การแก้ไขปัญหาการปนเปื้อนจุลินทรีย์ของภาชนะบรรจุน้ำกลั่นปิดสนิทแบบใช้ซ้ำ กรณีศึกษาศูนย์สัตว์ทดลองแห่งชาติ มหาวิทยาลัยมหิดล

(Problem Solving of Microbial Contamination of Water Containers Tightly Closed, A Case Study of National Laboratory Animal Center, Mahidol University)

วิภาวี วิสาวะโท[*] ระพี อินปั๋นแก้ว[*]

กาญจนา เข่งคุ้ม[*] วินัย สยอวรรณ[**]

*ศูนย์สัตว์ทดลองแห่งชาติ มหาวิทยาลัยมหิดล 999 ถนนพุทธมณฑลสาย 4 อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170

**วิทยาลัยเทคโนโลยีทางการแพทย์และสาธารณสุขกาญจนาภิเษก 3004 ตำบลคลองขวาง อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี 11150

บทคัดย่อ

วิกฤตอุทกภัยปี 2554 ทำให้ศูนย์สัตว์ทดลองแห่งชาติ มหาวิทยาลัยมหิดล ต้องเพิ่มการสำรองน้ำกลั่นมากขึ้น ในภาชนะที่ปิดสนิทแบบใช้ซ้ำ พบว่ามีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เกินเกณฑ์มาตรฐาน การศึกษาแบ่งการทดลองเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มควบคุม ใช้ภาชนะบรรจุน้ำกลั่นอบแห้ง อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และกลุ่มทดลอง ใช้ภาชนะบรรจุน้ำกลั่นที่แช่คลอรีน 7 พีพีเอ็ม (ppm) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ล้างสะอาดและอบแห้ง ทำการตรวจสอบคุณภาพของน้ำกลั่นด้วยวิธีการตรวจทางเคมีโดยการวัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH) และปริมาณคลอรีนตกค้าง (Total Chlorine Residual) รวมทั้งตรวจทางจุลชีววิทยาเพื่อหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ (Aerobic Plate Count, APC) พบว่าค่าความเป็นกรดด่างของกลุ่มทดลอง อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด ไม่พบปริมาณคลอรีนตกค้างและเชื้อจุลินทรีย์ใดๆ ซึ่งทำให้มั่นใจได้ว่า ไม่มีผลกระทบต่อการทดสอบและเป็นไปตามข้อกำหนดของห้องปฏิบัติการ อีกทั้งยังสามารถใช้เป็นแนวทางปฏิบัติในการล้างทำความสะอาดภาชนะบรรจุน้ำกลั่นปิดสนิทแบบใช้ซ้ำได้ โดยไม่ส่งผลต่อคุณภาพน้ำของห้องปฏิบัติการ

คำสำคัญ: คุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำ/ ไบโอฟิล์ม/ คลอรีน/ ปริมาณคลอรีนตกค้าง

Abstract

The flood crisis in Bangkok 2011, National Laboratory Animal centers need to be more reserve distilled water in reuse tightly closed containers for use in long period. This study divided in two groups. Control group: containers were dried at 50°C for 48 hours. Experimental group: Containers were soaking in 7 ppm chlorinated water for 24 hours, washed and dried. Distilled water in both group were monitored the quality by pH testing and total residual chlorine. Microbiological testing was also used to determine the amount of microorganisms (Aerobic Plate Count, APC). The pH value and residual chlorine in experimental group is in normal range and not found any bacteria. These results ensure that soak container in 7 ppm chlorinated water for 24 hours no effect on quality of distilled water and followed the requirements of the laboratory and also used as guidelines for cleaning reused containers in laboratory.

