

การติดตามตรวจสอบไมโครซิสติน
จากสาหร่ายพิษสีเขียวแกมน้ำเงินในน้ำประปา
โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้าโดยใช้เทคนิค
ไฮเพอร์ฟอร์แมนซ์ลิควิดโครมาโทกราฟี (HPLC)
Monitoring of Microcystins from Toxic
Blue-green Algae in the Tap Water
from Chulachomklao Royal Military Academy
by HPLC Technique

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการติดตามและวิเคราะห์หาสารพิษไมโครซิสตินจากสาหร่ายพิษสีเขียวแกมน้ำเงินในน้ำประปาโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้าโดยใช้เทคนิคไฮเพอร์ฟอร์แมนซ์ลิควิดโครมาโทกราฟี (HPLC) ตัวอย่างน้ำที่ใช้วิเคราะห์ได้จาก 2 แหล่งคือแหล่งน้ำดิบและน้ำประปาโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้าในช่วงเดือนพฤศจิกายนปี 2553 ถึงพฤษภาคมปี 2555 ผลการวิเคราะห์พบว่าในเดือนพฤศจิกายนปี 2553 น้ำดิบก่อนเข้าโรงผลิตน้ำประปามีปริมาณสารพิษไมโครซิสตินชนิด Microcystin-RR และชนิด Microcystin-YR ปริมาณ 0.730 และ 0.610 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ สำหรับน้ำประปาจากกองวิชาเคมี สกศ.ร.จปร. มีปริมาณสารพิษไมโครซิสตินชนิด Microcystin-YR ปริมาณ 0.090 ไมโครกรัมต่อลิตร และน้ำดื่มที่ผ่านการกรองในโรงเรียนนายร้อย โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า มีปริมาณสารพิษไมโครซิสตินชนิด Microcystin-RR และชนิด Microcystin-YR ปริมาณ 0.630 และ 0.530 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ นอกจากนี้ในเดือนมีนาคมปี 2554 ยังพบว่าน้ำดิบก่อนเข้าโรงผลิตน้ำประปาและน้ำดื่มที่ผ่านการกรองในโรงเรียนนายร้อย มีปริมาณสารพิษไมโครซิสตินชนิด Microcystin-RR ปริมาณ 0.015 และ 0.012 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ สำหรับเดือนมกราคมปี 2554 และในช่วงเดือนมกราคม-พฤษภาคมปี 2555 ไม่พบสารพิษไมโครซิสตินชนิด Microcystin-RR Microcystin-YR และชนิด Microcystin-LR

คำสำคัญ : Microcystins, *Microcystis aeruginosa* Kutz., Blue-green Algae

1. บทนำ

สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว (Blue-green algae) หรือไซยาโนแบคทีเรีย (cyanobacteria) มีมากกว่า 40 สายพันธุ์ เป็นสาหร่ายกลุ่มที่พบในแหล่งน้ำจืดในประเทศไทยและมีผลกระทบต่อมนุษย์ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินบางชนิดสามารถผลิตสารพิษที่มีความเป็นพิษต่อเซลล์ (cytotoxin) เช่น สารที่มีความเป็นพิษต่อเซลล์ตับ (hepatotoxin) สารที่มีความเป็นพิษต่อระบบประสาท (neurotoxin) หรือสารที่ก่อให้เกิดอาการระคายเคืองต่อผิวหนัง เป็นต้น สำหรับสารพิษที่เป็นอันตรายต่อดับ (hepatotoxin) ส่วนใหญ่มาจากไซยาโนแบคทีเรียพวก *Microcystis aeruginosa* สาหร่ายชนิดนี้สามารถสร้างสารพิษประเภทไซคลิกเฮปตะเปปไทด์ (cyclic-heptapeptide) ได้ หรือเรียกว่าไมโครซิสติน (Microcystins) ซึ่งมีผลต่อเซลล์ตับและเป็นสารก่อมะเร็ง (carcinogens) สารพิษไมโครซิสตินเป็นสารที่พบได้ทั่วโลก เนื่องจากไซยาโนแบคทีเรียสามารถเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วในแหล่งน้ำที่เป็นลักษณะน้ำนิ่งโดยเฉพาะในฤดูแล้ง ไซยาโนแบคทีเรียสามารถผลิตสารพิษไมโครซิสตินที่ปริมาณ 0.7-0.8 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักเซลล์แห้ง) ซึ่งปริมาณที่องค์การอนามัยโลก (WHO) กำหนดค่าความปลอดภัยในน้ำดื่มให้มีสารพิษไมโครซิสตินได้ไม่เกิน 1 ไมโครกรัมต่อลิตร และจำนวนเซลล์ของสาหร่ายมีได้ไม่เกิน 20,000 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ดังนั้นแหล่งน้ำที่มีปริมาณสารพิษไมโครซิสตินที่สูงเกินไป อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพได้⁽¹⁻³⁾

