ปัจจัยทางกายภาพ-เคมีและความสามารถในการละลายน้ำของไตรบิวทิลทินในทะเลสาบสงขลา

Physico-chemical Factors and Solubility of Tributyltin in Songkhla Lake

ธิวาริ โอภิธากร[1*], สุทธิสา ยาอีด[2]
Thiwari Ophithakorn[1*], Sutisa Yaeed[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความสามารถในการละลายน้ำของไตรบิวทิลทินจากปัจจัยทางกายภาพ-เคมีของน้ำทะเลในทะเลสาบสงขลา พิจารณาความสัมพันธ์จากช่วงเวลาตามฤดูกาลที่จุดสำรวจคุณภาพน้ำของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16 (SK11 SK12 SK13 SK14 และ SK15) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค็ม ค่าความเป็นกรดด่าง และอุณหภูมิของน้ำทะเลกับความสามารถในการละลายน้ำของไตรบิวทิลทิน พิจารณาเป็นช่วงเวลาตามฤดูกาล ได้แก่ (1) ฤดูแล้ง (เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมีนาคม) (2) ก่อนฤดูฝน (เดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม) (3) ก่อนฤดูฝน (เดือนกรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคม) และ (4) ฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม) ผลการศึกษาพบว่าไตรบิวทิลทินมีโอกาสละลายในน้ำได้ดีในพื้นที่ตอนในของทะเลสาบ (SK11 SK12 และ SK13) โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง (พฤศจิกายนถึงมีนาคม) ที่มีความเค็มต่ำกว่า 15 ppt และอุณหภูมิน้ำทะเลต่ำกว่าช่วงก่อนฤดูฝน (28.86-28.91 °C) นอกจากนี้ไตรบิวทิลทินมีโอกาสดูดติดตะกอนได้ดีในพื้นที่ส่วนใหญ่ของทะเลสาบ (SK11 SK12 SK14 และ SK15) โดยเฉพาะในช่วงก่อนฤดูฝน (เมษายนถึงสิงหาคม) ที่มีค่าความเป็นกรดด่างสูงกว่า 8 และอุณหภูมิน้ำทะเลสูงกว่าช่วงเวลาอื่น (29.48-31.04 °C)

คำสำคัญ: ปัจจัยทางกายภาพ-เคมี, ความสามารถในการละลายน้ำ, สารประกอบดีบุกอินทรีย์, ไตรบิวทิลทิน, ทะเลสาบสงขลา

Abstract

The main objective of this research was to evaluate solubility of tributyltin by physico-chemical factors of seawater in the Songkhla lake. The relation was considered seasonally at the water quality survey positions of Regional Environment Office 16 (SK11, SK12, SK13, SK14 and SK15). Analysis of the relationship between salinity, acidity and temperature of seawater and tributyltin solubility considered periodic season including (1) dry season (February to March), (2) before rainy season (April to May), (3) before rainy season (July to August) and (4) rainy season (November to December). The results showed tributyltin could be well-dissolved in the inner areas of Songkhla lake (SK11, SK12 and SK13), especially in rainy and dry season period (November until March), where has salinity less than 15 ppt and seawater temperature is lower than before rainy season period (28.86-28.91 °C). Moreover tributyltin had better possibility to adsorp on sediments in the most areas of Songkhla lake (SK11, SK12, SK14 and SK15), especially in before the rainy season period (April until August) where has acidity more than 8 and seawater temperature is higher than other months of the year (29.48-31.04 °C).

Keyword: Physico-chemical Factor, Solubility, Organotin, Tributyltin, Songkhla lake

[1]วิทยาลัยนวัตกรรมและการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลาวิทยาเขตสตูล มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
[2]คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
[*]**Corresponding author, E-mail:** thiwari.op@skru.ac.th

บทนำ

การปนเปื้อนของสารประกอบดีบุกอินทรีย์ในแหล่งน้ำธรรมชาติมีแหล่งกำเนิดจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ (Ansari et al., 1998; Bangkephol et al., 2009) โดยมีผลกระทบโดยตรงต่อห่วงโซ่อาหารและสุขภาพของมนุษย์ผ่านทางการบริโภคอาหารทะเลที่มีการปนเปื้อน (Kan-atireklap et al., 1997b; Ayanda et al., 2012) โดยส่วนใหญ่สารประกอบดีบุกอินทรีย์มักจะพบในสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิตสีกันเพรียง (Inaba et al., 1995; Ansari et al., 1998; Jensen et al., 2004) และการแพร่กระจายจากท่าเรือพาณิชย์ขนาดใหญ่เป็นสำคัญ (Yamamoto et al., 2009) โดยอนุพันธ์ไตรบิวทิลทินซึ่งมีความเป็นพิษสูงที่สุดและสร้างปัญหาสำคัญคือการทำให้สัตว์ทะเลโดยเฉพาะสัตว์จำพวกหอยมีความผิดปกติ (พนิดา คุณประเสริฐ, 2546) แม้ว่ามีการประกาศยกเลิกการใช้โดยเฉพาะในเรือขนาดเล็กความยาวของลำเรือน้อยกว่า 25 เมตร (Bech, 2002; Jensen et al., 2004) และมีการบังคับการห้ามใช้สีที่มีส่วนประกอบของไตรบิวทิลทินกับเรือที่มีอยู่ในปัจจุบันแล้ว (Jensen et al., 2004) แต่การสะสมของไตรบิวทิลทินในแหล่งน้ำที่มีมาก่อนหน้าก็ยังคงส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและมนุษย์จนถึงปัจจุบัน