Keywords: Microbiological water quality/ Biofilm/ Chlorine/ Chlorine residual

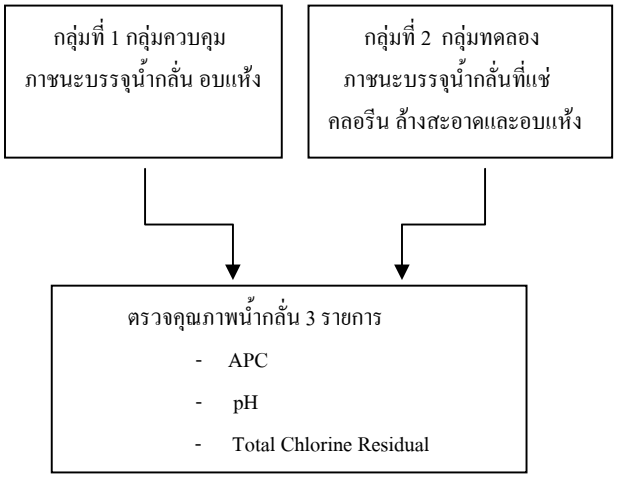
บทนำ

จากการที่ศูนย์สัตว์ทดลองแห่งชาติ มหาวิทยาลัยมหิดล ได้นำระบบมาตรฐานคุณภาพต่างๆ มาใช้ในการบริหารจัดการภายในขององค์กรจนได้รับการรับรองมาตรฐานใน 3 ระบบ คือ 1) ระบบบริหารงานคุณภาพ ISO 9001:2008 2) ระบบการจัดการอาชีวอนามัยและความปลอดภัย ตามมาตรฐาน มอก.18001-2542 ในขอบข่ายการผลิตและบริการสัตว์ทดลองและชีววัตถุ และ 3) การรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการทดสอบ ISO/IEC 17025:2005 ของอาหารสัตว์ ขอบข่ายการตรวจสอบจุลินทรีย์ปนเปื้อนที่ต้องการอากาศ (aerobic plate count) คอลิฟอร์ม (coliform) และเชื้อ *Salmonella* ทำให้เกิดความเชื่อมั่นและสร้างประสิทธิภาพในการทำงาน ที่สามารถตรวจสอบการทำงานได้อย่างเป็นระบบในทุกขั้นตอน ห้องปฏิบัติการของศูนย์สัตว์ทดลองแห่งชาติได้การรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการทดสอบ ISO/IEC 17025:2005 โดยต้องมีการตรวจสอบคุณภาพของวัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี อาหารเลี้ยงเชื้อ รวมถึงภาวะแวดล้อมต่างๆ เพื่อให้มั่นใจว่าไม่มีผลกระทบต่อการทดสอบและเป็นไปตามข้อกำหนดของห้องปฏิบัติการ

น้ำบริสุทธิ์เป็นสิ่งจำเป็นพื้นฐานอย่างหนึ่งของห้องปฏิบัติการ สำหรับห้องปฏิบัติการของศูนย์ฯ ให้ความสำคัญกับคุณภาพของน้ำที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง น้ำกลั่น (distilled water) ศูนย์ฯ ใช้น้ำกลั่น 3 ครั้ง จากองค์การเภสัชกรรม สำหรับใช้เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ ทั้งแบบที่อบนึ่งฆ่าเชื้อและไม่อบนึ่งฆ่าเชื้อเพื่อใช้ในการทดสอบ

