



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การกระจายตัวของสารบิวทิลทิน ในน้ำและสัตว์น้ำบางชนิดบริเวณพื้นที่
ท่าเรือประมงหลักในจังหวัดชายแดนภาคใต้

**Distribution of Butyltin (BTs) in Water and Some Marine Organism
Species from Fishing Port Areas in the Southern Border Provinces**

โดย

ผศ.ดร.อับดุลนาเซร์ ฮายีสาเมาะ

ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2554

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

กิตติกรรมประกาศ

วัตถุประสงค์ของการจัดทำรายงานวิจัยเล่มนี้ เพื่อเสนอต่อสถาบันวิจัยและพัฒนาจังหวัดชายแดนภาคใต้ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ซึ่งเป็นหน่วยงานหลักที่ประสานการจัดสรรทุนสนับสนุนวิจัยประเภทเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2554 เพื่อดำเนินการศึกษาและวิจัยเรื่องการกระจายตัวของสารบิวทิลทิน ในน้ำและสัตว์น้ำบางชนิดบริเวณพื้นที่ทำเรือประมงหลักในจังหวัดชายแดนภาคใต้ ซึ่งพื้นที่ศึกษาวิจัยในครั้งนี้ครอบคลุมพื้นที่ชายฝั่งทะเลด้านอ่าวไทยของ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ได้แก่ จังหวัดนราธิวาส จังหวัดปัตตานี และจังหวัดสงขลา พื้นที่เหล่านี้มีความสำคัญต่อการประกอบอาชีพประจำวันของประชาชนในพื้นที่ และยังเป็นแหล่งประมงชายฝั่งที่สามารถสร้างรายได้แก่คนในพื้นที่ได้เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณนายแวอาดี สาแม ผู้ช่วยนักวิจัยประจำโครงการ นายนาแว ลือแม่หะมะ นักวิทยาศาสตร์ (เคมี) ประจำสาขาวิชาเคมี และนางสาวนิภาพร สุวรรณโรจน์ นักวิทยาศาสตร์ (เคมี) ประจำศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ ที่ได้มีส่วนช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างเตรียมตัวอย่างในห้องปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ทางสิ่งแวดล้อม รวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ผลจัดพิมพ์รายงาน ตรวจสอบจนสามารถจัดทำรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์นี้สำเร็จลุล่วงมาด้วยดี

ขอขอบผู้ทรงคุณวุฒิที่ช่วยตรวจ แก้ไข ให้ข้อเสนอแนะ และประเมินงานวิจัยนี้ สุดท้ายต้องขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ประจำสถาบันวิจัยและพัฒนาจังหวัดชายแดนภาคใต้ ที่ทำให้งานวิจัยเรื่องนี้ดำเนินไปจนสำเร็จและบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ทุกประการ

ผศ.ดร.อับดุลนาเซร์ ฮายีสามะ

พฤษภาคม 2555

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาการปนเปื้อนของสารประกอบอินทรีย์ดีบุก (Organotin) ในกลุ่มสารบิวทิลทิน (BTs) ได้แก่ TBT, DBT และ MBT ในพื้นที่ท่าเรือประมง บริเวณชายฝั่งด้านตะวันออกในพื้นที่จังหวัดชายแดนภาคใต้ ได้แก่ จังหวัดนราธิวาส จังหวัดปัตตานี และจังหวัดสงขลา ตัวอย่างน้ำ ตะกอนดิน และหอยแมลงภู่ถูกเก็บจากจุดเก็บตัวอย่างต่างๆ ที่กำหนด จำนวน 2 ครั้งในรอบปี 2554 และ 2555 การปรับปรุงวิธีการทดลอง การเตรียมตัวอย่าง การสกัดและกำจัดสิ่งปนเปื้อน และการวิเคราะห์โดยเครื่องมือ GC-FPD ได้ดำเนินการตามวิธีที่กำหนดโดยองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (US-EPA) ผลการตรวจวัดคุณลักษณะพื้นฐานทางเคมีและกายภาพของน้ำจากบริเวณพื้นที่เก็บตัวอย่าง 7 พารามิเตอร์คือ อุณหภูมิ พีเอช ความขุ่น ของแข็งแขวนลอยรวม การละลายออกซิเจน ความเค็ม และปริมาณไขมันและน้ำมันในรูป HEM พบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำ ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ส่วนความเข้มข้นและกระจายตัวของสารบิวทิลทินในน้ำ ตะกอนดิน และหอยแมลงภู่ มีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ โดยตัวอย่างน้ำมีการปนเปื้อนด้วยสารมลพิษ TBT สูงกว่าตะกอนดินและหอยแมลงภู่ โดยภาพรวม ตัวอย่างน้ำที่เก็บจากท่าเรือประมงเมืองสงขลาและเมืองปัตตานีพบปนเปื้อนด้วยสารประกอบ TBT สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดคือ 10 ng/L โดยตัวอย่างน้ำจากเมืองปัตตานี (พื้นที่จุดที่ 5) ปนเปื้อนด้วยสารบิวทิลทิน (BTs) รวมสูงสุด รองลงมาคือพื้นที่เมืองสงขลา (พื้นที่จุดที่ 9) ส่วนเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยขององค์ประกอบสารมลพิษทั้ง 3 ชนิดในตัวอย่างน้ำพบว่าสาร TBT อยู่ในช่วง 56.92 % - 64.63 % ส่วนที่เหลือเป็นสาร DBT และ MBT แสดงให้เห็นว่าสารมลพิษ TBT สลายตัวให้ DBT และ MBT เป็นไปอย่างช้าๆ ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับปัจจัยด้านกับคุณลักษณะพื้นฐานทางเคมีและกายภาพของน้ำด้วย ตัวอย่างตะกอนดินพบปริมาณสารบิวทิลทินรวมใน 2 พื้นที่หลักคือ ท่าเรือประมงเมืองปัตตานี และท่าเทียบเรือประมงเมืองสงขลา สูงกว่าพื้นที่อื่นๆ โดยเฉพาะตะกอนดินจากพื้นที่เก็บตัวอย่างเมืองปัตตานีพบปนเปื้อนด้วย BTs รวมสูงสุด ส่วนเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยของสารมลพิษทั้ง 3 ชนิดในตะกอนดิน พบว่าจากการวิเคราะห์ครั้งที่ 1 และ 2 มีสัดส่วน TBT อยู่ในช่วง 45.05 % - 70.88 % และ 41.33 % - 84.76 % ตามลำดับ ส่วนผลการวิเคราะห์สารบิวทิลทินรวมในหอยแมลงภู่จากบริเวณปากอ่าวปัตตานี 2 ครั้งคือในเดือนกุมภาพันธ์ 2554 และกรกฎาคม 2554 พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 27.84-35.57 ng/g และ 9.04-44.55 ng/g ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์อัตราส่วน TBT, DBT และ MBT ในตัวอย่างหอยแมลงภู่เป็น 63.16, 12.12 และ 11.02 % ตามลำดับ

ABSTRACT

This research work focused on the contamination levels of Organotin compounds, namely TBT, DBT, and MBT from in fishery ports along the coastal area of southern border provinces including Narathiwat, Pattani and Songkhla. Environmental samples collected for the present study including waters, sediments and green mussels. All types of samples were collected twice during year 2011-2012. Method validation and modification as well as sample preparation, extraction, sample clean up and GC-FPD analyses were strictly carried out following the guidelines in US-EPA protocols. The analytical results on 7 physical and chemical water quality parameters such as total suspended solid (TSS), temperature, pH value, dissolved oxygen (DO), turbidity, salinity, oil and grease in terms of HEM were within the acceptable values of standard criteria for natural inland water quality as regulated by the national commission of environment. The contamination and distribution levels of TBT, DBT and MBT in water, sediment and green mussel samples were widely varied from locations to locations of respective study area. Water samples were commonly polluted with higher concentration levels of TBT than either sediment or green mussel samples. Overall, water samples collected from Pattani and Songkhla sampling location were polluted with TBT at higher concentration levels which exceed the national water quality criteria of 10 ng/L. The Pattani sampling location (location 5) and Songkhla sampling location (location 9) were found to be polluted with high concentration of total butyltin (BTs), especially in Pattani sampling location where water samples were detected to be the highest level of butyltin pollutants. TBT compound was commonly detected as the major pollutant in water samples at the percentage range of 56.92 % to 64.63 %, as DBT and MBT residues was categorized as minor pollutants in water sample. This finding showed that the degradation rate of TBT to breakdown product of DBT and MBT was very slow which associated with physical and chemical parameters of water sample. The sediment samples collected from Pattani and Songkhla study area were higher polluted with total butyltin (TBT was the major pollutant and commonly detected in most sampling cites) than other sampling location of the present study, particularly sediment samples taken from Pattani sampling location was found to be polluted with total butyltin at the highest concentration level. The average percentage values of TBT in sediment samples calculated for first and second sampling were in the range of 45.05 % - 70.88 % and

41.33 % - 84.76 %, respectively. The analytical results of BTs contamination in green mussel samples collected from Pattani bay mouth during first sampling in February, 2011 and second sampling in July 2011 were in the concentration range of 27.84 – 35.57 ng/g and 9.04 – 44.55 ng/g, respectively. The percentage composition values of TBT, DBT and MBT contaminated in green mussels were calculated to be 63.16, 12.12 and 11.02 %, respectively.

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ง
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญภาพ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1-6
1.1 บทนำ	1
1.2 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการทำวิจัย	1
1.3 สารประกอบดินุกอินทรีย์	3
1.4 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
1.5 สมมุติฐานและกรอบแนวความคิดของการวิจัย	4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
1.7 ผลสำเร็จและความคุ้มค่าของงานวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ	5
1.8 ขอบเขตการศึกษา	6
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	7-30
2.1 บทนำ	7
2.2 ภูมิศาสตร์ของแหล่งน้ำชายฝั่งจังหวัดชายแดนภาคใต้	7
2.3 ความจำเป็นของสิทธาเรือกันเปรียง	9
2.3.1 ระบบของสิทธาเรือกันเปรียง	11
2.3.2 องค์ประกอบของสิทธาเรือกันเปรียง	12
2.4 อนุสัญญาว่าด้วยข้อจำกัดการใช้สิทธาเรือที่มีส่วนผสมสารประกอบดินุกอินทรีย์	13
2.5 สิทธาเรือกันเปรียงก่อผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	14
2.6 เคมีของสารประกอบดินุกอินทรีย์	15
2.7 โครงสร้างทางเคมีของสารประกอบบิวทิลทิน	18
2.7.1 การย่อยสลายสารประกอบ TBT ในสิ่งแวดล้อม	18
2.7.2 ผลกระทบสาร TBT ต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ	19

สารบัญ (ต่อ)

2.8 การปนเปื้อนของสารประกอบบิวทิลทินในสิ่งแวดล้อม	22
2.8.1 สารประกอบบิวทิลทินในน้ำทะเล	22
2.8.2 สารประกอบบิวทิลทินในตะกอนดิน	24
2.8.3 สารประกอบบิวทิลทินในสิ่งมีชีวิต	25
2.9 การปนเปื้อนของสารประกอบบิวทิลทินในแหล่งน้ำชายฝั่งประเทศไทย	26
2.10 วิธีการดำเนินการวิจัยและสถานที่ทดลอง/เก็บข้อมูล	29
2.10.1 ตรวจสอบวิธีการ สํารวจพื้นที่และการเก็บตัวอย่าง	29
2.10.2 การเตรียมและวิเคราะห์ตัวอย่าง	29
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	31-46
3.1 บทนำ	31
3.2 เครื่องมือ อุปกรณ์และสารเคมี	32
3.3 วิธีการดำเนินการวิจัยและสถานที่ทดลอง/เก็บข้อมูล	34
3.3.1 ตรวจสอบวิธีการ สํารวจพื้นที่และการเก็บตัวอย่าง	34
3.3.2 พื้นที่ศึกษาที่วิจัยและการเก็บตัวอย่าง	34
3.3.3 การเตรียมและวิเคราะห์ตัวอย่าง	37
3.4 วิเคราะห์ด้วย GC	44
3.4.1 สภาวะเครื่อง GC-FPD	44
3.4.2 การหาขีดจำกัดการตรวจวัดของเครื่อง GC	44
3.4.3 กราฟมาตรฐานและช่วงความเข้มข้นเชิงเส้นตรง ที่ใช้ในการวิเคราะห์	45
3.4.4 โคโรมาโตแกรมของสารมาตรฐาน TBT, DBT และ MBT	45
บทที่ 4 ผลและการอภิปราย	47-75
4.1 บทนำ	47
4.2 คุณลักษณะพื้นฐานทางเคมีและกายภาพของน้ำในพื้นที่เก็บตัวอย่าง	47
4.2.1 คุณภาพน้ำบริเวณท่าแพขนานยนต์และท่าเทียบเรือประมงตาบา	47
4.2.2 คุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่เก็บตัวอย่างบางนรา	49
4.2.3 คุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่เก็บตัวอย่างสายบุรี	50
4.2.4 คุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่เก็บตัวอย่างปะนาระ	51

สารบัญ (ต่อ)

