญในที่ที่มีอากาศและไม่มีอากาศ สามารถย่อยน้ำตาลแลคโตส ให้กรดและแก๊สได้ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ภายใน 48 ชั่วโมง ส่วน fecal coliform จะถูกจำแนกออกจาก total coliform โดยอาหารเลี้ยงเชื้อ EC broth ซึ่งเป็นอาหารเฉพาะกลุ่มแบคทีเรีย โดยที่ fecal coliform จะสามารถเจริญเติบโตในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดนี้ให้แก๊สภายใน 48 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 44.5 องศาเซลเซียส [3,4] ซึ่งการที่น้ำดื่มมีการปนเปื้อน total coliform และ fecal coliform นั้นอาจมีแบคทีเรียที่ก่อโรคอื่น ๆ ปนเปื้อนร่วมด้วยเมื่อดื่มน้ำเข้าไปในร่างกายก็จะมีความเสี่ยงที่ทำให้เป็นโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินอาหาร และจากสถิติขององค์การอนามัยโลก (World Health Organization, WHO) พบว่าการเจ็บป่วยเป็นโรคจากการดื่มน้ำดื่มที่มีการปนเปื้อนแบคทีเรียของประชากรโลกปีละประมาณ 1,800 ล้านคน [5] โดยกลุ่มโรคที่

พบ เช่น โรคอุจจาระร่วง อหิวาตกโรค โดยที่โรคอุจจาระร่วงจะมีอาการแสดง คือ ปวดท้อง อาเจียน และมีอาการถ่ายอุจจาระเหลวเป็นน้ำร่วมด้วย ซึ่งโรคอุจจาระร่วงนั้นหากมีอาการรุนแรงก็เป็นสาเหตุที่ทำให้ผู้ป่วยเสียชีวิตได้ [6]

ดังนั้นการศึกษานี้จึงเลือกพื้นที่มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ซึ่งประกอบไปด้วยหอพัก อาคารเรียนรวม โรงอาหาร และโรงพยาบาล โดยส่วนใหญ่แล้วจะมีคนหมุนเวียนเข้ามาใช้บริการพื้นที่ในมหาวิทยาลัยเป็นจำนวนมาก น้ำที่ใช้ในการอุปโภคและบริโภคก็จะเป็นน้ำประปาและตู้กดน้ำที่ทางมหาวิทยาลัยหรือทางหอพักจัดไว้ให้ ด้วยเหตุผลเหล่านี้งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณทางจุลินทรีย์ในการรับสัมผัสแบคทีเรียกลุ่ม total coliform และ fecal coliform ที่ปนเปื้อนมากับน้ำดื่มที่กดจากตู้กดน้ำดื่มที่ตั้งอยู่ภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต รวมทั้งใช้เป็นข้อมูลในการตรวจสอบคุณภาพของน้ำดื่มจากตู้กดน้ำภายในมหาวิทยาลัยด้วย



Figure 1 Drinking water dispenser in Thammasat University, Rangsit Centre

2. วิธีการวิจัย

การประเมินความเสี่ยงจุลินทรีย์เชิงปริมาณจะต้องใช้ข้อมูลปริมาณการปนเปื้อนจุลินทรีย์ในตัวอย่างน้ำดื่มและนำข้อมูลปริมาณการปนเปื้อนที่ได้ไปวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อไป โดยขั้นตอนการศึกษามีดังนี้

2.1 ดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำดื่มจากตู้กดน้ำดื่มสาธารณะที่ตั้งอยู่ในมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต บริเวณโรงอาหาร อาคารเรียนรวม และหอพักทั้งหมด 17 ตู้ โดยตู้กดน้ำดื่มนั้นมีลักษณะเป็นตู้สแตนเลสและทำความสะอาดภายในตัว ดังแสดงในรูปที่ 1

2.2 ดำเนินการตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการโดยตรวจหาการปนเปื้อนแบคทีเรียกลุ่ม total coliform และ fecal coliform โดยใช้วิธีการตรวจวิเคราะห์ด้วยวิธี multiple tube fermentation technique รายงานเป็นค่า MPN (most probable number) [4,7] ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐานในการตรวจวิเคราะห์หาการปนเปื้อน total coliform และ fecal coliform ที่ปนเปื้อนในตัวอย่างอาหารและน้ำดื่ม

