

ความบริสุทธิ์ของน้ำดื่มที่ใช้ (ตอนที่ 2 : ทดสอบความบริสุทธิ์ของน้ำฝน)

ประเสริฐ ทรงกิตติคุณ และ ศิริวรรณ พจนารณ

ภาควิชาเภสัชวิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

A STUDY ON WATER PURITY USING ELECTRICAL CONDUCTIVITY

Prasert Songkitiguna and Siriwan Pojanart

Department of Pharmacology, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University,
Bangkok, Thailand

Rain water quality was assessed by the use of an electrical conductivity and its reciprocal resistivity properties of water. Water itself is not a good conductor of electricity ; it is the dissolved impurities which will conduct a current. The theoretical ultra-pure water has a conductivity of 0.05 microsecond/centimetre. The micro-organisms, pH and an electrical conductivity of the rain water from inner area of Bangkok city(Chulalongkorn University campus) were determined during the rainy season in the year 1992 ,1993 and 1994 A.D. The rain water sample in 1993 showed a higer electrical conductivity among the rain water samples of the other years ($P<0.001$). The colonies of micro-organisms were seen in the culture plates of all rain water samples. Each of the rain water samples were slightly acid ; the highest acidity was observed from the rain water sample of the year 1992 ($P<0.001$). The rain water collected from the heavy traffic area is not only contaminated with micro-organisms but also shown to be an acid rain. It is suggested, therefore, that this kind of rain water should not use for drinking.

บทนำ

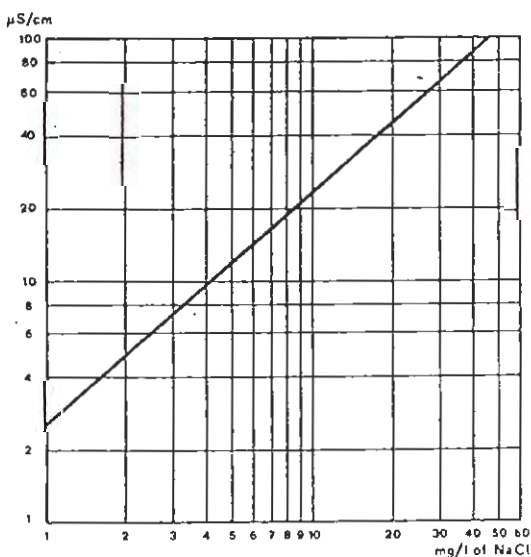
ประเทศไทย มีปริมาณฝนและแหล่งน้ำธรรมชาติ เพียงพอกับการบริโภค เกษตรกรรมผลิตไฟฟ้าตลอดมา เริ่มมีการขาดแคลนน้ำดิบสำหรับผลิตไฟฟ้าและน้ำประปาในฤดูร้อน ปี ค.ศ.1994 การขาดแคลนน้ำประปาทำให้ประชาชนส่วนใหญ่ของกทม. ต้องใช้น้ำฝนบริโภคโดยขาดข้อมูลที่น้ำฝนในกทม. มีคุณภาพดีเพียงพอที่จะใช้บริโภค องค์การอนามัยโลกกล่าวว่า 'CLEAN WATER MEANS BETTER HEALTH' ⁽¹⁾ น้ำดื่มที่ใช้ที่ไม่สะอาดนำเชื้อโรคมามากมายมาสู่มนุษย์ อาทิเช่น ไทฟอยด์ อหิวาตกโรค บิด ตับอักเสบจากไวรัส น้ำใช้สำหรับสระว่ายน้ำมีเชื้อไวรัสทำให้เกิดตาอักเสบได้ (adenovirus conjunctivitis) น้ำจากลำคลองหนองบึงจากภูเขา น้ำตกมีเชื้อ จุลินทรีย์ เชื้อราและเชื้อหมัก (yeasts) พวกสัตว์เซลล์เดียว (อะมีบา) ⁽²⁾ นอกจากนี้ น้ำละลายสารเคมีก่อมะเร็งที่ยากแก่การกำจัดออกจากน้ำ คือพวกไนเตรท (nitrates) ⁽³⁾ ยาฆ่าแมลงเป็นสารอินทรีย์ ที่มีพิษสะสมในร่างกายมนุษย์และสัตว์ นอกจากนี้ยังสารอินทรีย์อื่นๆ อีกมากมาย เช่น ออกไซด์ของกำมะถัน (SO_2) เป็นสารสำคัญก่อให้เกิดฝนกรด (acid rain) โดยทั่วไปคาดกันว่าน้ำฝนเป็นน้ำบริสุทธิ์เหมาะสมสำหรับใช้บริโภค โดยปราศจากหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ องค์การอนามัยโลก (WHO) รายงานในการประชุม The Mardel Plaza Water Conference ปี ค.ศ. 1977 รายงานว่าประชากรโลกมากกว่า 1000 ล้านคนบริโภคน้ำดื่มที่ไม่ปลอดภัยและได้ประกาศศักราชแห่งน้ำดื่มที่ถูกสุขลักษณะ (An International Drinking-Water Supply and Sanitation Decade) ค.ศ. 1981-1990 ⁽⁴⁾ ฉะนั้นจึงควรศึกษาคุณภาพของน้ำฝน โดยการวัดค่าสื่อไฟฟ้า (electrical conductivity) ความเป็นกรดเป็นด่าง การเพาะเชื้อเพื่อนำไปสู่ข้อควรระวังในการบริโภค น้ำฝนเป็นจุดมุ่งหมายการรายงานผลการวิจัยนี้