สำหรับประเทศไทยเคยมีการนำเข้าไตรบิวทิลทินมาใช้ในการผลิตสีกันเพรียง ห้องปฏิบัติการ รวมทั้งในอุตสาหกรรม (สำนักจัดการคุณภาพน้ำ, 2550) และมีการตรวจพบการสะสมและผลกระทบในน้ำทะเลและตะกอนดินในอ่าวและท่าเรือสำคัญในประเทศไทย โดยเฉพาะบริเวณที่มีการจราจรทางน้ำหนาแน่นและมีการจอดเรือเป็นสำคัญ (สำนักจัดการคุณภาพน้ำ, 2550; Kan-atireklap et al., 1997a; Kan-atireklap et al., 1997b; Swenen et al., 2009) สำหรับในพื้นที่ทะเลสาบสงขลาตอนล่างพบว่ามีการสะสมของไตรบิวทิลทินในตะกอนดินและตรวจพบการผิดปกติทางเพศของสัตว์ทะเลจำพวกหอย (Kan-atireklap et al., 1997a; Kan-atireklap et al., 1997b; Swenen et al., 2009; Hajisamoh, 2013) ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อห่วงโซ่อาหารและสุขภาพของประชนหลายชุมชนที่อาศัยทะเลสาบเป็นแหล่งอาหารทะเลเพื่อการบริโภคด้วย

การละลายน้ำได้ดีของไตรบิวทิลทินหมายถึงการมีโอกาสแพร่กระจายได้ง่ายในสิ่งแวดล้อม และการดูดติดตะกอนได้ดีหมายถึงการมีโอกาสสะสมในตะกอนและสัตว์ทะเลได้โดยง่าย ดังนั้นหากมีแหล่งกำเนิดที่ไม่ได้รับการควบคุมในพื้นที่ก็จะทำให้มีการปนเปื้อนของไตรบิวทิลทินในทะเลสาบสงขลา เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศและมนุษย์ได้ การวิเคราะห์ตัวแปรทางกายภาพ-เคมีของน้ำทะเล ได้แก่ ความเค็ม ความเป็นกรดด่าง และอุณหภูมิของน้ำ ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความสามารถในการละลายของไตรบิวทิลทินในแหล่งน้ำ (Inaba et al., 1995) จึงมีความสำคัญต่อการประเมินความสามารถในการละลายน้ำของไตรบิวทิลทินในทะเลสาบสงขลา โดยสามารถนำมาใช้เป็นฐานข้อมูลในการคาดการณ์การแพร่กระจายและการสะสมในตะกอนในกรณีที่มีการสะสมหรือมีการชะละลายของไตรบิวทิลทินลงสู่ทะเลสาบสงขลาได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

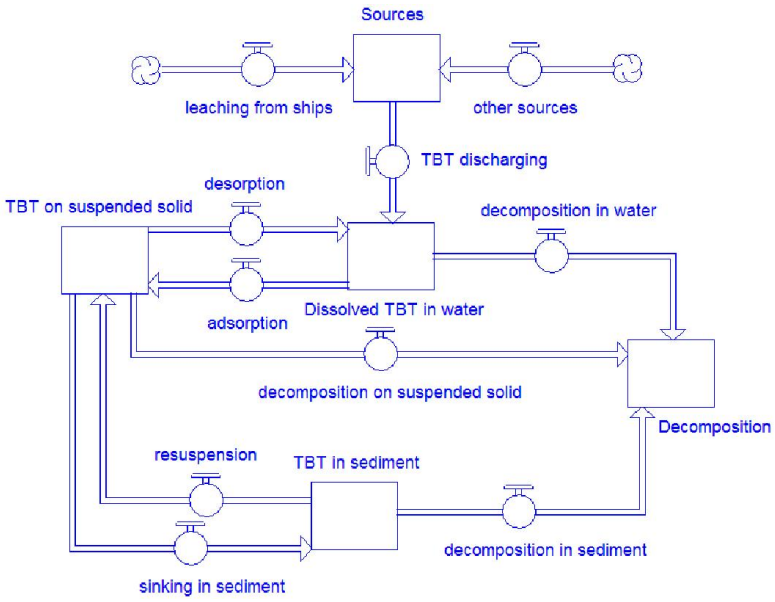
เพื่อศึกษาความสามารถในการละลายของไตรบิวทิลทินในทะเลสาบสงขลาจากการวิเคราะห์สภาพทางกายภาพ-เคมีของน้ำทะเล ได้แก่ ค่าความเค็ม ค่าความเป็นกรดด่าง และอุณหภูมิของน้ำทะเล