4.2.5 คุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่เก็บตัวอย่างท่าเทียบเรือประมง และแพปลาอำเภอเมืองปัตตานี	52
4.2.6 คุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่เก็บตัวอย่างหนองจิก	53
4.2.7 คุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่เก็บตัวอย่างปากแม่น้ำเทพา	54
4.2.8 คุณภาพน้ำจากพื้นที่เก็บตัวอย่างบ้านปากบาง	55
4.2.9 คุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่เก็บตัวอย่างท่าเทียบเรือประมงสงขลา	56
4.3 ปริมาณการปนเปื้อนของสารประกอบบิวทิลทินในแหล่งน้ำ	58
4.4 ปริมาณการปนเปื้อนของสารประกอบบิวทิลทินในตะกอนดิน	66
4.5 ปริมาณการปนเปื้อนของสารประกอบบิวทิลทินในหอยแมลงภู่	73
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	77-79
5.1 บทนำ	77
5.2 สถานะการปนเปื้อนสารมลพิษอินทรีย์	77
5.3 ประเด็นที่ควรศึกษาวิจัยต่อไป	79
เอกสารอ้างอิง	81-85
ภาคผนวก	87-145
ก. ประวัติผู้วิจัย	87
ข. อุปกรณ์สำหรับการทดลองในห้องปฏิบัติการ ศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา	93
ค. ภาพพื้นที่เก็บตัวอย่างตามโครงการในจังหวัดนราธิวาส จังหวัดปัตตานี และจังหวัดสงขลา	95
ง. ประกาศของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน	101
จ. ประกาศของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 27 (พ.ศ. 2549) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล	109
ฉ. ตารางเรือที่จดทะเบียนการมีไว้ในครอบครองซึ่งเครื่องมือทำการประมง จำแนกขนาด น้ำหนัก เป็นรายเครื่องมือ ของจังหวัด ปัตตานี นราธิวาส และสงขลา นับตั้งแต่ปี 2547-2551	121

- ช. การเผยแพร่ผลงานวิจัยทางเคมีในการประชุมวิชาการ 17th Malaysian Chemical Congress ณ PWTC ระหว่างวันที่ 15-17 ตุลาคม 2555
กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

134

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการของ TBT, DBT และ MBT	19
2.2 ปริมาณการปนเปื้อนของสาร TBT ในน้ำจากพื้นที่ต่างๆ ทั่วโลก	23
2.3 ความเข้มข้นสารบิวทิลทินที่ตรวจพบในตะกอนดินจากชายฝั่งประเทศไทย	27
2.4 ช่วงความเข้มข้นสารบิวทิลทินและค่าเฉลี่ย (ng/g น้ำหนักตัวอย่าง) ที่ตรวจพบ ในหอยแมลงภู่จากพื้นที่ต่างๆ บริเวณชายฝั่งอ่าวไทยและฝั่งอันดามัน	28
3.1 รายการอุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์	32
3.2 รายการสารเคมีชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง	33
3.3 รายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างในพื้นที่ศึกษา	35
4.1 คุณภาพน้ำบริเวณท่าแพขนานยนต์และท่าเทียบเรือประมงตาบา เก็บครั้งที่ 1	48
4.2 คุณภาพน้ำบริเวณท่าแพขนานยนต์และท่าเทียบเรือประมงตาบา เก็บครั้งที่ 2	48
4.3 คุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่เก็บตัวอย่างบางนรา เก็บครั้งที่ 1	49
4.4 คุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่เก็บตัวอย่างบางนรา เก็บครั้งที่ 2	49
4.5 คุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่เก็บตัวอย่างสายบุรี เก็บตัวอย่างน้ำครั้งที่ 1	50
4.6 คุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่เก็บตัวอย่างสายบุรี เก็บตัวอย่างน้ำครั้งที่ 2	50
4.7 คุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่เก็บตัวอย่างปะนาเระ เก็บตัวอย่างน้ำครั้งที่ 1	51
4.8 คุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่เก็บตัวอย่างปะนาเระ เก็บตัวอย่างน้ำครั้งที่ 2	51
4.9 คุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่เก็บตัวอย่างบริเวณท่าเรือประมงปัตตานี เก็บตัวอย่างครั้งที่ 1	52
4.10 คุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่เก็บตัวอย่างบริเวณท่าเรือประมงปัตตานี เก็บตัวอย่างครั้งที่ 2	53
4.11 คุณภาพน้ำจากพื้นที่เก็บตัวอย่างหนองจิก เก็บตัวอย่างครั้งที่ 1	53
4.12 คุณภาพน้ำจากพื้นที่เก็บตัวอย่างหนองจิก เก็บตัวอย่างครั้งที่ 2	54
4.13 คุณภาพน้ำจากปากน้ำเทพา เก็บตัวอย่างครั้งที่ 1	54
4.14 คุณภาพน้ำจากปากน้ำเทพา เก็บตัวอย่างครั้งที่ 2	55
4.15 คุณภาพน้ำจากพื้นที่เก็บตัวอย่างบริเวณชุมชนปากบาง เก็บตัวอย่างน้ำครั้งที่ 1	56
4.16 คุณภาพน้ำจากพื้นที่เก็บตัวอย่างบริเวณชุมชนปากบาง เก็บตัวอย่างน้ำครั้งที่ 2	56
4.17 คุณภาพน้ำในพื้นที่เก็บตัวอย่างบริเวณท่าเรือประมงสงขลา เก็บครั้งที่ 1	57
4.18 คุณภาพน้ำในพื้นที่ท่าเทียบเรือประมงสงขลา เก็บครั้งที่ 2	57
4.19 ความเข้มข้นสารบิวทิลทินที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำที่เก็บจากพื้นที่เป้าหมายต่างๆ ที่กำหนดครั้งที่ 1	58

สารบัญตาราง(ต่อ)

4.20 ความเข้มข้นสารบิวทิลทินที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำที่เก็บจากพื้นที่ เป้าหมายต่างๆ ที่กำหนดในการเก็บตัวอย่างน้ำและวิเคราะห์ครั้งที่ 2	61
4.21 เปอร์เซนต์น้ำหนักแห้งของตัวอย่างตะกอนดินที่เก็บจากพื้นที่ เป้าหมายต่างๆ ที่กำหนดในโครงการวิจัย	66
4.22 ความเข้มข้นสารบิวทิลทินที่ตรวจพบในตัวอย่างตะกอนดินที่เก็บจากพื้นที่ เป้าหมายต่างๆ ที่กำหนดในโครงการวิจัย ครั้งที่ 1	69
4.23 ความเข้มข้นสารบิวทิลทินที่ตรวจพบในตัวอย่างตะกอนดินที่เก็บจากพื้นที่ เป้าหมายต่างๆ ที่กำหนดในโครงการวิจัย ครั้งที่ 2	71
4.24 ผลการวิเคราะห์ปริมาณไขมันในหอยแมลงภู่นานาขนาดต่างๆ ที่เก็บจากพื้นที่ เก็บตัวอย่างบริเวณปากอ่าวปัตตานี	74
4.25 ช่วงความเข้มข้นสารบิวทิลทินและค่าเฉลี่ย (ng/g น้ำหนักตัวอย่าง) ที่ตรวจพบ ในหอยแมลงภู่นานาจากพื้นที่เก็บตัวอย่างบริเวณปากอ่าวปัตตานี จำนวน 2 ครั้ง	74

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แผนที่แสดงพื้นที่ศึกษาวิจัยและเก็บตัวอย่างในโครงการวิจัย	8
2.2 (ก) การขีดเกาะของเพรียงและคราบสกปรกบนชิ้นส่วนอุปกรณ์ของเรือ	10
(ข) สิ่งมีชีวิตในทะเลที่ทำให้เกิดความสกปรกที่ผิวเรือ	
2.3 การปล่อยสารกำจัดสิ่งมีชีวิตของสีกันเพรียงแบบ Conventional-Free association paint และสีโคพอลิเมอร์	13
2.4 โครงสร้างโมเลกุลของสาร TBT	18
3.1 แผนที่แสดงจุดเก็บตัวอย่างในพื้นที่ชายฝั่งจังหวัดนครราชสีมา ปัตตานี และสงขลา	35
3.2 โครมาโตแกรม (GC-FPD) ของสารมาตรฐานบิวทิลทินที่มีเข้มข้น 50 ng/mL	46
3.3 โครมาโตแกรม (GC-MS) ของสารมาตรฐานบิวทิลทินที่มีเข้มข้น 50 ng/mL	46
4.1 ความเข้มข้นเฉลี่ยของ TBT, DBT, MBT และ BTs รวม ที่ตรวจพบในพื้นที่เป้าหมายต่างๆ 9 แห่ง ในการวิเคราะห์ตัวอย่างครั้งที่ 1	61
4.2 ความเข้มข้นเฉลี่ยของ TBT, DBT, MBT และ BTs รวม ที่ตรวจพบในพื้นที่เป้าหมายต่างๆ 9 แห่ง ในการวิเคราะห์ตัวอย่างครั้งที่ 2	64
4.3 กราฟเปรียบเทียบความเข้มข้นเฉลี่ยของ BTs รวม ที่ตรวจพบในพื้นที่เป้าหมายต่างๆ 9 แห่ง ในการวิเคราะห์ตัวอย่างครั้งที่ 1 และ 2	65
4.4 กราฟเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความชื้นของตะกอนดินที่เก็บจากพื้นที่เป้าหมายต่างๆ 9 แห่ง ในการวิเคราะห์ตัวอย่างครั้งที่ 1 และ 2	68
4.5 กราฟเปรียบเทียบระดับความเข้มข้นของ BTs รวมในตะกอนดินที่เก็บจากพื้นที่เป้าหมายต่างๆ 9 แห่ง ในการวิเคราะห์ตัวอย่างครั้งที่ 1 และ 2	73

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำ

ระบบนิเวศชายฝั่งทะเลจัดเป็นแหล่งทรัพยากรทางธรรมชาติที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์มาตั้งแต่อดีต นับเป็นพื้นที่ที่เป็นที่ตั้งถิ่นฐานและประกอบอาชีพดั้งเดิมสำหรับประชาชนที่อาศัยบริเวณนี้ จัดเป็นพื้นที่ซึ่งเป็นแหล่งอาหารทะเลที่อุดมสมบูรณ์ สามารถหล่อเลี้ยงประชาชนในพื้นที่เป็นระยะเวลานาน แต่จากการเปลี่ยนแปลงสภาพสิ่งแวดล้อมประกอบกับความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็วที่ก่อให้เกิดการขยายตัวของชุมชนปัจจุบัน ทำให้เกิดปัญหาทางสิ่งแวดล้อมตามมาหลายอย่าง โดยเฉพาะความเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำและสิ่งแวดล้อมจากการปนเปื้อนจากสารเคมีอันตราย อันเนื่องมาจากการกระทำของมนุษย์ในรูปแบบกิจกรรมที่หลากหลาย ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ตามมาในที่สุด นอกจากนี้พื้นที่ชายฝั่งตะวันออกในจังหวัดชายแดนภาคใต้เป็นแหล่งทรัพยากรที่สำคัญแล้ว ยังเป็นแหล่งรองรับและสะสมของเสียต่างๆ ทั้งที่เป็นของเสียกลุ่มสารอินทรีย์จากสารกำจัดแมลงทางการเกษตร จากโรงงานอุตสาหกรรมอาหารทะเล ของเสียจากเรือประมงบริเวณท่าเทียบเรือจำพวกน้ำมันรวมสารเคมีในสีเรือ เช่น สารมลพิษอินทรีย์คงทนยาวนาน จำพวกสารกำจัดแมลงศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์แกโนคลอรีน (Organochlorine pesticides) ที่ถูกชะล้างมาตามแม่น้ำออกสู่ทะเล สารพิกซีฟี (Polychlorinated biphenyl) สารพอลิไซคลิกอะโรแมติกไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic aromatic hydrocarbon) และประกอบบิวทิลทิน (Tributyltin) นอกจากนี้มีสารอินทรีย์รวมทั้งโลหะหนักที่ถูกปล่อยจากโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร เช่น ปรอท แคดเมียม ตะกั่ว สารหนู เป็นต้น สารมลพิษต่างๆ เหล่านี้ล้วนสามารถก่อมลพิษอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและระบบนิเวศแหล่งน้ำกร่อยบริเวณชายฝั่งได้โดยตรง

1.2 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

แม่น้ำสายหลักในจังหวัดชายแดนภาคใต้เกือบทั้งหมดกำเนิดจากต้นน้ำบริเวณพื้นที่สูงของเทือกเขาสันกาลาคีรี ซึ่งเป็นแนวพรมแดนของประเทศไทยและสหพันธรัฐมาเลเซีย ไหลลงสู่อ่าวไทยฝั่งตะวันออก ทำให้เกิดบริเวณน้ำกร่อย (Estuary areas) ที่สำคัญหลายแห่งในฝั่งอ่าวไทย เช่น อ่าวปัตตานี เป็นต้น พื้นที่ปากแม่น้ำเหล่านี้จัดเป็นระบบนิเวศน้ำกร่อยที่อุดมสมบูรณ์ด้วยพืชและสัตว์น้ำนานาชนิด

และยังเป็นบริเวณที่ตั้งดั้งเดิมของชุมชนต่างๆ โดยเฉพาะชุมชนชาวประมงชายฝั่งพื้นบ้าน การขยายตัวทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็วมีผลทำให้เกิดโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญๆ เกิดขึ้นหลายประเภทที่เกี่ยวกับการประมงทะเล เช่น ท่าเทียบเรือประมง สะพานปลา โรงงานอุตสาหกรรมเกี่ยวกับอาหารทะเล และท่าเรือน้ำลึก ซึ่งบริเวณปากแม่น้ำบางแห่งมีเรือประมงขนาดขนาดต่างๆ เข้าออกเป็นจำนวนมากเพื่อขนถ่ายผลผลิตการประมงทะเล โดยเฉพาะที่บริเวณปากแม่น้ำบางนรา สายบุรี ปัตตานี เทพา และท่าเทียบเรือสงขลา เป็นต้น