2.3 ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลองทางห้องปฏิบัติการด้วยวิธีการประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณของเชื้อแบคทีเรียกลุ่ม total coliform และ fecal coliform ตามที่คณะกรรมการโคเด็กซ์ให้คำแนะนำไว้ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน [8] คือ

2.3.1 การระบุอันตราย จุลินทรีย์ก่อโรคที่ใช้ในการศึกษานี้ คือ แบคทีเรียกลุ่ม total coliform

และ fecal coliform เป็นขั้นตอนในการทบทวนและยืนยันการเจ็บป่วยที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย และเป็นขั้นตอนที่ทำความเข้าใจถึงจำนวนเชื้อที่มีการเจริญเพิ่มจำนวนหรือถูกทำลายทำให้เชื้อมีจำนวนลดลง

2.3.2 การอธิบายอันตราย เป็นการประเมินความน่าจะเป็นหรือจำนวนผู้ป่วยที่ต่อเนื่องจากการสัมผัสแบคทีเรียที่ศึกษาโดยอาศัยข้อมูลจากการประเมินการรับสัมผัสเชื้อ (d) โดยขั้นตอนนี้จะอาศัยแบบจำลองทวีคูณ (exponential model) ซึ่งเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ที่อธิบายการก่อโรคหรือความน่าจะเป็นในการเจ็บป่วยดังสมการ

$$P_i = 1 - \exp(-rd) \quad (1)$$

2.3.3 การประเมินการสัมผัส ขั้นตอนนี้จะอาศัยความสัมพันธ์ของข้อมูล 2 ส่วน คือ ค่าความชุก (P) และค่าความเข้มข้นของแบคทีเรีย (c) เพื่อที่จะหาความน่าจะเป็นในการในการสัมผัสแบคทีเรียในน้ำดื่umdังสมการ

$$P_E = P (1 - e^{-mc}) \quad (2)$$

2.3.4 การอธิบายความเสี่ยง จะใช้ค่าความน่าจะเป็นของการติดเชื้อแบคทีเรีย (P_i) และค่าความน่าจะเป็นในการสัมผัสแบคทีเรีย (P_E) มาหาความสัมพันธ์โดยใช้สมการ

$$R = P_i \times P_E \quad (3)$$

โดยรายละเอียดของตัวแปรต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 1

Table 1 Symbols, descriptions and equations for risk assessment calculations

Symbols	Descriptions	Equations
P_i	Probability of illness	$P_i = 1 - \exp(-rd)$
r	Parameter in Exponential model	0.0000005 or 0.01
d	Dose (MPN/d)	$d = c \times m$
m	Consumption of drinking water (mL/d)	856.97
P_E	Probability of exposure	$P_E = P (1 - e^{-mc})$
R	Risk of illness form microbial infections	$R = P_i \times P_E$

3. ผลการวิจัย

การเก็บตัวอย่างน้ำจากตู้กดน้ำดื่มภายในมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต บริเวณโรงอาหารและอาคารเรียนรวม (พื้นที่ที่ 1 : A1-A8) และหอพักนักศึกษา (พื้นที่ที่ 2 : B1-B9) พบว่าจากตู้กดน้ำทั้งสิ้นจำนวน 17 ตู้ ผลการตรวจวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 2 โดยภาพรวมการตรวจวิเคราะห์พบการปนเปื้อนของแบคทีเรียกลุ่ม total coliform ทั้งหมด 6 ตู้ คิดเป็นร้อยละ 35.29 เมื่อนำข้อมูลจากการตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการมาคำนวณตามสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อประเมินความเสี่ยงทางจุลชีววิทยาของการรับสัมผัสแบคทีเรียที่ปนเปื้อนมากับน้ำดื่มจากตู้กดน้ำดื่ม พบว่าค่าความเข้มข้นของแบคทีเรีย (c) กลุ่ม total coliform 0.029 MPN/มิลลิลิตร ปริมาณการบริโภคน้ำดื่ม (m) 856.97 มิลลิลิตร/คน/วัน [10] เมื่อแทนค่าลงในสมการที่ (1) จะได้ค่าความน่าจะเป็นในการติดแบคทีเรีย (P_i) $3.69347E-05$ และแทนค่าลงในสมการที่ (3) จะได้ค่าความน่าจะเป็นในการรับสัมผัสแบคทีเรีย (P_E) 0.3529 เมื่อนำข้อมูลเหล่านี้มาแทนค่าในสมการที่ (4) จะได้ค่าความเสี่ยงในการเจ็บป่วยจากการรับสัมผัสแบคทีเรีย (R) กลุ่ม total coliform $1.30343E-05$ ในกลุ่มบุคคลที่มีร่างกายที่แข็งแรง (healthy) สำหรับกลุ่มบุคคลที่มีปัญหาด้านสุขภาพ (immunocompromised) ค่าความน่าจะเป็นในการติดเชื้อแบคทีเรีย (P_i) 0.5223 ค่าความน่าจะเป็นในการรับสัมผัสแบคทีเรีย (P_E) 0.3529 และค่าความเสี่ยงในการเจ็บป่วยจากการรับสัมผัสแบคทีเรีย total coliform (R) 0.184 ดังรายละเอียดในตารางที่ 3

