

คุณภาพน้ำฝนทางด้านจุลินทรีย์ และโลหะหนัก ในหมู่บ้านจังหวัดขอนแก่น

จรรยา ชมวารินทร์*
วันเพ็ญ วิโรจน์ภูมิ**
พัชรี หอวิจิตร**

* ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
** ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Rainwater quality with pathogen and heavy metals from villages in Khon Kaen

Abstract

Rainwater seems to be the most viable solution to provide acceptable quality drinking water in rural area. Thus, the quality of rainwater samples collected from a collecting system (roof and gutter), storage containers (both outdoor and indoor) were evaluated both bacteriologically and chemically for contamination. The bacteriological contamination was investigated by using indicator organisms and pathogen isolation. The source of bacteriological contamination was indicated employing the ratio of fecal coliform to fecal streptococci (FC:FS). The chemical contamination was evaluated by analysing heavy metal concentration. Furthermore, the information on sanitary practices was also investigated.

The result of samples collected from collecting system and storage containers was worse than the drinking water quality standard expressed in terms of total bacterial count, total coliform, fecal coliform, and *E.coli* which were approximately 60-91%, 34-78%, 43-78%, and 10-33% above the permitted standards respectively. The samples collected from roof and gutter had FC:FS ratios of less than 1 in about 79-84%, of case, indicating the major source of contamination was animal, whereas the samples collected from in-house containers had FC:FS ratios of less than 1 and greater than 4 in about 39% and 47% of cases respectively, indicating the contaminating sources were both animal and human but that human was the major source. The main contamination by humans was caused by insanitary practices on water handing and usage by the villagers.

Pathogenic contamination was found in approximately 0.6% of samples collected and was identified as *Salmonella* gr.E. and gr.C, *Vibrio parahaemolyticus* and *Aeromonas* sp. The heavy metal concentrations which were investigated consisted of Cd, Cr, Pb, Cu, Fe, Mn, and Zn. They were taken from various sampling points and compared favourably with WHO drinking water standards with two exceptions, Mn and Zn. However, Mn and Zn are considered to affect the aesthetic quality of drinking water only and were therefore not significant to health.

The conclusion of this study is that the health risk evolving from the consumption of stored rainwater would be due to bacteriological contamination rather than heavy metal contamination.

The recommendation for improving rainwater quality is that the villagers themselves have to improve the hygienic conditions of their immediate surroundings and the most important factor is their sanitary practices.

บทคัดย่อ

น้ำฝนดูเหมือนจะเป็นสิ่งที่ยอมรับว่าแก้ปัญหาได้ดีที่สุดในการที่จะนำมาเป็นน้ำดื่มในหมู่บ้าน ดังนั้น การศึกษาคุณภาพน้ำฝนจากจุดเก็บต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ คือ หลังคาและรางน้ำ, ภาชนะบรรจุน้ำฝน (ทั้งภายนอกและภายในบ้าน) ได้ถูกศึกษาทั้งในแง่แบคทีเรียและสารเคมีที่ปนเปื้อน การประเมินคุณภาพทางด้านแบคทีเรียศึกษาทั้งในด้านแบคทีเรียที่เป็นดัชนีและแบคทีเรียก่อโรค รวมทั้งการตรวจหาแหล่งที่มาของการปนเปื้อนทำโดยดูจากอัตราส่วนของฟีคัลโคลิฟอร์มต่อฟีคัลสเตรปโตคอคโคไค (FC:FS) ส่วนการตรวจหาการปนเปื้อนของสารเคมีทำโดยวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารโลหะหนัก นอกจากนี้ยังได้ตรวจหาข้อมูลทางด้านการปฏิบัติทางสุขาภิบาลของชาวบ้านด้วย

ผลจากการตรวจคุณภาพน้ำทางแบคทีเรียตามจุดเก็บต่าง ๆ ดังกล่าวมาแล้ว โดยตรวจหา จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด จำนวนโคลิฟอร์ม จำนวนฟีคัลโคลิฟอร์ม และ *E.coli* ผลปรากฏว่า เชื้อดังกล่าวไม่ได้มาตรฐานโดยมีค่าระหว่าง 60-90%, 34-78%, 43-78% และ 10-33% ตามลำดับ ตัวอย่างน้ำที่เก็บจากหลังคาและรางน้ำมีอัตราส่วนของฟีคัลโคลิฟอร์มต่อฟีคัลสเตรปโตคอคโคไค น้อยกว่า 1 อยู่ 79-84% ซึ่งให้เห็นว่าแหล่งการปนเปื้อนส่วนใหญ่มาจากสัตว์ ขณะที่ตัวอย่างน้ำที่เก็บภายในบ้านมีค่าฟีคัลโคลิฟอร์มต่อฟีคัลสเตรปโตคอคโคไค น้อยกว่า 1 อยู่ 39% และมากกว่า 4 อยู่ 47% ตามลำดับ ผลนี้ชี้ให้เห็นว่ามีการปนเปื้อนจากทั้งคนและสัตว์แต่ส่วนใหญ่จะมาจากคน การปนเปื้อนที่มาจากคนเกิดจากการปฏิบัติที่ไม่ถูกหลักสุขาภิบาลของชาวบ้านทั้งในแง่การจับถือและการใช้น้ำ

การปนเปื้อนของแบคทีเรียที่ก่อโรคพบได้ 0.6% ของจำนวนตัวอย่างน้ำที่ทำการสำรวจ เชื้อที่พบคือ *Salmonella* gr E และ gr C, *Vibrio parahaemolyticus* และ *Aeromonas*. ส่วนโลหะหนักที่ทำการตรวจมีแคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ตะกั่ว (Pb), ทองแดง (Cu), เหล็ก (Fe), มังกานีส (Mn) และสังกะสี (Zn) ปรากฏว่ามีเพียงมังกานีสและสังกะสีที่เกินมาตรฐานที่องค์การอนามัยโลกกำหนด อย่างไรก็ตาม ทั้งมังกานีสและสังกะสีมีผลต่อความสวยงามทางกายภาพของน้ำมากกว่าจะมีผลต่อสุขภาพอย่างมีนัยสำคัญ