จากผลการศึกษาปัญหาสาหร่ายผลิตสารพิษในแหล่งน้ำดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำประปาในหน่วยทหารในปี พ.ศ. 2543 และการวิจัยเรื่องปัญหาการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของสาหร่ายที่ผลิตสารพิษในแหล่งน้ำดิบโรงเรียนนายร้อย-

พระจุลจอมเกล้า ปี พ.ศ. 2546⁽⁴⁾ โดยมีข้อเสนอแนวทางแก้ไขให้กับ รร.จปร. เช่น จัดทำโปรแกรมการตรวจติดตามปัญหาของสาหร่ายอย่างต่อเนื่อง ทำหลังคาถันแดดบริเวณบ่อน้ำก่อนสูบน้ำดิบเพื่อทำประปา ขยายและขุดลอกคอคอดระหว่างสระเพื่อให้น้ำไหลได้อย่างต่อเนื่อง และปล่อยปลากินพืชพร้อมกำจัดปลาชะโดในแหล่งน้ำซึ่งทางโรงเรียนนายร้อยได้แก้ไขไปบางเรื่องแล้ว แต่อาจจะมีสาหร่ายพิษชนิดนี้อยู่ในบ่อน้ำ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาปริมาณสารพิษไมโครซิสตินในน้ำประปาของโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า เพื่อตรวจติดตามเฝ้าระวังอันตรายต่อสุขภาพของกำลังพลใน รร.จปร. ต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อศึกษาปริมาณสารพิษไมโครซิสตินในน้ำดิบก่อนเข้าโรงผลิตน้ำประปา น้ำประปาและน้ำดื่มโรงเรียนนักเรียนนายร้อยในโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้าโดยใช้เทคนิคไฮเพอร์ฟอร์แมนซ์ลิควิดโครมาโทกราฟี (HPLC) และติดตามปริมาณสารพิษไมโครซิสตินในน้ำประปา

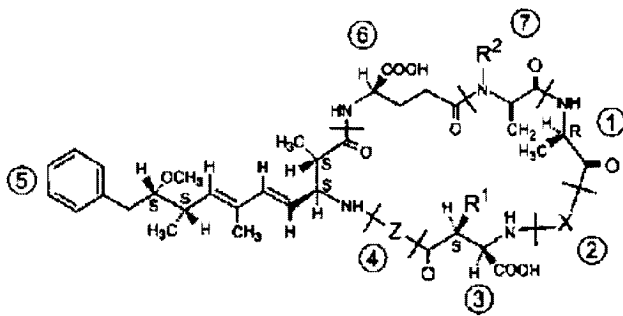
3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ไมโครซิสตินเป็นกลุ่มสารประเภทไซคลิกเฮปตะเปปไทด์ที่มีกรดอะมิโน 7 ชนิดในโครงสร้างประกอบไปด้วยกรดอะมิโนเรียงกันเป็นวงเดียว (Monocyclic) และมีโครงสร้างที่แตกต่างกันขึ้นกับตำแหน่งของกรดอะมิโนซึ่งมีทั้งกรดอะมิโนชนิด D-amino acid และ L-amino acid จึงทำให้พบไมโครซิสตินที่มีโครงสร้างที่หลากหลายมากกว่า 80 ชนิด จากโครงสร้างในวงของไมโครซิสตินประกอบไปด้วยส่วนของ D-amino acid 3 ชนิด ได้แก่ alanine glutamic acid และ methylaspartic acid นอกจากนั้นยังมีส่วนของกรดอะมิโนที่ผิดปกติอีก

2 ชนิดคือ N-methyldehydroalanine (Mdha) และ 3-amino-9-methoxy-2,6,8-trimethyl-10-phenyldeca-4,6-dienoic acid (ADDA) ซึ่งมีจำนวนคาร์บอนอะตอมจำนวน 20 อะตอมเป็นส่วน non-polar side chain และส่วนของ L-amino acid⁽⁵⁾