แนวคิด ทฤษฎี กรอบแนวคิด

การศึกษาปริมาณการสะสมไตรบิวทิลทินในทะเลสาบสงขลาตอนล่างที่ผ่านมายังคงมีน้อยมาก พบว่าผลงานวิจัยส่วนใหญ่ในพื้นที่ทะเลสาบสงขลาตอนล่างเป็นการตรวจวัดปริมาณการสะสมของไตรบิวทิลในตะกอนดิน (Kan-atireklap et al., 1997a; Hajisamoh, 2013) ในหอย (Kan-atireklap et al., 1997b; Tanabe et al., 2000; Swennen, 2009) และเป็นการคำนวณแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของไตรบิวทิลทินในพื้นที่ชายฝั่งเมืองเก่าสงขลาโดยการอ้างอิงจากข้อมูลทุติยภูมิ (Ophithakorn et al., 2014) นอกจากนี้การศึกษาที่ผ่านมาเคยมีการสุ่มเก็บตัวอย่างที่ตำแหน่งปากทะเลสาบสงขลา (Hajisamoh, 2013) และตำแหน่งในทะเลสาบสงขลาที่ห่างไกลจากท่าเรือ (Kan-atireklap et al., 1997a) โดยในปี พ.ศ. 2538 ได้มีการวิเคราะห์ปริมาณของไตรบิวทิลทินในตะกอนดินทะเลสาบสงขลาตอนล่างพบว่ามีการสะสม 36 ng/g (Kan-atireklap et al., 1997a) ต่อมาในปี พ.ศ. 2549 ได้มี

การตรวจพบการความผิดปกติทางเพศของสัตว์ทะเลจำพวกหอยฝาเดียวในพื้นที่ทะเลสาบสงขลา 4.7% (Swennen, 2009) และในปี พ.ศ. 2555 พบว่าปริมาณของไตรบิวทิลทินเพิ่มสูงขึ้น สามารถวิเคราะห์ค่าสูงสุดในตะกอนดิน 90 ng/g แม้ปริมาณของไตรบิวทิลทินที่วิเคราะห์ได้ยังไม่เกินจากค่ามาตรฐานที่กำหนดว่าในตะกอนดินมีไตรบิวทิลทินสะสมไม่ควรเกิน 2.5 µg/g (Hajisamoh, 2013) แต่การตรวจพบการสะสมและความผิดปกติในสัตว์ทะเลเป็นเบื้องต้นแล้วนั้น แสดงให้เห็นว่าในพื้นที่ทะเลสาบสงขลามีความเสี่ยงจากการได้รับอันตรายจากไตรบิวทิลทิน (Ophithakorn et al., 2014)

สารประกอบดีบุกอินทรีย์เป็นสารกลุ่มไม่ชอบน้ำ มีลักษณะเป็นของแข็งและสามารถตกตะกอนได้ (Ruiz et al., 1996; Rudel, 2003; Hoch and Schwesig, 2004) โดยส่วนใหญ่จึงพบการสะสมอยู่ในชั้นตะกอนเป็นสำคัญ (Hoch and Schwesig, 2004; Yamamoto et al., 2009) การเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารประกอบดีบุกอินทรีย์ในแหล่งน้ำมาจากอิทธิพลของการดูดซับโดยตะกอน การแพร่กระจายไปอยู่ในองค์ประกอบอื่น ได้แก่ ชั้นตะกอน สารแขวนลอยในน้ำ และอากาศ รวมถึงการเปลี่ยนรูปของสารประกอบดีบุกอินทรีย์ในน้ำด้วย (Hoch and Schwesig, 2004; Yamamoto et al., 2009) สามารถแสดงภาพจำลองของการถ่ายโอนไตรบิวทิลทินในทะเลสาบสงขลาได้ดังภาพ 1



ภาพ 1 แบบจำลองแผนภาพแสดงการถ่ายโอนของไตรบิวทิลทินในทะเลสาบสงขลา
ที่มา: ดัดแปลงจาก Ophithakorn et al. (2014)

