การศึกษาคุณภาพน้ำ และปริมาณแร่ธาตุบางชนิดบริเวณเหนือและภายในท่อน้ำพุร้อน ของอ่างเก็บน้ำบางพระ จังหวัดชลบุรีระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึง เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2554

A Study on Water Quality and theAmount of Certain Minerals in the Area Above and Inside Hot Spring Pipe, in the Bang Phra Reservoir,Chonburi Province, from May to August 2011

สิริแข พงษ์สวัสดิ์* สุทธวรรณ สุพรรณ สุจยา ฤทธิศร และ เบญจมาภรณ์ รุจิตร
สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
Sirikhae Pongswat*, Sutthawan Suphan, Sujaya Ritthisorn and Benjamaporn Rujit
Division of Biology, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

บทคัดย่อ

การศึกษาคุณภาพน้ำบริเวณอ่างเก็บน้ำบางพระ อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี บริเวณเหนือและภายในท่อน้ำพุร้อน ระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึง เดือนสิงหาคม พ.ศ.2554 โดยเปรียบเทียบกับคุณภาพน้ำตามมาตรฐานน้ำผิวดินตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2537 พบว่าปริมาณทองแดง แมงกานีสแคดเมียม ตะกั่ว ปรอท สารหนู โคลิฟอร์มแบคทีเรีย ออกซิเจนที่ละลายน้ำ ไนเตรท-ไนโตรเจน และแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในอ่างเก็บน้ำบางพระ สามารถจัดคุณภาพน้ำอยู่ในประเภท 2-3 สามารถนำไปอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน และจากการศึกษาปริมาณแร่ธาตุบางชนิดในท่อน้ำพุร้อนบางพระ เปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำแร่ตามธรรมชาติตามประกาศของกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข พ.ศ. 2543 และเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำแร่ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำแร่ธรรมชาติ มอก. 2208-2547 พบปริมาณฟลูออไรด์ ค่าความเป็นกรด - ด่าง และค่าความกระด้างเกินค่ามาตรฐาน นอกจากนี้ยังตรวจพบแร่ธาตุที่เป็นอันตรายคือ แคดเมียม ตะกั่ว และปรอท และจากการศึกษาปริมาณแร่ธาตุชนิดอื่นในท่อน้ำพุร้อนพบ ปริมาณคลอไรด์โพแทสเซียม โซเดียม และเหล็กเหมาะสมที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในการทำน้ำแร่อาบสปาได้ ส่วนการศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของแพลงก์ตอนพืช พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 7 หมวด 57 ชนิด แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นที่พบบริเวณเหนือท่อน้ำพุร้อนของอ่างเก็บน้ำบางพระ คือ *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing และ *Pseudanabaena* sp.1 ตามลำดับส่วนภายในท่อน้ำพุร้อนพบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 5 หมวด 23 ชนิด แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น คือ *Peridiniums* p.1, *Monoraphidium tortile* (West *et* G.S. West) Komárková-Legnerová, *Phacus* sp.1, *Cyanosarcina* sp. และ *Pseudanabaena* sp.1 ตามลำดับ

คำสำคัญ : คุณภาพน้ำ อ่างเก็บน้ำบางพระ ปริมาณแร่ธาตุบางประการ ท่อน้ำพุร้อน

***Corresponding author.** E-mail: pongswat_s@yahoo.com

Abstract

The water quality in the Area aboveand inside Hot Spring PipeBang Phra Reservoir, Si Racha District, Chonburi Province was studied from May to August, 2011 based on the standard of surface water defined by National Environmental Committee of Thailand, 1994with the amount of Copper, Manganese, Cadmium, Lead, Mercury, Arsenic, Total coliform bacteria, Dissolved oxygen, Nitrate -nitrogen and Ammonia-nitrogen were found in the Reservoir, the water quality was classified in category 2-3 suitable for household consumption offer a proper process of water treatment. From the study on certain minerals existing inside the hot spring pipe of Bang Phra Reservoir, the comparison was base on the minerals found in the hot spring against the standards of natural mineral water announced by Department of Health, Ministry of Public Health (2000) and against the Standard of Mineral Water by Standard Industrial Product Mineral Water(TISI 2208-2004). The finding showed that the amount of fluorine, pH and total hardness exceeded the prescribed standard. In addition, more harmful minerals such as Cadmium,Leadand Mercury were also found. In the study of the amount of minerals in the hot spring pipe, Chloride, Potassium, Sodium and Iron were found to be in the amount suitable for producing mineral water in spa. The biodiversity of phytoplanktonswerestudies, 7 divisions 57 species of phytoplanktons were foundinthe area above Bang Phra Reservoir. The dominant species were Microcystisaeruginosa (Kützing) Kützing and *Pseudanabaenas* p.1 respectively. Furthermore, inside were found 23 species in 5 divisionsof phytoplanktons, with dominant species namely *Peridinium* sp.1, *Monoraphidium tortile* (West *et* G.S. West) Komárková-Legnerová, *Phacus* sp.1, *Cyanosarcina* sp. and *Pseudanabaena* sp.1 respectively

Keywords : Water quality, Bang Phra Reservoir, Theamount of certain mineraland Hot Spring Pipe

บทนำ

ในปัจจุบันมีการให้ความสำคัญเกี่ยวกับการศึกษาคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำต่างๆ อย่างกว้างขวาง ไม่ว่าจะเป็นน้ำตามทะเลสาบ ลำธาร แม่น้ำ บึง อ่างเก็บน้ำ มหาสมุทรต่างๆ ฯลฯ (วีรานุช หลาง, 2551) ซึ่งการศึกษานิเวศวิทยาของแหล่งน้ำ จะมีการศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมี (physical and chemical properties of water) บางประการที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ (ศิริเพ็ญ ตรัยไชยาพร, 2543) และยังมีการศึกษาคุณภาพน้ำทางชีวภาพร่วมด้วย หากทราบถึงคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำต่างๆ แล้วจะสามารถวิเคราะห์สถานการณ์และเป็นแนวทางในการป้องกันแก้ไขฟื้นฟูสภาพแวดล้อมในแหล่งน้ำนั้นๆ ต่อไปได้ซึ่งการศึกษาคุณภาพน้ำทางชีวภาพส่วนใหญ่จะนิยมใช้แพลงก์ตอนพืช เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชมีความสำคัญคือเป็นอาหารพื้นฐานในห่วงโซ่อาหารของสัตว์น้ำนอกจากนี้ยังจัดเป็นผู้ผลิตขั้นปฐมภูมิ สามารถเปลี่ยนสารอนินทรีย์ให้เป็นสารประกอบอินทรีย์โดยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง อีกทั้งสามารถถ่ายทอดพลังงานและสารอาหารในรูปสารอินทรีย์ไปยังแพลงก์ตอนสัตว์และสัตว์น้ำอื่นๆ ในห่วงโซ่อาหาร แพลงก์ตอนพืชในแต่ละชนิดจะเจริญในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน บางชนิดเจริญในสภาพที่มีสารอินทรีย์สูง บางชนิดอยู่ในแหล่งน้ำที่มีสารอินทรีย์ปานกลาง บางชนิดเจริญได้ในที่ที่มีสารอินทรีย์ต่ำ และยังสามารถเจริญเติบโตได้ในน้ำที่มีช่วงอุณหภูมิสูงได้ เช่น น้ำพุร้อน เป็นต้น (Round, 1973) น้ำพุร้อน (hot spring) เป็นแหล่งพลังงานใต้พิภพที่สำคัญ ซึ่งในปัจจุบันสามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์แก่มนุษย์ได้มากมาย เช่น การผลิตกระแสไฟฟ้า การนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม (สระบุรี ไชยมงคล, 2523) และมนุษย์นำมาใช้อาบ ใช้รักษาโรคทางการแพทย์ เช่น โรคปวดตามข้อ กล้ามเนื้ออักเสบ โรคผิวหนัง และอื่นๆ อีกมากมาย (อุดมลักษณ์ สมพงษ์, 2544) ในประเทศไทยมีแหล่งน้ำพุร้อนเกิดขึ้นมากมาย โดยบ่อน้ำพุร้อนบางพระ จ.ชลบุรี ก็เป็นสถานที่หนึ่งที่มีความสำคัญ ซึ่งได้ถูกค้นพบขึ้นในปี พ.ศ. 2491 ต่อมาในปี พ.ศ. 2515 มีการสร้างอ่างเก็บน้ำบางพระขึ้น ดังนั้นบ่อน้ำพุร้อนจึงจมอยู่ก้นอ่างเก็บน้ำ แต่ได้มีการต่อท่อน้ำพุร้อนขึ้นมาและสร้างโดมเป็นสัญลักษณ์ไว้อ่างเก็บน้ำบางพระทำหน้าที่กักเก็บน้ำเพื่อใช้ประโยชน์ด้านการอุตสาหกรรม และทำประปาเพื่อการบริโภคให้แก่ชุมชนโดยรอบ มีพื้นที่ทั้งหมด 11,600 ไร่ ซึ่งอ่างเก็บน้ำบางพระเป็นแหล่งน้ำที่มีขนาดใหญ่ มีความสำคัญต่อชุมชนโดยรอบ และที่สำคัญมีลักษณะเด่นคือมีบ่อน้ำพุร้อนที่เป็นแหล่งรวบรวมแร่ธาตุที่มีความสำคัญมากมายจึงเป็นสถานที่ที่น่าสนใจและมีความเป็นไปได้ที่จะนำไปสู่การพัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยวในอนาคต

ดังนั้นคณะผู้วิจัยร่วมกับองค์การบริหารส่วนตำบลบางพระและเทศบาลบางพระ ได้เล็งเห็นความสำคัญในการศึกษาคุณภาพน้ำ ปริมาณแร่ธาตุบางชนิดทั้งในและนอกท่อน้ำพุร้อน รวมถึงการศึกษาความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืช เพื่อเป็นแนวทางในการพิจารณาวางแผนที่จะนำน้ำจากท่อน้ำพุร้อนไปใช้ประโยชน์ในการอาบสปา ฟื้นฟูพัฒนาให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญของจังหวัดชลบุรี รวมทั้งอาจนำไปใช้ในการผลิตน้ำแร่ในอนาคตต่อไป