วัสดุและวิธีการ

การเก็บตัวอย่างน้ำฝนด้วยกล่องพลาสติก (PCC 14 DR U.S.A.) ขนาด 50 ซีซี พร้อมฝาปิดสนิททำความสะอาดด้วยน้ำยาล้างจาน และล้างด้วยน้ำประปา แล้วแช่น้ำยาคลอรีน 5% 20 นาที นำออกมาล้างด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง ทิ้งแห้ง ปิดฝาสนิทพร้อมนำไปบรรจุตัวอย่างน้ำฝน

น้ำฝน หลังจากฝนตกประมาณ 1 ชม. นำกล่องพลาสติกที่เตรียมไว้รองรับน้ำฝนในที่กลางแจ้งเรียกว่า น้ำฝนกลางหาว เก็บตัวอย่างน้ำฝนที่บริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปทุมวัน กทม.

1. การวัดความบริสุทธิ์ของน้ำ ใช้เครื่องมือ Pure Water Test (Hanna Instruments) ซึ่งใช้หลักน้ำบริสุทธิ์เป็นสื่อไฟฟ้าที่เร็ว เรียกว่า Poor electrical conductivity กรณีนำน้ำไฟฟ้าได้แสดงว่ามีสารปนเปื้อนคือ เกลือ กรด และโลหะต่างๆ เช่น ตะกั่ว โปรท ถ่าน (carbon) และอื่นๆ



รูปที่ 1 แสดงกราฟการเปลี่ยน electrical conductivity เป็น NaCl equivalent

วิธีใช้เครื่องมือ จุ่มเครื่องมือลงในตัวอย่างที่ต้องการวัดตัวเลขเริ่มขึ้นจาก 0.01 ถึง 99.9 uS/cm หน่วยนี้สามารถเปลี่ยนเป็น mg/L ของ NaCL ได้โดยกราฟ (ดูรูปที่ 1) กรณีเครื่องมือดกสเกลเกิน 99.9 uS/cm) เนื่องจากน้ำมีสารเจือปนสูง ทำการเจือจางน้ำตัวอย่างด้วยกล่องพลาสติกเติมน้ำกลั่นลงในแต่ละกล่องให้เป็นจำนวนรวมทั้งหมด 20 ซีซี

2. วัดความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ด้วยเครื่อง Precision pH/Ion Meter (ecm 201)

วัดความเป็นกรด เป็นด่าง ที่อุณหภูมิห้อง 20°C หลังจากตั้งเครื่อง และทดสอบด้วยน้ำยามาตรฐาน (buffer solution) ที่ pH4 pH7 และ pH10 (อยู่ในช่วงห่างกัน 3) นำตัวอย่างน้ำที่ต้องการวัดเก็บไว้ในห้อง 20°C ไม่ต่ำกว่า 1 ชม. เพื่อความเที่ยงตรง และใช้เวลาวัดไม่เกิน 3 นาที ต่อ 1 ตัวอย่างน้ำ

3. เพาะเชื้อจากตัวอย่างน้ำ

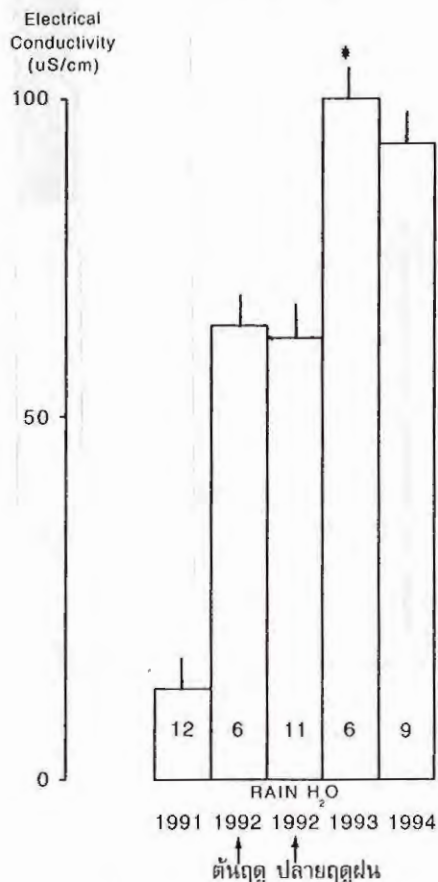
เพาะเชื้อด้วยวิธี streaking ใช้ฟลาคิดัมรูป (platinum loop) นำตัวอย่างน้ำลงไปเลี้ยงเชื้อใน ก) ด้วยอะการ์ (agar plate) และ ข) อะการ์ผสมเลือด (blood agar plate) อบที่ 37°C ดูผลทุก 24 ชม. เป็นเวลา 72 ชม.

ผลการทดลอง

1. ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity)