ปัจจุบันไมโครซิสตินที่พบส่วนใหญ่มีทั้งหมด 4 ชนิดคือ Microcystin-LA, Microcystin-YR, Microcystin-RR และ Microcystin-LR ซึ่งมีสูตรโครงสร้างดังภาพที่ 1 โครงสร้างไมโครซิสตินแต่ละชนิดมีส่วนที่แตกต่างกันในตำแหน่ง X และ Z โดยตำแหน่ง R¹ และ R² เป็น methyl group (-CH₃) ทั้ง 2 หมู่⁽⁶⁾

จากรายงานส่วนใหญ่พบว่า Microcystin-LR เป็นสารที่ได้รับความสนใจและมีการศึกษาความเป็นพิษมากกว่าชนิดอื่นๆ อาจเนื่องจากว่า Microcystin-LR เป็นสารที่พบปริมาณมากและตรวจพบทั่วไปในหลายประเทศ อย่างไรก็ตาม มีงานวิจัยที่พบว่า Microcystin-LA, Microcystin-RR และ Microcystin-YR มีความเป็นพิษเช่นเดียวกันกับ Microcystin-LR^(2,6)



	X-Amino Acid	Z-Amino Acid
Microcystin-LA	Leucine (L)	Alanine (A)
Microcystin-YR	Tyrosine (Y)	Arginine (R)
Microcystin-RR	Arginine (R)	Arginine (R)
Microcystin-LR	Leucine (L)	Arginine (R)

ภาพที่ 1 สูตรโครงสร้างของไมโครซิสติน

ความเป็นพิษของไมโครซิสติน เมื่อถูกสัมผัส เช่นการดื่มน้ำหรือว่ายน้ำในสระน้ำที่มีไซยาโนแบคทีเรียหรือไมโครซิสตินปนเปื้อนอยู่จะเกิดผลร้ายต่อเซลล์ตับ เนื่องจากสารพิษชนิดนี้จะไปทำลายเซลล์ตับทำให้ตับไม่สามารถทำงานต่อไปได้ นอกจากนี้สารพิษ Microcystin-LR สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ซึ่งเป็นโปรตีนฟอสฟาเทส 1 (Protein phosphatase 1 : PP1) และโปรตีนฟอสฟาเทส 2A (Protein phosphatase 2A : PP2A) ที่มีความสำคัญต่อการควบคุมเมตาโบลิซึมต่างๆ ในร่างกาย โดยเซลล์ตับมีกลไกการกำจัดสารไมโครซิสตินออกจากร่างกาย จนกระทั่งเซลล์ไม่สามารถทำงานได้อีกเรียกว่า กระบวนการตายของเซลล์ (apoptosis)⁽⁷⁾ และยังพบว่า Microcystin-LA, Microcystin-RR และ Microcystin-YR สามารถยับยั้งเอนไซม์ phosphatase และเหนี่ยวนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อของเซลล์ตับในสัตว์ทดลองเหมือนกับ Microcystin-LR เช่นกัน⁽⁸⁾ และเทคนิคการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณไมโครซิสตินที่นิยมมากที่สุดคือเทคนิคไฮเพอร์ฟอร์แมนซ์ลิควิดโครมาโทกราฟี (HPLC) โดยองค์การอนามัยโลก (WHO) ได้กำหนดปริมาณสารพิษไมโครซิสตินที่ปนเปื้อนในน้ำดื่มมิได้ไม่เกิน 1.0 ไมโครกรัมต่อลิตร แต่มีบางกรณีที่ต้องมีปริมาณที่ต่ำกว่าของ WHO กำหนด เช่นผู้ป่วยโรคตับ หญิงตั้งครรภ์ และผู้ป่วยโรคไต เป็นต้น^(2,9) สำหรับมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปานครหลวงในประเทศไทยได้กำหนดปริมาณของ Microcystin-LR ในน้ำดื่มมิได้ไม่เกิน 0.001 มิลลิกรัมต่อลิตรหรือ 1.0 ไมโครกรัมต่อลิตร (ตามข้อเสนอแนะขององค์การอนามัยโลก)

4. การดำเนินการวิจัย

4.1 เก็บตัวอย่างน้ำ เพื่อทำการวิเคราะห์ ปริมาตร 10 ลิตร โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำรวม 6 ครั้งในเดือนพฤศจิกายนปี 2553 เดือนมกราคม และเดือนมีนาคมปี 2554 และเดือนมกราคม เดือนเมษายนและเดือนพฤษภาคมปี 2555 จากแหล่งน้ำดิบก่อนเข้าโรงผลิตน้ำประปา น้ำประปา จากกองวิชาเคมี ส่วนการศึกษา รร.จปร. และน้ำ ต็มที่ผ่านการกรองจากโรงเรียนนักเรียนนายร้อย รร.จปร.