บริเวณน้ำกร่อยส่วนใหญ่จะเป็นแหล่งรวมของสารพิษหลากหลายชนิด โดยเฉพาะสารมลพิษอินทรีย์ (Organic pollutants) ซึ่งถูกปล่อยมาจากหลายแหล่งด้วยกัน โดยแหล่งหลักๆ ได้แก่ น้ำเสียจากกิจกรรมเรือประมงจำพวกน้ำและน้ำมันทิ้งจากเรือ น้ำทิ้งจากแหล่งชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ ขยะมูลฝอย เป็นต้น สารมลพิษอินทรีย์บางชนิดสามารถย่อยสลายได้ง่ายในภาวะและบรรยากาศที่เหมาะสมและบางชนิดสลายตัวยากเมื่อสะสมและตกค้างในแหล่งน้ำแล้วจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำเท่านั้น แต่จะมีผลต่อระบบนิเวศชายฝั่งรวมทั้งพืชและสัตว์น้ำจำพวกปลาและหอยชนิดต่างๆ โดยเฉพาะบริเวณน้ำกร่อยปากแม่น้ำมักที่ได้รับอิทธิพลจากกระแสน้ำจืดที่ไหลมาจากแม่น้ำน้ำขึ้น-น้ำลง และคลื่นจากลมทะเลพัดอยู่ตลอดเวลา มีส่วนทำให้เกิดการสะสมและปนเปื้อนหมุนเวียนของสารมลพิษอินทรีย์ในสิ่งแวดล้อมของจังหวัดชายแดนภาคใต้ของประเทศไทยยังมีค่อนข้างจำกัดมาก โดยเฉพาะกลุ่มสารมลพิษอินทรีย์ที่ถูกเฝ้าระวังโดยโปรแกรมสิ่งแวดล้อมขององค์การสหประชาชาติ (United Nation Environmental Program: UNEP) สารกลุ่มนี้ถ้ามีการปนเปื้อนในปริมาณมากพอก็ก่อผลกระทบที่รุนแรงต่อสิ่งแวดล้อม สัตว์น้ำ ระบบนิเวศของแหล่งน้ำ รวมไปถึงสุขภาพของประชากรในชุมชนด้วย ในขณะที่ในพื้นที่แห่งนี้มีแหล่งน้ำธรรมชาติหรือพื้นที่น้ำกร่อยสำคัญๆ หลายแห่งที่ควรแก่การอนุรักษ์และเฝ้าระวังจากการปนเปื้อนด้วยสารมลพิษ เนื่องจากประชาชนในพื้นที่ใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่เป็นเวลานาน

พื้นที่น้ำกร่อยจัดเป็นระบบนิเวศที่อุดมด้วยทรัพยากรชายฝั่งนานาชนิด ปกติเป็นบริเวณที่ตั้งของชุมชนชาวประมงพื้นบ้านซึ่งสามารถพบเห็นทั่วไปในพื้นที่ชายฝั่งภาคใต้ การขยายตัวของชุมชน เทศบาล อุตสาหกรรมเกี่ยวกับการประมง การประมงทะเล ทำให้ปัจจุบันบริเวณน้ำกร่อยส่วนใหญ่จะเป็นแหล่งรวมของสารมลพิษอินทรีย์หลายชนิด โดยเฉพาะสารมลพิษอินทรีย์กลุ่มออร์แกโนทิน (Organotin) หรือสารประกอบอินทรีย์ของดีบุก นับเป็นสารมลพิษสำคัญที่สามารถก่อมลพิษต่อความหลากหลายทางชีวภาพของแหล่งน้ำชายฝั่ง โดยเฉพาะบริเวณท่าเทียบเรือประมง สะพานปลา ท่าเรือน้ำลึก ซึ่งมีเรือจำนวนมากเข้าออกและจอดบริเวณท่าเทียบเรือประมงต่างๆ ทางจังหวัดชายแดนภาคใต้ สารประกอบอินทรีย์ของดีบุกที่สำคัญและใช้กันแพร่หลายเป็นส่วนผสมสีทาเรือได้แก่ ไตรบิวทิลทิน (TBT) มักจะใช้เป็นส่วนผสมของสีทาเรือเพื่อป้องกันการผุกร่อนในน้ำเค็ม (Antifouling paint) ในหลายๆ ประเทศเป็นเวลานานมาแล้ว สารมลพิษอินทรีย์ไตรบิวทิลทิน หรือ TBT เป็นสารมลพิษอินทรีย์อีกชนิดหนึ่งที่คงทนต่อการสลายตัวในสิ่งแวดล้อม เมื่อละลายออกจากสีตัวเรือลงสู่แหล่งน้ำจะสามารถก่อพิษสูงต่อสัตว์น้ำ

กร่อยชนิดต่างๆ รวมทั้งสัตว์น้ำจำหอยทาก (Gastropods) และหอยนางรม (Oysters) แม้จะมีการปนเปื้อนในระดับความเข้มข้นน้อยๆ ถึง 2-20 ng/L ก็ตาม ทำให้บางประเทศในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และแอฟริกา เช่น ประเทศออสเตรเลียได้ออกกฎหมายและระเบียบว่าด้วยการห้ามใช้สีที่มีส่วนผสมสารป้องกันผุกร่อน TBT สำหรับเรือที่มีความยาวไม่เกิน 25 เมตร

ในการศึกษาครั้งนี้ จึงมุ่งเน้นตรวจวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของสารประกอบ TBT ในตัวอย่างน้ำกร่อย ตะกอนดิน และสัตว์น้ำกร่อยจำพวกหอยสองฝาบางชนิด (หอยแมลงภู่) ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่น้ำกร่อยหลักต่างๆ ในจังหวัดนราธิวาส ปัตตานี และสงขลา วิเคราะห์อัตราส่วนความเข้มข้นของสารไตรบิวทิลทิน (TBT) ไดบิวทิลทิน (DBT) และโมนอบิวทิลทิน (MBT) ที่ตรวจพบเพื่อประเมินการก่อผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental impacts) ของแหล่งน้ำ ตะกอนดิน และหอยแมลงภู่ ข้างต้น

การศึกษาการปนเปื้อนของสารประกอบบิวทิลทินในสัตว์น้ำกร่อย ดินตะกอน บริเวณชายฝั่งตะวันออกของอ่าวไทยซึ่งมีกิจกรรมต่างๆ เช่น การทำประมง การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การท่องเที่ยว และการคมนาคมขนส่งทางเรือ เป็นต้น ซึ่งอาจจะมีการปนเปื้อนของสารประกอบนี้ในระดับที่สามารถส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตบริเวณชายฝั่งได้ การศึกษาครั้งนี้ทำให้ทราบว่าสถานะการปนเปื้อนถึงระดับที่อาจส่งผลกระทบต่อทรัพยากรสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศแหล่งน้ำบริเวณนี้และสามารถเสนอแนะมาตรการในการแก้ไขได้อย่างทันที่

1.3 สารประกอบดีบุกอินทรีย์

สารประกอบดีบุกอินทรีย์ (Organotin compound) ที่เป็นสารมลพิษเป้าหมายในโครงการวิจัยนี้คือสารประกอบบิวทิลทิน (Butyltin compounds) จัดเป็นสารมลพิษในแหล่งน้ำชายฝั่งกลุ่มใหม่ที่มีมักจะตรวจในแหล่งน้ำชายฝั่งทั่วไป โดยเฉพาะบริเวณท่าเทียบเรือ ซึ่งสารประกอบ TBT เป็นสารเคมีอีกกลุ่มหนึ่งของสารประกอบบิวทิลทินที่ถูกนำมาใช้ในกิจกรรมหลายอย่างที่สามารถส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและระบบนิเวศชายฝั่ง โดย TBT ถูกนำมาผสมในสีทาเรือทะเลเพื่อป้องกันการจับเกาะของสิ่งมีชีวิตในทะเลโดยเฉพาะเพรียง เช่น เรือประมง เรือเดินทะเล เรือยอร์ช เป็นต้น

การก่อมลพิษของสารประกอบ TBT มีความเป็นพิษรุนแรงแม้ได้รับในปริมาณน้อยๆ ระดับไมโครกรัมต่อลิตร (Bryan *et al.*, 1989) สารนี้สามารถสะสมตามระบบห่วงโซ่อาหาร ก่อให้เกิดผลกระทบต่างๆ และเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตหลายชนิด เช่น หอยนางรม (*Crassostrea gigas*) จะสร้างเปลือกหนาผิดปกติ เมื่อได้รับสาร TBT (Alzieu & Heral, 1984) และหอยฝาเดียวบางชนิดจะมีการพัฒนาของอวัยวะเพศผู้ในเพศเมีย (Imposex) ซึ่งส่งผลให้ประชากรของหอยลดลง เป็นต้น (Bryan *et al.*, 1989) ปัญหาที่เกิดขึ้นต่อทรัพยากรสิ่งมีชีวิตในทะเลในระบบห่วงโซ่อาหารโดยเฉพาะสัตว์น้ำที่ใช้เป็นอาหารทะเล เช่น หอยนางรม และหอยแมลงภู่ ทำให้หลายประเทศมีการศึกษาหาทางลดหรือระงับการใช้สีกันเพรียงที่มี TBT เป็นส่วนผสม แล้วหันมาใช้สีที่มีสารอื่นๆ เป็นส่วนประกอบ เช่น ในประเทศฝรั่งเศสมีมาตรการห้ามใช้ TBT กับเรือที่มีความยาวน้อยกว่า 25 เมตร (Alzieu and Heral, 1984) เป็นต้น ซึ่งแม้ว่า

จะมีการห้ามใช้ TBT กับเรือที่มีความยาวน้อยกว่า 25 เมตรแล้ว ยังมีรายงานพบการตกค้างของ TBT และส่งผลกระทบต่อสัตว์ทะเลอย่างต่อเนื่องได้เป็นเวลานาน (Minchin *et al.*, 1995) ทั้งนี้เนื่องจาก TBT ที่สะสมตัวในดินตะกอนจะถูกปล่อยออกสู่น้ำทะเลได้อีก รวมทั้งที่มาจากเรือเดินทะเลขนาดใหญ่ที่ได้รับอนุญาตใช้ TBT ผสมสีทาเรือได้ เช่น บริเวณช่องแคบมะละกา ซึ่งเป็นเส้นทางเดินเรือบรรทุกน้ำมันพบว่ามีการปนเปื้อนของ TBT ระดับที่สามารถทำให้เกิดแปลงเพศของหอยสองฝาบางชนิดที่อาศัยอยู่ในบริเวณดังกล่าวได้ (Hashimoto *et al.*, 1998)

สาร TBT ที่พบตรวจพบแพร่กระจายในแหล่งน้ำหรือที่สะสมในดินตะกอนจะสลายตัวโดยกระบวนการทางฟิสิกส์และเคมีไปเป็นสารประกอบตัวใหม่คือ DBT และ MBT นอกจากจะเกิดการย่อยสลายตัวของสาร TBT แล้ว ทั้งสาร DBT และ MBT ยังอาจถูกปล่อยสู่แหล่งน้ำในรูปน้ำทิ้ง เนื่องจาก DBT และ MBT เป็นองค์ประกอบที่ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมการผลิตพลาสติก (PVC) เป็นต้น ซึ่งสารประกอบทั้งสองชนิดหลังนี้มีความเป็นพิษน้อยกว่าสารประกอบ TBT แต่ยังคงมีการสะสมและก่อปัญหาต่อสิ่งมีชีวิตได้ในระดับหนึ่ง (Guolan and Yong, 1986) ดังนั้นการบริโภคอาหารทะเลที่มีการปนเปื้อนด้วยสารเหล่านี้ จึงอาจก่อให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพผู้บริโภคได้

1.4 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อตรวจวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของสารไตรบิวทิลทิน (TBT) ไดบิวทิลทิน (DBT) และโมโนบิวทิลทิน (MBT) ที่ปนเปื้อนในน้ำ ตะกอนดิน และหอยสองฝาบางชนิดจากพื้นที่น้ำกร่อยหลักของภาคใต้
2. เพื่อศึกษาระดับการปนเปื้อนของสารมลพิษในแต่ละชนิดตัวอย่างและประเมินผลที่อาจกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของแหล่งน้ำ
3. เพื่อเผยแพร่ผลการวิจัยและความรู้เกี่ยวกับโทษและแหล่งที่มาของสารมลพิษอินทรีย์ตกค้างกลุ่มออร์แกโนทินในสิ่งแวดล้อมของแหล่งน้ำ

1.5 สมมุติฐานและกรอบแนวความคิดของการวิจัย

สารมลพิษอินทรีย์กลุ่มสารประกอบไดบุกอินทรีย์ ได้แก่ TBT, DBT และ MBT ซึ่งจัดเป็นกลุ่มสารมลพิษอินทรีย์ที่ถูกเฝ้าระวังโดย UNEP ในพื้นที่กลุ่มประเทศภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และแปซิฟิกเช่นกัน สามารถก่อผลกระทบรุนแรงต่อแหล่งน้ำและสัตว์น้ำจำพวกหอยสองฝาที่ใช้เป็นอาหารซึ่งแหล่งโปรตีนที่สำคัญของชาวชุมชนชายฝั่งทะเลทางภาคใต้ โดยเลือกศึกษาการปนเปื้อนในตัวอย่างน้ำและสัตว์น้ำจำพวกหอยที่ใช้เป็นอาหาร เช่น หอยสองฝาบางชนิด เนื่องจากน้ำจัดเป็นด่านแรกของสารมลพิษกลุ่มนี้เข้ามาปนเปื้อนหลังจากละลายออกจากสีตัวเรือ แล้วกระจายเข้าสู่สัตว์น้ำจำพวกหอยสองฝาวิเคราะห์ตรวจสอบและประเมินระดับการปนเปื้อนในแต่ละกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการทดลองที่ผ่านการ

ตรวจสอบมาตรฐาน เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณการปนเปื้อนในกลุ่มตัวอย่างจากแต่ละพื้นที่เก็บตัวอย่าง ว่ามีการปนเปื้อนด้วยสารมลพิษชนิดนี้สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดหรือไม่