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการวิจัย

1. พื้นที่ในการศึกษา

จากการสำรวจแหล่งน้ำบริเวณอ่างเก็บน้ำบางพระและบริเวณน้ำพุร้อนบางพระ สามารถกำหนดจุดเก็บตัวอย่างทั้งบริเวณเหนือและภายในท่อน้ำพุร้อน ซึ่งจะมีทั้งหมด 4 ระดับความลึก (ภาพที่ 1) ดังนี้

บริเวณเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณแสงส่องถึงในอ่างเก็บน้ำ ความลึก 1 เมตร จากผิวน้ำ

บริเวณเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณแสงส่องไม่ถึงในอ่างเก็บน้ำ ความลึก 7 เมตร จากผิวน้ำ

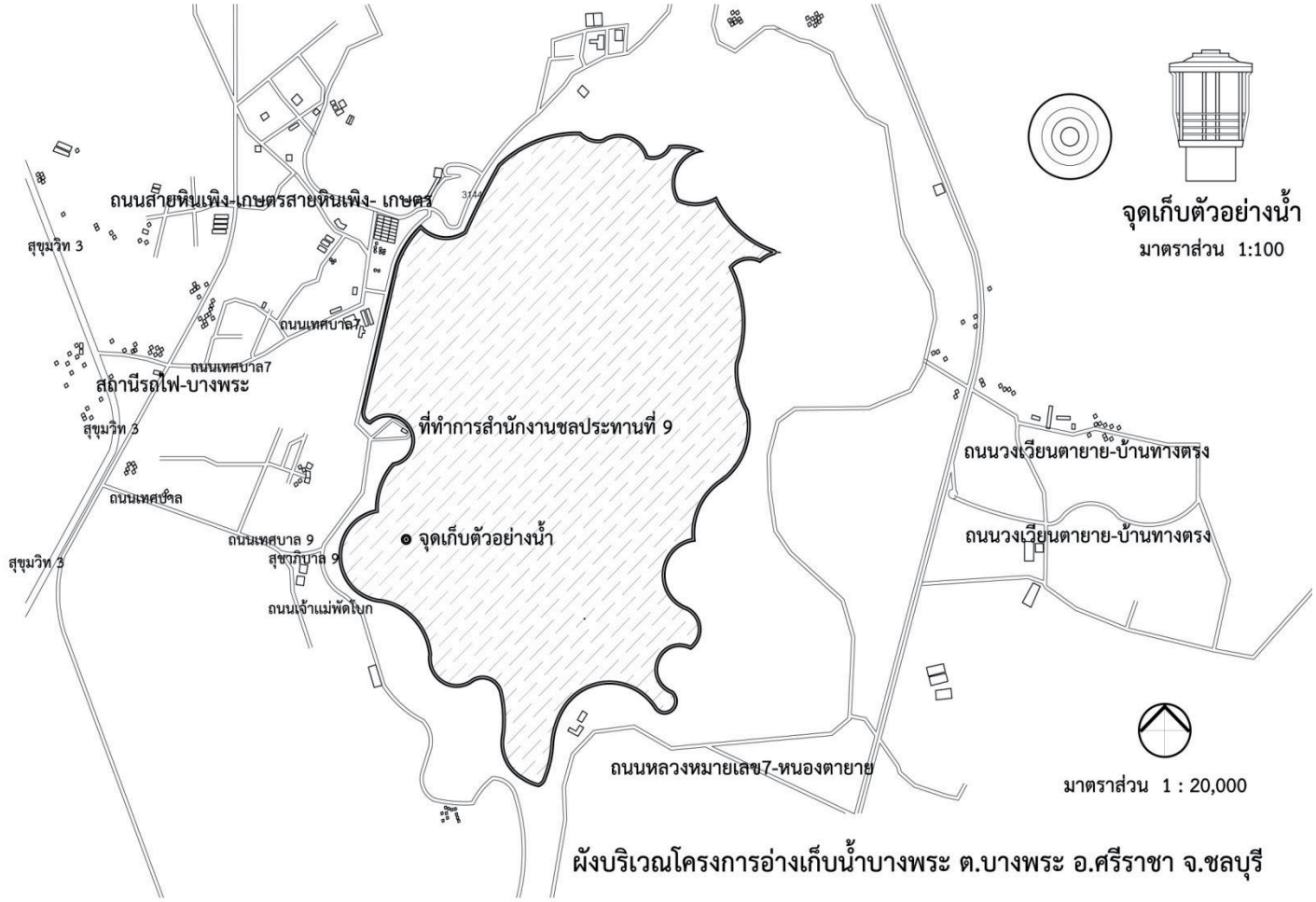
บริเวณเก็บตัวอย่างที่ 3 บริเวณในท่อน้ำพุร้อนลึก 1 เมตร จากปากท่อน้ำพุร้อน

บริเวณเก็บตัวอย่างที่ 4 บริเวณในท่อน้ำพุร้อนลึก 4 เมตร จากปากท่อน้ำพุร้อน

2. วิธีการวิจัย

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณเหนือและภายในท่อน้ำพุร้อนของอ่างเก็บน้ำบางพระ อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี ระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึง เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2554 ระยะเวลา 4 เดือน โดยทำการเก็บตัวอย่างเดือนละ 1 ครั้ง และทำการศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมีและชีวภาพ (ตารางที่ 1) โดยวิเคราะห์พารามิเตอร์ละ 3 ซ้ำ

ส่วนการศึกษาแพลงก์ตอนพืช ทำการเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชเพื่อจำแนกชนิด และปริมาณของแพลงก์ตอนพืช โดยทำการเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชจากจุดเก็บตัวอย่างที่กำหนด โดยใช้ตาข่ายแพลงก์ตอนขนาดความถี่ 10 ไมโครเมตร ตวงน้ำปริมาตร 100 มิลลิลิตร ใส่ในขวดสีชาเก็บรักษาด้วยสารละลายลูกอล 2 มิลลิลิตร นำไปศึกษาต่อในห้องปฏิบัติการ และทำการนับจำนวนแพลงก์ตอนพืชที่สร้างสารพิษ *Microcystis* spp. โดยนำมาแยกเซลล์ให้เป็นเซลล์เดี่ยวๆ ด้วยเครื่องอัลตราโซนิค และนับปริมาณเซลล์ด้วย Haemacytometer ส่วนแพลงก์ตอนพืชชนิดอื่นๆ ทำการนับโดยวิธี Whole count (ยุวดี พีรพรพิศาล, 2542)



ภาพที่ 1 แผนที่แสดงจุดเก็บตัวอย่างบริเวณเหนือและภายในท่อน้ำพุร้อนของอ่างเก็บน้ำบางพระ อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี

ตารางที่ 1 วิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพบางประการ (Eaton *et al*., 2005)

พารามิเตอร์	วิธีการ/อุปกรณ์
อุณหภูมิน้ำ, อุณหภูมิอากาศ, ค่าการนำไฟฟ้า, ปริมาณของแข็งละลายในน้ำ	เครื่อง Conductivity/TDS meter ของ HACH Model Senlon 5
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	เครื่องpH meter ของWTW Model pH 330
ความลึกของแหล่งน้ำ, ความลึกที่แสงส่องถึง	จานวัดความโปร่งแสง (Secchi disc)
ค่าความเป็นด่าง	Methyl orange indicator method
ปริมาณความกระด้าง	Standard method
ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ	Azide Modification of the Winkler method
ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์	5 Day incubation and Azide modification of the Winkler method
ปริมาณฟอสเฟตละลายน้ำ	Ascorbic acid method
ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน	Nesslerization method
ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน, ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน	Cadmium reduction method
ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ	Standard method
ปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียและโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด	Multiple tube method
โซเดียม โพแทสเซียม คลอไรด์ ซัลเฟต สารหนู แคดเมียม โครเมียม ทองแดง เหล็ก ปรอท แมงกานีส ตะกั่ว สังกะสี ซัลไฟด์ ฟลูออไรด์	Standard method

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1. หาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำ ทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูประบบ SPSS วิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation, r) ชนิด Two-tailed

3.2. หาชนิดเด่นของแพลงก์ตอนพืช โดยการใช้โปรแกรม Multi-Variate Statistical Package Version 3.1 วิเคราะห์ Principal Component Analysis (PCA)