4.2 ทำการสกัดสารพิษไมโครซิสตินและ วิเคราะห์หาปริมาณสารพิษไมโครซิสตินในตัวอย่าง น้ำ ซึ่งทำการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารพิษ ไมโครซิสติน 3 ชนิดคือ Microcystin-RR, Microcystin-YR และ Microcystin-LR ด้วย วิธีของ Harada และคณะ⁽¹⁰⁾ โดยใช้เทคนิค ไฮเพอร์ฟอร์แมนซิลิควิดโครมาโทกราฟี (HPLC) สภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์มีดังนี้ คอลัมน์ ODS (octadecylsilica) ระบบตัวทำละลายที่ใช้ ในการชะคอลัมน์เป็นเมทานอลต่อฟอสเฟต บัฟเฟอร์ด้วยอัตราส่วนโดยปริมาตร 60 ต่อ 40 และมีค่าความเป็นกรด-ด่าง pH เท่ากับ 3 และ เครื่องตรวจวัด (detector) ใช้รังสียูวี-วิสิเบิลที่ ความยาวคลื่น 239 นาโนเมตร

4.3 วิเคราะห์ผลปริมาณสารพิษไมโครซิสติน ในตัวอย่างน้ำและสรุปผลการวิเคราะห์

5. ผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง

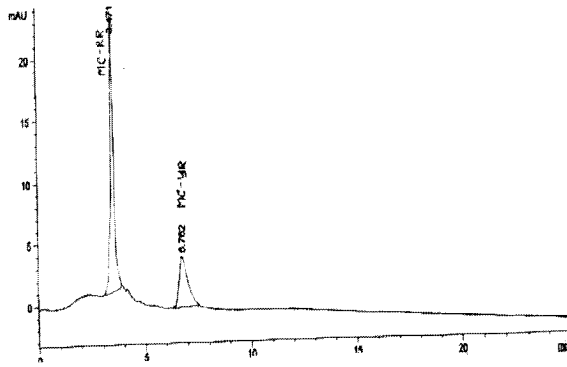
5.1 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ

การวิเคราะห์หาปริมาณสารพิษไมโครซิสติน 3 ชนิดคือ Microcystin-RR, Microcystin-YR และ Microcystin-LR ในตัวอย่างน้ำ 3 แหล่งคือ น้ำดิบก่อนเข้าโรงผลิตน้ำประปา น้ำประปาจาก กองวิชาเคมี สกศ.รร.จปร. และน้ำดื่มที่ผ่านการ กรองจากโรงเรียนนักเรียนนายร้อย รร.จปร. ด้วยวิธีของ Harada และคณะ โดยใช้เทคนิค ไฮเพอร์ฟอร์แมนซิลิควิดโครมาโทกราฟี (HPLC) พบว่ามีสารพิษ Microcystin-RR และ Microcystin-YR ในเดือนพฤศจิกายนปี 2553 และ เดือนมีนาคมปี 2554 แต่เดือนมกราคมปี 2554 เดือนมกราคม เดือนเมษายนและเดือนพฤษภาคม ปี 2555 ไม่พบสารพิษไมโครซิสตินทั้ง 3 ชนิด