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ผลการวิจัยจะเป็นประโยชน์ต่อประชาชนโดยเฉพาะชาวชุมชนในพื้นที่เป้าหมายและหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะหน่วยงานที่รับผิดชอบด้านคุณภาพสิ่งแวดล้อมของแหล่งน้ำ การอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพของระบบนิเวศในพื้นที่น้ำกร่อย สำนักงานประมงระดับอำเภอและจังหวัดที่เกี่ยวข้องกับเรือประมง

2. ผลการวิจัยนี้ยังเป็นข้อมูลที่จะช่วยเสริมความสมบูรณ์ในเชิงลึกของฐานข้อมูลคุณภาพน้ำแหล่งน้ำกร่อยของพื้นที่ภาคใต้ที่มีอยู่แล้วในหน่วยงานราชการหลักต่างๆ ที่รับผิดชอบสิ่งแวดล้อมระดับจังหวัดและภาค เป็นต้น

3. สามารถนำไปใช้ในการศึกษาผลกระทบต่อการขยายพันธุ์ของสัตว์น้ำจำพวกหอยน้ำกร่อยที่ใช้เป็นอาหารเนื่องจากประชาชนในพื้นที่ส่วนใหญ่นิยมบริโภคและยังเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญของประชาชนในแถบชายฝั่งภาคใต้ของไทย

4. เป็นองค์ความรู้ในการศึกษาวิจัยขั้นต่อไปเกี่ยวกับปริมาณการได้รับสารประกอบไดบุกอินทรีย์ (Daily dietary intake) ของประชาชนกลุ่มเป้าหมายโดยการบริโภคอาหารทะเลปนเปื้อนสารกลุ่มนี้เพื่อประเมินความเสี่ยง (Health risk assessment) ต่อไป

5. สามารถเผยแพร่โดยการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการต่างๆ เกี่ยวกับสารมลพิษในสิ่งแวดล้อมหรือคุณภาพแหล่งน้ำธรรมชาติทั้งระดับชาติและนานาชาติ หรือสามารถนำเสนอในที่ประชุมสัมมนาวิชาการทางวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง

1.7 ผลสำเร็จและความคุ้มค่าของงานวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบถึงชนิดและระดับความเข้มข้นของสารมลพิษไดบุกอินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำและสัตว์น้ำ เช่น หอยสองฝาบางชนิดที่ใช้เป็นอาหารประจำ ทำให้ทราบถึงภาพรวมของคุณภาพแหล่งน้ำกร่อยหลัก สัตว์น้ำที่ใช้เป็นอาหาร และระบบน้ำกร่อยที่สำคัญของจังหวัดชายแดนภาคใต้ทั้งทางกายภาพและทางเคมี ตลอดจนผลกระทบจากการปนเปื้อนของสารมลพิษอินทรีย์กลุ่มสารประกอบไดบุกอินทรีย์ (TBT, DBT และ MBT) ถ้ามีปริมาณสูงกว่าเกณฑ์กำหนด

นอกจากนี้ยังเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อหน่วยงานราชการในท้องถิ่นที่จะได้รับความรู้ใหม่ๆ เกี่ยวกับสารมลพิษเกี่ยวกับแหล่งที่มา การก่ออันตราย การเข้ามาปนเปื้อนในแหล่งน้ำธรรมชาติซึ่งเป็นทรัพยากรท้องถิ่นที่ต้องร่วมกันดูแลรักษาให้ยั่งยืน และยังเป็นองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับสารมลพิษไดบุกอินทรีย์ที่สามารถใช้เป็นข้อมูลในการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพผู้บริโภคอาหารทะเลปนเปื้อนในขั้นต่อไป

1.8 ขอบเขตการศึกษา

1. ทำการสำรวจพื้นที่หลักในการศึกษาวิจัยบริเวณชายฝั่งทะเลด้านตะวันออก (ฝั่งอ่าวไทย) จำนวน 9 แห่ง ได้แก่ ปากน้ำตากใบ และบางนรา (จังหวัดนราธิวาส) บริเวณท่าเทียบเรือประมงเมืองปัตตานี สายบุรี ปะนาละ และหนองจิก (จังหวัดปัตตานี) ชุมชนปากแม่น้ำเทพา ปากบาง และบริเวณท่าเทียบเรือประมงเมืองสงขลาในทะเลสาบสงขลาตอนนอก (จังหวัดสงขลา) เพื่อรวบรวมข้อมูลพื้นฐานและกำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำ ตะกอนดิน และสัตว์น้ำจำพวกหอยบางชนิดที่หาได้ในแต่ละพื้นที่เก็บตัวอย่าง

2. เก็บตัวอย่างและสัตว์น้ำจำพวกหอยสองฝาที่สามารถหาได้ในแต่ละพื้นที่ จำนวน 2 ครั้งในรอบปีมาวิเคราะห์การปนเปื้อนของสารประกอบไดบุกอินทรีย์ในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง

3. เตรียมการทดลองและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำและสัตว์น้ำตามวิธีมาตรฐานที่กำหนด วิเคราะห์สารประกอบไดบุกอินทรีย์ในตัวอย่างน้ำโดยวิธีมาตรฐานที่เสนอโดย Soniassy *et al.*, (1995) ส่วนเนื้อเยื่อสัตว์น้ำจำพวกหอยสองฝาวิเคราะห์ด้วยวิธีปรับปรุงโดย Morcillo and Porte (1998), Kannan *et al.*, (1995) และ Tanabe (2000) ตรวจวิเคราะห์เชิงปริมาณในตัวอย่างทั้งหมดด้วยแก๊สโครมาโตกราฟ (GC-FPD) และยืนยันผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS

4. เผยแพร่ผลการวิจัยและความรู้เกี่ยวกับแหล่งที่มาและโทษของสารพิษอินทรีย์ TBT, DBT และ MBT โดยรวม และนำเสนอผลงานวิจัยในพื้นที่

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

2.1 บทนำ

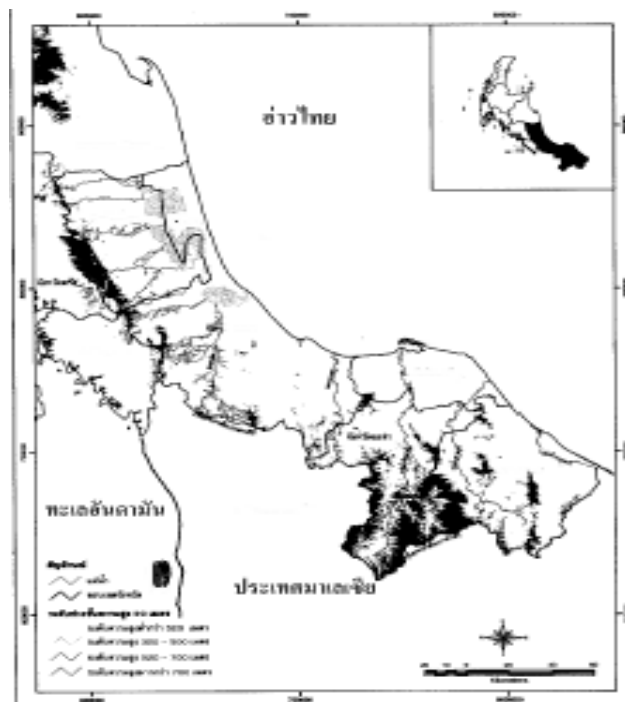
รายงานการศึกษาวิจัย (Research reports) รวมทั้งผลงานวิชาการในรูปบทความวิจัย (Research articles) ทางเคมีสิ่งแวดล้อมเกี่ยวกับการปนเปื้อนสารมลพิษอินทรีย์กลุ่มสารประกอบไดบุกอินทรีย์ (Organotin compounds) ในพื้นที่น้ำกร่อยของจังหวัดชายแดนภาคใต้ที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารทางวิชาการทั้งในและต่างประเทศยังมีค่อนข้างจำกัดอยู่มาก ในขณะที่แหล่งน้ำกร่อยหลักส่วนใหญ่ปนเปื้อนด้วยสารมลพิษชนิดใหม่มาเรื่อยๆ โดยเฉพาะบริเวณที่เป็นท่าเทียบเรือประมงขนาดใหญ่ เช่น ท่าเรือเทียบประมงบริเวณอำเภอเมือง จังหวัดปัตตานีและบริเวณทะเลสาบตอนนอก บริเวณอำเภอเมือง จังหวัดสงขลา ซึ่งทั้งสองแห่งนี้มีความเป็นไปได้สูงที่จะเป็นแหล่งรวมของสารพิษหลากหลายชนิด โดยเฉพาะสารมลพิษอินทรีย์กลุ่มสารประกอบไดบุกอินทรีย์ที่ใช้เป็นส่วนผสมในสีทาห้องเรือทะเลกันเปรียงเข้ามาเกาะ เนื่องจากพื้นที่ทั้ง 2 แห่งนี้ มีแพปลาขนาดใหญ่ มีเรือประมงจำนวนมากมาจอดขนถ่ายสัตว์น้ำลงมาขาย นอกจากสารกลุ่มนี้แล้ว บริเวณท่าเทียบเรือประมงยังมีของเสียประเภทอื่นๆ เช่น น้ำเสียจากกิจกรรมเรือประมงจำพวกน้ำมัน น้ำทิ้ง และขยะมูลฝอยรวมทั้งขยะอินทรีย์ เป็นต้น ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำและระบบนิเวศชายฝั่งรวมทั้งตะกอนดินใต้น้ำ ความหลากหลายของพืช สัตว์น้ำจำพวกปลาและหอยชนิดต่างๆ บริเวณดังกล่าว

พื้นที่น้ำกร่อย (Estuary area) บริเวณชายฝั่งตะวันออกของภาคใต้ฝั่งอ่าวไทยส่วนใหญ่จะได้รับอิทธิพลจากกระแสน้ำจืดที่ไหลมาจากแม่น้ำสายหลักก่อให้เกิดแหล่งน้ำกร่อย เช่น แม่น้ำปัตตานี แม่น้ำสายบุรี แม่น้ำสุไหงโก-ลก แม่น้ำเทพา และทะเลสาบสงขลา เป็นต้น ปัจจัยอื่นๆ เช่น น้ำขึ้น-น้ำลง และคลื่นจากลมทะเลพัดเข้าหาฝั่งอยู่ตลอดเวลา ปัจจัยเหล่านี้ส่วนทำให้เกิดการสะสม ปนเปื้อน และหมุนเวียนของสารมลพิษอินทรีย์ในบริเวณดังกล่าวเป็นอย่างมาก

2.2 ภูมิศาสตร์ของแหล่งน้ำชายฝั่งจังหวัดชายแดนภาคใต้

แม่น้ำเทพาเป็นแม่น้ำสายหลักของกลุ่มน้ำย่อยเทพา-นาทวี ไหลผ่านพื้นที่การเกษตรและชุมชนในอำเภอสะบ้าย้อยและอำเภอเทพา ซึ่งรับน้ำจากบริเวณพื้นที่ของกลุ่มน้ำย่อยเทพา-นาทวี ลงสู่อ่าวไทยฝั่งตะวันออกที่ปากน้ำเทพา จังหวัดสงขลา (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16, 2549) ก่อให้เกิดแหล่งน้ำน้ำ

กร่อยบริเวณปากแม่น้ำและเป็นพื้นที่ทำเทียบเรือประมงของอำเภอเทพาด้วย แม่น้ำปัตตานีจัดเป็นแม่น้ำสายหลักที่ยาวที่สุดในจังหวัดชายแดนภาคใต้ มีความยาวประมาณ 210 กิโลเมตร มีต้นน้ำเกิดจากเทือกในท้องที่อำเภอเบตง ซึ่งเป็นบริเวณเขตแดนประเทศไทยและมาเลเซีย ไหลผ่านลงมาที่อำเภอธารโต อำเภอบันนังสตา อำเภอกรงปินัง และอำเภอเมือง จังหวัดยะลา และผ่านเข้ามาในท้องที่อำเภอยะรัง อำเภอหนองจิก ไหลลงสู่อ่าวไทยฝั่งตะวันออกบริเวณอำเภอเมืองของจังหวัดปัตตานี (สภาพภูมิประเทศจังหวัดยะลา, 2554) ซึ่งบริเวณนี้เป็นพื้นที่จอดเทียบท่าของเรือประมงขนาดกลางถึงขนาดใหญ่เป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะตั้งสะพานเดชานูชิตลงไปถึงสะพานเฉลิมพระเกียรติ ราชการที่ 9 บริเวณบ้านยูโย



ภาพที่ 2.1 แผนที่แสดงพื้นที่ศึกษาวิจัยและเก็บตัวอย่างในโครงการวิจัย
ที่มา (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16, 2549)

แม่น้ำสายบุรีมีความยาวตลอดสายประมาณ 186 กิโลเมตร มีแหล่งกำเนิดจากธารน้ำสายเล็กสายน้อยบริเวณแนวชายแดนไทย-มาเลเซีย จากยอดเขาต่างๆ ของเทือกเขาสันกาลาคีรี (เทือกเขาที่เป็นเส้นกั้นเขตแดนของสองประเทศ) ที่สำคัญๆ เช่น เทือกเขาบาตูดามอง เขาโต๊ะมูเต็ง เขาแคมาแรตเต เขาบาเราะมาตอ เขาตีบุ เขากาลอ เขาลิจอ เป็นต้น เฉพาะในเขตประเทศไทย ต้นน้ำของแม่น้ำสายบุรีอยู่ในเขต อ.ศรีสาคร อ.รีโอเฮาะ และ อ.สุคีริน จ.นราธิวาส ซึ่งเต็มไปด้วยภูเขาสูงและป่าต้นน้ำ ตอนกลางของแม่น้ำสายบุรีเป็นพื้นที่ราบลุ่มอยู่ในเขต อ.ทุ่งยางแดง อ.กะพ้อ จ.ปัตตานี และ อ.รามัน จ.ยะลา ส่วนตอนปลายอยู่ในเขต อ.สายบุรี จ.ปัตตานี เป็นที่ราบลุ่มและป่าชายเลน แม่น้ำสายบุรีจะไหลลงสู่อ่าวไทยตอนล่างที่อ่าวตะลุบัน อ.สายบุรี หล่อเลี้ยงพื้นที่ 3,205.30 ตารางกิโลเมตร หรือ 2,003,314 ไร่ อยู่ในเขต จ.นราธิวาส 63.13