สรุปว่าคุณภาพของน้ำฝนที่ใช้ดื่มมีผลต่อสุขภาพเนื่องจากการปนเปื้อนของแบคทีเรียมากกว่าการปนเปื้อน

ของโลหะหนัก และข้อเสนอแนะก็คือชาวบ้านต้องปรับปรุงการปฏิบัติทางสุขาภิบาลและอนามัยส่วนบุคคลให้ถูกต้องรวมถึงปรับปรุงสิ่งแวดล้อมอื่นรอบ ๆ บ้านให้ถูกสุขลักษณะด้วย

บทนำ

น้ำดื่มถือว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญของมนุษย์ในการดำรงชีพ น้ำฝนมักนิยมใช้ดื่มในหมู่บ้านเนื่องจากไม่เสียค่าใช้จ่ายใด ๆ และมักจะปลอดภัยโดยเฉพาะในหมู่บ้านที่น้ำประปาไปไม่ถึง อย่างไรก็ตามน้ำฝนที่ชาวบ้านดื่มอาจปนเปื้อนด้วยเชื้อโรคและสารโลหะหนักจากสิ่งแวดล้อม เช่น หลังคาที่ไม่สะอาด ภาชนะถังเก็บน้ำไม่ดีพอ หรือการปฏิบัติทางสุขาภิบาลของชาวบ้านยังไม่ถูกต้อง ดังนั้น การศึกษาคุณภาพของน้ำฝนในแง่เชื้อก่อโรคและสารโลหะหนักที่ปนเปื้อนซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพจึงสมควรได้รับการศึกษาถึงสาเหตุและปัจจัยรวมถึงการปรับปรุงแก้ไขเพื่อยกระดับความสะอาดของน้ำดื่มเพื่อความปลอดภัยของชาวบ้านให้ดียิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์

การศึกษารั้วนี้ต้องการสำรวจคุณภาพของน้ำฝนที่ใช้ดื่มในหมู่บ้าน เพื่อประโยชน์ต่อสุขภาพของชาวบ้านโดยมีวัตถุประสงค์หลักดังต่อไปนี้

- 1) ประเมินคุณภาพน้ำฝนทางด้านจุลินทรีย์ โดยตรวจหาจุลินทรีย์ที่เป็นดัชนีและจุลินทรีย์ก่อโรคบางชนิดโดยเฉพาะเชื้อก่อโรคระบบทางเดินอาหาร
- 2) ประเมินคุณภาพน้ำฝนทางด้านโลหะหนัก โดยตรวจดูความเข้มข้นว่าอยู่ในมาตรฐานหรือไม่
- 3) ตรวจหาแหล่งที่มาของการปนเปื้อนในน้ำฝนว่ามาจากสาเหตุใด โดยเก็บตัวอย่างน้ำฝนที่ตำแหน่งต่าง ๆ กัน เช่น จากฝนที่ตกลงมาโดยตรง น้ำฝนที่ผ่านหลังคา, น้ำฝนที่กักเก็บภายนอกบ้านหรือน้ำฝนที่กักเก็บในภาชนะบรรจุน้ำในบ้าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งสังเกตและตรวจดูถึงการปฏิบัติทางสุขาภิบาลว่ามีผลต่อการปนเปื้อนของน้ำหรือไม่ด้วย
- 4) ปรับปรุงและให้คำแนะนำกับชาวบ้านเพื่อลดระดับการปนเปื้อนทั้งทางด้านจุลินทรีย์และโลหะหนักในน้ำฝนเพื่อให้คุณภาพน้ำฝนอยู่ในมาตรฐานเหมาะสมแก่การบริโภค

วิธีการ

1) สถานที่เก็บตัวอย่าง

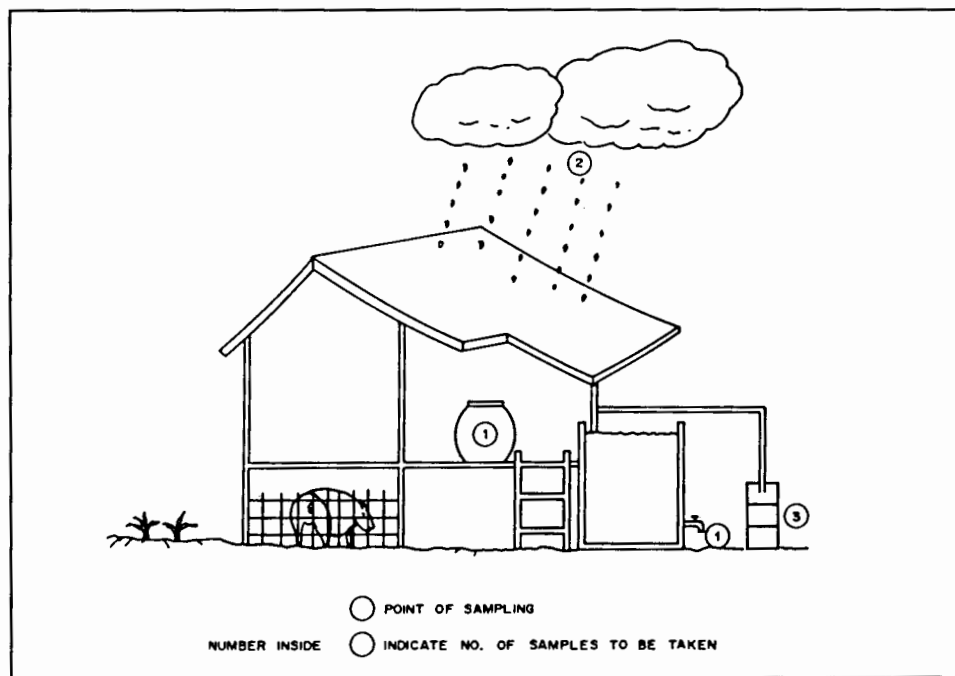
ตัวอย่างถูกเก็บจาก 3 หมู่บ้าน ในจังหวัดขอนแก่น คือ บ้านโคกพันโพ, บ้านแดงน้อย และบ้านโนนทัน ซึ่งแต่ละหมู่บ้านจะสุ่มเก็บตัวอย่างประมาณหมู่บ้านละ 6-7 หลังคาเรือน ทั้งสามหมู่บ้านนี้อยู่ไม่ไกลจากมหาวิทยาลัยขอนแก่นและอยู่ในระยะ 5 กิโลเมตร จากสถานีอนามัย