วิธีดำเนินการวิจัย

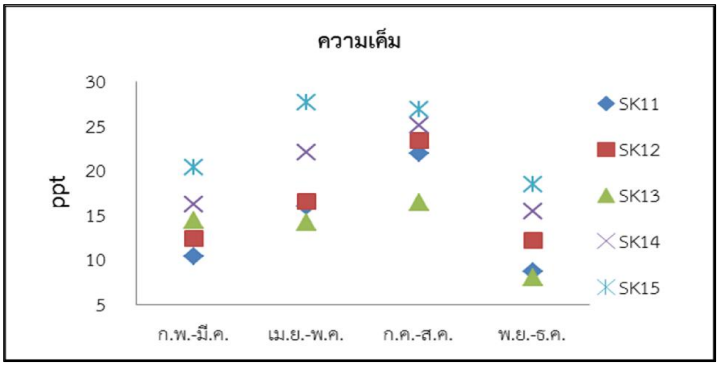
1. ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลคุณภาพน้ำทะเลสาบสงขลาของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16 ตามจุดสำรวจคุณภาพน้ำ 5 จุด ได้แก่ ปากคลองพะวง (SK11) สะพานเกาะยอ (SK12) ปากคลองสำโรง (SK13) วัดสุวรรณคีรี (SK14) และปากทะเลสาบสงขลา (SK15) ซึ่งเป็นส่วนของทะเลสาบสงขลาตอนล่าง ในบริเวณที่มีการคมนาคมทางน้ำและกิจกรรมต่างๆ ในแหล่งน้ำหนาแน่น โดยสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16 ได้แบ่งช่วงเวลาในการสำรวจคุณภาพน้ำออกเป็น 4 ช่วงเวลา คือ (1) ฤดูแล้งเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม (2) ก่อนฤดูฝนเดือนเมษายนถึงพฤษภาคม (3) ก่อนฤดูฝนเดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคม และ(4) ฤดูฝนเดือนพฤศจิกายนถึงธันวาคม ตั้งแต่ปี 2547 ถึง 2557

2. การวิเคราะห์ความสามารถในการละลายน้ำของไตรบิวทิลทิน

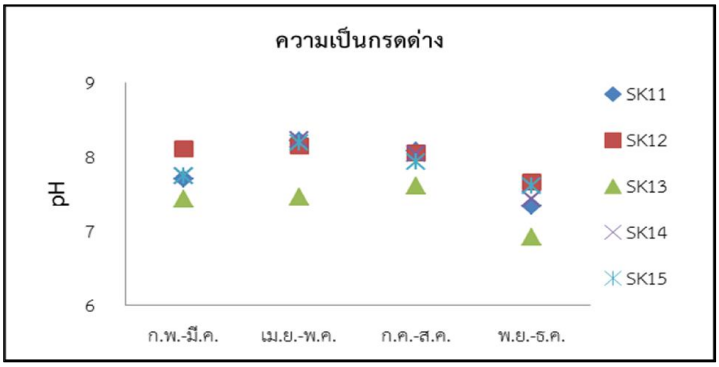
ในการศึกษาได้ทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์ในการสำรวจคุณภาพน้ำที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการละลายของไตรบิวทิลทินในแหล่งน้ำ ได้แก่ ความเค็ม ความเป็นกรดด่าง และอุณหภูมิ (Inaba et al., 1995) พบว่า

2.1 ไตรบิวทิลทินมีความสามารถในการละลายในน้ำลดลงเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น เป็นเหตุให้ละลายในน้ำทะเลได้น้อยกว่าในน้ำกลั่น (Inaba et al., 1995) สำหรับการศึกษาการดูดติดของไตรบิวทิลทินบนตะกอนต่างชนิดกันในน้ำทะเลสังเคราะห์ด้วย NaCl ที่ความเค็มแตกต่างกันพบว่าไตรบิวทิลทินสามารถดูดติดตะกอนได้ดีที่ความเค็มต่ำกว่า 15 ppt (Hoch and Schwesig, 2004) จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทุติยภูมิทั้ง 5 จุดสำรวจ ตั้งแต่ปี 2547-2557 พบว่าค่าความเค็มเฉลี่ยของน้ำทะเลในทะเลสาบสงขลา อยู่ในช่วง 8.07-27.69 ppt โดยช่วงเดือนที่มีค่าความเค็มเฉลี่ยสูงสุด คือ ก่อนฤดูฝนตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคมและลดลงต่ำสุดในช่วงฤดูฝนตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงธันวาคม จุดสำรวจที่มีค่าความเค็มเฉลี่ยสูงสุด คือ บริเวณปากทะเลสาบสงขลา (SK15) ในช่วงเดือนเมษายนถึงพฤษภาคม 27.69 ppt และต่ำสุดบริเวณปากคลองสำโรง (SK13) ในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงธันวาคม 8.07 ppt ดังภาพ 2



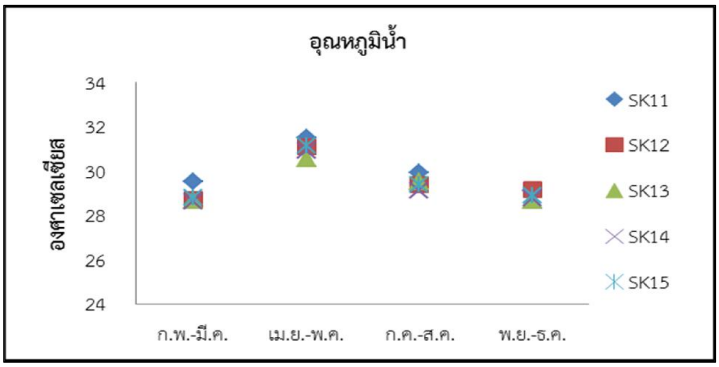
ภาพ 2 การเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำทะเลสาบสงขลาตอนล่าง

2.2 ไตรบิวทิลทินมีความสามารถในการละลายลดต่ำลงในช่วงความเป็นกรดด่าง 6-8 (Inaba et al., 1995) และมีความสามารถในการดูดติดที่ดีในสภาวะที่ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 7 (Bangkerdphol et al., 2009) จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทุติยภูมิทั้ง 5 จุดสำรวจ ตั้งแต่ปี 2547-2557 พบว่าความเป็นกรดด่างเฉลี่ยของน้ำในทะเลสาบสงขลาอยู่ในช่วง 6.92-8.24 โดยช่วงเดือนที่มีค่าความเป็นกรดด่างเฉลี่ยของน้ำทะเลสูงสุด คือ ช่วงก่อนฤดูฝนในเดือนเมษายนถึงพฤษภาคมและลดลงต่ำสุดในช่วงฤดูฝนเดือนพฤศจิกายนถึงธันวาคม จุดสำรวจที่มีค่าความเป็นกรดด่างเฉลี่ยสูงสุด คือ บริเวณวัดสุวรรณคีรี (SK14) ในช่วงเดือนเมษายนถึงพฤษภาคม 8.24 และต่ำสุดบริเวณตำแหน่งปากคลองสำโรง (SK13) ในช่วงเดือนเมษายนถึงพฤษภาคม 6.92 ดังภาพ 3



ภาพ 3 การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดด่างของน้ำทะเลสาบสงขลาตอนล่าง

2.3 ไตรบิวทิลทินมีความสามารถในการละลายลดลงเมื่ออุณหภูมิของน้ำลดต่ำลง (Inaba et al., 1995) และมีความสามารถในการดูดติดที่ดีเมื่ออุณหภูมิน้ำสูงขึ้น (Bangkerdphol et al., 2009) จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทุติยภูมิทั้ง 5 จุดสำรวจ ตั้งแต่ปี 2547-2557 พบว่าอุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงตลอดปีในช่วง 28.63-31.50 °C โดยช่วงเดือนที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำทะเลสูงสุด คือ ช่วงก่อนฤดูฝนในเดือนเมษายนถึงพฤษภาคมและลดลงต่ำสุดในฤดูแล้งช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม จุดสำรวจที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด คือ บริเวณปากคลองพะวง (SK11) ในช่วงเดือนเมษายนถึงพฤษภาคม 31.50 °C และต่ำสุดบริเวณตำแหน่งวัดสุวรรณคีรี (SK14) ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม 28.63 °C ดังภาพ 4



ภาพ 4 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำทะเลสาบสงขลาตอนล่าง

สรุปผลการวิจัย

1. การวิเคราะห์ความสามารถในการละลายน้ำจากค่าความเป็นกรดด่าง พบว่าไตรบิวทิลทินมีโอกาสละลายน้ำได้ดีตรงจุดสำรวจที่มีค่าความเป็นกรดด่างเฉลี่ยสูงกว่า 8 ได้แก่ ปากคลองพะวง (SK11) ในเดือนเมษายนถึงสิงหาคม สะพานเกาะยอ (SK12) ในเดือนกุมภาพันธ์ถึงสิงหาคม วัดสุวรรณคีรี (SK14) ในเดือนเมษายนถึงสิงหาคม และปากทะเลสาบสงขลา (SK15) ในเดือนเมษายนถึงพฤษภาคม (ไม่ปรากฏข้อมูลทุติยภูมิว่าค่าความเป็นกรดด่างเฉลี่ยของน้ำทะเลต่ำกว่า 6 จึงไม่นำเกณฑ์ความสามารถในการละลายน้ำจากค่าความเป็นกรดด่างต่ำกว่า 6 มาวิเคราะห์) โดยช่วงเดือนเมษายนถึงพฤษภาคมปรากฏข้อมูลว่าน้ำในทะเลสาบสงขลามีค่าความเป็นกรดด่างเฉลี่ยสูงกว่า 8 ครอบคลุมจุดสำรวจในพื้นที่ทะเลสาบสงขลามากที่สุด (SK11 SK12 SK14 และ SK15) คิดเป็น 80% ของพื้นที่สำรวจ รองลงมาเป็นช่วงเดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคม คิดเป็น 60% ของพื้นที่สำรวจ และช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึง

มีนาคม 20% ของพื้นที่สำรวจ โดยค่าความเค็มและอุณหภูมิของน้ำทะเลไม่มีเกณฑ์บ่งชี้ความสามารถในการละลายน้ำที่แน่นอนจึงไม่สามารถนำมาวิเคราะห์ได้ดังตาราง 1