นอกจากนี้ยังตรวจพบการปนเปื้อนของแบคทีเรียกลุ่ม fecal coliform ทั้งหมด 3 ตู้ จากน้ำตัวอย่างทั้งหมด 17 ตู้ คิดเป็นร้อยละ 17.65 เมื่อนำข้อมูลจากการตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการมาคำนวณตามสมการทางคณิตศาสตร์เพิ่มประเมินความ

เสี่ยงทางจุลชีววิทยาของการรับสัมผัสแบคทีเรียที่ปนเปื้อนมากับน้ำดื่มจากตู้กดน้ำดื่ม พบว่าค่าความเข้มข้นของแบคทีเรีย (c) กลุ่ม fecal coliform เฉลี่ย 0.0047 MPN/มิลลิลิตร ปริมาณการบริโภคน้ำดื่ม (m) 856.97 มิลลิลิตร/คน/วัน [10] เมื่อแทนค่าลงในสมการที่ (1) จะได้ค่าความน่าจะเป็นในการติดแบคทีเรีย (P_i) $2.01388E-06$ และแทนค่าลงในสมการ

Table 2 Total coliform and fecal coliform contamination in drinking water from drinking water dispenser in Thammasat University, Rang Centre

Samples	Total coliform (MPN/100 mL)	Fecal coliform (MPN/100 mL)
A1	17	4
A2	< 1.8	< 1.8
A3	< 1.8	< 1.8
A4	< 1.8	< 1.8
A5	4.5	2
A6	< 1.8	< 1.8
A7	2	2
A8	< 1.8	< 1.8
B1	< 1.8	< 1.8
B2	< 1.8	< 1.8
B3	< 1.8	< 1.8
B4	< 1.8	< 1.8
B5	13	< 1.8
B6	< 1.8	< 1.8
B7	< 1.8	< 1.8
B8	110	< 1.8
B9	2	< 1.8

Table 3 Probabilities of illness (P_i) and Risk (R) of total coliform and fecal coliform in drinking water from drinking water dispenser in Thammasat University, Rangsit Centre

Parameters	Healthy			Immunocompromised		
	P_i	P_E	R	P_i	P_E	R
Total coliform	3.69347E-05	0.3529	1.30343E-05	0.5223	0.3529	0.184
Fecal coliform	2.01388E-06	0.1734	3.49117E-07	0.0395	0.1734	0.0068

Table 4 Probability of illness (P_i) separated by drinking water dispenser area in Thammasat University, Rangsit Centre

Areas	Healthy (d^{-1})		Immunocompromised (d^{-1})	
	Total coliform	Fecal coliform	Total coliform	Fecal coliform
1 st Area	1.2426E-05	4.28484E-06	0.22	0.082
2 nd Area	5.85722E-05	Non-contaminated	0.69	Non-contaminated

ที่ (3) จะได้ค่าความน่าจะเป็นในการรับสัมผัสแบคทีเรีย (P_E) 0.1734 และแทนค่าในสมการที่ 4 จะได้ค่าความเสี่ยงในการเจ็บป่วยจากการรับสัมผัสแบคทีเรียกลุ่ม fecal coliform (R) 3.49117E-07 ในกลุ่มบุคคลที่มีร่างกายที่แข็งแรง (healthy) แต่สำหรับกลุ่มบุคคลที่มีปัญหาด้านสุขภาพ (immunocompromised) ค่าความน่าจะเป็นในการติดแบคทีเรีย (P_i) จะมีค่า 0.0395 ค่าความน่าจะเป็นในการรับสัมผัสแบคทีเรีย (P_E) มีค่า 0.1734 และค่าความเสี่ยงในการเจ็บป่วยจากการรับสัมผัสเชื้อ fecal coliform (R) 0.0068 ดังแสดงในตารางที่ 3