คุณภาพอาหารสัตว์ทดลอง ตามขอบข่ายที่ขอการรับรองมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2005 ซึ่งจากการติดตามข้อมูลการตรวจสอบคุณภาพของน้ำกลั่นที่ใช้ในห้องปฏิบัติการโดยการวิธีการตรวจทางเคมี คือการวัดค่าความเป็นกรด-เบส (pH) และปริมาณคลอรีนตกค้าง (Total Chlorine Residual) รวมถึงการวิธีการตรวจทางจุลชีววิทยาเพื่อตรวจหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ (Aerobic Plate Count, APC) โดยใช้เกณฑ์มาตรฐานคือ pH มีค่า 5.5-7.5, ปริมาณคลอรีนตกค้าง < 0.10 มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/l) และ APC <1,000 คอโลนีต่อมิลลิลิตร (CFU/ml) แต่หลังจากเกิดมหาอุทกภัยในปี 2554 (ตุลาคมถึงธันวาคม) ทำให้ศูนย์ฯ ต้องมีการสำรองน้ำโดยใช้ภาชนะบรรจุน้ำกลั่นปิดสนิทแบบใช้ซ้ำจำนวนมากขึ้น จึงทำให้ระยะเวลาการใช้น้ำก่อนที่จะไปซื้อรอบใหม่ จากองค์การเภสัชกรรมยาวนานขึ้น ซึ่งจากการตรวจคุณภาพน้ำกลั่นพบว่ามีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เกินเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งสอดคล้องกับ วีรศักดิ์ เหล่าตระกูล, 2544 ที่กล่าวว่าถังที่ผ่านการล้างแล้วมักมีน้ำหลงเหลืออยู่ภายในถัง เมื่อทิ้งไว้รอการบรรจุจะมีโคลิฟอร์มแบคทีเรียสะสมและเพิ่มจำนวนขึ้น และเกิดเป็นไบโอฟิล์ม (Biofilm) ซึ่ง O'Toole (2000) และ วฤษณี (2554) กล่าวว่าเป็นการรวมกลุ่มกันของจุลินทรีย์ติดอยู่บริเวณพื้นผิวเป็นคราบที่เกาะแน่นติดอยู่บนพื้นผิวของเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ผลิตอาหารซึ่งประกอบด้วยสารอินทรีย์โดยเฉพาะอาจมาจากสารเคมีที่ใช้ล้างทำความสะอาดเครื่องมือและอุปกรณ์ กลุ่มของแบคทีเรียหลายชนิดที่อาศัยอยู่ร่วมกันมีความสัมพันธ์อย่างสลับซับซ้อน แบคทีเรียส่วนใหญ่ที่พบในไบโอฟิล์มและเป็นที่รู้จัก ได้แก่ *Pseudomonas aeruginosa Escherichia coli* และ *Porphyromonas gingivalis* เป็นต้น ไบโอฟิล์มเป็นอุปสรรคต่อการล้างทำความสะอาดแบคทีเรียและสารอินทรีย์ และรวมถึงการฆ่าเชื้อ เพราะเป็นจุดบอดที่แบคทีเรียใช้หลบซ่อนอยู่ ไม่สามารถถูกกำจัดออกไปได้ แต่จะกลายเป็นปัญหาทำให้เกิดการปนเปื้อนกับอาหารในภายหลัง และนำมาซึ่งการระบาดของโรคอาหารเป็นพิษ หากกลุ่มของไบโอฟิล์มเหล่านั้นประกอบด้วย จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค ทำให้เป็นอุปสรรคและปัญหาที่สำคัญในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ดังนั้นการล้างทำความสะอาดภาชนะบรรจุน้ำจึงเป็นสิ่งสำคัญ ดังที่ ศิริภรณ์ (2535) กล่าวถึงขั้นตอนวิธีการล้างถัง ว่ามีการศึกษาจากสถานที่ผลิตน้ำดื่ม 21 แห่ง ของจังหวัดนครปฐม ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน คือ 1) การแยกประเภทตามความสกปรกโดยมองและดมกลิ่น 2) ล้างด้วยน้ำยาทำความสะอาดทั้งภายในและภายนอก 3) การฉีดด้วยน้ำสะอาดและเรซิน 4) การฉีดล้างด้วยน้ำสะอาดภายหลังการฉีดเรซิน 5) การฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน 6) การกลั้วถังด้วยน้ำที่ปรับคุณภาพก่อนบรรจุ 7) ฝาปิดถังมีการฆ่าเชื้อและล้างด้วยน้ำที่ปรับคุณภาพแล้วก่อนนำไปใช้ จะเห็นได้ว่าขั้นตอนหนึ่งของการล้างถังน้ำดื่มมีการใช้คลอรีนในการฆ่าเชื้อ แต่การใช้คลอรีนมักจะเกิดกลิ่นตกค้าง การแก้ไขต้องใช้การล้างด้วยน้ำจำนวน

มาก หากใช้สารอื่นที่มีประสิทธิภาพทัดเทียมกับคลอรีนก็เป็นสารที่มีราคาสูง จึงเป็นวิธีการที่ไม่นิยม การประปานครหลวง(ม.ป.ป)กล่าวว่าคลอรีนเป็นสารฆ่าเชื้อโรคในน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในรูปของคลอรีนน้ำ (NaClO) หรือโซเดียมไฮโปคลอไรด์ มีลักษณะเป็นสารสีเขียวตอง มีปริมาณคลอรีนที่ใช้งานอยู่ในช่วงร้อยละ 7-15 ชื่อทางการค้ามีหลายชื่อ เช่น Liquid Bleach Pure Chlor และ Top Chlor ใช้งานง่าย แต่ราคาค่อนข้างแพง งานวิจัยนี้จึงได้นำคลอรีนน้ำ (NaClO) หรือ โซเดียมไฮโปคลอไรด์ มาทดลองศึกษาเพื่อหาวิธีการแก้ไขปัญหาการปนเปื้อนจุลินทรีย์เกินเกณฑ์มาตรฐานของภาชนะบรรจุน้ำกลั่นปิดสนิทแบบใช้ซ้ำ และเพื่อหาแนวทางปฏิบัติในการล้างทำความสะอาดภาชนะบรรจุน้ำกลั่นปิดสนิทแบบใช้ซ้ำ