2. การวิเคราะห์ความสามารถในการดูดติดตะกอนจากค่าความเค็ม พบว่าไตรบิวทิลทินมีโอกาสดูดติดตะกอนได้ดีตรงจุดสำรวจที่มีค่าความเค็มเฉลี่ยน้อยกว่า 15 ppt ได้แก่ ปากคลองพะวง (SK11) ในเดือนพฤศจิกายนถึงมีนาคม สะพานเกาะยอ (SK12) ในเดือนพฤศจิกายนถึงมีนาคม และปากคลองสำโรง (SK13) ในเดือนพฤศจิกายนถึงพฤษภาคม โดยช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงธันวาคมและช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคมปรากฏข้อมูลว่าน้ำในทะเลสาบสงขลามีค่าความเค็มเฉลี่ยต่ำกว่า 15 ppt ครอบคลุมจุดสำรวจในพื้นที่ทะเลสาบสงขลาตอนในทั้งหมด (SK11 SK12 และ SK13) คิดเป็น 60% ของพื้นที่สำรวจ รองลงมาเป็นช่วงเดือนเมษายนถึงพฤษภาคม คิดเป็น 20% ของพื้นที่สำรวจ โดยค่าความเป็นกรดด่างและอุณหภูมิของน้ำทะเลไม่มีเกณฑ์บ่งชี้ความสามารถในการดูดติดตะกอนที่แน่นอนจึงไม่สามารถนำมาวิเคราะห์ได้ดังตาราง 1

3. เมื่อพิจารณาฤดูกาลและความสามารถในการละลายน้ำ พบว่าช่วงก่อนฤดูฝนในเดือนเมษายนถึงสิงหาคมเป็นช่วงที่มีค่าความเป็นกรดด่างเฉลี่ยของน้ำทะเลสูงกว่า 8 คิดเป็น 87.5% ของความถี่ที่ตรวจพบค่าความเป็นกรดด่างเฉลี่ยสูงกว่า 8 ทุกจุดสำรวจในรอบปี และจากการวิเคราะห์ความสามารถในการละลายน้ำพบว่าช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงที่ไตรบิวทิลทินละลายน้ำได้ดีและน้ำทะเลมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าช่วงเดือนอื่นๆ ด้วยเช่นกัน โดยอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำทะเลในช่วงเดือนเมษายนถึงพฤษภาคม 31.04 ℃ และกรกฎาคมถึงสิงหาคม 29.48 ℃

4. เมื่อพิจารณาฤดูกาลและความสามารถในการดูดติดตะกอน พบว่าช่วงฤดูฝนถึงฤดูแล้งในเดือนพฤศจิกายนถึงมีนาคม เป็นช่วงที่มีค่าความเค็มเฉลี่ยของน้ำทะเลต่ำกว่า 15 ppt คิดเป็น 85.7% ของความถี่ที่ตรวจพบค่าความเค็มเฉลี่ยต่ำกว่า 15 ppt ทุกจุดสำรวจในรอบปี และจากการวิเคราะห์ความสามารถในการดูดติดตะกอนพบว่าช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงที่ไตรบิวทิลทินดูดติดตะกอนได้ดีและน้ำทะเลมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่าช่วงเดือนอื่นๆ ด้วยเช่นกัน โดยอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำทะเลในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงธันวาคม 28.91 ℃ และกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม 28.86 ℃

ตาราง 1 ความสามารถในการละลายน้ำและดูดติดตะกอนของไตรบิวทิลทินที่ช่วงเวลาต่าง ๆ ในทะเลสาบสงขลา

จุดสำรวจ	ก.พ.-มี.ค.			เม.ย.-พ.ค.			ก.ค.-ส.ค.			พ.ย.-ธ.ค.		
	ความเค็ม	กรดด่าง	อุณหภูมิ	ความเค็ม	กรดด่าง	อุณหภูมิ	ความเค็ม	กรดด่าง	อุณหภูมิ	ความเค็ม	กรดด่าง	อุณหภูมิ
SK11	A (10.38)	-	-	-	S (8.22)	-	-	S (8.09)	-	A (8.71)	-	-
SK12	A (12.43)	S (8.11)	-	-	S (8.15)	-	-	S (8.05)	-	A (12.17)	-	-
SK13	A (14.46)	-	-	A (14.20)	-	-	-	-	-	A (8.07)	-	-
SK14	-	-	-	-	S (8.24)	-	-	S (8.04)	-	-	-	-
SK15	-	-	-	-	S (8.19)	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ – ค่าไม่อยู่ในเกณฑ์วิเคราะห์

S ละลายน้ำได้ดีที่ค่าความเป็นกรดด่างสูงกว่า 8 (ค่าความเป็นกรดด่างเฉลี่ย)

A ดูดติดตะกอนได้ดีที่ค่าความเค็มต่ำกว่า 15 ppt (ค่าความเค็มเฉลี่ยในหน่วย ppt)