5.2 การวิเคราะห์เชิงปริมาณ

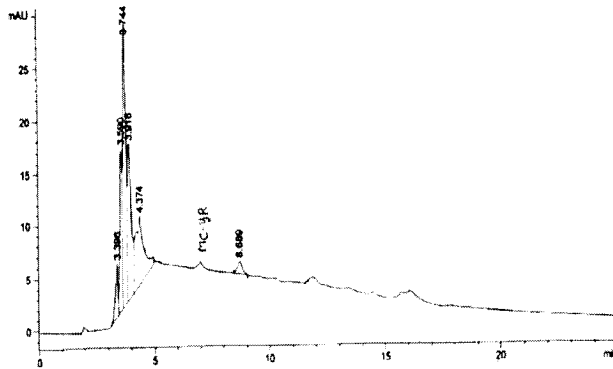
ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารพิษไมโครซิส- ติน 3 ชนิดคือ Microcystin-RR, Microcystin- YR และ Microcystin-LR ในตัวอย่างน้ำจากแหล่ง น้ำดิบก่อนเข้าโรงผลิตน้ำประปา น้ำประปาจาก กองวิชาเคมี สกศ.รร.จปร. และน้ำดื่มที่ผ่านการ กรองจากโรงเรียนนักเรียนนายร้อย รร.จปร. (ตารางที่ 1) โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำเดือน พฤศจิกายนปี 2553 เดือนมกราคมและ มีนาคม ปี 2554 เดือนมกราคม เดือนเมษายนและเดือน พฤษภาคมปี 2555 ได้ผลดังนี้

5.2.1) ปริมาณสารพิษไมโครซิสตินใน น้ำดิบก่อนเข้าโรงผลิตน้ำประปา ตรวจพบสารพิษ Microcystin-RR ที่ปริมาณ 0.730 $\mu\text{g/L}$ (เดือน พ.ย. 53) 0.015 $\mu\text{g/L}$ (เดือน มี.ค. 54) และพบ สารพิษ Microcystin-YR ที่ปริมาณ 0.610 $\mu\text{g/L}$ (เดือน พ.ย. 53) สำหรับโครมาโทแกรมน้ำดิบก่อน เข้าโรงผลิตน้ำประปาเดือนพฤศจิกายนปี 2553 ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 โครมาโทแกรมน้ำดิบก่อนเข้าโรงผลิตน้ำประปา (เดือนพฤศจิกายนปี 2553)

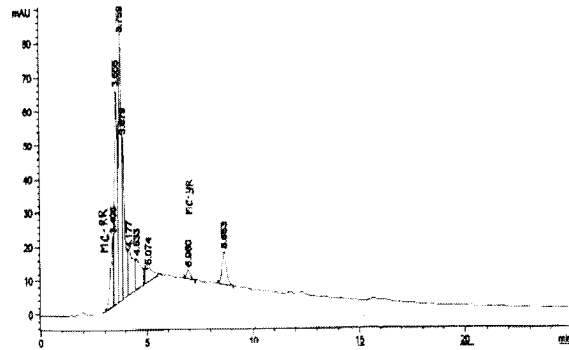
5.2.2) ปริมาณสารพิษไมโครซิสตินในน้ำประปาจากกองวิชาเคมี ส่วนการศึกษา รร.จปร. ตรวจพบสารพิษ Microcystin-YR ที่ปริมาณ $0.090 \mu\text{g/L}$ (เดือน พ.ย. 53) สำหรับโครมาโทแกรมน้ำประปาจากกองวิชาเคมี สกศ.ร.จปร. เดือนพฤศจิกายนปี 2553 ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 โครมาโทแกรมน้ำประปาจากกองวิชาเคมี สกศ.ร.จปร. (เดือนพฤศจิกายนปี 2553)

5.2.3) ปริมาณสารพิษไมโครซิสตินในน้ำดื่มที่ผ่านการกรองจากโรงเรียนนายร้อย รร.จปร. ตรวจพบสารพิษ Microcystin-RR ที่ปริมาณ $0.630 \mu\text{g/L}$ (เดือน พ.ย. 53) $0.012 \mu\text{g/L}$ (เดือน มี.ค. 54) และพบสารพิษ Microcystin-YR ที่ปริมาณ $0.530 \mu\text{g/L}$ (เดือน พ.ย. 53)

โครมาโทแกรมน้ำดื่มจากโรงเรียนนายร้อย เดือนพฤศจิกายนปี 2553 ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 โครมาโทแกรมน้ำดื่มที่ผ่านการกรองจากโรงเรียนนายร้อย รร.จปร. (เดือนพฤศจิกายนปี 2553)