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

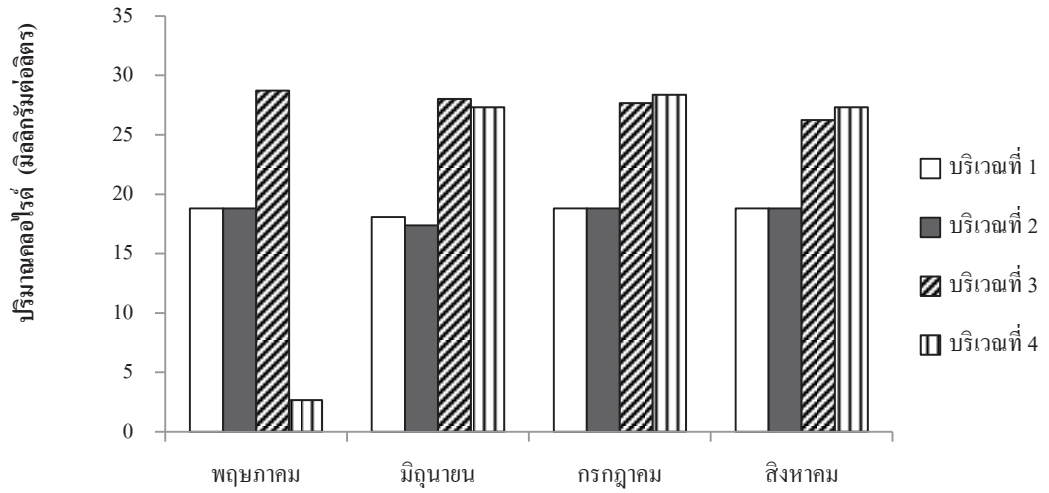
1. การศึกษาปริมาณแร่ธาตุบางชนิด

1.1 การศึกษาปริมาณแร่ธาตุบางชนิดบริเวณเหนือท่อน้ำพุร้อนของอ่างเก็บน้ำบางพระ

การศึกษาปริมาณแร่ธาตุบางชนิดบริเวณเหนือท่อน้ำพุร้อนของอ่างเก็บน้ำบางพระ (ตารางที่ 2) พบว่าปริมาณโพแทสเซียมมีค่าอยู่ในช่วง 4.69 ถึง 5.47 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณคลอไรด์ มีค่าอยู่ในช่วง 17.38 ถึง 18.79 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 2) ซึ่งมีค่าเกินมาตรฐานการระบายน้ำทิ้งลงทางน้ำชลประทาน (มาตรฐานการระบายน้ำลงทางชลประทานและทางน้ำที่เชื่อมกับทางน้ำชลประทานในเขตพื้นที่โครงการชลประทาน, 2554) ที่กำหนดเกณฑ์สูงสุดไว้ที่ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณซัลเฟตมีค่าอยู่ในช่วง 2.40 ถึง 27.86 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนการศึกษาปริมาณโซเดียมมีค่าอยู่ในช่วง 14.72 ถึง 16.33 มิลลิกรัมต่อลิตรจากการศึกษาปริมาณสารหนูมีค่าอยู่ในช่วง 0.008 ถึง 0.017 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าค่อนข้างสูง เนื่องจากมีการปนเปื้อนจากสารเคมีทางการเกษตร และกิจกรรมบริเวณรอบอ่างเก็บน้ำ แต่มีค่าไม่เกินมาตรฐานคุณภาพในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 2 (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 25, 2547) ที่ได้กำหนดไว้ว่ามีค่าไม่ควรเกินกว่า 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตรและสอดคล้องกับรายงานการวิจัยของ Jurdi *et al*. (2002) ศึกษาคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำ Qaraaoun ประเทศเลบานอลเพื่อความเหมาะสมสำหรับการใช้งานอเนกประสงค์ พบว่าปริมาณสารหนูมีค่าเท่ากับ 0.008 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนการศึกษาปริมาณปรอท พบว่ามีค่าน้อยกว่า

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย (ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด) บริเวณเหนือท่อน้ำพุร้อนของอ่างเก็บน้ำบางพระ (1 และ 2) และบริเวณในท่อน้ำพุร้อน (3 และ 4) อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี ระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึง เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2554

รายการวิเคราะห์	จุดเก็บตัวอย่าง 4 ระดับความลึก			
	บริเวณเก็บตัวอย่างที่ 1	บริเวณเก็บตัวอย่างที่ 2	บริเวณเก็บตัวอย่างที่ 3	บริเวณเก็บตัวอย่างที่ 4
อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส)	31.01 (29.86-32.00)	30.9 (29.86-31.80)	44.4 (30.60-55.00)	44.28 (32.15-55.00)
อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส)	32.5 (32-33)	-	-	-
ความลึกของแหล่งน้ำ (เมตร)	9.1 (8.7-9.8)	-	-	-
ความลึกที่แสงส่องถึง (เมตร)	1.02 (1.00-1.04)	-	-	-
ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร)	188.80 (181.50-205.00)	195.42 (192.50-208.00)	669.39 (639.33-747.00)	668.65 (642.66-741.00)
ความเป็นกรด-ด่าง	8.90 (8.06-10.50)	8.24 (7.45-10.11)	7.39 (7.01-8.21)	7.55 (7.13-8.75)
ปริมาณโซเดียม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	14.95 (14.72-15.41)	15.29 (14.72-16.33)	13.39 (10.58-16.33)	13.34 (10.58-16.33)
ปริมาณโพแทสเซียม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	4.98 (4.69-5.08)	5.17 (5.08-5.47)	8.11 (7.82-8.60)	8.40 (8.21-8.60)
ปริมาณคลอไรด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	18.61 (18.08-18.79)	18.43 (17.38-18.79)	27.65 (26.24-28.72)	21.40 (2.66-28.37)
ปริมาณซัลเฟต (มิลลิกรัมต่อลิตร)	11.28 (6.72-17.29)	13.08 (2.40-27.86)	13.93 (8.17-23.05)	12.60 (4.80-18.25)
ปริมาณไนไตรท์ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.001 (<0.001-0.003)	0..003 (0.001-0.009)	<0.001	0.001
ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.016 (0.014-0.108)	0.070 (0.0.041-0.095)	0.053 (0.021-0.113)	0.07 (0.021-0.117)
ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.31 (0.07-1)	0.20 (0.095-0.34)	0.081 (<0.001-0.2)	0.122 (<0.001-0.23)
ปริมาณฟอสเฟตที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.004 (<0.001-0.014)	0.017 (<0.001-0.061)	0.002 (<0.001-0.008)	0.003 (<0.001-0.01)
ปริมาณสารหนู (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.011 (0.009-0.017)	0.011 (0.008-0.14)	0.004 (<0.001-0.009)	0.005 (0.004-0.008)
ปริมาณแคดเมียม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	<0.001	0.001 (<0.001-0.002)	0.001 (<0.001-0.003)	0.001 (<0.001-0.03)
ปริมาณโครเมียม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	<0.001	<0.001	<0.001	0.001 (<0.001-0.002)
ปริมาณทองแดง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.003 (<0.001-0.005)	0.004 (0.002-0.006)	0.003 (0.002-0.006)	0.003 (0.001-0.007)
ปริมาณเหล็ก (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.01 (0.05-0.0147)	0.28 (0.133-0.663)	0.08 (0.02-0.20)	0.26 (0.10-0.47)
ปริมาณปรอท (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.001	<0.001	<0.001	<0.001
ปริมาณแมงกานีส (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.085 (0.061-0.111)	0.70 (0.209-0.940)	0.010 (0.003-0.02)	0.013 (0.003-0.0.03)
ปริมาณตะกั่ว (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.004 (<0.001-0.008)	0.001 (<0.001-0.004)	0.002 (<0.001-0.007)	0.002 (<0.001-0.005)
ปริมาณสังกะสี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.053 (0.026-0.079)	0.07 (0.029-0.103)	0.05 (0.003-0.107)	0.074 (0.003-0.216)
ปริมาณซัลไฟด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.01 (0-0.026)	0.023 (0-0.078)	0.003 (0-0.007)	0.002 (0.0-0.007)
ปริมาณฟลูออไรด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.34 (0.031-0.60)	0.41 (0.27-0.65)	3.71 (3.10-5.16)	3.84 (3.15-05.19)
ค่าความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	51.45 (49.04-52.54)	54.54 (50.54-59.55)	263.95 (262.21-265.70)	264.20 (261.21-268.20)
ปริมาณความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	55.41 (53.54-56.04)	53.54 (48.54-56.04)	287.09 (273.22-293.73)	286.67 (278.22-290.54)
ปริมาณของแข็งละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	19.25 (1-43.33)	23 (3-57.33)	16.67 (1-52)	18.41 (2-46.66)
ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	6.40 (3.35-8.27)	1.52 (0-4.16)	0	0
ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	9.68 (2.60-13.2)	8.56 (3.3-11.8)	5.84 (0-11.17)	5.48 (0-11.69)
ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร)	35.5 (3-43)	-	-	-
ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร)	53.5 (39-93)	-	-	-
ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (ไมโครกรัมต่อลิตร)	35.18 (24-45.98)	15.92 (8.15-26.44)	5.24 (1.17-15)	4.17 (1.33-6.84)

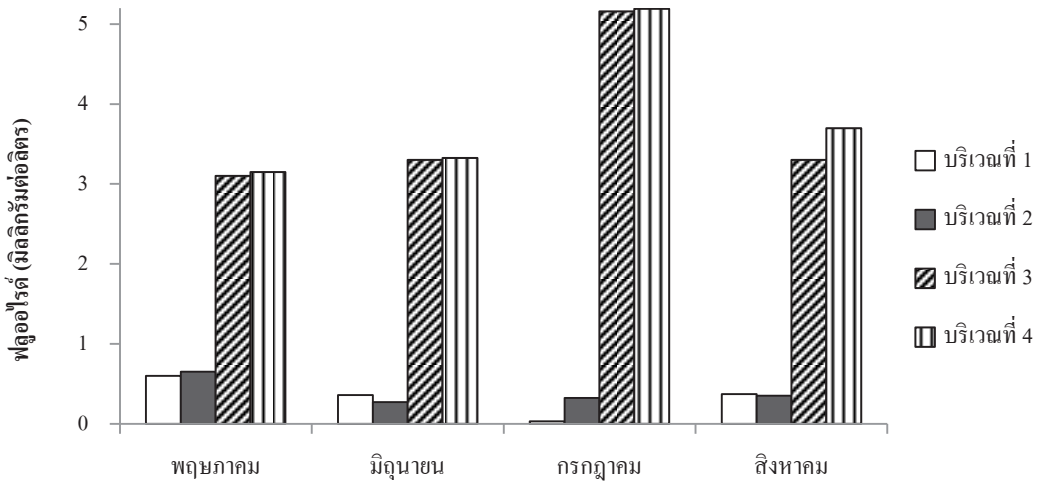


ภาพที่ 2 ปริมาณคลอไรด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) บริเวณเหนือท่อน้ำพุร้อนของอ่างเก็บน้ำบางพระ (1 และ 2) และบริเวณในท่อน้ำพุร้อน (3 และ 4) จ.ชลบุรี ระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึง เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2554

0.001 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าไม่เกินมาตรฐานคุณภาพในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 2 (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 25, 2547) ที่ได้กำหนดไว้ไม่ควรเกินกว่า 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตรสอดคล้องกับรายงานการวิจัยของ Fischer& Gustin (2002) พบว่าในแม่น้ำ Carson รัฐแคลิฟอร์เนีย สหรัฐอเมริกา มีปริมาณปรอทเท่ากับ 0.001 มิลลิกรัมต่อลิตรเช่นเดียวกัน