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการศึกษาพบว่าพื้นที่ทะเลสาบสงขลามีการละลายน้ำของไตรบิวทิลทินได้ดีในบางฤดูกาล ซึ่งหมายถึงหากมีการชะละลายลงสู่ทะเลสาบสงขลาหรือมีการละลายคืนกลับจากตะกอนดินสู่น้ำทะเล จะมีโอกาสแพร่กระจายได้ง่ายด้วยเช่นกัน รวมถึงมีการดูดติดตะกอนได้ดีในบางฤดูกาล ซึ่งหมายถึงหากมีการชะละลายลงสู่ทะเลสาบสงขลาหรือมีการละลายในน้ำทะเลอยู่ก่อนนั้น จะมีโอกาสสะสมในตะกอนดินและสัตว์ทะเลจำพวกหอยได้ง่ายด้วยเช่นกัน ในกรณีที่มีแหล่งกำเนิดไตรบิวทิลทินในพื้นที่ทะเลสาบสงขลาจะทำให้มีการแพร่กระจาย การสะสม เกิดผลกระทบต่อสัตว์ทะเล ระบบนิเวศ และมนุษย์ได้ ไตรบิวทิลทินสามารถละลายอยู่ในน้ำทะเลสาบสงขลาได้ง่ายในช่วงเดือนเมษายนถึงสิงหาคม ซึ่งเป็นช่วงที่ค่าความเป็นกรดด่างเฉลี่ยมีค่าสูงกว่า 8 และเป็นช่วงก่อนฤดูฝนที่อุณหภูมิน้ำทะเลสาบมีค่าสูงกว่าช่วงอื่นๆ ในรอบปี สอดคล้องกับการตรวจพบปริมาณสารไตรบิวทิลทินในแหล่งน้ำในแม่น้ำสำคัญในประเทศไทยในฤดูแล้งสูงกว่าในฤดูฝน (สำนักจัดการคุณภาพน้ำ, 2552) และตรวจพบปริมาณไตรบิวทิลทินในทะเลไอซ์แลนด์ตอนใต้ในช่วงฤดูร้อนสูงกว่าช่วงฤดูหนาว 5-10 เท่า โดยไม่มีนัยสำคัญจากกิจกรรมการขนส่งทางเรือในพื้นที่ด้วย (Skarphédinsdóttir et al., 1996) โดยความสามารถในการดูดติดตะกอนภายหลังการละลายในน้ำเกิดได้ง่ายในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงมีนาคม ซึ่งเป็นช่วงที่ค่าความเค็มเฉลี่ยต่ำกว่า 15 ppt และเป็นช่วงฤดูฝนและฤดูร้อนที่อุณหภูมิน้ำทะเลสาบมีค่าต่ำกว่าช่วงอื่นๆ ในรอบปี สอดคล้องกับสมบัติของไตรบิวทิลทินซึ่งเป็นสารที่สามารถตกตะกอนสู่ชั้นตะกอนได้ง่ายและหากมีการปนเปื้อนในแหล่งน้ำธรรมชาติ จะมีโอกาสปนเปื้อนในแหล่งน้ำจืดจนเกิดความเป็นพิษได้มากกว่าในน้ำทะเล (Inaba et al., 1995)

ข้อเสนอแนะและการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

การประเมินความสามารถในการละลายน้ำและการดูดติดตะกอนของไตรบิวทิลทินพิจารณาตามฤดูกาลและตำแหน่งการสำรวจคุณภาพน้ำเป็นการวิเคราะห์ทางอ้อมจากปัจจัยทางกายภาพ-เคมีในสิ่งแวดล้อม โดยอาศัยความค่าความเป็นกรดด่างและค่าความเค็ม ซึ่งอาจเบี่ยงเบนได้จากการเปลี่ยนเปลี่ยนแปลงไปของปัจจัยที่มีอิทธิพลในการละลายและการดูดติดตะกอน ควรมีการทวนสอบด้วยการวิเคราะห์ปริมาณจริงในน้ำและตะกอน ซึ่งแม้ว่าขั้นตอนการวิเคราะห์หาปริมาณของไตรบิวทิลทินในน้ำและตะกอนจะทำได้ยาก มีค่าใช้จ่ายสูง จำเป็นต้องใช้ความเชี่ยวชาญและเครื่องมือวัดที่ทันสมัยเพื่อความแม่นยำและความถูกต้อง แต่หากมีการศึกษาและวิจัยเพิ่มเติมในส่วนนี้ก็จะเป็นประโยชน์ในการเฝ้าระวังมลพิษในทะเลสาบสงขลาได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเรื่อง “การปนเปื้อนของไตรบิวทิลทินในอ่าวเมืองเก่าสงขลา” ซึ่งได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากทุนงบประมาณแผ่นดิน (วช.) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 ตามสัญญาเลขที่ 08/2559

เอกสารอ้างอิง

พนิดา คุณประเสริฐ. (2546). **การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบดีบุกอินทรีย์ในหอยแมลงภู่โดยใช้เทคนิคแก๊สโครมาโตรกราฟี-แมสสเปกโตรเมตรี**. วิทยานิพนธ์หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา.