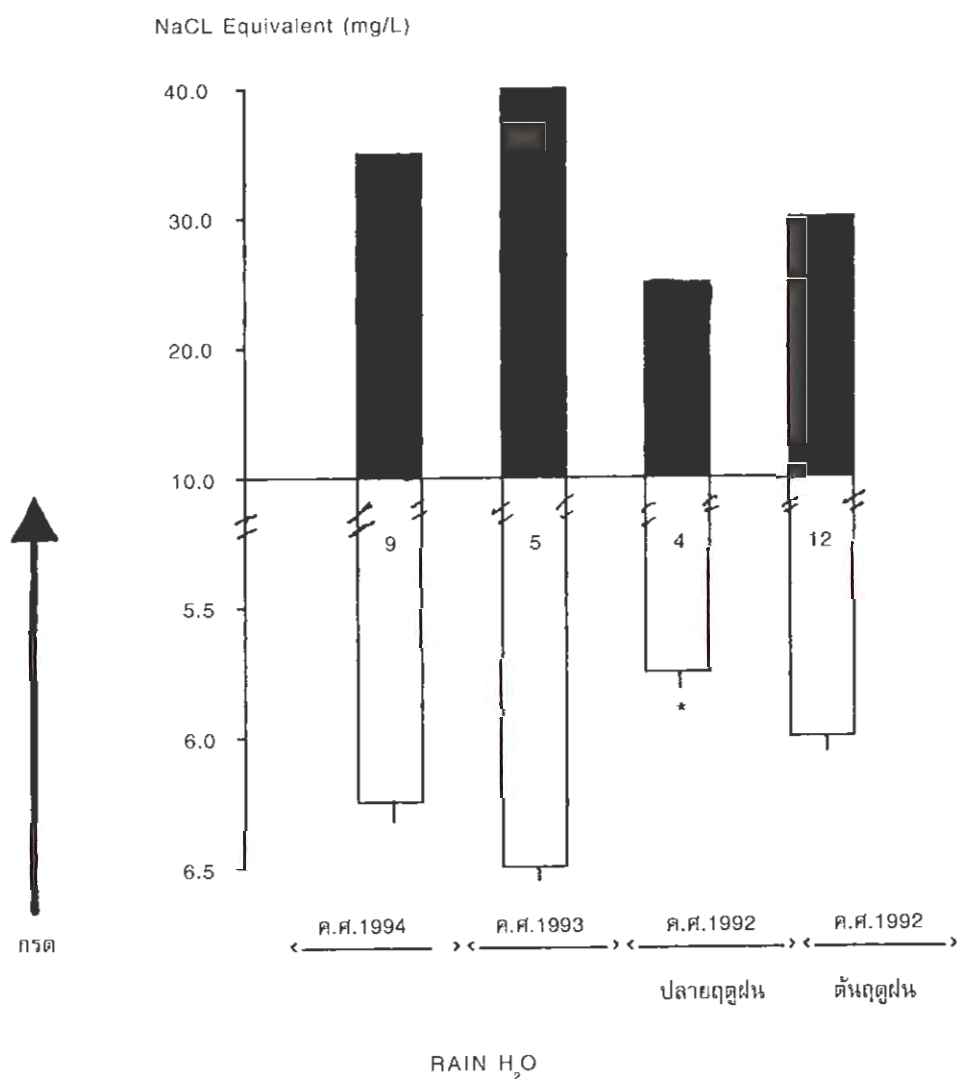
ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำฝน เก็บตัวอย่าง ปี ค.ศ.1991 และเก็บตัวอย่างต้นฤดูฝน ค.ศ.1992 มีค่า 8.39 ± 0.60 และ 67.90 ± 0.75 uS/cm ตามลำดับ เปรียบเทียบได้กับค่าการนำไฟฟ้าของ NaCL 5.0 mg/L และ 30.0 mg/L ตามลำดับ เป็นข้อมูลที่ได้จากการรายงานครั้งแรกของผู้วิจัยในวารสารทันตแพทยศาสตร์ ปีที่ 15 ฉบับที่ 2 หน้า 69-77 (ค.ศ.1992) สำหรับตัวอย่างน้ำฝนเก็บตัวอย่างปลายปี ค.ศ.1992 มีค่าการนำไฟฟ้า 64.12

± 5.89 uS/cm (เปรียบเทียบกับ NaCL 28.0 mg/L) ปี ค.ศ. 1993 วัดได้ค่าการนำไฟฟ้า 94.93 ± 0.92 uS/cm (เปรียบเทียบกับ NaCL 40.0 mg/L) ปี ค.ศ.1994 ตัวอย่างน้ำฝนมีค่าการนำไฟฟ้า 82.61 ± 2.39 uS/cm (เปรียบเทียบกับ NaCL 35.0 mg/L) (ตารางที่ 1 รูปที่ 2 และ รูปที่ 3)



- Note 1. Stars represent significant level from the rain water of the year 1994, 1992, 1991 and 1991 (late) ($P < 0.001$) (unpaired Student t-test)
2. The numbers at the base of histograms refer to the number of experiments performed.
3. The vertical bars represent standard error of means (S.E.M.)

รูปที่ 2 เปรียบเทียบค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity) ของน้ำฝน ทดสอบระหว่างปี ค.ศ. 1991-ค.ศ. 1994



Note 1. Stars represent significant level Form the Others (* P<0.025, ** P<0.001) unpaired student t-test.