1.2 การศึกษาปริมาณแร่ธาตุบางชนิดในท่อน้ำพุร้อนบางพระ

จากการศึกษาปริมาณแร่ธาตุบางชนิดภายในท่อน้ำพุร้อนบางพระ (ตารางที่ 2) พบว่าปริมาณคลอไรด์มีค่าอยู่ในช่วง 26.24 ถึง 28.72 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 2) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการวิจัยของ Tatarinov *et al*. (2010) ทำการศึกษาชุมชนแบคทีเรียในน้ำพุร้อนHoitoGol และระบบนิเวศวิทยาการดำรงชีวิตในประเทศรัสเซีย พบว่าน้ำพุร้อนHoitoGolมีปริมาณคลอไรด์เท่ากับ 32.30 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนปริมาณซัลเฟตในท่อน้ำพุร้อนมีค่าอยู่ในช่วง 4.80 ถึง 23.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำแร่ธรรมชาติได้กำหนดไว้ไม่เกิน 600 มิลลิกรัมต่อลิตร (มาตรฐานคุณภาพน้ำแร่, 2547) และสอดคล้องกับรายงานการวิจัยของ Tatarinov *et al*. (2010) พบว่าน้ำพุร้อน Hoito Gol มีปริมาณซัลเฟตเท่ากับ 30.40 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนปริมาณโซเดียมภายในท่อน้ำพุร้อนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.37 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากน้ำพุร้อนมีปริมาณโซเดียมน้อยกว่า 1 กรัม สามารถจัดประเภทเป็นน้ำพุร้อนทั่วไป (Simple Springs) (มาตรฐานคุณภาพน้ำแร่ตามธรรมชาติ, 2543) จากการศึกษาปริมาณสารหนู โครเมียม ทองแดง เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และซัลไฟด์ พบว่า มีค่าไม่เกินมาตรฐานคุณภาพน้ำแร่ตามธรรมชาติ ตามประกาศของกรมอนามัย กระทรวงสาธารณะสุข (มาตรฐานคุณภาพน้ำแร่ตามธรรมชาติ, 2543) แต่จากการศึกษาปริมาณฟลูออไรด์ภายในท่อน้ำพุร้อน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.77 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 3) ซึ่งมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำแร่ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำแร่ธรรมชาติที่กำหนดไว้ไม่เกิน 2.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (มาตรฐานคุณภาพน้ำแร่, 2547) ซึ่งฟลูออไรด์จะส่งผลเสียต่อร่างกายมนุษย์ ถ้าได้รับมากเกินไป เช่น เกิดอาการปวดตามข้อต่างๆ (ฟลูออไรด์ระวังอย่าให้เกินพอดี, 2549) ส่วนค่าความกระด้างภายในท่อน้ำพุร้อน มีค่าอยู่ในช่วง 273.22-293.73 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่ามีค่าไม่เกินมาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภคที่กำหนดไว้ไม่เกิน300มิลลิกรัมต่อลิตร (ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2552) แต่มีค่าเกินมาตรฐานน้ำดื่มบรรจุขวดขององค์การอาหารและยาที่กำหนดไว้คือ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร (มาตรฐานน้ำดื่มบรรจุขวด, 2534) จากการศึกษาปริมาณแคดเมียมและตะกั่ว พบว่า มีค่าไม่เกินมาตรฐานคุณภาพน้ำแร่ตามธรรมชาติ ตามประกาศของกรมอนามัย กระทรวงสาธารณะสุข (มาตรฐานคุณภาพน้ำแร่ตามธรรมชาติ, 2543) แต่ไม่เหมาะสมสำหรับการนำมาทำเป็นน้ำแร่เพื่อบริโภค เนื่องจากเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำแร่ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำแร่ธรรมชาติกล่าวว่าไม่ควรพบแคดเมียมปนเปื้อนภายในแหล่งน้ำเลย (มาตรฐานคุณภาพน้ำแร่, 2547) เนื่องจากแคดเมียมส่งผลให้เกิดโรคไตอักเสบ และโรคปอดเรื้อรัง (แคดเมียม



ภาพที่ 3 ปริมาณฟลูออไรด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) บริเวณเหนือท่อน้ำพุร้อนของอ่างเก็บน้ำบางพระ (1 และ 2) และบริเวณในท่อน้ำพุร้อน (3 และ 4) จ.ชลบุรี ระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึง เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2554

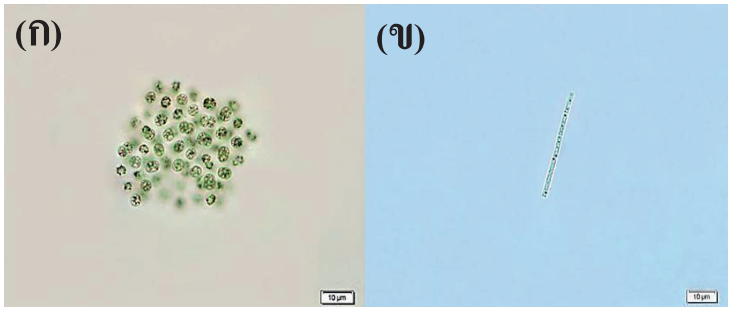
โลหะอันตราย, 2552) เช่นเดียวกับสารปรอท มีค่าน้อยกว่า 0.001 มิลลิกรัมต่อลิตรสอดคล้องกับรายงานของ Haeri *et al*. (2010) ทำการวิเคราะห์ค่าทางเคมีในน้ำพุร้อน Sabalan ประเทศอิหร่าน พบปรอทในปริมาณที่น้อยมาก แต่จากการศึกษาครั้งนี้พบว่ามีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำแร่ตามธรรมชาติ ตามประกาศของกรมอนามัย กระทรวงสาธารณะสุข ที่กำหนดไว้ว่าปริมาณปรอทควรน้อยกว่า 0.001 มิลลิกรัมต่อลิตร (มาตรฐานคุณภาพน้ำแร่ตามธรรมชาติ, 2543) แต่มาตรฐานคุณภาพน้ำแร่ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำแร่ธรรมชาติกล่าวว่าการนำน้ำมาทำเป็นน้ำแร่เพื่อบริโภคนั้นไม่ควรพบปรอทปนเปื้อนอยู่ในแหล่งน้ำเลย (มาตรฐานคุณภาพน้ำแร่, 2547) ซึ่งสารปรอทสามารถซึมผ่านผนังถุงลมปอดและสามารถทำลายระบบประสาทส่วนกลางของมนุษย์และสัตว์ได้ (ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสิ่งเป็นพิษ, 2554)

2. การศึกษาความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืช

2.1 ความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชบริเวณเหนือท่อน้ำพุร้อนของอ่างเก็บน้ำบางพระ

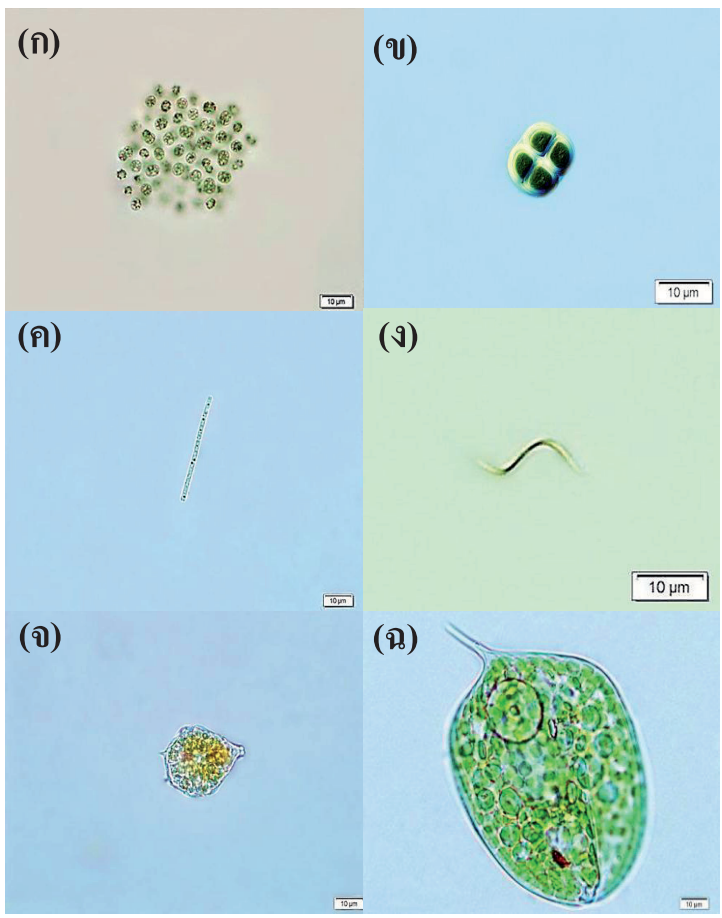
จากการศึกษาแพลงก์ตอนพืชบริเวณเหนือท่อน้ำพุร้อนของอ่างเก็บน้ำบางพระ ต.บางพระ อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี ระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึง เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2554 พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 7 หมวด 57 ชนิด โดยกลุ่มที่มีความหลากหลายด้านชนิดมากที่สุด คือหมวด Chlorophyta มี 27 ชนิด คิดเป็น 40.29% รองลงมาคือ หมวด Cyanophyta มี 19 ชนิด คิดเป็น 28.35% สำหรับหมวด Euglenophyta พบ 7 ชนิด คิดเป็น 10.47% หมวด Pyrrhophyta หมวด Bacillariophyta มี 5 ชนิด คิดเป็น 7.46% หมวด Cryptophyta มี 3 ชนิด คิดเป็น 4.48% และหมวด Chrysophyta มี 1 ชนิด คิดเป็น 1.49%