2) การเก็บตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างน้ำในแต่ละหมู่บ้านทำด้วยกันหลายจุดและภาชนะที่ใช้บรรจุน้ำมีหลายแบบดังนี้ ภาชนะที่บรรจุน้ำนอกบ้านอาจเป็นถังคอนกรีตหรือโอ่งปูนขนาดใหญ่

ใหญ่ก็ได้เก็บตัวอย่างน้ำฝนจากภาชนะดังกล่าวหมู่บ้านละประมาณ 6 ตัวอย่าง (จากถังคอนกรีต 3 ตัวอย่าง และโอ่งปูนขนาดใหญ่ 3 ตัวอย่าง) ยกตัวอย่างในแต่ละบ้านที่คัดเลือกแล้วจะเก็บน้ำฝนจากจุดต่าง ๆ ประมาณ 5 ตัวอย่าง (ดังรูปที่ 1) โดยแบ่งเป็นจากหลังคา และรางน้ำ 3 ตัวอย่าง, จากภาชนะบรรจุน้ำนอกบ้าน (ถังคอนกรีตหรือโอ่งปูน) 1 ตัวอย่าง และ จากภาชนะบรรจุน้ำภายในบ้าน 1 ตัวอย่าง นอกจากนั้นนอกบ้านยังเก็บน้ำฝนกลางแจ้งอีก 2 ตัวอย่างด้วย

การเก็บตัวอย่างน้ำฝนทำดังในรูปที่ 1 จุดที่ทำการเก็บตัวอย่าง และจำนวนตัวอย่างที่เก็บสรุปดังตารางที่ 1



รูปที่ 1 จุดที่ทำการเก็บตัวอย่างน้ำ

ตารางที่ 1 จุดที่ทำการเก็บตัวอย่างและจำนวนตัวอย่างที่เก็บ

จุดเก็บตัวอย่าง	บ้านโลกพันโปง	บ้านแดงน้อย	บ้านโนนทัน
หลังคาและรางน้ำ¹			
ส่วนกัน	7	6	6
ส่วนกลาง	7	6	6
ส่วนบน	7	6	6
ภาชนะบรรจุน้ำนอกบ้าน			
ถังใหญ่ (Tank) ²	3	3	3
โถ่งใหญ่ (Jar) ³	4	3	3
ภาชนะบรรจุน้ำในบ้าน	3	6	1

1. น้ำฝนจากหลังคาและรางน้ำถูกเก็บโดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า เครื่องมือเก็บอัตโนมัติ (automatic sampler) ซึ่งเป็นภาชนะรูปทรงกระบอก สามารถเก็บน้ำใน 3 ระดับ คือ ส่วนกัน, กลาง และบน น้ำฝนที่ตกเริ่มแรกจะอยู่ในส่วนกันของภาชนะ และหลังจากที่ฝนตกไปแล้ว 2-3 นาที จะเป็นส่วนกลางและส่วนบนตามลำดับ

2. ถังใหญ่ คือ ถังซีเมนต์ (cement tank) ขนาด 10-12 ลูกบาศก์เมตร

3. โถ่งใหญ่ คือ โถ่งปูนขนาดใหญ่ (mortar jar) ขนาด 2 ลูกบาศก์เมตร

การเก็บตัวอย่างน้ำฝนทำโดยใช้เครื่องมือ และหลักการในการเก็บดังต่อไปนี้

1) น้ำฝนจากบรรยากาศ : เก็บโดยใช้เครื่องมือจากกลุ่มนักวิจัยที่สร้างขึ้น โดยให้เจ้าของบ้านทำหน้าที่เก็บตัวอย่างเมื่อฝนตก เจ้าของบ้านจะได้รับการอบรมจากกลุ่มนักวิจัยก่อน อย่างไรก็ตามผลที่ได้ออกมาหลายตัวอย่างบ่งชี้ถึงการปนเปื้อนซึ่งมาจากการเก็บที่ไม่ถูกวิธี ดังนั้นข้อมูลส่วนนี้จึงยากต่อการสรุปได้

2) น้ำฝนจากหลังคาและรางน้ำ : เก็บตัวอย่างน้ำฝนโดยใช้เครื่องมืออัตโนมัติรูปทรงกระบอก ซึ่งจะแบ่งน้ำฝนออกเป็น 3 ระดับ ตามเวลาที่ฝนตก

3) ภาชนะบรรจุน้ำฝนนอกบ้าน : เป็นถังซีเมนต์และโถ่งปูนดังได้กล่าวมาแล้วมีการจำกัดถึงอายุของภาชนะบรรจุว่าใช้งานมาแล้วไม่เกิน 2 ปี

4) ภาชนะบรรจุน้ำฝนในบ้าน : น้ำฝนจากถังนอกบ้านจะถูกนำมาเก็บไว้ดื่มในโถ่งเล็กในบ้าน ซึ่งส่วน

ใหญ่จะเป็นโถ่งดินเหนียว การปนเปื้อนอาจมาจากสิ่งแวดล้อมภายนอกบ้านก่อนนำน้ำเข้ามาเก็บในบ้านหรืออาจเกิดจากการปฏิบัติทางสุขาภิบาลของเจ้าของบ้านในระหว่างที่นำน้ำจากนอกบ้านเข้ามาเก็บไว้ดื่มในบ้านก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งของการปนเปื้อนที่ซ้ำเติมในภายหลัง

3) การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

3.1) การวิเคราะห์ทางด้านจุลินทรีย์และเชื้อก่อโรค (1-4, 6)

จุลินทรีย์ที่นิยมตรวจหาเพื่อบ่งบอกถึงความปลอดภัยของน้ำ ได้แก่ กลุ่มแบคทีเรียต่อไปนี้