2. The numbers at the base of hisograms refer to the number of experiments performed.

3. The open columns = pH

4. The solid columns = NaCL Equivalent (mg/L)

5. The vertical bars represent standard error of means (S.E.M.)

รูปที่ 3 เปรียบเทียบความเป็นกรด-ด่าง (pH) และ NaCL Equivalent

ตารางที่ 1 แสดงผลการวัด electrical conductivity pH และ NaCl equivalent ของน้ำฝน

Rain H ₂ O	Water Purity Test		
	Electrical Conductivity (uS/cm)	pH	NaCL Equivalent (mg/L)
ค.ศ. 1991 *	8.39 ± 0.60 (n=12)	-	5.0
ค.ศ. 1992 * (ต้นฤดูฝน)	67.90 ± 0.75 (n=6)	5.99 ± 0.036 (n=12)	30.0
ค.ศ. 1992 (ปลายฤดูฝน)	64.12 ± 5.89 (n=11)	5.63 ± 0.140 ** (n=4)	28.0
ค.ศ. 1993	94.93 ± 0.92 * (n=6)	6.40 ± 0.130 (n=5)	40.0
ค.ศ. 1994	82.61 ± 2.39 (n=9)	6.53 ± 0.060 (n=9)	35.0

Note *ข้อมูลจาก C.U. Dent J. 15(2) 1992,69-77.

**Stars represent significant level from the other rain water samples

(P<0.05-0.001, unpaired Student t-test)

uS/cm = microsecond per centimetre

mg/l = milligramme per litre

2. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำฝนต้นฤดูฝน ปี ค.ศ.1992 และปลายฤดูฝน ปี ค.ศ.1992 มีค่าความเป็นกรดใกล้เคียงกัน ของปี ค.ศ.1992 มีค่าเท่ากับ 5.99 ± 0.036 ส่วนของปลายปี ค.ศ.1992 มีค่าเท่ากับ 5.63 ± 0.14 ค่าความเป็นกรดของน้ำ

ฝนทั้งของปี ค.ศ.1993 และของปี ค.ศ.1994 มีค่าความเป็นกรดลดลงทั้งสองปีและมีค่าใกล้เคียงกัน ค่าความเป็นกรดของน้ำฝนปี ค.ศ.1993 มีค่าเท่ากับ 6.40 ± 0.13 ของปี ค.ศ. 1994 มีค่าเท่ากับ 6.53 ± 0.06 (ตารางที่ 1 และรูปที่ 3)

3. การเพาะเชื้อ

ผลการเพาะเชื้อตัวอย่างน้ำฝนต้นฤดูฝนปี ค.ศ. 1992 ด้วยอะการ์ (agar plate) ไม่พบเชื้อขึ้นเมื่อ บ่มเชื้อในตู้อบนาน 24 และ 48 ชม. แต่พบเชื้อขึ้น น้อยกว่า 10 โคโลนี เมื่อบ่มเชื้อนานเป็นเวลา 72 ชม. ส่วนการเพาะเชื้อด้วยอะการ์ผสมเลือด (blood agar plate) ไม่มีเชื้อขึ้น ทั้งระยะเวลาบ่มเชื้อ 24 48 และ 72 ชม.

น้ำฝน ปี ค.ศ.1993 เพาะเชื้อด้วยอะการ์หรือ อะการ์ผสมเลือดหลังจากบ่มเชื้อ 24 ชม. ไม่พบมี เชื้อขึ้น แต่เชื้อเริ่มขึ้นเป็นจำนวนน้อยกว่า 30 โคโลนี เมื่อบ่มเชื้อครบ 48 ชม. และเมื่อครบระยะบ่มเชื้อ 72

ชม. จำนวนโคโลนีของเชื้อเพิ่มมากขึ้นอีก แต่ไม่เกิน 40 โคโลนี ทั้งอะการ์ธรรมดาและอะการ์ผสมเลือด