% ปัตตานี 21.11 % และยะลา 15.76 % มีพื้นที่ในเขตลุ่มน้ำทั้งหมดประมาณ 2,892 ตารางกิโลเมตร (สภาพภูมิอากาศจังหวัดยะลา, 2554) พื้นที่ปลายน้ำของแม่น้ำสายบุรีอยู่ที่บ้านปากน้ำ เทศบาลตำบลตะลุบัน ซึ่งเป็นพื้นที่น้ำกร่อยและแพปลาที่สำคัญแห่งหนึ่งของจังหวัดชายแดนภาคใต้ มีเรือประมงขนาดต่างๆ ตั้งแต่เรือประมงพื้นบ้าน เรือประมงขนาดกลาง และเรือประมงขนาดใหญ่เข้าเทียบท่าขนถ่ายสัตว์น้ำปริมาณมาก นอกจากนี้พื้นที่ใกล้เคียงคือบ้านปะเสยะวอ เป็นพื้นที่ต่อเรือประมงขนาดต่างๆ ที่มีลักษณะเฉพาะของท้องถิ่นที่มีการใช้สีและลวดลายที่มีเอกลักษณ์ของตนเอง รวมทั้งเรือก่อและขนาดเล็กที่มีการซื้อขายในลักษณะของที่ระลึก

ส่วนแม่น้ำสุโขทัย-โก-ลกเป็นที่รองรับน้ำจากลุ่มน้ำโก-ลก เป็นแม่น้ำสายสำคัญที่เป็นเส้นแบ่งเขตแดนระหว่างประเทศไทยและมาเลเซีย ไหลผ่านอำเภอแวง สุโขทัย ทุ่งขาม ทุ่งโก-ลก และอำเภอตากใบ ลงสู่อ่าวไทยบริเวณปากน้ำตากใบ แม่น้ำสุโขทัย-โก-ลกเป็นที่รองรับน้ำจากลุ่มน้ำย่อยโก-ลก ซึ่งเป็นพื้นที่ของหลายอำเภอของจังหวัดนราธิวาส รวมทั้งเป็นพื้นที่ชุมชนที่อยู่อาศัยของประชากรทั้งฝั่งประเทศไทยและมาเลเซีย โดยเฉพาะอำเภอสุโขทัย-โก-ลกและอำเภอตากใบ นอกจากนี้เป็นพื้นที่ทำนา ทำสวน โรงงานอุตสาหกรรมขนาดย่อม และฟาร์มเลี้ยงสัตว์ เป็นต้น บริเวณปากแม่น้ำตากใบมีกิจกรรมหลายอย่างที่อาจเป็นต้นเหตุของการปนเปื้อนด้วยสารประกอบอินทรีย์ เช่น แพขนานยนต์รับผู้โดยสาร รถยนต์ และสินค้าจากประเทศไทยเข้าประเทศมาเลเซีย และจากประเทศมาเลเซียเข้ามายังประเทศไทย เรือประมงรวมทั้งเรือรับจ้างข้ามฟากไทย-มาเลเซีย และเรือตรวจการชายฝั่งของตำรวจน้ำไทย เป็นต้น

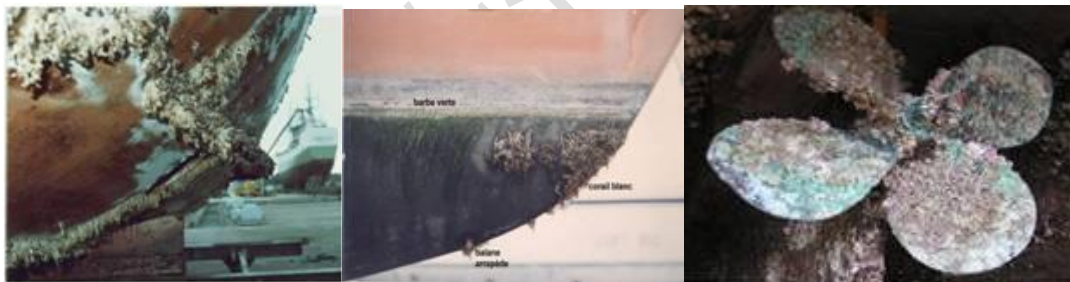
ส่วนพื้นที่เก็บตัวอย่างบริเวณท่าเรือประมงในเมืองสงขลา นับเป็นแพปลาขนาดใหญ่ที่มีเรือประมงจอดเทียบท่าขนถ่ายสัตว์น้ำเป็นจำนวนมากพอๆ กับที่ปัตตานี ตั้งอยู่บนฝั่งด้านเมืองสงขลา เป็นเขตพื้นที่ทะเลสาบสงขลาตอนนอก พื้นที่เก็บตัวอย่างอำเภอเมืองสงขลา นอกจากมีเรือประมงแล้ว ยังมีแพขนานยนต์ข้ามฟากระหว่างหัวเขาแดงและท่าแพแหลมสน เรือตรวจการของตำรวจน้ำ ท่าเรือน้ำลึกบริเวณปากน้ำ มีเรือเดินสมุทรขนาดใหญ่ขนถ่ายสินค้า สถานีขนถ่ายน้ำมันบริษัท การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย มหาจางัด หรือ ปตท. ซึ่งกิจกรรมต่างๆ ที่กล่าวมาทั้งหมดนี้มีส่วนสำคัญที่เป็นแหล่งที่มาของสารประกอบอินทรีย์และสารมลพิษอินทรีย์อื่นๆ บริเวณนี้

2.3 ความจำเป็นของสีทาเรือเพื่อกันเฟรียง

การคมนาคมทางน้ำโดยใช้เรือจำเป็นต้องป้องกันผิวเรือไม่ให้เกิดความสกปรก เนื่องจากมีผลต่อประสิทธิภาพการเดินเรือและสิ่งแวดล้อมของแหล่งน้ำ ปัญหาสำคัญหากผิวเรือถูกเกาะด้วยเฟรียงคือ อัตราการใช้น้ำมันที่สูงขึ้น และมีปัญหาการผูกเรือเกิดขึ้นได้ หากมองในสภาพแวดล้อมของโลกจะส่งผลทำให้มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ในบรรยากาศโลกมากขึ้น ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงที่มากขึ้น การป้องกันหรือลดการเจริญเติบโตของเฟรียงที่ผิวได้ท่อนเรือ ซึ่งรวมถึงความสกปรกที่เกิดขึ้นจากการเกาะของสิ่งมีชีวิตในทะเล สามารถใช้วิธีทาหรือพ่นด้วยสีกันเฟรียง เนื่องจากสีกันเฟรียงมีสารเคมีกำจัดสิ่งมีชีวิต (Biocide) ผสมอยู่ ซึ่งสารนี้จะถูกปลดปล่อย

ตลอดช่วงเวลาที่ผิวเรือสัมผัสกับน้ำ แม้ชั้นของสีเป็นฟิล์มบางที่เคลือบผิวเรือจะหนาเพียงในระดับไมโครเมตรเท่านั้น แต่มีความเข้มข้นมากพอที่จะป้องกันการเกาะยึดของเฟรียงได้ ด้วยเหตุที่สิ่งมีชีวิตน้ำเค็ม (Marine organisms) ที่สามารถทำให้เกิดความสกปรกแก่ตัวเรือในทะเลมีกว่า 4,000 ชนิดทั้งพืชและสัตว์ สารกำจัดสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในฟิล์มสีจึงต้องออกฤทธิ์ที่กว้างและครอบคลุมความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตเหล่านั้น

แต่เนื่องจากสีทาเรือที่ใช้กันประสบกับปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมอันเนื่องจากการใช้สารประเภทไตรบิวทิลทิน (Tributyltin หรือ TBT) ด้วยเหตุนี้สีกันเฟรียงในปัจจุบัน จึงต้องผลิตและพัฒนาด้วยความตระหนักมากต่อคุณภาพของสิ่งแวดล้อมในทะเลมากยิ่งขึ้น เทคโนโลยีของสีกันเฟรียงจึงได้พัฒนาอย่างไม่ยั้ง เพราะเป็นสิ่งท้าทายซึ่งมีนัยสำคัญของอุตสาหกรรมสารเคลือบผิว จึงได้กล่าวถึงความสกปรกของเรือที่เกิดจากเฟรียง ระบบของสีกันเฟรียงซึ่งได้พัฒนาขึ้น ผลกระทบจากการใช้สีกันเฟรียงต่อสิ่งแวดล้อมและขีดความสามารถในการวิเคราะห์คุณลักษณะของสีทาเรือให้ทันกับนวัตกรรมและเทคโนโลยีการผลิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งการวิเคราะห์สีกันเฟรียงชนิดหนึ่งคือ ประเภทขัดตัวเองได้ (Self Polishing Copolymer, SPC -antifouling paints) สิ่งมีชีวิตที่มักเข้ามาเกาะที่ใต้ผิวเรือ เช่น เฟรียง (barnacles), หอยแมลงภู่ (mussels), ฟองน้ำ (sponges) และสาหร่าย (algae) ที่เกาะกันเองอย่างแน่นหนากับลำเรือ ทำให้เกิดคราบสกปรกขึ้น แสดงดังในภาพ



(ก)



(ข)

ภาพที่ 2.2 (ก) การยึดเกาะของเฟรียงและคราบสกปรกบนชิ้นส่วนอุปกรณ์ของเรือ
(ข) สิ่งมีชีวิตในทะเลที่ทำให้เกิดความสกปรกที่ผิวเรือ

ความสกปรกที่ผิวเรือ (Fouling) คือผลของการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตในทะเลบนพื้นผิวใต้ท้องเรือซึ่งอยู่ใต้แนวระดับน้ำด้านนอกของผิวเรือ (Hull) ก่อให้ผิวเรือด้านนอกมีความสกปรก ซึ่งความสกปรกที่เกิดขึ้นจากสิ่งมีชีวิต (Biological fouling) เข้ามาเกาะนี้ เป็นปัญหาที่พบทั่วไปของพื้นผิวของเรือที่สัมผัสกับน้ำ โดยเฉพาะเรือในน้ำเค็มที่จอดประจำที่ ความสกปรกดังกล่าวไม่เพียงแต่จะส่งผลต่อปัญหาการผุกร่อน การทำลายวัสดุและอุปกรณ์เรืออีกด้วย จึงนิยมใช้สีทาเพื่อป้องกันการเข้ามาเกาะของสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะเพรียง โดยทั่วไปสีกันเพรียงที่ใช้กันทั่วไป สามารถแบ่งประเภทเป็น 2 ประเภทคือ

1. สีที่ทำให้ผิวลื่นและเรียบ ซึ่งสิ่งสกปรกและเพรียงต่างๆ ไม่สามารถเข้ามาเกาะที่ผิวเรือได้
2. สีที่มีส่วนผสมของสารกำจัดสิ่งมีชีวิตผสมอยู่ด้วยและการออกฤทธิ์ในห้วงเวลาสั้นๆ และสามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ แต่หากพิจารณาถึงความแตกต่างของชนิดส่วนผสมและสารกำจัดสิ่งมีชีวิตได้ถูกพัฒนาให้มีประสิทธิภาพขึ้นเพื่อให้ใช้งานได้สภาพแวดล้อมที่ต่างกันไป ทำให้เกิดสีกันเพรียงหลายรูปแบบดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.3.1 ระบบของสีกันเพรียง

สีกันเพรียงที่ใช้ทาท้องเรือเดินสมุทรสามารถจำแนกประเภทตามระบบการผลิตและศักยภาพการทำงานออกเป็นดังนี้คือ

1. Self Polishing Copolymer (SPC) เป็นสีกันเพรียงที่มีประสิทธิภาพการป้องกันสูงสุด การทำงานสม่ำเสมอ ปลดปล่อยสารกำจัดสิ่งมีชีวิตคงที่ ตลอดเวลาอายุการใช้งานมากกว่า 60 เดือน อัตราการขัดตัวเอง (Self Polishing) เป็นไปอย่างช้าๆ ตามสภาพการใช้งาน (ความเร็วของเรือ) ผิวที่ทาเคลือบมีลักษณะเรียบเนียนตลอดเท่าๆ กัน และไม่มีปัญหาสีลอก ประกอบด้วยเรซินสบู่ของเกลือโลหะ ซึ่งเตรียมได้จากปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบที่มีประจุบวกอย่างน้อยสองกับกรดไขมันไม่อิ่มตัวหรืออาจส่วนผสมระหว่างกรดไขมันอิ่มตัวกับกรดอินทรีย์อิมัลชัน
2. Hybrid SPC/Controlled Depletion Polymer (CPD) เป็นสีที่มีการขัดตัวเองและการปลดปล่อยสารป้องกันเพรียงออกมาสม่ำเสมอ สามารถกำหนดความหนาของชั้นสีตามสภาพใช้งานและระยะเวลา พื้นผิวทนทานต่อสภาพแวดล้อม มีปริมาณเนื้อสีมาก ราคาประหยัด
3. Contact Leaching (CL) เป็นสีกันเพรียงการขัดตัวเองเป็นไปอย่างช้าๆ อายุการใช้งานไม่เกิน 36 เดือน ความหนาของฟิล์มสีขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ต้องการใช้งาน มีความทนทานต่อการใช้งานสูง มีปริมาณเนื้อสีสูง ครอบคลุมพื้นที่ใช้งานได้มากกว่า
4. Foul Release Technology (FR) เป็นสีทาเรือที่ไม่มีส่วนผสมของสารประเภทโลหะ สีนํ้าใช้โครงสร้างของซิลิโคนไม่มีการขัดตัวเอง ทนทานต่อแรงกระแทกของน้ำเวลาเดินเรือ มีความยืดหยุ่นสูง และมีปริมาณเนื้อสีสูง