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการตรวจหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ใน ภาชนะบรรจุน้ำกลั่นปิดสนิทแบบใช้ซ้ำ

วิธีดำเนินการวิจัย

เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง (Experimental design) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม (ภาพที่ 1) ได้แก่

กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม ภาชนะบรรจุน้ำกลั่นอบแห้ง

กลุ่มที่ 2 กลุ่มทดลอง ภาชนะบรรจุน้ำกลั่นที่แช่คลอรีน ล้างสะอาดและอบแห้ง

1. การเตรียมตัวอย่าง

กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม ภาชนะบรรจุน้ำกลั่นอบแห้ง เป็นภาชนะบรรจุน้ำกลั่นที่ผ่านการใช้งานแล้ว นำไปอบแห้งในตู้อบแห้ง (Hot air oven) อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นเก็บไว้ในที่มืด เพื่อรอการจัดซื้อน้ำกลั่นรอบใหม่ ภายในระยะเวลา 2 เดือน

กลุ่มที่ 2 กลุ่มทดลอง ภาชนะบรรจุน้ำกลั่นที่แช่คลอรีนน้ำ ล้างสะอาดและอบแห้ง เป็นภาชนะบรรจุน้ำกลั่นที่ผ่านการใช้งานแล้ว นำมาแช่ทิ้งด้วยคลอรีนน้ำความเข้มข้น 7 พีพีเอ็ม (ppm) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยมีการกลับถังทุก 12 ชั่วโมง จากนั้นนำมาล้างด้วยน้ำสะอาด จำนวน 8 ครั้ง นำไปอบแห้งในตู้อบแห้ง (Hot air oven) อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นเก็บไว้ในที่มืด เพื่อรอการจัดซื้อน้ำกลั่นรอบใหม่ ภายในระยะเวลา 2 เดือน (ภาพที่ 2)

เก็บตัวอย่างน้ำกลั่น ทั้ง 2 กลุ่มๆ ละ 30 ตัวอย่าง เพื่อทดสอบจุลินทรีย์ในน้ำกลั่นของห้องปฏิบัติการตามวิธีการของ Wayne (2012)

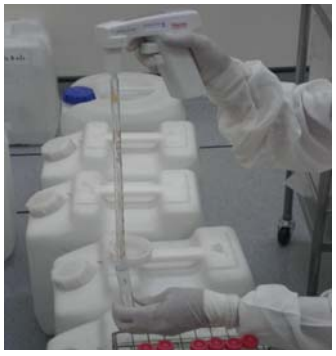
2. การทดสอบทางจุลชีววิทยา

2.1 การเตรียมตัวอย่าง เพื่อทดสอบจุลินทรีย์ในน้ำ ทำด้วยวิธีการปลอดเชื้อ (aseptic technique)

2.2 การเจือจางตัวอย่าง ใช้ปิเปตปลอดเชื้อ (sterile pipette) และเปลี่ยนปิเปตใหม่ทุกครั้งที่เปลี่ยนความเจือจาง) ขนาด 1 มิลลิลิตร (ml) ดูดตัวอย่างที่เจือจาง 10^{-1} จากถุงตัวอย่างที่เตรียมไว้ใส่ลงใน BPB dilution water ปริมาตร 9 มิลลิลิตร จะได้ความเจือจาง 10^{-2} ทำการเจือจางต่อๆ ไปด้วยวิธีเดียวกัน ตามความเหมาะสม

2.3 การเทเพลท (pour plating)