หากพิจารณาแยกตามตำแหน่งที่ตั้งของตู้กดน้ำ โดยแบ่งเป็น 2 พื้นที่ คือ พื้นที่ที่ 1 ตู้กดน้ำดื่มบริเวณโรงอาหารและอาคารเรียนรวม และพื้นที่ที่ 2 ตู้กดน้ำดื่มบริเวณหอพัก เมื่อนำผลการตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการมาคำนวณเพื่อหาความเสี่ยง พบว่าในกลุ่มบุคคลที่มีร่างกายแข็งแรง (healthy) พื้นที่ที่ 1 (1st area) มีค่าความน่าจะเป็นในการติดแบคทีเรีย (P_i)

1.2426E-05 ดังแสดงในตารางที่ 4 ค่าความน่าจะเป็นในการรับสัมผัสแบคทีเรีย (P_E) 0.375 และค่าความเสี่ยงในการเจ็บป่วยจากการรับสัมผัสเชื้อแบคทีเรียกลุ่ม total coliform (R) 4.659575E-06 ดังแสดงในตารางที่ 5 จากค่าความเสี่ยงนี้แสดงให้เห็นว่ามีโอกาสที่ประชากร 100,000 คน จะเจ็บป่วยอันเนื่องจากการดื่มน้ำที่ปนเปื้อน total coliform 5 คน และพื้นที่ที่ 2 (2nd area) มีค่าความน่าจะเป็นในการติดเชื้อแบคทีเรีย (P_i) 5.85722E-05 ดังแสดงในตารางที่ 4 ค่าความน่าจะเป็นในการรับสัมผัสแบคทีเรีย (P_E) 0.333 และค่าความเสี่ยงในการเจ็บป่วยจากการรับสัมผัสแบคทีเรียกลุ่ม total coliform (R) 1.95221E-05 ดังแสดงในตารางที่ 4 จากค่าความเสี่ยงนี้แสดงให้เห็นว่ามีโอกาสที่ประชากร 10,000 คน จะเจ็บป่วยเนื่องจากการดื่มน้ำที่ปนเปื้อน total coliform 2 คน นอกจากนี้สำหรับกลุ่มบุคคลที่มีปัญหาด้านสุขภาพ (immunocompromised) ซึ่งดื่มน้ำในพื้นที่ที่ 1 (1st area) จะมีค่าความน่าจะเป็นในการติดเชื้อแบคทีเรีย (P_i) 0.22 ดัง

แสดงในตารางที่ 4 ค่าความน่าจะเป็นในการรับสัมผัสแบคทีเรีย (P_E) 0.375 และค่าความเสี่ยงในการเจ็บป่วยจากการรับสัมผัสแบคทีเรียกลุ่ม total coliform (R) 0.0825 ดังแสดงในตารางที่ 5 ผลของความเสี่ยงนี้แสดงให้เห็นว่ากลุ่มบุคคลที่มีปัญหาด้านสุขภาพนั้นจะมีโอกาสเกิดการเจ็บป่วยจากการดื่มน้ำที่ปนเปื้อนแบคทีเรียกลุ่ม total coliform ได้สูงคิดเป็นร้อยละ 8 และพื้นที่ที่ 2 (2^{nd} area) จะมีค่าความน่าจะเป็นในการติดเชื้อแบคทีเรีย (P_i) 0.69 ดังแสดงในตารางที่ 3 ค่าความน่าจะเป็นในการรับสัมผัสแบคทีเรีย (P_E) 0.375 และค่าความเสี่ยงในการเจ็บป่วยจากการรับสัมผัสแบคทีเรียกลุ่ม total coliform (R) 0.23 ดังแสดงในตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่ากลุ่มบุคคลที่มีปัญหาด้านสุขภาพนั้นจะมีโอกาสเกิดการเจ็บป่วยได้สูงมากคิดเป็นร้อยละ 23

นอกจากนี้การตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการยังพบการปนเปื้อนของแบคทีเรียกลุ่ม fecal coliform แยกตามตำแหน่งที่ตั้งของตู้กดน้ำ จากตัวอย่างน้ำดื่มที่เก็บมาจากพื้นที่ที่ 1 (1^{st} area) พบการปนเปื้อนของแบคทีเรียกลุ่ม fecal coliform คิดเป็นร้อยละ 37.5 เมื่อนำข้อมูลมาคำนวณตามสมการทาง