Total bacterial count

Total coliform

Fecal coliform

Escherichia coli

Fecal Streptococci

แบคทีเรียก่อโรคที่พบได้ในน้ำ มักก่อโรคที่

เกี่ยวกับโรคระบบทางเดินอาหารแต่ไม่นิยมตรวจหาเพราะแบคทีเรียก่อโรคมักไม่ทนต่อสภาพแวดล้อมและตายเร็วในน้ำรวมถึงขั้นตอนตรวจหาก็ค่อนข้างยุ่งยาก แบคทีเรียพวกนี้ได้แก่ เชื้อ *Shigella*, *Salmonella*, *Vibrio*, *Aeromonas* เป็นต้น แต่ในการวิจัยครั้งนี้ได้ตรวจแบคทีเรียก่อโรคด้วย

3.2) การวิเคราะห์หาสารโลหะหนัก (1, 4, 8)

สารที่ตรวจ คือ โครเมียม (Cr), แคดเมียม (Cd), ตะกั่ว (Pb), ทองแดง (Cu), เหล็ก (Fe), แมงกานีส (Mn) และสังกะสี (Zn)

4) การปฏิบัติทางสุขาภิบาล (Sanitary practices)
การศึกษาการปฏิบัติทางสุขาภิบาลของชาวบ้านจะศึกษาข้อมูลในหัวข้อต่อไปนี้

1. ลักษณะของบ้าน (household structure)
2. แหล่งน้ำที่ใช้ดื่ม (drinking water resources)
3. ลักษณะของระบบกักเก็บน้ำไว้ใช้ (characteristics of collection system)
4. ภาชนะที่ใช้บรรจุน้ำ (characteristics of storage containers)
5. การจับถือ และการปฏิบัติเมื่อใช้น้ำ (water handling and usage practices)
6. การปฏิบัติทางด้านความสะอาด (cleaning practices)
7. การกำจัดสิ่งปฏิกูล (Solid waste disposal)
8. ลักษณะทางอนามัยส่วนบุคคล (personal hygiene)

ข้อมูลดังกล่าวได้จากแบบสอบถามและการสังเกตของผู้ทำการวิจัยที่ใช้เวลาประมาณ 1 อาทิตย์ในการอาศัยอยู่ที่หมู่บ้านที่ทำการสำรวจ ระยะเวลาที่ทำการวิจัยประมาณ 2 ปี

ผลและวิจารณ์ผล

1) คุณภาพของน้ำฝนทางด้านแบคทีเรียที่ใช้เป็นดัชนีของการปนเปื้อน (7)

มาตรฐานของคุณภาพน้ำดื่มตามที่ WHO (1971) และประกาศกระทรวงสาธารณสุขกำหนดคือ

1) จำนวนแบคทีเรียที่มีชีวิตทั้งหมด (total plate count) ต้องไม่เกิน 500 โคโลนีต่อ 1 มิลลิลิตร

2) แบคทีเรียโคลิฟอร์มมีได้ไม่เกิน 2.2 เซลล์ต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร

3) ต้องไม่พบ *E.coli* เลย

ผลการวิเคราะห์น้ำฝน ณ จุดเก็บตัวอย่างต่างๆ เปรียบเทียบกับมาตรฐานเป็นไปตามตารางที่ 2

จากผลการวิเคราะห์พบว่าน้ำฝนจากจุดต่าง ๆ ที่เก็บตัวอย่างมีคุณภาพทางด้านแบคทีเรียไม่ได้มาตรฐานในเปอร์เซ็นต์สูงคือ จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด, จำนวนโคลิฟอร์ม, จำนวนฟิคัลโคลิฟอร์ม จำนวน *E.coli* อยู่ในช่วง 60-91%, 34-78, 43-78% และ 10-33% ตามลำดับ เป็นที่น่าสังเกตว่าน้ำฝนที่ได้จากการเก็บตัวอย่างน้ำฝนในบ้านมีการปนเปื้อนของเชื้อกลุ่ม โคลิฟอร์ม, ฟิคัลโคลิฟอร์ม และ *E.coli* ในเปอร์เซ็นต์สูงสุดแสดงว่าน้ำฝนในบ้านมีโอกาสปนเปื้อนเชื้อที่พบในระบบทางเดินอาหารสูงสูดนั้นหมายความว่า มีโอกาสปนเปื้อนจากอุจจาระสูงสูดเช่นกัน

สรุปคุณภาพน้ำฝนทางด้านแบคทีเรียที่ใช้เป็นดัชนีของการปนเปื้อนพบว่าน้ำฝนในจุดที่ไม่ได้มาตรฐานเรียงตามลำดับจากมากไปหาน้อย คือน้ำฝนจากภาชนะภายในบ้าน, หลังคาและรางน้ำ, น้ำฝนจากถังนอกบ้าน

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำฝนทางด้านแบคทีเรียจากจุดเก็บตัวอย่างต่าง ๆ กัน

จุดที่เก็บตัวอย่าง	จำนวน ตัวอย่าง ทั้งหมด	เปอร์เซ็นต์ของจำนวนตัวอย่างทั้งหมด							
		จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด		จำนวนโคลิฟอร์มทั้งหมด		จำนวนฟิคัลโคลิฟอร์ม		<i>E.coli</i>	
		อยู่ใน มาตรฐาน	ไม่ได้ มาตรฐาน	อยู่ใน มาตรฐาน	ไม่ได้ มาตรฐาน	อยู่ใน มาตรฐาน	ไม่ได้ มาตรฐาน	ไม่พบ	พบ
หลังคาและรางน้ำ	416	9	91	42	58	42	58	90	10
ภาชนะบรรจุน้ำนอกบ้าน (tank and jar)	189	40	60	66	34	57	43	88	12
ภาชนะบรรจุน้ำในบ้าน	100	12	88	22	78	22	78	67	33

2) ที่มาของการปนเปื้อนของแบคทีเรีย (Route of bacteriological contamination)