2.3.1 ใช้ปิเปตปลอดเชื้อดูดตัวอย่างแต่ละความเจือจาง จากการเตรียมตัวอย่างและเจือจางตัวอย่างข้างต้นที่ต้องการทดสอบมา 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ความเจือจางละ 2 จาน (ภาพที่ 3)

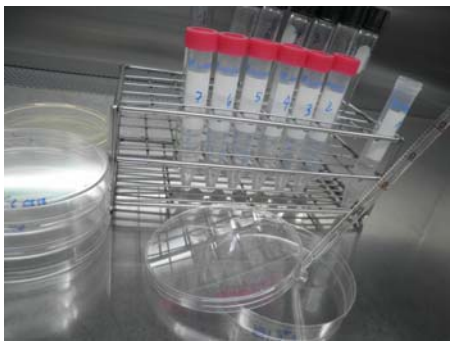


ภาพที่ 2 การเตรียมตัวอย่าง

2.3.2 เทอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับนับจำนวนจุลินทรีย์ (plate count agar) ที่อุณหภูมิ 45±1องศาเซลเซียส ประมาณ 20-25 มิลลิลิตร เขย่าผสมให้เข้ากัน วางทิ้งไว้จนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัว

2.4 การบ่มเชื้อ นำจานอาหารเลี้ยงเชื้อเข้าบ่มในตู้บ่มเชื้อ อุณหภูมิ 35±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

2.5 การนับจำนวนคอโลนี นับจำนวนที่อยู่ในช่วง 30-300 คอโลนี ในแต่ละความเจือจาง และรายงานผลเป็นคอโลนีต่อมิลลิลิตร (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 3 การเจือจางตัวอย่างและการเทเพลท

ภาพที่ 4 การนับจำนวนคอโลนี

3. วิธีการวิเคราะห์ผล

ใช้สถิติเชิงพรรณา (Descriptive statistic) ได้แก่ ค่าเฉลี่ยร่วมกับการแปลผลตามเกณฑ์กำหนดโดยเกณฑ์ควบคุมจุลินทรีย์ของน้ำกลั่น3ครั้งที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ ศูนย์สัตว์-ทดลองแห่งชาติแสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เกณฑ์ควบคุมจุลินทรีย์ของน้ำกลั่น (AWWA, 2005)

Test	Maximum Acceptable Limit
pH	5.5-7.5
Total Chlorine Residual	< 0.10 mg/l
Aerobic Plate Count (APC)	<1,000 CFU/ml

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการศึกษาการเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ใน ภาชนะบรรจุน้ำกลั่นปิดสนิทแบบใช้ซ้ำจำนวน 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม ภาชนะบรรจุน้ำกลั่นอบแห้งและกลุ่มที่ 2 กลุ่มทดลอง ภาชนะบรรจุน้ำกลั่นที่แช่คลอรีน ล้างสะอาดและอบแห้ง ได้ผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในภาชนะบรรจุแบบใช้ซ้ำ

Range of APC (cfu/ml)	Contaminated container (%)	
	Dry Heat Water Container	Dry Heat and Chlorinated Water Container
0	3.3	100
1-29	70.0	0
30-300	16.7	0
> 300	10.0	0

จากตารางที่ 2 แสดงผลการตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่พบในกลุ่มควบคุมคือภาชนะบรรจุน้ำกลั่นอบแห้งและกลุ่มทดลองคือภาชนะบรรจุน้ำกลั่นที่แช่คลอรีนน้ำ ล้างสะอาดและอบแห้ง โดยใช้เกณฑ์การนับจำนวนจุลินทรีย์ของ Wayne (2012) ในช่วง 30-300 คอโลนีต่อมิลลิลิตร สำหรับในการทดลองแบ่งช่วงการนับจำนวนจุลินทรีย์ออกเป็น 4 ช่วง คือ