จากการวิเคราะห์หาชนิดเด่นของแพลงก์ตอนพืช โดยการใช้โปรแกรม Multi-Variate Statistical Package Version 3.1 วิเคราะห์ Principal Component Analysis (PCA) พบแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นบริเวณเหนือท่อน้ำพุร้อนของอ่างเก็บน้ำบางพระ ได้แก่ *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing (Micaer) มีปริมาณเซลล์เฉลี่ยเท่ากับ 9,863 เซลล์ต่อมิลลิลิตร และ *Pseudanabaena* sp.1 (Psesp) มีปริมาณเซลล์เฉลี่ยเท่ากับ 148 เซลล์ต่อมิลลิลิตร (ภาพที่ 4 และ 6) สอดคล้องกับงานวิจัยของศิริพงษ์ เกียรติประดับ (2546) ทำการศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำบางพระ ในปี พ.ศ. 2543-2544 พบ *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing เป็นสาหร่ายชนิดเด่น และรายงานการวิจัยของจีรพรเพกเกาะ (2545) ทำการศึกษาการกระจายตัวของสาหร่ายในอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุดมธารา พบ *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing เป็นชนิดเด่นเช่นเดียวกัน แต่เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของประเทศออสเตรเลียที่ได้กำหนดความหนาแน่นของเซลล์สาหร่ายชนิดนี้ต้องไม่เกิน 12,000 เซลล์ต่อมิลลิลิตร สำหรับแหล่งน้ำที่เป็นสถานที่พักผ่อนหย่อนใจและสามารถอาบน้ำได้โดยไม่เป็นอันตราย และกำหนดปริมาณความหนาแน่นของสาหร่ายชนิดนี้ต้องไม่เกิน 15,000 เซลล์ต่อมิลลิลิตร สำหรับน้ำดิบที่จะใช้ไปทำน้ำประปา โดยการศึกษาในครั้งนี้พบว่า จำนวนเซลล์ของสาหร่ายพิษในอ่างเก็บน้ำบางพระแห่งนี้มีค่าไม่เกินกว่าค่ามาตรฐานที่ได้กำหนดไว้



ภาพที่ 4 แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นที่พบในบริเวณเหนือท่อน้ำพุร้อนของอ่างเก็บน้ำบางพระ จ.ชลบุรี ระหว่าง เดือนพฤษภาคม ถึง เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2554

Division Cyanophyta: (ก) *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing, (ข) *Pseudanabaena* sp.1



ภาพที่ 5 แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นที่พบบริเวณในท่อน้ำพุร้อน อ่างเก็บน้ำบางพระ จ.ชลบุรี ระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึง เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2554

Division Cyanophyta: (ก) *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing, (ข) *Cyanosarcina* sp.1,
(ค) *Pseudanabaena* sp.1,
(ง) *Monoraphidium tortile* (West *et* G.S. West)Komárková-Legnerová

Division Pyrrhophyta: (จ) *Peridinium* sp.1, Division Euglenophyta: (ฉ) *Phacus* sp.1

โดยประเทศออสเตรเลียที่กำหนดไว้ (WHO, 1993)

2.2 ความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชบริเวณภายในท่อน้ำพุร้อน

จากการศึกษาแพลงก์ตอนพืชบริเวณภายในท่อน้ำพุร้อน พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 5 หมวด 23 ชนิด โดยกลุ่มที่มีความหลากหลายด้านชนิดมากที่สุด คือหมวด Cyanophyta มี 11 ชนิด คิดเป็น 47.83% โดยสาหร่ายหมวด Cyanophyta สามารถพบได้มากที่สุดในน้ำพุร้อน ทั้งทางด้านชนิดและปริมาณ (Round, 1973) ซึ่งในช่วงที่อุณหภูมิสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส มักมีอัตราการเจริญเติบโตสูงของแพลงก์ตอนพืชหมวดสีเขียวแกมน้ำเงิน (Robarts & Zohary, 1993) และเช่นเดียวกัน Boney (1975) รายงานว่าในช่วง 25-30 องศาเซลเซียส แพลงก์ตอนพืชหมวดสีเขียวแกมน้ำเงินสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุด รองลงมาคือ หมวด Euglenophyta มี 5 ชนิด คิดเป็น 21.74% สำหรับหมวด Chlorophyta พบ 4 ชนิด คิดเป็น 17.39% หมวด Pyrrhophyta มี 2 ชนิด คิดเป็น 8.69% และหมวด Bacillariophyta มี 1 ชนิด คิดเป็น 4.35%

จากการวิเคราะห์หาชนิดเด่นของแพลงก์ตอนพืช โดยการใช้โปรแกรม Multi-Variate Statistical Package Version 3.1 วิเคราะห์ Principal Component Analysis (PCA) พบแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นบริเวณภายในท่อน้ำพุร้อนบางพระ ได้แก่ *Peridinium* sp.1 (Persp.1) มีปริมาณเซลล์เฉลี่ยเท่ากับ 38 เซลล์ต่อมิลลิลิตรเนื่องจาก *Peridinium* spp. มีผนังเซลล์ที่หนาเป็นสารเซลลูโลส ซึ่งที่ผนังมักมีเกลืออนินทรีย์มาฝังตัวอยู่ทำให้ผนังเซลล์หนา จึงสามารถทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ดี (ยุวดี พีรพรพิศาล, 2542) สอดคล้องกับรายงานการวิจัยของ Jonker *et al*. (2013) พบว่า *Peridinium* spp. สามารถทนความร้อนของอุณหภูมิในน้ำพุร้อนได้มากกว่า 60 องศาเซลเซียส ในการศึกษาครั้งนี้ยังพบ *Cyanosarcina* sp.1 (Cyasp1) และ *Phacus* sp.1 (Phasp1) มีปริมาณเซลล์เฉลี่ยเท่ากับ 20 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ส่วน *Monoraphidium tortile* (West *et* G.S. West) Komárková-Legnerová (Montor) มีปริมาณเซลล์เฉลี่ยเท่ากับ 12 เซลล์ต่อมิลลิลิตร และ *Pseudanabaena* sp.1 (Psesp1) มีปริมาณเซลล์เฉลี่ยเท่ากับ 7 เซลล์ต่อมิลลิลิตร (ภาพที่ 5 และ 7) จากการศึกษาครั้งนี้จะเห็นได้ว่าแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นส่วนใหญ่เป็นหมวด Cyanophyta สาเหตุเนื่องจากแพลงก์ตอนพืชในหมวด Cyanophyta เป็นกลุ่มที่มีโครงสร้างของเซลล์ที่ทนทานต่ออุณหภูมิสูง มีเยื่อเมือกหุ้มเซลล์อยู่หนาแน่น รวมทั้งมีไขมันจำนวนมาก และเอนไซม์ของแพลงก์ตอนพืชในกลุ่มนี้สามารถทำงานได้โดยไม่เสียสภาพในช่วงอุณหภูมิสูงๆ (Stevenson *et al*, 1996 : Dell' Uomo, 1986) จึงสามารถเจริญได้ดีในน้ำพุร้อน

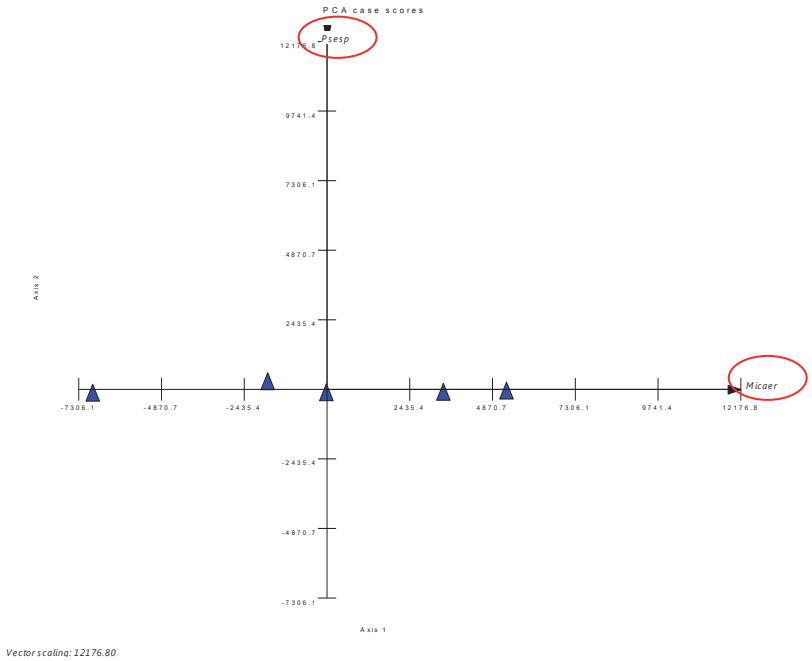
3. ความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอนพืชกับคุณภาพน้ำบางประการบริเวณเหนือท่อน้ำพุร้อนของอ่างเก็บน้ำบางพระ

จากการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จระบบ SPSS ชนิด Two-tailed ระหว่างคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีวภาพกับแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นบริเวณเหนือท่อน้ำพุร้อนของอ่างเก็บน้ำบางพระ คือ *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing และ *Pseudanabaena* sp.1 ซึ่งเป็นแพลงก์ตอนพืชที่บ่งชี้คุณภาพน้ำไม่ดี (Eutrophic status) (ยุวดีพีรพรพิศาล, 2542) พบว่า *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing มีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่าความเป็นด่างโดย *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing มีปริมาณเซลล์เพิ่มขึ้นเมื่อค่าความเป็นด่างมีแนวโน้มลดลง สอดคล้องกับรายงานการวิจัยของธีรศักดิ์ สมดี (2541) พบว่า *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing มีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่าความเป็นด่างเช่นเดียวกัน และในการศึกษาครั้งนี้ *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing ยังมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณซัลเฟตโดยแพลงก์ตอนพืชชนิดนี้มีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณซัลเฟตในน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วน *Pseudanabaena* sp.1 มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และปริมาณเหล็กอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับรายงานการวิจัยของ Seekhao (2006) พบว่า *Pseudanabaena* spp. มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเช่นเดียวกัน