สำนักจัดการคุณภาพน้ำ. (2550). “การจัดการมลพิษจากสารประกอบดีบุกอินทรีย์ชนิดไตรบิวทิลหรือสารไตรบิวทิลทิน (Tributyltin, TBT)”. **รายงานประจำปีสำนักจัดการคุณภาพน้ำ 2550**. กรมควบคุมมลพิษ, 59-65.

สำนักจัดการคุณภาพน้ำ. (2552). “สารประกอบดีบุกอินทรีย์ประเภทไตรบิวทิลทิน (Tributyltin, TBT) ในแม่น้ำสายหลัก”. **รายงานประจำปีสำนักจัดการคุณภาพน้ำ 2552**. กรมควบคุมมลพิษ, 49-53.

Ansari, A. A., Singh, I. B., and Tobschall, H. J. (1998). Organotin compounds in surface and pore waters of Ganga Plain in the Kanpur-Unnao industrial region, India. **The Science of the Total Environment**, 223, 157-166.

Ayanda. O. S., Fatoki, O. S. Adekola, F. A., and Ximba, B. J. (2012). Fate and remediation of organotin compounds in seawaters and soils. **Chemical Science Transactions**, 1(3), 470-481.

Bangkephol, S., Keenan, H. E., Davidson, C., Sakultantimetha, A., and Songsasen, A. (2009). The partition behaviour of tributyltin and prediction of environmental fate, persistence and toxicity in aquatic environments. **Chemosphere**, 77, 1326-1332.

Bech, M. (2002). A Survey of imposex in Muricids from 1996 to 2000 and identification of optimal indicators of tributyltin contamination along the east coast of Phuket island, Thailand. **Marine Pollution Bulletin**, 44, 887-896.

Hajisamoh, A. N. (2013). Contamination of organotin conpounds in coastal water of southern Thailand. **Journal of Science and Technology**, 17(1), 11-19.

Hoch, M., and Schwesig, D. (2004). Parameters controlling the partitioning of tributyltin (TBT) in aquatic systems. **Applied Geochemistry**, 19, 323-334.

Inaba, K., Shiraishi, H., and Soma, Y. (1995). Effects of salinity, pH and temperature on aqueous solubility of four organotin compounds. **Water Research**, 29(5), 1415-1417.

Jensen, H. F., Holmer, M., and DahllÖf, I. (2004). Effects of tributyltin (TBT) on the seagrass Ruppia maritime. **Marine Pollution Bulletin**, 49, 564-573.

Kan-atireklap, S., Tanabe, S., and Sanguansin, J. (1997a). Contamination by butyltin compounds in sediment from Thailand. **Marine Pollution Bulletin**, 34(11), 894-899.

Kan-atireklap, S., Tanabe, S., Sanguansin, J., Tabucanon, M. S., and Hungspreugs, M. (1997b). Contamination by butyltin compounds and organochlorine residues in Green Mussel (*Perna Viridis*, L) from Thailand coastal waters. **Environmental Pollution**, 97(1-2), 79-89.

Ophithakorn, T., Yaeed, S., and Suksaroj, T. T. (2014). “Harmful Effects of Tributyltin in Songkhla Old-Town Bay”. In **the 3rd Annual Prince of Songkla University Phuket International Conference (PSU PIC 2014): Multidisciplinary Studies on Sustainable Development**, 13–14 November 13-14, 2014, Phuket, Thailand.

Rudel, H. (2003). Case study: bioavailability of tin and tin compounds. **Ecotoxicology and Environmental Safty**, 56, 180-189.

Ruiz, J. M., Bachelet, G., Caumette, P., and Donard, O. F. X. (1996). Three decades of tributyltin in the coastal environment with emphasis on Arcachon bay, France. **Environmental Pollution**, 93(2), 195-203.

Skarphédinsdóttir, H., Ólafsdóttir†, K., Svavarsson, J., and Jóhannwsson, T. (1996). Seasonal fluctuations of Tributyltin (TBT) and Dibutyltin (DBT) in the Dogwhelk, *Nucella lapillus* (L.), and the Blue Mussel, *Mytilus edulis* L., in Icelandic Waters. **Marine Pollution Bulletin**, 32(4), 358-361.

Swennen, C., Sampantarak, U., and Rattanadakul, N. (2009). TBT-pollution in the Gulf of Thailand: a re-inspection of imposex incidence after 10 years. **Marine Pollution Bulletin**, 58, 526-532.

Tanabe, S., Prudente, M. S., Kan-atireklap, S., and Subramanian, A. (2000). Mussel watch: marine pollution monitoring of butyltins and organochlorines in coastal waters of Thailand, Philippines and India. **Ocean & Coastal Management**, 43, 819-839.

Yamamoto, J., Yonezawa, Y., Nakata, K., and Horiguchi, F. (2009). Ecological risk assessment of TBT in Ise Bay. **Journal of Environmental Management**, 90, 541-550.