0, 1-29, 31-300 และ > 300 คอโลนีต่อมิลลิลิตร พบว่ากลุ่มควบคุม มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในช่วง 1-29 คอโลนีต่อมิลลิลิตร พบคิดเป็นร้อยละ 70.0 ช่วง 31-300 คอโลนีต่อมิลลิลิตร คิดเป็นร้อยละ 16.7 และช่วง >300 คอโลนีต่อมิลลิลิตร คิดเป็นร้อยละ 10 และไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ คิดเป็นร้อยละ 3.3 ส่วนกลุ่มทดลอง ไม่พบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ คิดเป็นร้อยละ 100 แสดงว่าการใช้คลอรีนน้ำหรือโซเดียมไฮโป-คลอไรต์สามารถฆ่าเชื้อโรคในน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ (การประปานครหลวง, ม.ป.ป.) เนื่องจากคลอรีนมีคุณสมบัติในการกัดกร่อนจะเข้าไปทำลายเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตได้ดี (Edward, 2012 และ Mergel, 2010) รวมถึงสามารถทำลายไบโอฟิล์ม (biofilm) ซึ่งเป็นคราบที่เกาะแน่นติดอยู่บนพื้นผิวของเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ โดยเป็นกลุ่มของแบคทีเรียหลายชนิดที่อาศัยอยู่ร่วมกันมีความสัมพันธ์อย่างสลับซับซ้อน แบคทีเรียที่พบในไบโอฟิล์มและเป็นที่รู้จัก ได้แก่ *Pseudomonas aeruginosa Escherichia coli* และ *Porphyromonas gingivalis* เป็นต้น ไบโอฟิล์มเป็นอุปสรรคต่อการล้างทำความสะอาดแบคทีเรียและสารอินทรีย์ และรวมถึงการฆ่าเชื้อเพราะเป็นจุดบอดที่แบคทีเรียใช้หลบซ่อนอยู่ ไม่สามารถถูกกำจัดออกไปได้ แต่จะกลายเป็นปัญหาทำให้เกิดการปนเปื้อนกับอาหารในภายหลัง และนำมาซึ่งการระบาดของโรคอาหารเป็นพิษ หากกลุ่มของไบโอฟิล์มเหล่านั้นประกอบด้วย จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ดังนั้นไบโอฟิล์มจึงเป็นอุปสรรค และปัญหาที่สำคัญในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ส่วน Daly และคณะ(1998) ได้ศึกษาว่าคลอรีนสามารถทำลายแบคทีเรียที่ทำให้เกิดไบโอฟิล์มได้เนื่องจากคลอรีนนอกจากจะสามารถทำลายและยับยั้งการก่อโรคอันเกิดจากเชื้อจุลินทรีย์แล้วการเติมคลอรีนลงไปในน้ำดื่มจะช่วยปรับคุณภาพน้ำให้ดีขึ้นด้วย (Edward และคณะ, 2012)

ตารางที่ 3 ผลการตรวจคุณภาพน้ำกลั่นด้วยวิธีทางเคมี

Test	Maximum Acceptable Limit	Dry Heat Water Container	Dry Heat and Chlorinated Water Container
pH	5.5-7.5	6.7-7.5	6.7-7.5
Total Chlorine Residual	< 0.10 mg/l	0	0

จากตารางที่ 3 แสดงผลการตรวจคุณภาพน้ำกลั่นด้วยวิธีทางเคมีคือ การวัดค่าความเป็นกรด-เบส และปริมาณคลอรีนตกค้างในกลุ่มควบคุม คือภาชนะบรรจุน้ำกลั่นอบแห้ง

และกลุ่มทดลอง คือภาชนะบรรจุน้ำกลั่นที่แช่คลอรีนน้ำ ล้างสะอาดและอบแห้ง พบว่าภาชนะบรรจุน้ำกลั่นทั้ง 2 กลุ่ม มีค่าความเป็นกรด-เบส ที่อยู่ในช่วงของเกณฑ์ที่ยอมรับได้ นั่นคือ มีค่า 6.5-7.5 (ค่าเกณฑ์มาตรฐานเท่ากับ 5.5-7.5) ส่วนปริมาณคลอรีนตกค้างมีค่าเป็นศูนย์ ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์คือ < 0.10 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงว่า การใช้คลอรีนน้ำแช่ภาชนะบรรจุน้ำกลั่นโดยการล้างภาชนะบรรจุให้สะอาดแล้วนำไปอบแห้ง เป็นผลให้ไม่พบปริมาณคลอรีนตกค้าง จึงไม่มีผลต่อคุณภาพน้ำกลั่นของห้องปฏิบัติการ ซึ่งสอดคล้องกับ James (2008) ที่กล่าวว่าปริมาณคลอรีนตกค้างสามารถถูกย่อยสลายไปได้เองตามธรรมชาติ ในหลายรูปแบบ เช่นจากปฏิกิริยาของคลอรีนกับวัสดุที่สัมผัสในรูปของการตกตะกอนอยู่ภายใน วิธีการที่ใช้ทำลายการติดเชื้อ (disinfection) เช่นความร้อน แสง รวมทั้งระยะเวลาที่ใช้ในการย่อยสลาย นั่นแสดงว่าการใช้ทั้งคลอรีนและความร้อนจากการอบแห้ง จะมีส่วนช่วยกำจัดปริมาณคลอรีนตกค้างได้