ที่มาของการปนเปื้อนของแบคทีเรียพบที่เกิดจาก 2 ทางหลัก คือ

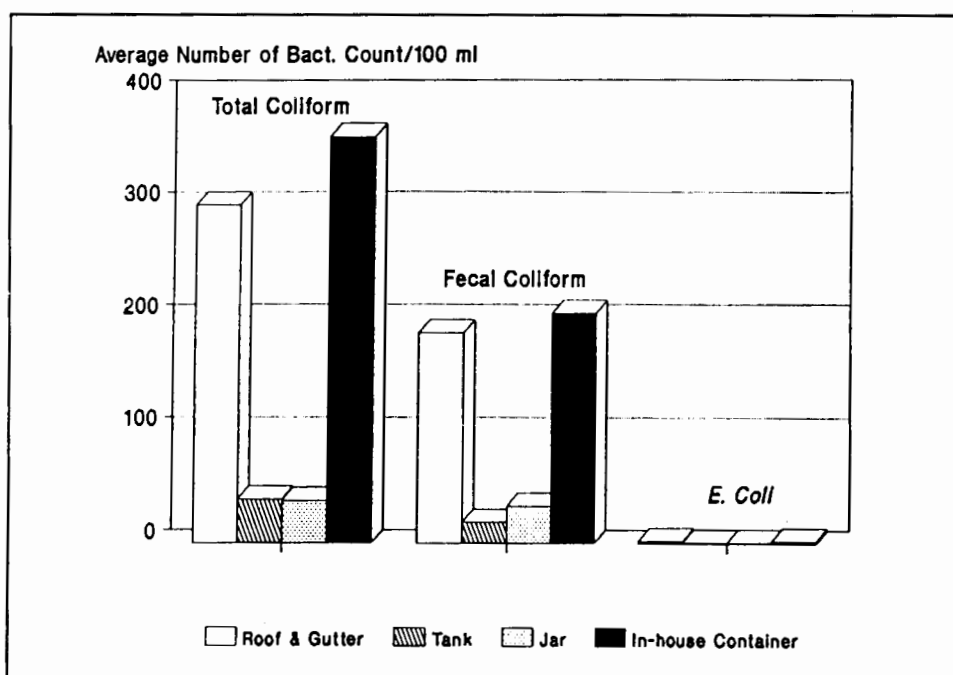
1) ปนเปื้อนจากหลังคาและรางน้ำโดยตรง เพราะน้ำฝนจะไหลตรงจากหลังคาและรางน้ำลงสู่ถังเก็บนอกร้านก่อนการนำไปใช้ดื่ม

2) ปนเปื้อนระหว่างหรือ/และหลังการย้ายนํ้านอกร้านไปในบ้าน ซึ่งจัดว่าเป็น water handling route จากถังเก็บนอกร้านไปสู่ในบ้านก่อนการนำน้ำไปใช้ดื่ม ซึ่งขั้นตอนของน้ำฝนจากหลังคาลงถังเก็บนอกร้านจะเป็นเช่นเดียวกับข้อ 1

คุณภาพน้ำฝนในการปนเปื้อนของแบคทีเรียที่ใช้เป็นดัชนี (coliform) จากทั้งสองทางเป็นไปดังรูปที่ 2 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการปนเปื้อนในทางที่ 1 มาจากหลังคาและรางน้ำหลังจากน้ำฝนเก็บพักในถังบรรจุน้ำฝนนอกร้านจำนวนเชื้อลดลงเนื่องจากเชื้อตาย และตกลงกันดัง ดังนั้นเมื่อเก็บตัวอย่างน้ำฝนจากภาชนะนอกร้าน จำนวนเชื้อจึงลดลง แต่เมื่อตรวจคุณภาพน้ำฝนจากภาชนะเก็บภายในบ้านพบว่าจำนวนเชื้อเพิ่มมากขึ้นกว่าเริ่มต้นที่ได้จากหลังคาและรางน้ำ แสดงให้เห็นว่าการปนเปื้อนเกิดขึ้นระหว่าง

หรือ/และหลังการย้ายน้ำจากถังนอกร้านไปเก็บภายในบ้าน หรือที่เรียกว่าเกิดเนื่องจาก water handling route และอาจรวมถึงภาชนะที่เก็บภายในบ้านไม่สะอาดด้วย

3) แหล่งของการปนเปื้อนของแบคทีเรีย (Source of bacteriological contamination) การหาแหล่งที่มาของการปนเปื้อนสามารถหาได้จากอัตราส่วนของปริมาณ fecal coliform (FC) ต่อ fecal streptococci (FC:FS) ถ้าน้ำปนเปื้อนจากการขับถ่ายของมนุษย์ ค่า FC:FS จะมากกว่า 2 แต่ถ้าปนเปื้อนจากมูลสัตว์ ค่า FC:FS จะน้อยกว่า 1 แต่ถ้าปนเปื้อนทั้งที่ระหว่างมูลมนุษย์และสัตว์ ค่าจะอยู่ระหว่าง 1-2 (1, 4, 8-9) ผลของ FC:FS จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าน้ำฝนจากหลังคาและรางน้ำและที่เก็บจากภาชนะบรรจุนอกร้าน คือถังปูน จะมีค่า FC:FS น้อยกว่า 1 อยู่ในเปอร์เซ็นต์สูงมากคือ 79% และ 84% ตามลำดับ แสดงว่ามีการปนเปื้อนของมูลสัตว์มากกว่ามูลมนุษย์ในขณะที่น้ำฝนที่เก็บอยู่ในบ้านมีค่า FC:FS สูงกว่า 4 อยู่ถึง 47% และมากกว่า 2 อยู่ถึง 54% (7% + 47%) และพบว่ามีค่า FC:FS น้อยกว่า 1 อยู่เพียง 39% แสดงให้เห็นว่าน้ำฝนภายในบ้านมีการปนเปื้อนจากทั้งสิ่งขับถ่ายจากมนุษย์และสัตว์ แต่จะปนเปื้อนจากสิ่งขับถ่ายของมนุษย์



รูปที่ 2 คุณภาพของน้ำฝนที่ชี้ให้เห็นว่าการปนเปื้อนเกิดจาก water handling route ระหว่างหรือหลังย้ายน้ำมาเก็บในบ้านโดยใช้แบคทีเรียดัชนีเป็นตัวบ่งชี้