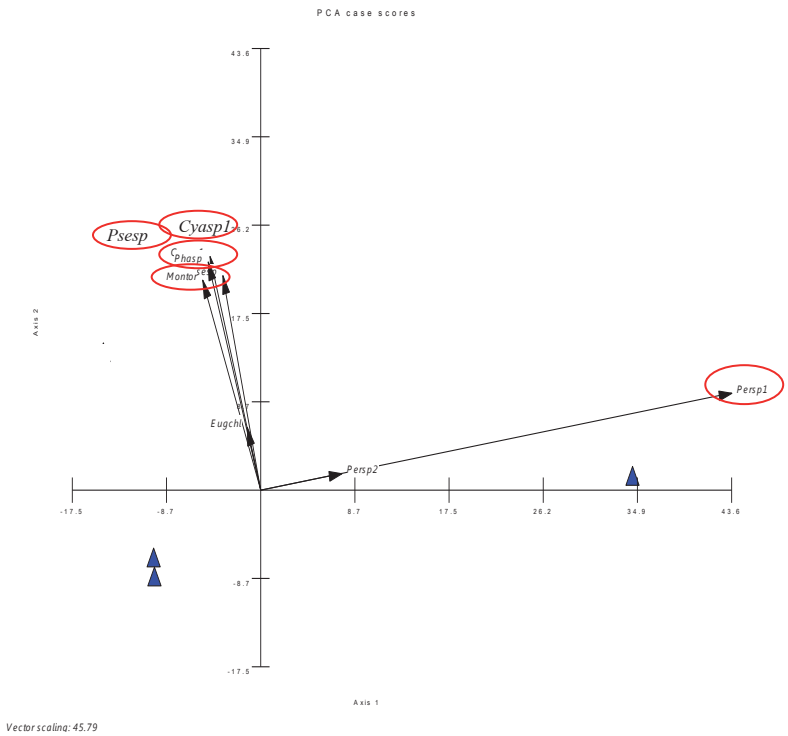
4. การศึกษาคุณภาพน้ำ

4.1 การศึกษาคุณภาพน้ำบริเวณเหนือท่อน้ำพุร้อนของอ่างเก็บน้ำบางพระ อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี

จากการศึกษาคุณภาพน้ำบริเวณเหนือท่อน้ำพุร้อนของอ่างเก็บน้ำบางพระ (ตารางที่ 2) พบว่าอุณหภูมิน้ำในบริเวณเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2 มีค่าอยู่ในช่วง 29.86 ถึง 32.00 องศาเซลเซียส ส่วนค่าการนำไฟฟ้าพบว่าในบริเวณเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2 มีค่าอยู่ในช่วง 181.50 ถึง 208.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร เมื่อพิจารณาความเป็นกรด-ด่าง (pH) พบว่ามีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 7.45 ถึง 10.50 โดยมีค่าสูง ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ ซึ่งนันทนา คชเสนี (2539) กล่าวไว้ว่าค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตในน้ำอยู่ในช่วง 5-9 และมีค่าเกินเกณฑ์คุณภาพน้ำบริโภคในชนบท (กรมอนามัย, 2543) ซึ่งกำหนดให้มีค่าอยู่ในช่วง 6.5-8.5 ส่วนค่าความเป็นด่างมีค่าอยู่ในช่วง 49.04 ถึง 59.55 มิลลิกรัมต่อลิตรจากการศึกษาปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 0 -8.27 มิลลิกรัมต่อลิตร



ภาพที่ 6 การวิเคราะห์ PCA เพื่อหาแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นที่พบบริเวณเหนือท่อน้ำพุร้อนของอ่างเก็บน้ำบางพระ จ.ชลบุรี ระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึง เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2554



ภาพที่ 7 การวิเคราะห์ PCA เพื่อหาแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นที่พบในท่อน้ำพุร้อนอ่างเก็บน้ำบางพระ จ.ชลบุรี ระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2554

โดยพบว่าบริเวณเก็บตัวอย่างที่ 2 เดือนพฤษภาคมและเดือนมิถุนายน มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากอยู่ในบริเวณลึก 7 เมตร ของอ่างเก็บน้ำบางพระส่งผลให้ปริมาณก๊าซออกซิเจนจากผิวน้ำละลายลงไปได้น้อย เช่นเดียวกับงานวิจัยของจีรพร เพกเกาะ (2545) ได้ทำการศึกษาการกระจายตัวของสาหร่ายพิษและคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุดมธารา พบว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำจะลดลงตามระดับความลึกของน้ำที่เพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์มีค่าอยู่ในช่วง 2.60 ถึง 13.20 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2 (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8, 2547) ที่ได้กำหนดไว้มีค่าไม่เกิน 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตรและจากรายงานการวิจัยของศิริพงษ์ เกียรติประดับ (2546) ในปี พ.ศ. 2543-2544 พบว่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.24 มิลลิกรัมต่อลิตร จะเห็นได้ว่าในปัจจุบันอ่างเก็บน้ำบางพระมีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์เพิ่มมากขึ้นจากในปี พ.ศ. 2543-2544 เมื่อศึกษาปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนมีค่าอยู่ในช่วง 0.07 ถึง 1.00 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าไม่เกินมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2 (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8, 2547) ที่กำหนดไว้ไม่ควรเกิน 0.50 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนมีค่าอยู่ในช่วง 0.014 ถึง 0.108 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าไม่เกินมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2 (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8, 2547) ที่กำหนดไว้ไม่ควรเกิน 5.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนการศึกษาปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 93 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 2 (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8, 2547) ที่ได้กำหนดไว้ว่าไม่เกินกว่า 5,000 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตรลิตร และจากการศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ บริเวณเหนือท่อน้ำพุร้อนของอ่างเก็บน้ำบางพระน้ำ มีค่าอยู่ในช่วง 8.15 ถึง 45.98 ไมโครกรัมต่อลิตร ค่าคลอโรฟิลล์ เอ มีผลมาจากความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชในแหล่งน้ำ ซึ่งหากค่าคลอโรฟิลล์ เอ ค่อนข้างสูงแสดงว่าคุณภาพน้ำไม่ดีสอดคล้องกับรายงานของ Lampert & Sommer (1993) กำหนดค่าคลอโรฟิลล์ เอ ช่วง 10-100 ไมโครกรัมต่อลิตร จัดอยู่ในระดับคุณภาพน้ำค่อนข้างเสีย

4.2 การศึกษาคุณภาพน้ำในท่อน้ำพุร้อนอ่างเก็บน้ำบางพระ อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี

การศึกษาคุณภาพน้ำภายในท่อน้ำพุร้อนบางพระ พบว่าอุณหภูมิน้ำในบริเวณเก็บตัวอย่างที่ 3 และ 4 ภายในท่อน้ำพุร้อนมีค่าอยู่ในช่วง 30.60 ถึง 55.00 องศาเซลเซียส สามารถจัดเป็นน้ำพุร้อนทั่วไป (พระราชบัญญัติน้ำแร่, 2534) ส่วนค่าการนำไฟฟ้ามีค่าอยู่ในช่วง 639.33 ถึง 747.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ซึ่งมีค่าการนำไฟฟ้าค่อนข้างสูง แสดงถึงการมีปริมาณของไอออนสะสมอยู่ในน้ำแร่ค่อนข้างสูง (จำเรียง หนูสีแก้ว และคณะ, 2548) เมื่อพิจารณาความเป็นกรด-ด่าง (pH) ภายในท่อน้ำพุร้อน มีค่าอยู่ในช่วง 7.01 ถึง 8.75 ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Tatarinov *et al*. (2010) พบว่าน้ำพุร้อน HoitoGol มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7 เช่นเดียวกัน ซึ่งหากในอนาคตมีการพัฒนานำน้ำจากอ่างเก็บน้ำนี้ไปทำน้ำแร่อาบสปา พบว่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วงที่เหมาะสม (สุธน ช่วยเกิด และคณะ, 2552) ส่วนค่าความเป็นด่างมีค่าอยู่ในช่วง 261.21 ถึง 268.20 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากน้ำในท่อน้ำพุร้อนมี CO_3 และ HCO_3 ส่งผลให้ค่าความเป็นด่างสูง จากการศึกษาปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำภายในท่อน้ำพุร้อนไม่พบปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ เนื่องจากความร้อนจากน้ำพุร้อนใต้ดินจะไล่ก๊าซออกซิเจนที่ละลายในน้ำออกจนหมด (วรา สวัสดีผล และคณะ, 2547) และประกอบกับการไหลของน้ำพุร้อนที่ไหลในบริเวณใต้ผิวดินลึก ส่งผลให้น้ำพุร้อนไม่ได้สัมผัสกับก๊าซออกซิเจน (สุธน ช่วยเกิด และคณะ, 2552) ส่วนปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 11.69 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N) ในท่อน้ำพุร้อนมีค่าอยู่ในช่วงน้อยกว่า 0.001 ถึง 0.23 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน มีค่าอยู่ในช่วง 0.021 ถึง 0.117 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำแร่ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำแร่ธรรมชาติที่กำหนดไว้ไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อลิตร (มาตรฐานคุณภาพน้ำแร่, 2547) ส่วนการศึกษาปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria) ในท่อน้ำพุร้อนนั้นไม่ทำการสำรวจตัวอย่าง เนื่องจากภายในท่อน้ำพุร้อนมีอุณหภูมิสูงจึงไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และไม่สามารถเก็บตัวอย่างได้เนื่องจากท่อน้ำพุร้อนมีขนาดเล็กมาก

5. การประเมินคุณภาพน้ำบริเวณเหนือท่อน้ำพุร้อนของอ่างเก็บน้ำบางพระ อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี

เมื่อพิจารณาจากการจัดชั้นน้ำตามระดับความมากน้อยของสารอาหาร สมบัติทางกายภาพเคมี และชีวภาพบางประการตลอดจนแพลงก์ตอนพืชที่เป็นชนิดเด่นและแพลงก์ตอนพืชที่พบเห็นได้ทั่วไปในชั้นน้ำระดับต่างๆ (Wetzel, 2001) พิจารณาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และปริมาณฟอสเฟตพบว่า น้ำบริเวณ