น้ำฝน ปี ค.ศ.1994 หลังจากบ่มเชื้อด้วยตัว อย่างน้ำฝนเป็นเวลา 24 ชม. ไม่มีโคโลนีของเชื้อทั้ง ในอะการ์ และอะการ์ผสมเลือด แต่หลังจากบ่มเชื้อ ต่อไปอีกเป็นเวลาทั้งหมด 48 ชม. พบจำนวนโคโลนี เพิ่มขึ้นแต่จำนวนโคโลนีนับได้ไม่เกิน 40 โคโลนี ทั้ง ในอะการ์ และอะการ์ผสมเลือด หลังจากบ่มเชื้อครบ 72 ชม. จำนวนโคโลนีของเชื้อเพิ่มมากขึ้นกว่า 40 โคโลนี ทั้งในอะการ์ธรรมดา และอะการ์ผสมเลือด (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ผลการเพาะเชื้อด้วยวิธี Streaking plate 24,48 และ 72 ชั่วโมง

	ผลการเพาะเชื้อ					
	Agar plate			Blood agar plate		
	24 ชม.	48 ชม.	72 ชม.	24 ชม.	48 ชม.	72 ชม.
น้ำฝน ค.ศ. 1992 (ต้นฤดูฝน)	-	-	+	-	-	-
น้ำฝน ค.ศ. 1993	-	++	+++	-	++	+++
น้ำฝน ค.ศ. 1994	-	+++	++++	-	+++	++++

- = ไม่มีโคโลนี

+ = มีเชื้อขึ้น 1-10 โคโลนี

++ = มีเชื้อขึ้น 11-30 โคโลนี

+++ = มีเชื้อขึ้น 31-40 โคโลนี

++++ = มีเชื้อขึ้นมากกว่า 40 โคโลนี

สรุปและวิจารณ์ผล

สมัยเดิมคนไทยยอมรับว่าน้ำฝนสะอาดเหมาะสมสำหรับใช้ดื่ม ต่อมาจามีรายงานจากการศึกษาตัวอย่างน้ำฝนในบริเวณ กทม. และจากย่านอุตสาหกรรม (บริเวณสำโรง) พบว่าน้ำฝนมีแนวโน้มที่จะเป็นกรดเล็กน้อย และการศึกษาทัศนคติของประชาชนพบว่าปริมาณการใช้น้ำฝนในการบริโภคมีแนวโน้มลดลง⁽⁵⁾ มีรายงานว่าพบเชื้อแบคทีเรียในน้ำฝนที่เก็บในที่แจ้งบริเวณ อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำฝนนี้มีความเป็นกรดและความเป็นกรดอยู่ในระดับความเข้มข้นที่สามารถละลายเคลือบฟันได้⁽⁶⁾ ปัจจุบันวงการวิทยาศาสตร์ระดับโลกให้ความสำคัญและสนับสนุนการวิจัยเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก ได้จัดให้มี Environmental Protection Agency (EPA) และมีการสนับสนุนการวิจัยทั้งด้านการเงินและนักวิทยาศาสตร์⁽⁷⁾ สภาวะของสิ่งแวดล้อม ซึ่งผลไปถึงคุณภาพของอากาศ น้ำ โดยเฉพาะในเมืองใหญ่ที่มีประชากรหนาแน่น และมีโรงงานอุตสาหกรรม รวมทั้งภัยธรรมชาติ เช่น การระเบิดของภูเขาไฟไฟใหม่ป่า⁽⁸⁾ และการเผาไหม้ในสงครามอ่าวเปอร์เซีย⁽⁹⁾ ผลการทดลองหาค่าความเป็นกรด-ด่าง พบว่าน้ำฝนเก็บตัวอย่างปลายปี ค.ศ.1992 มีความเป็นกรดสูงสุดเทียบกับตัวอย่างน้ำฝนต้นปี ค.ศ.1992 ปี ค.ศ.1993 และ ค.ศ.1994 การเป็นกรดของน้ำฝนเพิ่มขึ้นเป็นระยะเวลาใกล้เคียงกับการระเบิดของภูเขาไฟปินาทุโบ (Mount Pinatubo) ประเทศฟิลิปปินส์ ปล่อยสารเคมี ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) อยู่ทั่วไปในไอน้ำของชั้นบรรยากาศ (atmosphere) และคงอยู่เป็นเวลานาน 1-2 ปี⁽¹⁰⁾ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์รวมกับน้ำจะกลายเป็นกรดกำมะถัน (H_2SO_4) กรดกำมะถันเป็นกรดแก่และมีความคงตัว ประกอบกับประเทศไทยตั้งอยู่ไม่ไกลประเทศฟิลิปปินส์ ส่งผลให้น้ำฝนในประเทศไทยมีความเป็นกรด ประกอบกับมีรายงานพบเชื้อจากการระเบิดของภูเขาไฟดังกล่าวในประเทศลิงคโปร และภาคใต้ของประเทศไทยอีกด้วย นอกจากนี้