ตารางที่ 3 อัตราส่วนของเชื้อ Fecal coliform : Fecal streptococci (FC:FS) จากจุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดต่าง ๆ

จุดเก็บตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์ของจำนวน FC:FS			
		>4	>2	1-2	<1
หลังคาและรางน้ำ	405	8	4	9	79
ภาชนะบรรจุน้ำนอกบ้าน					
ถังใหญ่	92	8	4	8	80
โอ่งใหญ่	95	9	3	4	84
ภาชนะบรรจุน้ำในบ้าน	100	47	7	7	39

มากกว่าสัตว์ ผลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าน้ำฝนในบ้านมีการปนเปื้อนเนื่องจากการปฏิบัติในการย้ายน้ำและการใช้น้ำไม่ถูกสุขลักษณะเป็นเหตุผลหลัก (unhygienic water handling and usage practices)

4) การปนเปื้อนของเชื้อก่อโรค (Pathogenic contamination)

จากตารางที่ 4 จะเห็นว่ามิเชือกก่อโรคปนเปื้อนพบจากทั้งน้ำฝนจากหลังคาและรางน้ำ, น้ำฝนจากถังปูนซีเมนต์ (tank) และน้ำฝนที่เก็บในบ้าน เชื้อที่พบเกี่ยวข้องกับการทำให้เกิดโรคอุจจาระร่วง เชื้อ *Salmonella* ทำให้เกิดโรคได้หลายอย่างนอกจากทำให้เกิดโรคอุจจาระร่วงแล้ว สามารถทำให้เกิดโรคโลหิตเป็นพิษ (Septicemia), ไข้ไทฟอยด์และพาราไทฟอยด์ได้ (บางครั้งเรียกว่า Enteric fever) *Salmonella* ทั้ง group E และ group C อาศัยอยู่ในสัตว์หลายชนิด (2,5) ดังนั้น น่าจะชี้ให้เห็นว่าน้ำฝนจากหลังคาและรางน้ำ และน้ำฝนที่เก็บในถังนอกบ้านมีการปนเปื้อนจากอุจจาระสัตว์ซึ่งผลก็สอดคล้องกับค่า FC:FS ดังที่กล่าวมาแล้ว ส่วนเชื้อ *Vibrio parahaemolyticus* ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษพบได้บ่อยในอาหารทะเล (2,5) และมีการระบาดได้ตลอดปีโดยเฉพาะหน้าร้อน เชื้อพบได้จากน้ำในบ้านแสดงถึงสุขอนามัยส่วน

บุคคลไม่ดีพอ *Aeromonas sp.* เป็นเชื้อที่พบได้ในดิน, น้ำ และสัตว์เลื้อยคลาน เป็นต้น ก่อให้เกิดอุจจาระร่วงได้ การพบเชื้อนี้ในถังเก็บน้ำนอกบ้านแสดงว่าถังเก็บน้ำไม่สะอาด หรือมีการปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อมภายนอก อย่างไรก็ตามเชื้อที่ก่อโรคทางเดินอาหารโดยตรงพบเพียง 0.6% ของตัวอย่างที่ตรวจ

จากการพบเชื้อดังกล่าวทั้งที่เป็นดัชนีและเชื้อก่อโรค จึงมีข้อเสนอแนะชาวบ้านในการลดการปนเปื้อนของเชื้อคือ

- 1) ไม่ควรเก็บน้ำฝนทันทีที่มีฝนตก ควรรอให้ฝนตกไประยะหนึ่งก่อนเพื่อชะล้างฝุ่นละอองและสิ่งปฏิกูลที่อยู่บนหลังคาออกไปก่อน
- 2) ทำความสะอาดภาชนะที่ใช้เก็บน้ำก่อนทำการเก็บน้ำ
- 3) ควรมีการปฏิบัติทางสุขาภิบาลที่ถูกสุขลักษณะทั้งเมื่อมีการใช้น้ำหรือเคลื่อนย้ายน้ำจากนอกบ้านมาเก็บในบ้าน และเมื่อเวลาจะดื่มน้ำมาดื่มเพื่อป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อ
- 4) ใส่สารฆ่าเชื้อ (disinfectant) ลงในน้ำฝนที่เก็บเมื่อจำเป็น

ตารางที่ 4 การปนเปื้อนของเชื้อก่อโรคในน้ำที่เก็บจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดต่าง ๆ

จุดเก็บตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่าง ที่ปนเปื้อน เชื้อโรค	เปอร์เซ็นต์ การปนเปื้อน เชื้อโรค	เชื้อโรค
หลังคาและรางน้ำ	395	1	0.2	<i>Salmonella</i> group E
ภาชนะบรรจุน้ำนอกบ้าน				
ถังใหญ่	89	2	2.2	<i>Aeromonas</i> sp., <i>Salmonella</i> group C
ถังเล็ก	97	0	0	
ภาชนะบรรจุน้ำในบ้าน	99	1	1.0	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>

5) การปนเปื้อนของสารโลหะหนักในน้ำฝน

โลหะหนักที่ทำการวิเคราะห์คือ แคดเมียม, โครเมียม, ตะกั่ว, ทองแดง, เหล็ก, มังกานีสและสังกะสี มีเพียงมังกานีส และสังกะสีเท่านั้นที่พบว่ามีความเข้มข้นไม่ได้มาตรฐานตามที่ WHO (1971) กำหนด อย่างไรก็ตามทั้งมังกานีสและสังกะสีพบว่าจะมีผลต่อคุณภาพทางด้านความสวยงามและสีของน้ำ แต่ไม่มีผลต่อสุขภาพอย่างมีนัยสำคัญ (4,8)

ความเข้มข้นของมังกานีสและสังกะสี เมื่อเทียบกับมาตรฐานตามที่ WHO (1971) กำหนด แสดงในตารางที่ 5 ความเข้มข้นของมังกานีสที่ไม่ได้มาตรฐานพบจากน้ำฝนที่ได้จากหลังคาและรางน้ำในเปอร์เซ็นต์สูง คือ อยู่ระหว่าง 9-20% เช่นเดียวกับความเข้มข้นของสังกะสีที่ได้จากหลังคาและรางน้ำ ซึ่งไม่ได้มาตรฐานอยู่ในช่วง 4-26% แต่ไม่พบตัวอย่างที่ความเข้มข้นของมังกานีสและสังกะสีไม่ได้มาตรฐานจากน้ำฝนที่เก็บไว้ในภาชนะนอกบ้าน ส่วนน้ำฝนจากภาชนะในบ้านพบความเข้มข้นของมังกานีสไม่ได้มาตรฐานอยู่เพียง 2%

จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าน้ำฝนมีการปนเปื้อนโลหะดังกล่าวมาจากหลังคาและรางน้ำเนื่องจากหลังคาและรางน้ำ มีโลหะสังกะสีและมังกานีสเป็นส่วน

ประกอบของสียที่ใช้เคลือบอยู่ ดังนั้น จึงทำให้น้ำฝนจากส่วนดังกล่าว พบสารทั้งสองไม่ได้มาตรฐานโดยเฉพาะน้ำฝนส่วนที่อยู่กันดั้ง (ตารางที่ 5) เพราะเป็นน้ำฝนที่ได้จากการที่ฝนตกในระยะแรกโลหะย่อมถูกชะล้างออกมามากกว่าเมื่อฝนตกเป็นเวลานานรวมถึงโลหะอาจจะรวมตัวตกตะกอนไปอยู่กันดั้งทำให้พบความเข้มข้นของโลหะที่กันดั้งสูง

เนื่องจากค่าของ pH อาจมีผลต่อการละลายและรวมตัวของสารโลหะหนักทำให้มีการวัดค่า pH ของน้ำฝนจากจุดเก็บตัวอย่างต่าง ๆ ดังตารางที่ 6 pH จากน้ำฝนที่ได้จากหลังคาและรางน้ำอยู่ในช่วง 6.35-7.80 ขณะที่ pH จากน้ำฝนบรรจุในถังปูนนอกบ้านอยู่ในช่วง 9.1-9.2 และ pH จากน้ำฝนเก็บจากภาชนะในบ้านคือ 8.2 ค่า pH ที่สูงจะทำให้สารโลหะอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำและตกลงสู่กันดั้ง จึงทำให้มาตรฐานน้ำฝนที่เก็บในถังปูนนอกบ้านพบมังกานีสในความเข้มข้นต่ำไม่เกินมาตรฐานข้อแนะนำในการป้องกันโลหะหนักปนเปื้อนในน้ำฝนคือ

- 1) ไม่เก็บน้ำฝนในช่วงแรกที่ฝนตก
- 2) ไม่ใช้น้ำฝนใกล้กันดั้งเพราะจะปนเปื้อนตะกอนของโลหะหนักได้

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารโลหะหนัก

จุดเก็บตัวอย่าง	จำนวน ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์ของจำนวนตัวอย่างทั้งหมด			
		มังกานีส		สังกะสี	
		อยู่ในมาตรฐาน	ไม่ได้มาตรฐาน	อยู่ในมาตรฐาน	ไม่ได้มาตรฐาน
หลังคาและรางน้ำ					
ส่วนกัน	93	98	20	74.2	26
ส่วนกลาง	125	91	9	94	6
ส่วนบน	100	91	9	96	4
ภาชนะบรรจุน้ำนอกบ้าน					
ถังใหญ่ (tank)	86	100	0	100	0
โถงใหญ่ (Jar)	96	100	0	100	0
ภาชนะบรรจุน้ำในบ้าน	90	100	2	100	0

ตารางที่ 6 pH ของน้ำฝนที่เก็บจากจุดเก็บตัวอย่างต่าง ๆ

จุดเก็บตัวอย่าง	pH
หลังคาและรางน้ำ	
ส่วนกัน	7.80
ส่วนกลาง	7.55
ส่วนบน	7.65
ภาชนะบรรจุน้ำนอกบ้าน	
ถังใหญ่ (tank))	9.1
โถงใหญ่ (jar))	9.2
ภาชนะบรรจุน้ำในบ้าน	8.2

6) การปฏิบัติทางสุขาภิบาล (Sanitary practices)

การปฏิบัติทางสุขาภิบาลในการศึกษานี้ มีทั้งโครงสร้างของบ้าน, แหล่งน้ำดื่ม, ระบบการกักเก็บน้ำ, ลักษณะและสภาพของภาชนะบรรจุ, การใช้และถ่ายเทน้ำ เช่น การตักน้ำ, ห้องสุขา, การกำจัดขยะมูลฝอย และการปฏิบัติทางสุขอนามัยส่วนบุคคล สิ่งเหล่านี้ได้จากแบบสอบถาม และการสังเกตของนักวิจัยที่เข้าไปอยู่ที่หมู่บ้านเป็นเวลา 1 อาทิตย์

สรุปได้จากการศึกษาว่าการปฏิบัติทางสุขาภิบาลของชาวบ้านมีผลต่อการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในน้ำฝนที่เก็บไว้ดื่มมากที่สุด โดยเฉพาะในช่วงการถ่ายเทน้ำฝนจากที่เก็บนอกบ้านไปเก็บไว้ในบ้านทำให้เกิดการปนเปื้อนระหว่างนั้น หรือเมื่อเอาน้ำมาเก็บไว้ในโถในในบ้านแล้ว สุขอนามัยส่วนบุคคลที่ไม่ถูกต้อง เช่น ถังปูน ภาชนะที่ใช้ตักน้ำดื่มไม่มีที่จับถือทำให้เชื้อจากมือปนเปื้อนไปตักน้ำได้อีก, การไม่ล้างมือหลังจากออกจากห้องสุขาและเมื่อจะตักน้ำจากโถน้ำดื่ม สิ่งเหล่านี้เป็นส่วนสำคัญทำให้เกิดการปนเปื้อนเป็นอย่างมาก นอกจากสิ่งแวดล้อมที่อยู่รอบ ๆ บ้าน, คอกสัตว์, การกำจัดขยะต่าง ๆ ที่ไม่ถูกต้อง มีผลให้คุณภาพน้ำฝนในด้านจุลินทรีย์ไม่ได้มาตรฐาน