เหนือท่อน้ำพุร้อนของอ่างเก็บน้ำบางพระมีคุณภาพน้ำไม่ดี (Eutrophic status) เมื่อพิจารณาการจัดชั้นน้ำตามระดับความมากน้อยของคลอโรฟิลล์ เอ และความลึกที่แสงส่องถึง Lampert & Sommer (1993) และ Lorrarine & Vollenweider (1981) พบว่า น้ำบริเวณเหนือท่อน้ำพุร้อนของอ่างเก็บน้ำบางพระมีคุณภาพน้ำไม่ดี (Eutrophic status) เช่นเดียวกัน เมื่อพิจารณาตามมาตรฐานน้ำผิวดิน (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8, 2537) โดยเฉพาะปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียและปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ สามารถจัดคุณภาพน้ำบริเวณเหนือท่อน้ำพุร้อนของอ่างเก็บน้ำบางพระอยู่ในประเภท 2-3 ซึ่งเป็นแหล่งน้ำที่สามารถใช้เป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภคได้ โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไป

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาคุณภาพน้ำบริเวณเหนือท่อน้ำพุร้อนของอ่างเก็บน้ำบางพระ เมื่อพิจารณาคุณภาพน้ำตามมาตรฐานน้ำผิวดินตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2537 โดยเฉพาะปริมาณทองแดง แมงกานีสแคดเมียม ตะกั่ว ปรอท สารหนู โคลิฟอร์มแบคทีเรีย ออกซิเจนที่ละลายน้ำ ไนเตรท-ไนโตรเจนและแอมโมเนีย-ไนโตรเจน อยู่ในระดับที่ 2-3 ซึ่งสามารถนำไปอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน และเมื่อศึกษาปริมาณแร่ธาตุชนิดต่างๆ ภายในท่อน้ำพุร้อนบางพระ พบปริมาณคลอไรด์ ไนเตรท โพแทสเซียม โซเดียมและเหล็ก เหมาะสมที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตน้ำแร่อาบสปาเพื่อพัฒนาอ่างเก็บน้ำนี้เป็นแหล่งท่องเที่ยวในอนาคตของจังหวัดชลบุรีต่อไป แต่พบว่ามีปริมาณแร่ธาตุบางชนิดคือ ฟลูออไรด์ และค่าความกระด้างของแหล่งน้ำเกินค่ามาตรฐานเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำแร่ตามธรรมชาติ ตามประกาศของกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข พ.ศ. 2543 และมาตรฐานคุณภาพน้ำแร่ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำแร่ธรรมชาติ พ.ศ. 2547 นอกจากนี้ยังตรวจพบแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในน้ำพุร้อน ซึ่งเป็นแร่ธาตุที่อันตรายไม่เหมาะสมสำหรับการนำมาทำเป็นน้ำแร่เพื่อการบริโภค

จากการศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชบริเวณเหนือท่อน้ำพุร้อนของอ่างเก็บน้ำบางพระ พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 7 หมวด 57 ชนิด สำหรับแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นที่พบบริเวณเหนือท่อน้ำพุร้อนของอ่างเก็บน้ำบางพระ คือ *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing และ *Pseudanabaena* sp.1 จัดเป็นกลุ่มที่สามารถสร้างสารพิษได้ แต่เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของประเทศออสเตรเลีย พบว่า จำนวนเซลล์ของ *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing ในบริเวณเหนือท่อน้ำพุร้อนของอ่างเก็บน้ำบางพระแห่งนี้ มีค่าไม่เกินกว่าค่ามาตรฐานที่ได้กำหนด แต่แพลงก์ตอนพืชชนิดนี้ สามารถสร้างสารพิษไมโครซิสติน ทำให้ส่งเสริมการเกิดมะเร็งตับให้กับผู้บริโภคได้ ส่วนในท่อน้ำพุร้อนบางพระ พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 5 หมวด 23 ชนิด สำหรับแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นที่พบบริเวณภายในท่อน้ำพุร้อนบางพระในการศึกษาครั้งนี้ คือ *Peridinium* sp.1, *Monoraphidium tortile* (West *et* G.S. West) Komárková-Legnerová, *Phacus* sp.1, *Cyanosarcina* sp.1 และ *Pseudanabaena* sp.1 ซึ่งเป็นกลุ่มแพลงก์ตอนพืชที่ทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ดี

ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาในครั้งนี้ หากต้องการนำน้ำแร่ไปใช้ในการทำน้ำแร่อาบสปา ควรมีการลดปริมาณฟลูออไรด์ความกระด้าง ปรอท และแคดเมียม โดยวิธีดังต่อไปนี้

1. การกรองด้วยระบบรีเวอร์สออสโมซีส (Reverse Osmosis) สามารถดึงฟลูออไรด์ออกจากน้ำได้ถึงร้อยละ 95 แต่มีข้อจำกัดเรื่องค่าใช้จ่ายในการลงทุนสูงและแร่ธาตุอื่นๆ อาจถูกดึงออกด้วย (Fluoride in drinking water, 1999)

2. การปรับความกระด้างของแหล่งน้ำ โดยวิธีอิออนเอกเชนจ์โครมาโตกราฟฟี พบว่าสามารถลดปริมาณความกระด้างในน้ำได้สูงถึง 81.07 ถึง 98.87% และวิธีนี้ยังสามารถลดปริมาณเหล็กได้สูงสุดถึง 86.56 ถึง 98.40% เช่นกัน (สุดารัตน์ เสือทองคำ, 2527)

3. การกำจัดความกระด้างด้วยไคโตซานพอรัสบีด พบว่าสามารถกำจัดหมู่อะซิทิลได้สูงสุดเท่ากับ 96% โดยไคโตซานพอรัสบีดสามารถกำจัดความกระด้างในรูปแคลเซียมและแมกนีเซียมได้สูงสุด ในรูปของแคลเซียมคลอไรด์เท่ากับ 36% แคลเซียมซัลเฟตเท่ากับ 38% แมกนีเซียมคลอไรด์เท่ากับ 28%และแมกนีเซียมซัลเฟตเท่ากับ 29% โดยใช้ปริมาณไคโตซานพอรัสบีดเท่ากับ 120 กรัม หรือเมื่อเปรียบเทียบไคโตซานพอรัสบีดที่เป็นเนื้อไคโตซานแบบผงเท่ากับ 5.86 กรัม (นิรันดร์ สัพพวิญญู และปิยะบุตร วินิชพงษ์พันธุ์, 2546)

4. การกำจัดปรอท แคดเมียม และตะกั่วในน้ำ โดยใช้ Granular Bentonite จากการทดสอบโลหะหนักเริ่มต้นที่ 100 มิลลิกรัมโลหะต่อกรัม พบว่า Granular Bentonite สามารถดูดซับตะกั่วได้ 19.45 มิลลิกรัมโลหะต่อกรัม ดูดซับแคดเมียมได้

13.05 มิลลิกรัมโลหะต่อกรัม และดูดซับปรอทในน้ำได้ 1.70 มิลลิกรัมโลหะต่อกรัม ตามลำดับ (Fernández-Nava *et al*., 2011)

5. การกำจัดแคดเมียมโดยการกรองด้วยเปลือกไข่บดละเอียด ซึ่งจะสามารถช่วยดูดซึมปริมาณแคดเมียมที่ละลายอยู่ในแหล่งน้ำได้ (ฉัตรสิริ สุรเสน, 2545) หรือการกำจัดแคดเมียมโดยการใช้ระบบบำบัดแบบถังกรองไร้ออกซิเจนแบบไหลขึ้น โดยการใช้จุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการบำบัดแคดเมียมในแหล่งน้ำได้ (เสกสรร ไพบูลย์วรชาติ, 2545)

6. การกำจัดแคดเมียมด้วยวิธีทางชีวภาพโดยการใช้สาหร่าย *Desmodesmus pleiomorphus* พบว่า สาหร่ายดังกล่าวสามารถกำจัดแคดเมียมได้สูงสุดที่ระดับ 76.4 มิลลิกรัมแคดเมียมต่อลิตร จากปริมาณแคดเมียมเริ่มต้นที่ 5.0 มิลลิกรัมแคดเมียมต่อลิตร ที่ระดับความเป็นกรดด่างเท่ากับ 4 ภายใน 1 วัน (Cristina *et al*., 2010)

7. การกำจัดแคดเมียมโดยใช้เมล็ด *Moringa oleifera* Lam. และ activatedcarbon พบว่าเมล็ด *Moringa oleifera* สามารถดูดซับแคดเมียมในน้ำได้ 57.21% และสำหรับการใช้ activated carbon สามารถดูดซับแคดเมียมได้สูงสุดเท่ากับ 93.33% (Meneghel *et al*., 2013)

กิตติกรรมประกาศ

คณะวิจัยขอขอบคุณองค์การบริหารส่วนตำบลบางพระ และเทศบาลตำบลบางพระที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำงานวิจัยในครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กรมอนามัย. (2543). *เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำบริโภคในชนบท*. กรุงเทพฯ : กระทรวงสาธารณสุข.

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสิ่งเป็นพิษ. (2554). *ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์พิษณุโลก*. เข้าถึงได้จาก http://webdb.dmsc.moph.go.th/ifc_toxic/a_tx_1_001 c.asp?info_id=79. วันที่สืบค้นข้อมูล 18 พฤษภาคม 2554.

แคดเมียมโลหะอันตราย. (2552). *ฐานความรู้ด้านความปลอดภัยทางเคมีสถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล*. เข้าถึงได้จาก http://www.chemtrack.org/News-Detail.asp?TID=1&ID=38. วันที่สืบค้นข้อมูล 18 พฤษภาคม 2554.