สรุปผล

ศูนย์สัตว์ทดลองแห่งชาติสามารถแก้ไขปัญหาการปนเปื้อนจุลินทรีย์ของภาชนะบรรจุน้ำกลั่นปิดสนิทแบบใช้ซ้ำได้ ด้วยวิธีการนำภาชนะบรรจุน้ำกลั่นแช่คลอรีนน้ำ หรือโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ล้างสะอาดและอบแห้ง สามารถกำจัดปริมาณจุลินทรีย์ และปริมาณคลอรีนตกค้างได้ โดยผ่านเกณฑ์การตรวจคุณภาพทั้งทางจุลินทรีย์และทางเคมีทำให้มั่นใจได้ว่า ไม่มีผลกระทบต่อการทดสอบและเป็นไปตามข้อกำหนดของห้องปฏิบัติการ อีกทั้งยังสามารถใช้เป็นแนวทางปฏิบัติในการล้างทำความสะอาดภาชนะบรรจุน้ำกลั่นปิดสนิทแบบใช้ซ้ำได้ โดยไม่ส่งผลต่อคุณภาพน้ำของห้องปฏิบัติการ

เอกสารอ้างอิง

การประปานครหลวง.(ม.ป.ป). **คลอรีน**. สืบค้นเมื่อวันที่12 กุมภาพันธ์ 2555. จาก http://www.mwa.co.th/ewt_dl_link.php?nid=440

พิเชฐ พิศภา. (2012). **การฆ่าเชื้อโรคในน้ำด้วยคลอรีน.** สืบค้นเมื่อวันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2555 จาก http://www.aquariumthai.com/…/169-Discus-คลอรีน.html

วฤษณี ปรีชานฤชิตกุล. (2554). **ไบโอฟิล์มอยู่รอบๆ ตัวเรา.** สืบค้นเมื่อวันที่ 6 สิงหาคม 2555 จาก http://it.doa.go.th/pibai/

วีรศักดิ์ เหล่าตระกูล. (2545). **การปนเปื้อนแบคทีเรีย ของภาชนะบรรจุน้ำบริโภคปิดสนิทแบบใช้ซ้ำรูปทรงเหลี่ยมกับรูปทรงกลม**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ศิริภรณ์ เจียรพสุอนันต์. (2535). **แนวทางการปรับปรุงการจัดสถานที่ผลิตน้ำบริโภคที่เหมาะสม.** เอกสารวิชาการเสนอต่อสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข.

American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. (2005). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater** APHA, Washington.

Daly B, Betts WB, Brown AP and O'Neill JG. (1998). **Bacterial loss from biofilms exposed to free chlorine.** Retrieved March 17, 2012, from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10347898

Edward, F.A. (2012). Chlorine (Residual). In Eugene W.R, Rodger B. B, Andrew D. Eaton and Lenore S. Clesceri. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** APHA, Washington: 4-58.

James,R.C. (2008). **Chlorine Residual in Water System.** Retrieved February 23, 2012, from http://www.chastainskillman.com/downloads/articles/ChlorineResidual.pdf

Mergel, Maria. (2010). **Chlorine**. Retrieved February 1, 2012, from http://toxipedia.org/display/toxipedia/Chlorine

O'Toole, G., Kaplan, H.B. and Kolter, R. (2000). Biofilm formation as microbial development. **Annu. Rev. Microbiol**. 54: 49-79.

Wayne, R.J, 2012. Heterotrophic Plate Count. In Eugene W.R, Rodger B. B, Andrew D. Eaton and Lenore S. Clesceri**. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. APHA, Washington: 9-4.