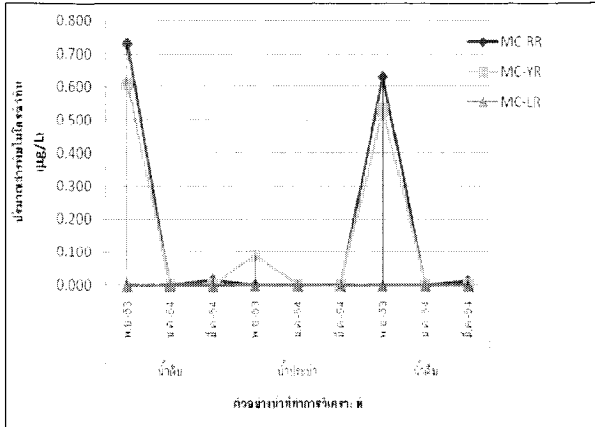
ตารางที่ 1 ปริมาณสารพิษไมโครซิสตินในตัวอย่างน้ำ

เดือน	ตัวอย่างน้ำ	MC-RR ($\mu\text{g/L}$)	MC-YR ($\mu\text{g/L}$)	MC-LR ($\mu\text{g/L}$)
พ.ย. 53	น้ำดิบ	0.730	0.610	nd
	น้ำประปา	nd	0.090	nd
	น้ำดื่ม	0.630	0.530	nd
ม.ค. 54	น้ำดิบ	nd	nd	nd
	น้ำประปา	nd	nd	nd
	น้ำดื่ม	nd	nd	nd
มี.ค. 54	น้ำดิบ	0.015	nd	nd
	น้ำประปา	nd	nd	nd
	น้ำดื่ม	0.012	nd	nd
ม.ค. 55	น้ำดิบ	nd	nd	nd
	น้ำประปา	nd	nd	nd
	น้ำดื่ม	nd	nd	nd
เม.ย. 55	น้ำดิบ	nd	nd	nd
	น้ำประปา	nd	nd	nd
	น้ำดื่ม	nd	nd	nd
พ.ค. 55	น้ำดิบ	nd	nd	nd
	น้ำประปา	nd	nd	nd
	น้ำดื่ม	nd	nd	nd

* nd (not detect) โดย detection limit ของการวิเคราะห์ มีค่าเท่ากับ $0.01 \mu\text{g/L}$

5.3 การเปรียบเทียบปริมาณสารพิษ

จากตารางที่ 1 และภาพที่ 5 จะเห็นได้ว่า ปริมาณสารพิษไมโครซิสตินในเดือนพฤศจิกายน ปี 2553 พบปริมาณสารพิษ Microcystin-RR และ Microcystin-YR ในปริมาณมากกว่าเดือน มีนาคมปี 2554 และไม่พบสารพิษไมโครซิสติน ทั้ง 3 ชนิดในเดือนมกราคมปี 2554 เดือนมกราคม เดือนเมษายนและเดือนพฤษภาคมปี 2555 อาจเนื่องมาจากในช่วงปลายปี 2554 มีปริมาณน้ำฝนมาก ทำให้ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว และเป็นลักษณะน้ำไหล จึงทำให้สาหร่ายไม่สามารถเจริญเติบโตได้ นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์สารพิษไมโครซิสตินจากตัวอย่างน้ำ พบปริมาณสารพิษ Microcystin-RR มีปริมาณสูงกว่า Microcystin-YR โดยพบในน้ำดิบปริมาณสูงกว่าตัวอย่างน้ำประปาและน้ำดื่ม ยกเว้นน้ำประปาในเดือนพฤศจิกายนปี 2553 พบเฉพาะ Microcystin-YR เท่านั้น



ภาพที่ 5 กราฟเปรียบเทียบปริมาณสารพิษไมโครซิสตินที่ตรวจพบในเดือนพฤศจิกายนปี 2553 เดือนมกราคมและเดือน มีนาคมปี 2554

สำหรับปริมาณสารพิษไมโครซิสตินในน้ำดื่มมีค่าสูงกว่าน้ำประปาอาจเนื่องมาจากสาเหตุของการล้างชุดกรองน้ำของโรงเรียนนักเรียนร้อย รร.จปร. ทำให้เซลล์สาหร่ายที่ติดอยู่กับชุดกรองเกิดการแตกของเซลล์และปลดปล่อยสารพิษไมโครซิสตินทำให้เกิดการปนเปื้อนในน้ำ อย่างไรก็ตาม การกำจัดสารพิษไมโครซิสตินโดยทั่วไปจะใช้วิธีการกรองผ่านผงถ่านคาร์บอนหรือผงถ่านกัมมันต์เพื่อดักจับสารพิษไมโครซิสตินก่อนนำมาบริโภค และปัจจุบันน้ำดื่มที่โรงเรียนนักเรียนร้อย รร.จปร. ได้ทำการปรับปรุงระบบการกรองน้ำที่ได้มาตรฐานมากขึ้นเมื่อเดือนกันยายนปี 2554 ที่ผ่านมา ดังนั้นผลการวิเคราะห์ปริมาณสารพิษไมโครซิสตินในเดือนมกราคม เดือนเมษายนและเดือนพฤษภาคมปี 2555 จึงไม่พบสารพิษไมโครซิสตินทั้ง 3 ชนิด

6. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองสรุปได้ว่าสารพิษไมโครซิสตินพบมากในน้ำดิบก่อนเข้าโรงน้ำผลิตประปา ซึ่งเป็นชนิด Microcystin-RR และ Microcystin-YR ในเดือนพฤศจิกายนปี 2553 ซึ่งอาจมาจากสาเหตุที่น้ำในอ่างเก็บน้ำก่อนเข้าโรงประปา รร.จปร. มีปริมาณน้ำน้อยและเป็นลักษณะน้ำนิ่ง ส่วนน้ำประปาพบเฉพาะสารพิษชนิด Microcystin-YR ในช่วงเดือนพฤศจิกายนปี 2553 เท่านั้น และจากผลการวิเคราะห์พบเฉพาะสารพิษไมโครซิสตินชนิด Microcystin-RR และ Microcystin-YR แต่ไม่พบสารพิษชนิด Microcystin-LR อย่างไรก็ตาม ปริมาณสารพิษไมโครซิสตินที่ตรวจพบนั้น มีปริมาณน้อยซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปานครหลวงในประเทศไทย ซึ่งกำหนดปริมาณของสารพิษไมโครซิสตินในน้ำดื่มให้ไม่เกิน 1.0 ไมโครกรัมต่อลิตร จึงเป็นค่าที่ไม่ส่งผลกระทบต่อร่างกายผู้บริโภคน้ำ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนเงินทุนจากกองทุนพัฒนาโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้าในการทำวิจัยเพื่อการติดตามปริมาณสารพิษไมโครซิสทีนใน รร.จปร. และขอขอบพระคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่กองวิชาเคมี ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำอันเป็นประโยชน์จนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

บรรณานุกรม

- (1) Chorus I, Bartram J. *Toxic Cyanobacteria in Water. A guide to their public health consequences, monitoring and management.* E & FN Spon on behalf of WHO: London. 1999; 1-11.
- (2) World Health Organization (WHO). *Cyanobacterial toxins: Microcystin-LR in drinking water. Guidelines for drinking water quality, 2nd ed* Geneva, Switzerland. 1998; 1-11.
- (3) Mahakhant A, Sano T, Ratanachot P, Tong-aram T, Srivastava VC, Watanabe MM, et al. *Detection of microcystins from cyanobacterial water blooms in Thailand freshwater. Phycol Res* 1998; 46 (suppl.): 25-29.
- (4) ปรากฏ ฉัตรจันทน์และคณะ. รายงานการศึกษาปัญหาการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของสาหร่ายที่ผลิตสารพิษในแหล่งน้ำดิบโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์การแพทย์ทหาร กรมแพทย์ทหารบกและสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2545.
- (5) Carmichael WW. Cyanobacteria secondary metabolites the cyanotoxins. *J Appl Bact* 1992; 72: 445-59.
- (6) Ned B, James C.C, Regina L, et al. *Microcystins: A brief overview of their toxicity and effects, with special reference to fish, wildlife, and livestock. OEHHA Ecotoxicology: Office of Environmental Health Hazard Assessment.* 2009.
- (7) Hooser, S.B. *Fulminant Hepatocyte Apoptosis in vivo following Microcystin-LR administration to rats. Toxicol Pathol,* 2000; 28(5): 726-733.
- (8) Yoshizawa, S, Rie M, Mariyo F, et al. *Inhibition of protein phosphatases by microcystins and nodularin associated with hepatotoxicity. J Cancer Res Clin Oncol,* 1990; 116(6): 609-614.
- (9) World Health Organization (WHO). *Toxic Cyanobacteria in Water: A guide to their public health consequences, monitoring and management.* E & FN Spon: London and New York. 1999.
- (10) Harada K, Matsutera K, Suzuki M, Oka H, Watanabe MF, Oishi S, et al. *Analysis and purification of toxic peptides from cyanobacteria by reversed-phase high-performance liquid chromatography. J Chromatog* 1988; 448: 275-283.