2.3.2 องค์ประกอบของสีกันเปรียง

องค์ประกอบของสีทาเรือกันเปรียงสามารถแยกตามประเภทหรือตามการพัฒนาในกระบวนการผลิตสี สามารถแบ่งออกได้ดังนี้

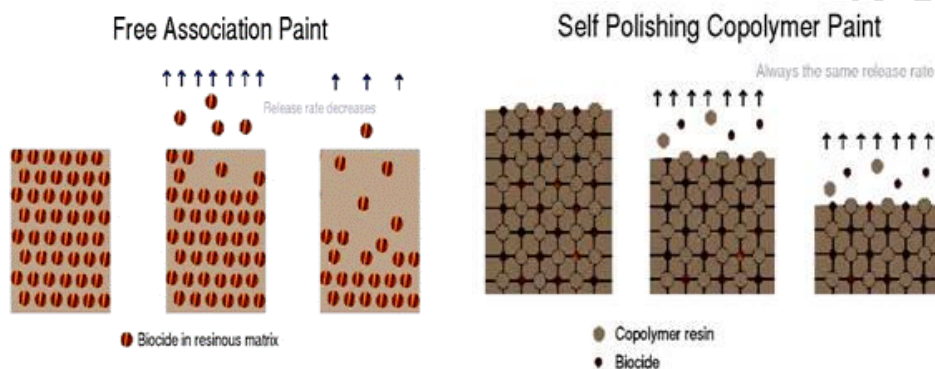
1. ระบบ Conventional, Soluble matrix-type antifouling สีประเภทนี้ส่วนประกอบที่เป็น binder เช่น Colophonium สามารถละลายในน้ำได้ และสารกำจัดสิ่งมีชีวิต เช่น คิวปรัสออกไซด์ (Cu_2O) จะถูกปล่อยออกมา ซึ่งสีประเภทนี้อาจมีสารประกอบของดีบุกอินทรีย์ (Organotin) ปนมาด้วยก็ได้ อายุการใช้งานประมาณ 12 เดือน สีประเภทนี้ง่ายต่อการหักและแตกเป็นเกล็ด (Cracking and flaking) เมื่อทาสีบนพื้นผิวแล้วจำเป็นต้องนำพื้นผิวสัมผัสน้ำโดยเร็ว สีเหล่านี้เป็นสีที่ใช้กันทั่วไปในห้วงทศวรรษที่ผ่านมา แม้ว่าจะยากต่อการควบคุมอัตราการปลดปล่อยของสารฆ่าสิ่งมีชีวิตจากเนื้อสารที่เป็นเรซินที่มีการชะล้างคงที่ (constant leaching)

2. ระบบ Long Life, insoluble matrix-type antifouling มีส่วนผสมของ binder เป็นสารจำพวกไวนิล และอะคริลิกต่อโรซิน (Acrylic/Rosin) และอาจมี Colophonium ผสมอยู่ในปริมาณเล็กน้อย และสารกำจัดสิ่งมีชีวิต เช่น สารประกอบทองแดงกว่าร้อยละ 70 อาจมีสารประกอบของดีบุกอินทรีย์ อายุการใช้งานประมาณ 12-24 เดือน ซึ่งบ่อยครั้งเรียกว่ากันเปรียงถาวร (Long life antifouling)

3. ระบบ Self Polishing antifouling มีส่วนผสมของโพลีเมอร์ ได้แก่ การผสมเรซินซึ่งมีสมบัติออกฤทธิ์ต่อสิ่งมีชีวิตกับสารออกฤทธิ์สำคัญอื่นๆ เป็นระบบของสารพอลิเมอร์ผสมที่มีพันธะเคมีตลอดทั่วทั้งเนื้อสาร ที่อาจมีหรือไม่มีส่วนผสมของสารพิษ เช่น สารประกอบดีบุกอินทรีย์ ซึ่งดีบุกเป็นส่วนประกอบในสารพอลิเมอร์ ชนิดพอลิอะคริเลต (Polyacrylates) ที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ด้วยคุณสมบัติที่เชื่อมโยงและสมบัติที่สามารถขัดตัวเองได้ (self-polishing properties) การออกฤทธิ์ที่กว้างใช้เป็นสารฆ่าเชื้อรา แบคทีเรีย และสารฆ่าแมลงในอุตสาหกรรมทอผ้า กระดาษ ผนัง และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ มีการออกฤทธิ์ที่แรงและนานกว่าสีทาเรือที่ใช้สารอื่น ๆ เช่น สารประกอบของปรอทและทองแดง อย่างไรก็ตาม สารดีบุกอินทรีย์ได้ถูกจำกัดการใช้ตามกฎหมาย เพราะความเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมที่สูง

สารประกอบของดีบุกที่อยู่ในรูปของสารอินทรีย์จะมีความเป็นพิษที่มากกว่ารูปสารอนินทรีย์ เนื่องจากสามารถผ่านเข้าสู่เซลล์ของสิ่งมีชีวิตได้ดีกว่า และเส้นทางเริ่มแรกของสารประกอบดีบุกอินทรีย์มักจะอยู่ในตะกอนหนักและสามารถเข้าสู่เซลล์ของสิ่งมีชีวิตได้มากกว่าสารดีบุกอินทรีย์ที่ละลายในน้ำ สารประกอบของทองแดงซึ่งมีพิษน้อยกว่าจึงเป็นสารพิษเติมแต่งในสีกันเปรียงมาจนถึงปัจจุบัน สารประกอบของทองแดงที่ใช้กันได้แก่ Copper (I) Oxide, Copper (I) thiocyanate, Copper metals powder, copper bronze (Cu และ Sn alloy), copper naphthenate, copper resinate (Copper hydroxide และ Rosin) และ Copper (I) sulphite ซึ่งสีกันเปรียงโดยทั่วไปจะมีสารประกอบของทองแดงไม่น้อยกว่าร้อยละ 40 ซึ่งจะทำให้เกิดสีน้ำตาลเข้มหรือสีแดงเข้ม ระบบของสีกันเปรียงที่พัฒนามาถึงปัจจุบันอีกชนิดหนึ่งคือ การใช้คอปเปอร์อะคริเลต (Copper acrylate) เป็น cross-linking agent ในพอลิเมอร์ผสม

การทาสีที่ผิวเรือด้วยสีประเภท Self Polishing Antifouling จะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) กับน้ำทะเลเป็นผลทำให้มีการปลดปล่อยสารฆ่าสิ่งมีชีวิต เช่นเพรียงอย่างช้า ๆ สีที่เคลือบบนพื้นผิวเรือด้วยแรงยึดเชิงกลอย่างอ่อนที่คงเหลืออยู่จะค่อย ๆ หลุดลอกออกด้วยน้ำทะเล (ดังภาพที่ 2.2) เป็นผลทำให้มีพื้นผิวของพอลิเมอร์ที่ใหม่อยู่เสมอ ผิวเรียบมากกว่าการทาสีกันเพรียงประเภทอื่น กระบวนการเกิดไฮโดรไลซิสและการหลุดลอกจะเกิดขึ้นแล้วซ้ำเล่าจนกว่าไม่มีสีที่ผิวเรือที่ทา และสารกำจัดสิ่งมีชีวิต ซึ่งสามารถออกฤทธิ์ได้นานถึงประมาณ 5 ปีขึ้นอยู่กับความหนาของชั้นฟิล์มสีที่ทาหรือเคลือบ แผนผังแสดงถึงการปลดปล่อยของสารกำจัดสิ่งมีชีวิตของระบบสีกันเพรียงแบบ Conventional-Free association paint และ Copolymer Paint แสดงดังในภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 2.3 การปล่อยสารกำจัดสิ่งมีชีวิตของสีกันเพรียงแบบ Conventional-Free association paint และสีโคพอลิเมอร์

ที่มา (Bennett, R.F, 1996, p. 23)

2.4 อนุสัญญาว่าด้วยข้อจำกัดการใช้สีทาเรือที่มีส่วนผสมสารประกอบอินทรีย์ดีบุก

จากการตรวจพบสารประกอบอินทรีย์ดีบุกชนิด Butyltin ได้แก่ Tributyltin (TBT), Dibutyltin (DBT) และ Monobutyltin (MBT) ในตัวของสัตว์เลื้อยคลานด้วยนมที่อาศัยในทะเลแทบทุกชนิดทั่วทุกแถบทะเล เป็นสิ่งชี้ให้เห็นว่ามีการกระจายของสารประกอบดีบุกอินทรีย์ทุกมหาสมุทร แต่ตรวจพบความเข้มข้นของ TBT ในทะเลชายฝั่งของประเทศกำลังพัฒนามากกว่าแหล่งทะเลอื่น ๆ สาร TBT นี้ค่อนข้างมีพิษต่อสัตว์เลื้อยคลานด้วยนม ผลจากการใช้สีกันเพรียงประเภทที่มีองค์ประกอบของ TBT-SPC ส่งผลทำให้พบปริมาณสารประกอบของดีบุกในน้ำ ตะกอนห่นัก ซึ่งผลต่อการเพาะเลี้ยงหอยนางรม (Cultivated oysters) และจำนวนประชากรของ Nucella lapillus มีลักษณะความผิดปกติทางเพศที่เรียกว่า Imposex (สารประกอบอินทรีย์ของดีบุกสามารถเหนี่ยวนำให้หอยเพศเมียเป็นหอยมีลักษณะของเพศผู้มากยิ่งขึ้น) คือมีการพัฒนาการสร้างองคชาติ และท่อนำสเปิร์ม (Sperm tube) ในหอยเพศเมีย ซึ่งจะปิดกั้นทางเดินท่อนำไข่ ทำให้ไม่สามารถวางไข่ได้ ซึ่งส่งต่อจำนวนประชากรของหอย นอกจากนี้หอยยังลดกิจกรรมการขยายพันธุ์ในบางกรณีอีกด้วย ด้วยเหตุนี้การเดินเรือน้ำเดิน (ระวางน้ำลึกน้อยกว่า 25 เมตร) ตั้งแต่ปี

ค.ศ.1989 จึงมีข้อห้ามการใช้สาร TBT-SPC ในทั่วทั้งสหภาพยุโรปรวมถึงสหรัฐอเมริกา แคนาดา ออสเตรเลีย และนิวซีแลนด์

ในปี ค.ศ. 1990 สนธิสัญญาองค์การความร่วมมือทางทะเลระหว่างประเทศ และองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมทางทะเล (IMO-MEPC) มีข้อเสนอแนะการใช้สีกันเพรียงประเภท TBT และมีข้อเรียกร้องเพื่อที่จะลดการปล่อยสาร TBT จากอู่เรือในอัตราสูงสุดไม่เกิน 4 มิลลิกรัมของสาร TBT ต่อตารางเซนติเมตรต่อวันสำหรับสีกันเพียงทุกประเภท สำหรับประเทศญี่ปุ่นได้ใช้ข้อกำหนดนี้เช่นกัน และมีผลตั้งแต่ปี ค.ศ.1992 การศึกษาในช่วงกลางปี 1990 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางเพศ (Imposex) ของหอยได้ขยายไปถึงทะเลเหนือ (North Sea) มีผลการศึกษาพบว่าสามารถตรวจพบสาร TBT ในสัตว์จำพวกนก สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมในทะเล และปลาบางชนิดอีกด้วย ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการทำงานของระบบการหลั่งฮอร์โมนของต่อมไร้ท่อ ซึ่งจากผลการศึกษาผลกระทบจากการใช้สารไดบุกอินทรีย์ในสีกันเพรียงต่อสิ่งแวดล้อม รัฐบาลและหน่วยงานสิ่งแวดล้อมในหลาย ๆ ประเทศจึงเรียกร้องให้กำหนดข้อห้ามการใช้เป็นสารกันเพรียงในทุกประเทศ ซึ่งที่ประชุม United Nations Rio Convention และ IMO-MEPC เห็นด้วยกับการเรียกร้องเหล่านี้ และที่ประชุมครั้งที่ 42 ของ IMO-MEPC (November 1998) ได้เสนอร่างเกี่ยวกับข้อห้ามการใช้สาร TBT และที่ประชุมครั้งต่อมาได้มีข้อเสนอที่จะห้ามมิให้มี TBT ในผลิตภัณฑ์สีทาเรืออย่างสมบูรณ์ก่อนปี ค.ศ.2008

2.5 สีกันเพรียงก่อผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

สีกันเพรียง (Antifouling paint) เป็นสีทาเรือเพื่อป้องกันการผุกร่อน และป้องกันการเข้ามาเกาะของสิ่งมีชีวิตต่างๆ ในทะเล เช่น เพรียง สาหร่าย หรือแม้แต่หอยแมลงภู่ เป็นต้น ซึ่งจะทำให้เจ้าของเรือประหยัดค่าบำรุงรักษาเรือ ประหยัดน้ำมัน และป้องกันการเกิดตะไคร่น้ำในระบบหล่อเย็น แม้ว่าสีกันเพรียงจะมีประโยชน์มากมาย แต่การใช้สีกันเพรียงก็ก่อให้เกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมด้วยเช่นกัน สาเหตุก็เนื่องมาจากจากสาร Tributyltin หรือ TBT ซึ่งเป็นส่วนผสมในสีกันเพรียง สาร TBT นี้ เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีดีบุกเป็นส่วนประกอบ (Organotin Compounds) หรือเรียกว่า “ ดีบุกอินทรีย์” ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ ในทะเล