นี้ยังมีสารเคมีอื่นๆ เช่นคลอรีนก๊าซ เมื่อรวมกับไอน้ำในอากาศจะกลายเป็นกรดได้เช่นกัน แต่ปริมาณของคลอรีนออกมาจากภูเขาไฟปินาทุโบมีปริมาณไม่มากนัก⁽¹⁰⁾ อีกประการหนึ่งคลอรีนก๊าซละลายน้ำแล้วกลายเป็นกรด HClO ซึ่งสลายตัวได้ง่าย ฉะนั้นภาวะความเป็นกรดของน้ำฝนจึงน่าจะเกิดจากกรดกำมะถันและ CO_2 และ SO_2 จากน้ำมันรถยนต์และเหมืองถ่านหิน ถ้าใช้น้ำฝนที่มีฤทธิ์เป็นกรดดื่มเป็นประจำอาจมีผลต่อเคลือบฟัน ส่งผลให้ฟันผุได้ง่าย ดังกล่าวข้างต้น

ทั้งการเพาะเชื้อจุลินทรีย์หรือการจำแนกเชื้อจุลินทรีย์จากตัวอย่างน้ำฝน ยังไม่มีรายงานจากต่างประเทศ รายงานนี้เป็นรายงานภายในประเทศไทย ครั้งที่สองจากผู้วิจัยกลุ่มเดียวกัน ผลการวิจัยพบจำนวนโคลิฟอร์มเพิ่มมากขึ้นทุกปี เริ่มตั้งแต่ปี ค.ศ.1992 ถึงปี ค.ศ.1994 ยอมรับกันว่ามีเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ (airborne particulate contamination)⁽¹¹⁾ เชื้อจุลินทรีย์จะเกาะติดกับอนุภาคของฝุ่นละอองในอากาศ ขณะเก็บตัวอย่างน้ำฝนกลางแจ้ง (ไม่ผ่านสิ่งรองรับเช่นหลังคาบ้าน) มีบางส่วนของฝุ่นละอองที่ปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์เข้ามาปะปนอยู่ในตัวอย่างน้ำฝน ค่าสื่อการนำไฟฟ้า (electrical conductivity) ของตัวอย่างน้ำฝน ปี ค.ศ.1993 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) จากตัวอย่างน้ำฝนปีค.ศ.1994 ซึ่งมีค่าประมาณ 10 เท่า ของค่าสื่อการนำไฟฟ้าของตัวอย่างน้ำฝนปีค.ศ.1991 เหตุที่ค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีสิ่งปนเปื้อนละลายอยู่ในน้ำคือ เชื้อจุลินทรีย์ (contaminated microorganisms)⁽¹²⁾ นอกจากนี้รายงานถึงสารพวกไนเตรทปะปนในอนุภาคของไอน้ำในก้อนเมฆในชั้นบรรยากาศของโลก⁽¹³⁾ จากผลการทดลองเป็นที่แน่ชัดว่า ตัวอย่างน้ำฝนบริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย นับว่าเป็นบริเวณที่มีความหนาแน่นทั้งรถยนต์และผู้คนอาจจะเป็นตัวอย่างของพื้นที่ที่มีสิ่งปนเปื้อนสูง ดังนั้นน้ำฝนบริเวณดังกล่าวไม่เหมาะสมที่จะใช้บริโภคนอกจากจะมีความเป็นกรดแล้ว ยังมีเชื้อจุลินทรีย์ สิ่งที่ควรทำการวิจัย