ดังนั้น การปรับปรุงคุณภาพของน้ำฝนให้ได้ผล คือ การฝึกหัดให้ชาวบ้านมีการปฏิบัติทางสุขาภิบาลและอนามัยให้ถูกต้อง อาจจะมีการรณรงค์ให้ความรู้ทางสุขอนามัยโดยกระทรวงสาธารณสุขและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น

สรุป

ความไม่ถูกสุขลักษณะของน้ำฝนที่ใช้ดื่มมีผลมาจากคุณภาพแบบที่เรียกว่าไม่ได้มาตรฐานมากกว่าผลของสารโลหะหนัก และการปนเปื้อนของจุลินทรีย์เกิดจากความไม่สะอาดของสภาพแวดล้อม ได้แก่ หลังคาและรางน้ำมีจุลินทรีย์ปนเปื้อนอยู่มากตั้งแต่เริ่มต้นและส่วนหนึ่งมีผลจากภาชนะที่บรรจุไม่สะอาดพอ เช่น ผลการวิเคราะห์ครั้งนี้ชี้ให้เห็นชัดว่าความไม่ถูกสุขลักษณะทางสาธารณสุขของชาวบ้านเป็นส่วนสำคัญทำให้มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในน้ำที่เก็บไว้ใช้ดื่มในบ้าน ซึ่งเกิดขึ้นระหว่างกรายน้ำจากนอกบ้านมาเก็บในบ้าน (water handling practices) และระหว่างที่น้ำเก็บในบ้าน อนามัยส่วนบุคคลที่ไม่ถูกต้องและภาชนะบรรจุที่ไม่สะอาดพอทำให้มีการปนเปื้อนของเชื้อเพิ่มมากขึ้น ซึ่งชี้ให้เห็นได้จากค่า

FC:FS ซึ่งถ้าเป็นน้ำฝนที่เก็บจากหลังคาและรางน้ำหรือเก็บไว้นอกบ้านจะมีผลการปนเปื้อนของจุลินทรีย์มากกว่าจากมูลมนุษย์ ขณะที่เมื่อย้ายน้ำมาเก็บในบ้านปรากฏว่าการปนเปื้อนมีผลจากมูลมนุษย์มากกว่าจุลินทรีย์

ดังนั้น การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในน้ำฝนเกิดเนื่องจากสาเหตุหลายประการแต่ที่สำคัญคือการปฏิบัติทางสุขาภิบาลที่ไม่ถูกต้องของชาวบ้าน นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่น ๆ อีก เช่น หลังคาและรางน้ำไม่สะอาดตั้งแต่เริ่มต้น, ระบบการเก็บน้ำฝน, การใช้ห้องส้วม, การกำจัดขยะที่ไม่ถูกต้องรวมถึงสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ของบ้านที่ไม่เหมาะสม แต่เนื่องจากน้ำฝนเป็นแหล่งน้ำที่ประหยัดทางเศรษฐกิจในการนำมาใช้ ดังนั้น การปรับปรุงการปฏิบัติทางสุขาภิบาลให้เป็นไปอย่างถูกต้อง และระบบการเก็บน้ำที่ดี จะช่วยให้การนำน้ำมาใช้ดื่มปลอดภัยและมีประโยชน์มากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก International development research centre (IDRC, CANADA) จึงสามารถทำให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลงได้จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

บรรณานุกรม

1. Lloyd B, Helmer R. **Surveillance of drinking water quality in rural areas.** Longman science & technical, 1991.
2. Sharpe WE, Yong ES. Occurrence of selected heavy metals in rural roof catchment cistern systems. In **Proceeding of the international conference on rainwater cistern systems,** Honolulu, Hawaii, June, 1982.
3. Waller DH, Sheppard W, Deon W, et al. Quantity and quality aspects of rainwater cistern supplies in Nova Scotia. In **Proceedings of the second international conference on rainwater cistern system.** St. Thomas, Virgin islands, June, 1984.
4. World Health Organization (WHO). **Guidelines for drinking-water quality.** Volume 1. Recommendations, Geneva, 1984.

5. World Health Organization (WHO). **Guidelines for drinking-water quality**. Volume 3. Drinking-water quality control in small community supplies, 1985.
6. World Health Organization (WHO). **Guidelines for drinking-water quality**. 2nd edition. Volume 1. Recommendations. Geneva, 1993.
7. เสาวลักษณ์ เล็กอุทัย, สุรติ เล็กอุทัย และคณะ, สถานการณ์คุณภาพน้ำคลองดำเนินสะดวก ราชบุรี. วารสารการอนามัยและสิ่งแวดล้อม 2535; 15 (3) : 87-91
6. Ohashi M, Murakami H, Kudor Y, *et al*. **Manual for the laboratory diagnosis of bacterial food poisoning and the assessment of the sanitary quality of food**. SEAMIC Publication no. 12. SEAMIC Tokyo, 1978.
7. World Health Organization (WHO). **International standards for drinking water**. 3rd edition. Geneva, 1971.
8. World Health Organization (WHO). **Guidelines for drinking water quality**. Volume 2. Health criteria and other supporting information, Geneva, 1984.
9. Wright RC. A comparison of the levels of fecal indicator bacteria in water and human faeces in a rural area of a tropical developing country (Sierra Leone). **J Hyg Camb** 1982; 89 : 69-78.

เอกสารอ้างอิง

1. American Public Health Association (APHA). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 15th edition. Washington DC, 1986.
2. Baron EJ, Finegold SM. **Bailey & Scott's diagnostic microbiology**. 8th edition. The C.V. Mosby company, 1990.
3. Collins CH, Lyne PM, Grange GM. **Microbiological methods**. 6th edition. Butterworths company publisher, 1989.
4. Fresenius W, Quentin KE, Schneider W. **Water analysis : A practical guide to physiochemical, chemical and microbiological water examination and quality assurance**. Springer-verlag Berlin Heidelberg, 1988.
5. Jawetz E, Melnick JL, Adelberg EA. *et al*. **Medical microbiology**, 19th edition. A large medical book : Prentice-Hall international Inc, 1991.