คณิตศาสตร์เพื่อประเมินความเสี่ยงจุลินทรีย์เชิงปริมาณในกลุ่มบุคคลที่มีร่างกายที่แข็งแรง (healthy) จะมีค่าความน่าจะเป็นในการติดเชื้อแบคทีเรีย (P_i) $4.28484E-06$ (ตารางที่ 4) ค่าความน่าจะเป็นในการรับสัมผัสแบคทีเรีย (P_E) 0.375 และค่าความเสี่ยงในการเจ็บป่วยจากการรับสัมผัสแบคทีเรียกลุ่ม fecal coliform (R) $1.60651E-06$ (ตารางที่ 5) ค่าความเสี่ยงนี้แสดงให้เห็นว่ามีโอกาสที่ประชากร 100,000 คน จะเจ็บป่วยเนื่องจากการดื่มน้ำที่ปนเปื้อน fecal coliform 2 คน นอกจากนี้ในกลุ่มบุคคลที่มีปัญหาด้านสุขภาพ (immunocompromised) ค่าความน่าจะเป็นในการติดเชื้อแบคทีเรีย (P_i) 0.0821 (ตารางที่ 4) ค่าความน่าจะเป็นในการรับสัมผัสแบคทีเรีย (P_E) 0.0375 และค่าความเสี่ยงในการเจ็บป่วยจากการรับสัมผัสแบคทีเรียกลุ่ม fecal coliform (R) 0.0308 (ตารางที่ 5) แสดงให้เห็นว่าในกลุ่มบุคคลที่มีปัญหาด้านสุขภาพนั้นจะมีโอกาสเกิดการเจ็บป่วยจากการดื่มน้ำที่ปนเปื้อนแบคทีเรีย fecal coliform ได้สูง คิดเป็นร้อยละ 3 ขณะที่น้ำตัวอย่างที่เก็บจากหอพักตรวจพื้นที่ที่ 2 (2^{nd} area) ไม่พบการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียกลุ่ม fecal coliform

Table 5 The risk of illness from microbial infections (R) separated by drinking water dispenser area in Thammasat University, Rangsit Centre

Areas	Healthy (d^{-1})		Immunocompromised (d^{-1})	
	Total coliform	Fecal coliform	Total coliform	Fecal coliform
1^{st} Area	$4.659575E-06$	$1.60651E-06$	0.0825	0.0308
2^{nd} Area	$1.95221E-05$	Non-contaminated	0.23	Non-contaminated

4. สรุปและข้อเสนอแนะ

ข้อมูลผลการวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการและการคำนวณค่าความเสี่ยงตามสมการทางคณิตศาสตร์จะพบว่าคนที่มีความแข็งแรงและมีปัญหาทาง

สุขภาพที่ดื่มน้ำจากตู้กดน้ำภายในมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต มีความเสี่ยงในการเจ็บป่วยเนื่องจากการรับสัมผัสและติดเชื้อแบคทีเรียกลุ่ม total coliform และ fecal coliform จากตู้กดน้ำที่ตั้ง