ต่อไปคือวิเคราะห์แยกเชื้อและทดสอบการก่อโรคของเชื้อที่แยกได้ในสัตว์ทดลอง หลักฐานความเป็นกรดของน้ำฝน เกิดจากการจางจางและสิ่งแวดล้อมมีรายงานในประเทศอังกฤษ ซึ่งเป็นประเทศอุตสาหกรรมเช่นเดียวกัน⁽¹⁴⁾

เอกสารอ้างอิง

1. พัฒน์ สุจำนงค์ : คำขวัญขององค์การอนามัยโลก สารานุกรมสาธารณสุขสำหรับแพทย์และพยาบาล สำนักพิมพ์แพรววิทยา 716-718 วังบูรพา กรุงเทพฯ 2531 หน้า 504.
2. Alcama, I.E. : Microbiology of Water. In : Fundamental of Microbiology. Edited by Alcama, I.E., Addison-Wesley Publishing Company, Massachusetts, PP. 752-783, 1984.
3. Murphy, A.P. : Chemical removal of nitrate from water. Nature, 350:223-224, 1991.
4. Chief, Office of Publication : A Challenge to Developing Countries :the International Drinking-Water Supply and Sanitation Decade, 1981-1990. WHO Chronicle. 34 : 327-331, 1980.
5. วรวิทย์ ชีวาภรณ์วัฒน์ สิริโสภาคย์ บุรพาเดชะ และ ธาธี หิรัญรัมย์ : โครงการศึกษาคุณภาพน้ำฝนในเขตกรุงเทพมหานคร. รวมบทความผลงานวิจัย ตั้งแต่ปี 2518-2525. หน้า 75 จัดทำโดยสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ธันวาคม 2525.
6. ประเสริฐ ทรงกิตติคุณ และไกรวัล วัดตูม : ความบริสุทธิ์ของน้ำดื่มที่ใช้. วารสารทันต-แพทยศาสตร์ 15 : 69-78, 2535.
7. Marshall, E. : Science and science advice in favor at EPA. Science. 255:1540, 1992.
8. Katsoulis, B.D. and Tsangaris, J.M. : The state of the Greek environment in recent years. AMBIO, A Journal of the human environment. 23:274-279, 1994.
9. Earle, S.A. : Persian gulf pollution, assessing the damage one year later. National Geographic. 181 : 122-134, 1992.
10. Brasseur, G. and Granier, C.: Mount Pinatubo aerosols, chlorofluorocarbons, and ozone depletion. Science. 257:1239-1242, 1992.
11. Thornton, R.M.: Pharmaceutically sterile clean rooms. Pharmaceutical technology. February 1990 : 44-48, 1990.
12. King, S.: Quality issues in the laboratory- buying what you want. Medical Horizons. 4:21-23, 1990.
13. Worsnop, D.R. : Vapor pressures of solid hydrates of nitric acid : Implications for polar stratospheric clouds. Science. 259 : 71-74, 1993.
14. Griffin, T. : Transport and Environment : Acidity deposit in rain 1986. In : Social trends. Edited by her Majesty's Stationery Office. A Publication of the Government Statistical Service, London, 18:PP. 145-155, 1988.