สาร TBT ไม่เพียงแต่ทำลายเพรียงหรือสิ่งมีชีวิตที่มาเกาะเรือเท่านั้น แต่ยังส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตอื่นๆ อีกด้วย เช่น ก่อให้เกิดความผิดปกติของการสร้างเปลือกหอยนางรม (Oyster) เป็นสาเหตุการตายของตัวอ่อนหอยแมลงภู่ และเกิดการพัฒนาลักษณะเพศผู้ในสัตว์เพศเมีย (Imposex) ในหอยฝาเดียว เช่น หอยเปื้ออื้อ หรือหอยรื้อยรู ทำให้ประชากรหอยหลายชนิดลดจำนวนลงส่งผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจ ดังที่เคยเกิดความเสียหายในประเทศฝรั่งเศส

การปนเปื้อนของสารประกอบดีบุกอินทรีย์ชนิดไตรบิวทิลทิน (TBT) พบในหลายพื้นที่ โดยเฉพาะพื้นที่ที่มีการจอดเรือ หรือเส้นทางที่มีการจราจรทางน้ำหนาแน่น ซึ่งจากการติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมทางทะเล ปี พ.ศ. 2548 พบปริมาณการปนเปื้อนสาร TBT ทั้งในน้ำ ตะกอนดิน และ

สัตว์น้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในน้ำทะเลที่มีส่วนใหญ่มักมีค่าสูงกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล (10 ng/L) อีกทั้งยังมีแนวโน้มสูงขึ้นจากปี พ.ศ. 2549 และ 2547 ด้วย จากปัญหาที่เกิดขึ้น ทางกรมควบคุมมลพิษได้หารือกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและผู้เชี่ยวชาญจากองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (US-EPA) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ซึ่งประกอบด้วย

1. เข้าร่วมสัญญาการห้ามใช้สีกันเฟรียงที่มี TBT เป็นส่วนประกอบ (Global Antifouling Treaty) ขององค์การทางทะเลระหว่างประเทศ (IMO)
2. จำกัดการนำเข้าสาร TBT จากต่างประเทศ
3. จำกัดการใช้สีกันเฟรียงที่มีสาร TBT เป็นส่วนประกอบ
4. ส่งเสริมการใช้สีกันเฟรียงที่ไม่มีสาร TBT เป็นส่วนประกอบ
5. มีการจัดการของเสียและน้ำเสียที่มีสาร TBT ปนเปื้อน
6. ควบคุมมลพิษจากอู่ต่อเรือซ่อมเรือ
7. เฝ้าระวังการปนเปื้อนสาร TBT ในสิ่งแวดล้อม

2.6 เคมีของสารประกอบดีบุกอินทรีย์

สารประกอบดีบุกอินทรีย์ (Organotin compounds) จัดเป็นสารประกอบอินทรีย์โลหะที่ประกอบด้วยสารประกอบไฮโดรคาร์บอนรวมตัวกับโลหะดีบุก สารประกอบดีบุกอินทรีย์มีการนำไปใช้ประโยชน์หลายอย่างโดยเฉพาะสารกำจัดสิ่งมีชีวิตที่เรียกว่าไบโอไซด์ (Biocides) เช่น สารกำจัดแมลงกำจัดเชื้อรา แบคทีเรีย สารกำจัดสิ่งมีชีวิตในระบบน้ำหล่อเย็น เป็นต้น นอกจากนี้ใช้เป็นสารมัธยันต์ในปฏิกิริยาเคมี (Intermediate) ใช้เป็นส่วนผสมในสีทาเรือกันเฟรียงเกาะผิวได้ท้องเรือ และใช้เป็นตัวเร่งในปฏิกิริยาเคมี

สารประกอบดีบุกอินทรีย์สามารถสังเคราะห์ด้วยปฏิกิริยากรีนจาร์เอเจนท์ (Grignard reagent) โดยมีสารประกอบแฮไลด์ของดีบุก (Tin halides) เช่น สารประกอบทินเตตระคลอไรด์ (Tin tetrachloride) ปฏิกิริยาการสังเคราะห์สารประกอบ Tributyl-[(Z)-5-phenyl-2-penten-2-yl] stannane ดังปฏิกิริยาต่อไปนี้



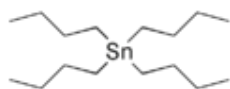
Tributyl-[(Z)-5-phenyl-2-penten-2-yl] stannane

สารประกอบดีบุกอินทรีย์มีการนำไปใช้ประโยชน์ในหลายด้าน คุณสมบัติของความเป็นพิษมีความแตกต่างกันขึ้นกับโครงสร้างทางเคมี เช่น สารประกอบเตตระออร์แกโนทิน (Tetraorganotins) จัดเป็นสารประกอบที่มีความเสถียรและมีความเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมน้อย แต่สามารถย่อยสลายตัวไปเป็นสารไตรออร์แกโนทิน (Triorganotin compounds) ซึ่งผลิตภัณฑ์นี้มีความเป็นพิษสูงกว่า โดยเฉพาะ

สารไตรบิวทิลทิน (TBT) มักจะใช้ในกิจกรรมทางอุตสาหกรรมหลายอย่าง รวมทั้งใช้กำจัดแมลง ส่วนผสมในสีทาเรือเพื่อกำจัดเพรียงเกาะเรือ ป้องกันราในสิ่งทอและกระดาษ ป้องกันเนื้อไม้ ระบบหล่อเย็นในอุตสาหกรรม ส่วนสารประกอบไดออร์แกโนทิน (Diorganotins) ไม่มีฤทธิ์ด้านเชื้อรา เป็นพิษน้อย มีฤทธิ์ด้านเชื้อแบคทีเรียเล็กน้อย นิยมนำไปใช้ในส่วนผสมของผลิตภัณฑ์พลาสติกพีวีซี (Polyvinyl chloride) เช่นเดียวกับสารโมโนออร์แกโนทิน (Monoorganotins) ไม่มีความเป็นพิษหรือเป็นพิษน้อยมากสำหรับสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม เช่น เมทิลทิน (Methyltins) บิวทิลทิน (Butyltins) ออกทิลทิน (Octyltins) โมโนเอสเทอร์ทิน (Monoestertins) มักจะใช้ในกระบวนการผลิตพลาสติกพีวีซี เช่นกัน

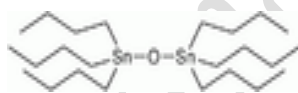
รายละเอียดเกี่ยวกับโครงสร้างและการใช้ประโยชน์ของสารประกอบดีบุกอินทรีย์บางชนิดดังรายละเอียดต่อไปนี้

ก. เตตระบิวทิลทิน (Tetrabutyltin) ประกอบด้วยโซ่ไฮโดรคาร์บอนที่เป็นบิวทิล 4 แขนเชื่อมต่อกับดีบุก สารนี้นิยมใช้เป็นสารตั้งต้นในปฏิกิริยาการสังเคราะห์สารประกอบไดบิวทิลทิน (DBT) และไตรบิวทิลทิน (TBT)



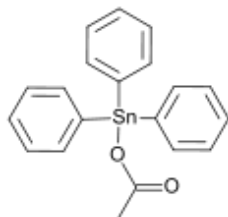
Tetrabutyltin

ข. ไตรบิวทิลทินออกไซด์ (Tributyltin oxide) โครงสร้างประกอบด้วยโซ่ไฮโดรคาร์บอนที่เป็นบิวทิล 4 แขนและออกไซด์ 1 หมู่ ลักษณะทางกายภาพของสารนี้เป็นของเหลวใสออกเหลือง นิยมใช้เป็นสารป้องกันเนื้อไม้



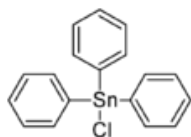
Tributyltin oxide

ค. ไตรเฟนิลทินอะซิเตต (Triphenyltin acetate) ประกอบด้วยหมู่ฟีนิล 3 หมู่และหมู่อะซิเตต 1 หมู่เชื่อมต่อกับดีบุก สารประกอบนี้มีลักษณะเป็นของแข็งสีขาวใช้เป็นสารกำจัดแมลง (Insecticide) และกำจัดเชื้อรา (Fugicide)



Triphenyltin acetate

ง. ไตรเฟนิลทินคลอไรด์ (Triphenyltin chloride) ประกอบด้วยหมู่เฟนิล 3 หมู่ และคลอไรด์ 1 หมู่ ส่วนสารประกอบไตรเมทิลทินคลอไรด์ (Trimethyltin chloride) โครงสร้างประกอบด้วยหมู่เมทิล 3 หมู่และคลอไรด์ 1 หมู่ เป็นสารมีลักษณะเป็นผลึกของแข็งสีขาว ใช้เป็นไบโอไซด์ และสารมัธยันต์ในการสังเคราะห์สารเคมี

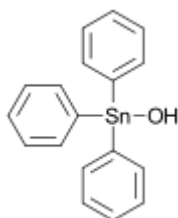


Triphenyltin chloride



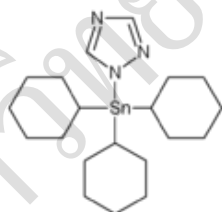
Trimethyltin chloride

จ. ไตรเฟนิลทินไฮดรอกไซด์ (Triphenyltin hydroxide) มีลักษณะเป็นผลึกสีขาว ใช้เป็นสารกำจัดพวกเชื้อรา ใช้เป็นสารที่ทำให้แมลงเป็นหมัน



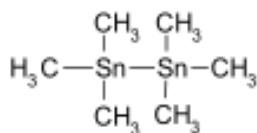
Triphenyltin hydroxide

ฉ. อะโซไซโคลทิน (Azocyclotin) มีลักษณะทางกายภาพเป็นผลึกใส ใช้กำจัดและควบคุมแมลงมวนบนต้นไม้



Azocyclotin

ช. เฮกซะเมทิลไดทิน (Hexamethylditin) ใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์สารทางเคมี

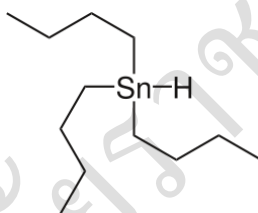


Hexamethylditin

2.7 โครงสร้างทางเคมีและคุณสมบัติของสารประกอบบิวทิลทิน

สารประกอบบิวทิลทิน (Butyltin compounds) จัดเป็นสารประกอบดีบุกอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่มีสูตรทั่วไปเป็น $(C_4H_9)_nSnX_{4-n}$ เมื่อ X คือ ธาตุหรือกลุ่มอะตอมที่มีประจุลบ (anionic species) เช่น คลอไรด์ (Cl⁻) ไฮดรอกไซด์ (OH⁻) ออกไซด์ (O²⁻) หรือหมู่ฟังก์ชัน (Functional group) อื่นๆ n คือ จำนวนหมู่อัลคิล (1-4) โดยอะตอมของคาร์บอนในสารประกอบบิวทิล (Butyl) จะสร้างพันธะกับอะตอมของดีบุก (Sn) ด้วยพันธะโควาเลนต์ (Covalent) ที่มีจำนวนพันธะแตกต่างกัน ซึ่งมีตั้งแต่ 1 ถึง 4 พันธะ ทำให้สารประกอบบิวทิลทินมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน โดยที่จำนวนพันธะเท่ากับ 3 มีคุณสมบัติเป็นไบโอไซด์ที่สามารถป้องกันการผุกร่อนอันเนื่องมาจากสัตว์เล็กๆ จำพวกเพรียงหรือแมลงกัดทำลาย (anti-fouling agents) และมีผลกระทบที่สามารถก่ออันตรายต่อสิ่งมีชีวิตมากที่สุด (Blunden and Evans, 1990)

สารประกอบไตรบิวทิลทิน (Tributyltin compounds หรือ TBT) ประกอบด้วยหมู่บิวทิล (butyl group) จำนวน 3 หมู่จับกับอะตอมของดีบุก 1 อะตอม ซึ่งมีสูตรทั่วไปเป็น $(C_4H_9)_3SnX$ สารประกอบนี้มีคุณสมบัติเป็นไบโอไซด์ ดังแสดงโครงสร้างในภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 2.4 โครงสร้างโมเลกุลของสาร TBT

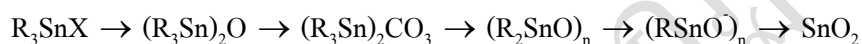
สารประกอบ TBT ถูกนำไปใช้เป็นสารกำจัดเชื้อรา แบคทีเรียและแมลงในสิ่งทอ กระดาษ เครื่องหนัง และอุปกรณ์ไฟฟ้า นอกจากนี้แล้วยังถูกนำมาใช้ผสมในสีทาเรือเพื่อป้องกันการเกาะของเพรียงซึ่งมีประสิทธิภาพสูง เมื่อเทียบกับสารประกอบทองแดงที่ใช้เป็นส่วนผสมในสีทาเรือเหมือนกัน พบว่าสาร TBT มีประสิทธิภาพสูงกว่าสารประกอบทองแดงถึง 10 -100 เท่า ทำให้มีการนำสาร TBT มาใช้เป็นส่วนผสมของสีทาเรือกันอย่างแพร่หลายในปี ค. ศ. 1985