บริเวณโรงอาหารและอาคารเรียนรวม (พื้นที่ที่ 1) มากกว่าการเติมน้ำจากตู้กดน้ำบริเวณหอพักนักศึกษา (พื้นที่ที่ 2) และเมื่อนำผลการทดลองในงานวิจัยนี้มาเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นที่ศึกษาถึงคุณภาพของน้ำดื่มที่มาจากตู้กดน้ำดื่มที่มีลักษณะเช่นเดียวกันนั้น พบว่าการปนเปื้อนของน้ำดื่มที่มาจากตู้กดน้ำดื่มในมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต นั้นพบการปนเปื้อน total coliform ร้อยละ 35.29 ซึ่งน้อยกว่าน้ำดื่มจากเครื่องกรองน้ำในมหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี ที่พบการปนเปื้อน total coliform ถึงร้อยละ 56.25 [11] อย่างไรก็ตาม น้ำดื่มจากตู้กดน้ำดื่มในมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต จะพบร้อยละของจำนวนตู้ที่มีการปนเปื้อน total coliform มากกว่าตู้กดน้ำดื่มแบบหยอดเหรียญในเขตภาคกลาง ซึ่งพบการปนเปื้อน total coliform เพียงร้อยละ 21.6 [12] ทั้งนี้การปนเปื้อนของน้ำดื่มที่มาจากตู้กดน้ำดื่มในมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต อาจเกิดจากบริเวณที่ตั้งตู้กดน้ำดื่มของโรงอาหารและอาคารเรียนรวมนั้น ตั้งอยู่บริเวณทางเดินใกล้กับที่ทิ้งขยะและเศษอาหาร รวมทั้งมีผู้ที่มาใช้บริการมากกว่าตู้กดน้ำบริเวณหอพัก ซึ่งการปนเปื้อนนี้อาจมาจากการใช้มือสัมผัสบริเวณหัวจ่ายน้ำ และทำให้เกิดการสะสมของแบคทีเรียบริเวณหัวจ่ายน้ำนั้น นอกจากการสัมผัสบริเวณที่จ่ายน้ำแล้ว บริเวณที่ตั้งของตู้กดน้ำเป็นสถานที่เปิดเมื่อมีการเดินผ่านของผู้มาใช้บริการ หรือเกิดลมพัดพาเอาฝุ่นดินที่มีการปนเปื้อนของแบคทีเรียไปสัมผัสบริเวณที่จ่ายน้ำก็จะทำให้เกิดการปนเปื้อนได้เช่นกัน ดังนั้นมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ควรมีการจัดทำโครงการติดตาม เฝ้าระวัง และประเมินคุณภาพน้ำดื่มจากจุดบริการน้ำดื่มอย่างสม่ำเสมอ เพื่อที่จะทราบถึงประสิทธิภาพและความสะอาดของระบบผลิตน้ำดื่มภายในมหาวิทยาลัย

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ประเภททุนวิจัยทั่วไป ประจำปีงบประมาณ 2561

6. References

- [1] Department of Health, 2010, Notification of Department of Health on Standard of Drinking Water Quality, Ministry of Public Health, Nonthaburi.
- [2] Joshua, S.G., Asye, E. and John, M.C., 2014, Coliform bacteria as indicators of diarrheal risk in household drinking water: Systematic review and meta- analysis, PLoS ONE 9: e107429.
- [3] Maphayao, P., 2011, Evaluation of quality and environmental condition of water vending machine in Khlong Sam Wa district, Bangkok metropolitan, Master Thesis, Burapha University, Chonburi, 149 p.
- [4] Eugene, W. R., Rodger, B. B., Andrew, D. E. and Lenore, S. C., 2012, Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 22th Ed., American Public Health Association, Washington, DC.
- [5] Kanjanasombat, H., 2015, Summary of the Annual Disease Surveillance Report 2014, Bureau of Epidemiology, Department of Disease Control, Ministry of Public Health, Nonthaburi. (in Thai)
- [6] Nuanualsuwan, S. , 2009, Food Safety, Tironnasarn Co. Ltd., Bangkok, 713 p. (in

- Thai)
- [7] Robert, B. , 2010, BAM Appendix 2: Most Probable Number from Serial Dilutions, Available Source: <https://www.fda.gov/food/foodscienceresearch/laboratorymethods/ucm109656.htm>, December 11, 2018.
- [8] Charles, N.H, Joan, B.R. and Charles, P.G., 2014, Quantitative Microbial Risk Assessment, 2nd Ed., John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, 440 p.
- [9] Rachel, C. , Dara, P. , Mark, G.H., Owen, F. and Enda C. , 2017, A quantitative microbial risk assessment model for total Coliforms and *E. coli* in surface runoff following application of biosolids to grassland, Environ. Pollut. 224: 739-750.
- [10] National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards, Average Food Consumption Statistics of Thai People Over 3 Years Old, Available Source: <http://consumption.acfs.go.th>, December 17, 2017. (in Thai)
- [11] Sajjai, P., Chamroon, C. and Seeamphan, Y. , 2015, Study on Safety Situation of Watexr Consumption from Water Strainer in Bangkokthomburi University, Available Source: http://bkkthon.ac.th/home/user_files/department/department-24/files/11-57.pdf, December 17, 2017. (in Thai)
- [12] Ladapan, S., Kanya, P., Piyamas, C. and Kannika, C. , 2015, Risk assessment of drinking water vending machines in the central region and support for determination quality control standards, Bull. Depart. Med. Sci. 57: 22-36. (in Thai)