จีรพร เพกเกาะ. (2545). *การกระจายของสาหร่ายพิษและคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ ปี 2542-2543*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

จำเรียง หนูสีแก้ว อรวรรณ บุญธรรม ฉัตร ผลนาค และสุวิทย์ เพชรห้วยลึก. (2548). การวิเคราะห์หาธาตุ องค์ประกอบของน้ำแร่จากแหล่งน้ำพุร้อนธรรมชาติบางแหล่งน้ำในพื้นที่จังหวัดสงขลาและจังหวัดพัทลุงโดยใช้เทคนิคการเรืองรังสีเอ็กซ์. *วารสารวิทยาศาสตร์ทักษิณ*, *2*(2), 68-78.

ฉัตรสิริ สุรเสน. (2545). *การกำจัดแคดเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์โดยการกรองด้วยเปลือกไข่*. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธีรศักดิ์ สมดี. (2541). การกระจายของแพลงก์ตอน *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา ปี 2539-2540. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นันทนา คชเสนี. (2539). คู่มือปฏิบัติการนิเวศวิทยาน้ำจืด.กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิรันดร์ สัพพวิญญู และปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์. (2546). *การกำจัดความกระด้างด้วยไคโตซานพอรัสบีด*. รายงานการวิจัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (2537). เรื่อง กำหนดคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน. (2537, 24 กุมภาพันธ์). *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่มที่ 111 ตอนที่ 16ง.

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 25. (2547). เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพดิน. (2547, 20 ตุลาคม). *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่มที่ 121 ตอนพิเศษ 119ง.

ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2552). เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค. (2552, 21 พฤษภาคม). *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่ม 125 ตอนพิเศษ 85ง.

พระราชบัญญัติน้ำแร่. (2534). *พระราชบัญญัติน้ำแร่ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข*. เข้าถึงได้จาก http://www.dmr.go.th/ewtadmin/ewt/dmr_web/main.php?filename=standard.วันที่สืบค้นข้อมูล 18 พฤษภาคม 2554.

ฟลูออไรด์ ระวังอย่าให้เกินพอดี. (2549). *ฐานความรู้ด้านความปลอดภัยทางเคมี*. เข้าถึงได้จาก http://www.chemtrack.org/News-Detail.asp?TID=1&ID=38. วันที่สืบค้นข้อมูล 18 พฤษภาคม 2554.

มาตรฐานการระบายน้ำลงทางชลประทาน และทางน้ำที่เชื่อมกับทางน้ำชลประทานในเขตพื้นที่โครงการชลประทาน. (2554). *มาตรฐานการระบายน้ำลงทางชลประทาน เรื่อง แก้ไขการระบายน้ำที่มีคุณภาพต่ำลงทางน้ำชลประทานและทางน้ำที่เชื่อมกับทางน้ำชลประทานในเขตพื้นที่โครงการชลประทาน*. เข้าถึงได้จาก http://clean-Water-Thailand.com. วันที่สืบค้นข้อมูล18พฤษภาคม 2554.

มาตรฐานคุณภาพน้ำแร่ตามธรรมชาติ. (2543). *มาตรฐานคุณภาพน้ำแร่ตามธรรมชาติตามประกาศของกรมอนามัย กระทรวงสาธารณะสุข พ.ศ. 2543*. เข้าถึงได้จาก http://www.jsppharma.com. วันที่สืบค้นข้อมูล 18 พฤษภาคม 2554.

มาตรฐานคุณภาพน้ำแร่. (2547). *มาตรฐานคุณภาพน้ำแร่ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำแร่ธรรมชาติ มาตรฐานเลขที่ มอก.2208-2547*. เข้าถึงได้จาก http://www2.dede.go.th/tis54/fulltext/TIS2208-2547.pdf. วันที่สืบค้นข้อมูล 18 พฤษภาคม 2554.

มาตรฐานน้ำดื่มบรรจุขวด. (2534). *การกำหนดมาตรฐานน้ำดื่มบรรจุขวด สำนักงานอาหารและยา*. เข้าถึงได้จาก http://dental.anamai.moph.go.th/fluoride/inword/bottleF/part02_1.html. วันที่สืบค้นข้อมูล 18 พฤษภาคม 2554.

ยุวดี พีรพรพิศาล. (2542). *สาหร่าย (ALGAE) ตอน 1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสาหร่าย สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน สาหร่ายสีเขียว*. เชียงใหม่ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วรา สวัสดีผล พรพรรณ วีระปรียากูล และสมเกียรติ จันทนา. (2547). แนวทางการบริหารจัดการและการออกแบบพื้นที่ท่องเที่ยวเชิงผจญภัยในหน่วยทหารของกองทัพบก. *วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร, 15*(3), 215-231.

วีรานุช หลาง. (2551). *จุลชีววิทยาสิ่งแวดล้อม*. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิริพงษ์ เกียรติประดับ. (2546). *ความหลากหลายของสาหร่ายพิษสีเขียวแกมน้ำเงินและคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำบางพระ จังหวัดชลบุรี ปี 2543-2544*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาจุลชีววิทยา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ศิริเพ็ญ ตรัยไชยาพร. (2543). *การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ*. เชียงใหม่ : ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สระบุรี ไชยมงคล. (2523). *จุลินทรีย์ในน้ำพุร้อนโป่งฮ่อม ตำบลออนหลวย อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาจุลชีววิทยา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สุธน ช่วยเกิด ธงชัย เครือหงส์ และอาธิ ครูศากยวงศ์. (2552). การศึกษาผลการผสมดินขาว ดินดำและขิงสดกับน้ำพุร้อน จังหวัดระนอง. *การประชุมวิชาการเครือข่ายการวิจัยสถาบันอุดมศึกษา*. (หน้า 54-63). นครศรีธรรมราช.

สุดารัตน์ เสือทองคำ. (2527). การศึกษาคุณภาพน้ำและการปรับสภาพความกระด้างและปริมาณเหล็กในน้ำ จากแหล่งน้ำเชียงใหม่. การค้นคว้าอิสระเชิงวิทยานิพนธ์, วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอน เคมี, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เสกสรร ไพบูลย์วรชาติ. (2545). *การกำจัด Cadmium (Cd^{+2}) โดยใช้ระบบบำบัดแบบถังกรองไร้ออกซิเจนแบบไหลขึ้น*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อุดมลักษณ์ สมพงษ์. (2544). *ความหลากหลายของสาหร่ายในน้ำพุร้อนบางแหล่งในเขตภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาชีววิทยา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Boney, A.D. (1975). *Phytoplankton The Institute of Biology Studies in Biology*. London : EnwardArnold Ltd.

Cristina, M., Paula, M., Castro, M.L. & Malcata, F.X. (2010). Cadmium Removal by Two Strains of *Desmodesmus pleiomorphus* Cells. *Water Air Soil Pollut*, 208, 17-27.

Dell' Uomo, A. (1986). Diatoms and Other Algae from the Thermal-Sulphus Springs of Triponzo (Central Italy), *Archive Hydrobiologia, Supply, 73*(1), 79-91.

Eaton, A.D., L.S. Clesceri, E.W. Rice, A.E. Greenberg & M.A.H. Franson. (2005). *Standard methods for the examination of water and wastewater* : centennial edition. 21 st ed. American Public Health Association, Washington D.C.

Fernández-Nava, Y., Ulmanu, M., Anger, I., Marañón, E. & Castrillón, L. (2011). Use of Granular Bentonite in the Removal of Mercury (II), Cadmium (II) and Lead (II) from Aqueous Solutions. *Water Air Soil Pollut*, 215, 239-249.

Fischer, P. &Gustin, M.S. (2002). Influence of Natural Sources on Mercury in Water, Sediment and Aquatic Biota in Seven Tributary Streams of the East Fork of the Upper Carson River, California, *Water, Air, and Soil Pollution, 133*, 283-295.

Fluoride in drinking water. (1999). *Div of Oral Health, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion, CDC*. Available from http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm4841a1.htm.18May2011.

Jonker, C.Z., Ginke, C. & Olivier, J. (2013). Association between physical and geochemical characteristics of thermal springs and algal diversity in Limpopo Province, South Africa. *Environmental Services, 39*(1), 95-103.

Jurdi, M., Korfali, S.I.,Karahagopian, Y. & Davies B. (2002). Evaluation of Water Quality of the Qaraoun reservoir, Lebanon : Suitability for Multipurpose Usage. *Environmental Monitoring and Assessment, 77*, 11-30.

Haeri, A., Porkhial, S., Ashayeri, A. & Behrad, T. (2010). Chemical Analyses of Hot Springs Geothermal Area, NW-Iran. *Geothermal Reservoir Engineering*.

Lampert, W., & Sommer, U. (1993). *Limnoökologie*. Innsbruck : Institute of Botanik.

Lorraine, L.J., & Vollenweider, R.A. (1981). *Summary report, the OECD cooperative programme on eutrophication*. Burlington : Nation Water Research Institute.

Meneghel, A.P., GonçalvesJr, A.C., Rubio, F., Dragunski, D.C., Lindino, C.A. & Strey, L. (2013). Biosorption of Cadmium from Water Using Moringa (*Moringaoleifera* Lam.) Seeds. *Water Air Soil Pollut*, 224, 1383.

Robarts, R.D. & Zohary, T. (1987). Temperature effects on photosynthetic capacity, respiration and growth rate of bloom-forming cyanobacteria. *New Zealand Journal of Marine & Freshwater Research, 21*, 391-399.

Round, F.C. (1973). *The Biology of the algae*. London : Adward Arnold.

Seekhao, I. (2006). *Monitoring of Microcystins from Toxic Blue-Green Algae and Water Quality in Mae KuangUdomtara Reservoir*. Master's thesis, Department of Biology, Graduate School, Chiang Mai University.

Stevenson, R.J., Bothwell, M.L. & Lowe, R.L. (1996). Algae ecology : *freahwaterbenthic ecosystem*. California : Academic Press.

Tatarinov, A.V., Danilova, E.V., Yalovik, L.I., Barkhutova, Z.B. (2010). Bacterial communities in HoitoGol hot spring, Eastern Sayan and the ecologic-geological conditions of their development. *Geochemistry International*, 152-162.

Wetzel, R.E. (2001). *Limnology*. Philadelphia : W.B. Saunders college publishing.

WHO. (1993). *Guidelines for Drinking-Water Quality*. Geneva : World Health Organization.