2.7.1 การย่อยสลายของสารประกอบ TBT ในสิ่งแวดล้อม

การย่อยสลายสารประกอบ TBT จัดเป็นกระบวนการดีบิวทิลเลชัน (Debitylation) โดยการขาดพันธะระหว่างคาร์บอน-ดีบุกออกไปครั้งละ 1 พันธะ เกิดสารมัธยันต์ (intermediate) เป็นสารไดบิวทิล โมโนบิวทิล และสุดท้ายได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นสารประกอบดีบุกอนินทรีย์ (Inorganic Tin) ที่มีความเป็นพิษลดน้อยลง การย่อยสลายสารประกอบ TBT สามารถเกิดแบบกายภาพ เช่น การไฮโดรไลซิส การสลายโดยแสง (Photodegradation) การระเหย (Volatilization) และกาดูดซับบนของแข็งแขวนลอย นอกจากนี้ การย่อยสลายสารประกอบ TBT ส่วนใหญ่จะอาศัยจุลินทรีย์เข้าช่วยหรือที่เรียกว่าการย่อย

สลายทางชีวภาพ (Biological degradation) ส่วนการย่อยสลายทางกายภาพ (Physical degradation) ด้วยแสงในธรรมชาติเกิดขึ้นช้ามาก โดยเฉพาะสาร TBT ในน้ำ เนื่องจากแสงอาทิตย์ไม่สามารถส่องทะลุผ่านเข้าไปยังชั้นน้ำที่ลึกลงไปได้ กระบวนการระเหยของสารประกอบนี้ก็เกิดได้เล็กน้อยเท่านั้น ดังนั้นการย่อยสลายทางกายภาพของสารประกอบ TBT โดยเฉพาะการใช้แสงจึงไม่ใช่ปัจจัยหลักของการย่อยสลายสารนี้ในสิ่งแวดล้อม ซึ่งสารประกอบ TBT มีครึ่งชีวิตประมาณ 90 วัน

การย่อยสลายทางชีวภาพจัดเป็นปัจจัยสำคัญในการลดปริมาณสารมลพิษชนิดนี้ ตลอดจนสามารถลดความเป็นพิษของมันที่อาจจะเกิดขึ้นและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วย ซึ่งพบว่าแบคทีเรียสามารถย่อยสลายสาร TBT ได้ และจากการทดลองพบว่ามีอัตราเร็วการย่อยสลายเป็นแบบปฏิกิริยาการย่อยสลายอันดับหนึ่ง (First order reaction) โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายอย่าง เช่น อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจน ความเป็นกรด-เบส ปริมาณแร่ธาตุ และความเข้มข้นของสาร TBT เป็นต้น โดยทั่วไปกระบวนการย่อยสลายสารประกอบ TBT โดยจุลินทรีย์เป็นดังสมการต่อไปนี้



2.7.2 ผลกระทบสาร TBT ต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ

สาร TBT ที่มาจากส่วนผสมของสีทาฟันนอกลำเรือนี้เองทำให้เกิดการปนเปื้อนอยู่ทั่วไป ทั้งในน้ำกร่อยบริเวณท่าเรือ หรือในทะเล ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตหลายชนิด โดยเฉพาะสัตว์น้ำในกลุ่มมอลลัสกา (Mollusca) แม้ที่ระดับความเข้มข้นในหน่วยนาโนกรัมต่อลิตร สาร TBT สามารถเข้าสะสมในระบบห่วงโซ่อาหาร ปลา ปู และจุลินทรีย์ต่างๆ ค่าครึ่งชีวิตของสาร TBT ในน้ำประมาณ 1 สัปดาห์ ทั้งนี้จะถูกควบคุมโดยการได้รับและการย่อยสลายโดยสิ่งมีชีวิต ซึ่งกระบวนการย่อยในเนื้อเยื่อสิ่งมีชีวิตนี้ สาร TBT จะถูกเปลี่ยนไปเป็นสาร DBT (Dibutyltin) และสาร MBT (Monobutyltin) ตามลำดับ ซึ่งสาร MBT ที่เกิดขึ้นจะมีความเป็นพิษน้อยกว่าสาร TBT มาก (Libe, 1992) คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการของสารประกอบบิวทิลทิน (TBT, DBT และ MBT) ดังแสดงรายละเอียดในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการของ TBT, DBT และ MBT

สารประกอบ	สูตรเคมี	ความหนาแน่น	จุดเดือด (°C)	ตัวทำละลาย
1. ไตรบิวทิลทินคลอไรด์ (Tributyltin Chloride)	$(C_4H_9)_3SnCl$	1.20	145-147	ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ ไม่ละลายในน้ำเย็น
2. ไดบิวทิลทินไดคลอไรด์ (Dibutyltin Dichloride)	$(C_4H_9)_2SnCl_2$	1.36	135	ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ ไม่ละลายในน้ำเย็น
3. บิวทิลทินไตรคลอไรด์ (Butyltin Trichloride)	$C_4H_9SnCl_3$	1.71	102	ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์

ผลกระทบของสาร TBT ต่อสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ ในทะเลพอสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. ผลต่อการเจริญเติบโต สาร TBT มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ ในน้ำในระดับที่แตกต่างกัน โดยในสาหร่ายเซลล์เดียว เช่น *Pavlonia lutheri* และ *Dunaliella teriolecta* มีอัตราการเจริญเติบโตเพียงเล็กน้อยเมื่อได้รับสาร TBT มีความเข้มข้นเพียง 0.1 ไมโครกรัมต่อลิตร แต่จะหยุดชะงักการเจริญเติบโตใน *Skeletonema costatum* เมื่อได้รับสาร TBT ในระดับเดียวกัน สำหรับสาหร่ายทั้งสามชนิดจะมีการเจริญเติบโตลดลงอย่างรวดเร็วและตายภายใน 2 วันเมื่อได้รับสาร TBT เข้มข้น 1 และ 5 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (Beaumont and Newman, 1986)

Mytilus edulis มีอัตราการเจริญเติบโตลดลงเมื่อได้รับสาร TBT ที่มีความเข้มข้นเพียง 0.5 ไมโครกรัมต่อลิตร (Guolan and Yong, 1995) บิวมอนและบัดด์ (Beaumont and Budd, 1984) ทดลองเลี้ยงตัวอ่อนระยะวิลเลเจอร์ (veliger) ของ *Mytilus edulis* ในน้ำที่มีสารไตรบิวทิลทินออกไซด์ (Tributyltin oxide; TBTO) เข้มข้น 10, 1 และ 0.1 ไมโครกรัมต่อลิตร พบว่าตัวอ่อนของหอยสามารถอยู่ในน้ำที่มีระดับสาร TBTO 10 ไมโครกรัมต่อลิตรได้ไม่เกิน 5 วัน หรือไม่เกิน 0 วันในระดับ 1 ไมโครกรัมต่อลิตร และที่ระดับ 0.1 ไมโครกรัมต่อลิตร ตัวอ่อนของหอยจะตายลงครึ่งในเวลา 15 วัน ($15 \text{ day LC}_{50} = 0.1 \text{ ug/L}$)

2. ผลต่อพัฒนาการของตัวอ่อน สาร TBTO เข้มข้นอยู่ในช่วง 0.1- 100 ไมโครกรัม มีผลต่อการพัฒนาของตัวอ่อนหอยนางรม (*C. Gigas*) จนตัวอ่อนตายทำให้ขาดความอุดมสมบูรณ์ของตัวอ่อน ซึ่งมีส่วนสำคัญทำให้จำนวนประชากรของหอยนางรมในแหล่งน้ำลดลง (Alzieu and Heral, 1984) สาร TBTO เข้มข้น 100 นาโนกรัมต่อลิตร มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตของตัวอ่อน *Mercenaria* ลดลง และตัวอ่อนในระยะวิลเลเจอร์ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างเป็นเพดิวิลเลเจอร์ (Pediveligers) ได้ (Laughlin *et al.*, 1988)

3. ผลต่อระบบสืบพันธุ์ สาร TBT ทำให้เกิดพัฒนาการของอวัยวะเพศผู้ในเพศเมียในหอยฝาเดียวบางชนิด หรือเรียกปรากฏการณ์ว่าอิมโพเซ็กซ์ (Imposex) ทำให้หอยเป็นหมันส่งผลต่อจำนวนประชากรของหอยจนอาจถึงขั้นสูญพันธุ์ เช่น ที่ตรวจพบในบางแหล่งของประเทศไอร์แลนด์ (Ireland) หอยฝาเดียวชนิด *Nucella lapillus* สูญพันธุ์ไปแล้วในบริเวณที่มีระดับการปนเปื้อนของ TBT สูง (Minchin *et al.*, 1995)

อิมโพเซ็กซ์เกิดได้หลายรูปแบบขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดสายพันธุ์ และช่วงอายุของหอยฝาเดียว เป็นต้น หอยฝาเดียวชนิด *Ilyanassa obsoleta* (Mudsnail) ที่เกิดอิมโพเซ็กซ์จะไม่เป็นหมัน (Bryan *et al.*, 1989) แตกต่างจากใน *Nucella lapillus* ซึ่งจะเป็นหมัน แต่ถ้าหากได้รับสาร TBT ในช่วงต้นของวงจรชีวิต อาจจะทำให้หอยฝาเดียวเปลี่ยนเพศไปได้เนื่องจากเกิดเปอร์มาโตเจเนซิส (Permatogenesis) และยังพบว่ารูปแบบการเกิดอิมโพเซ็กซ์อาจจะมีความสัมพันธ์กับโครโมโซมของหอยด้วย (Oehlmann *et al.*, 1991)

4. ผลต่อรูปร่างลักษณะภายนอก (Morphology) สาร TBT ทำให้เกิดความผิดปกติของเปลือกหอยนางรมโดยประเทศฝรั่งเศสเป็นชาติแรกที่มีการรายงานการศึกษาความผิดปกติของเปลือกหอยนางรม ซึ่งพบว่าเปลือกหอยนางรมที่เลี้ยงบริเวณชายฝั่งแอตแลนติก (Atlantic) ซึ่งมีการปนเปื้อนด้วยสาร TBT ที่ใช้เป็นส่วนผสมของสีทาเรือ พบว่าเปลือกของมันหนาผิดปกติและตัวของหอยมีขนาดเล็กลง (Alzieu and Heral, 1984)

5. ผลกระทบในด้านอื่นๆ สาร TBT สามารถทำลายเยื่อหุ้มเหงือก (Gill epithelium) เยื่อหุ้มท่อไต (Bileduct epithelial cell) ซึ่งมีการบวมและแตกของผนังไมโทคอนเดรีย (Mitochondria) มีการขับเมือกออกมาทางผิวหนังมากขึ้น และคอร์เนีย (Cornea) ในปลาเรนโบว์เทราท์ (Rainbow trout) และปลานิล (Tilapia) ถูกทำลาย (Chliamovitch and Kuhn, 1977)

เวิร์ดและคณะ (Ward *et al.*, 1981) ทดสอบความเป็นพิษของสาร TBTO ใน *Cyprinodon variegatus* ขนาดความยาว 33-49 มิลลิเมตร พบว่าเมื่อได้รับสาร TBTO ที่ระดับความเข้มข้น 0.96 ppb เป็นเวลา 21 วัน จะทำให้ปลาตายไปครึ่งหนึ่ง และยังพบว่าสาร TBTO จะถูกขับออกจากร่างกายเพียง 52 % ในระยะเวลา 7 วัน และถูกขับออกประมาณ 74 % ในระยะเวลา 28 วัน

กลไกความเป็นพิษที่ไปทำลายไมโทคอนเดรียของสารประกอบไตรออร์แกโนทินนิกกลไกที่เกี่ยวข้องดังนี้ (Blundon and Evans, 1990)

1. เกิดปฏิกิริยากับผนังเซลล์ของไมโทคอนเดรีย เกิดการบวมและแตกออก
2. ทำให้การแลกเปลี่ยนไอออนของ Cl^- และ OH^- บริเวณผนังเซลล์ไมโทคอนเดรียเสียไป
3. ยับยั้งกระบวนการสร้างพลังงาน ATP จาก ADP เช่น กระบวนการออกซิเดทีฟฟอสโฟริเลชัน (Oxidative phosphorylation) ในไมโทคอนเดรียและโฟโตซินเทติก ฟอสโฟริเลชัน (Photosynthetic phosphorylation) ในคลอโรพลาสต์ (Chloroplasts)

เนื่องจากสารมลพิษอินทรีย์ส่วนใหญ่รวมทั้งสาร TBT มีคุณสมบัติละลายได้ดีในไขมัน ทำให้มีการสะสมในปริมาณสูงในเนื้อเยื่อหรือเซลล์ที่มีไขมันสูง สารพิษจะถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปที่สามารถละลายน้ำได้ เพื่อกำจัดออกจากร่างกายและช่วยลดความเป็นพิษของสารพิษได้ ซึ่งกลไกการกำจัดหรือลดความเป็นพิษของสิ่งมีชีวิตเมื่อได้รับสารพิษคือกระบวนการเมแทบอลิซึม (Metabolism) สำหรับสาร TBT เมแทบอไลต์ของมัน (Metabolite products) คือสาร DBT และสาร MBT ตามลำดับ โดยที่ สาร MBT ละลายน้ำได้ดีจึงถูกกำจัดออกจากร่างกายได้ง่าย โดยเฉพาะสัตว์น้ำในกลุ่มครัสเตเชียน (Crustaceans) แอนนิลิด (Annelids) และปลาจะมีระบบเอนไซม์ที่สามารถย่อยสลายสาร TBT ได้อย่างรวดเร็วกว่าในกลุ่มหอยซึ่งมีระบบเอนไซม์ที่ใช้ย่อยสลายสาร TBT ได้ช้ากว่า ซึ่งเมแทบอไลต์ของสาร TBT มีความสัมพันธ์กับการเกิดการเจริญของอวัยวะเพศผู้ในเพศเมียในกลุ่มหอยฝาเดียว (Gastropods) และความผิดปกติของเปลือกหอยนางรมด้วย (Lee, 1995)

สบันจิต นิมรตัน มณฑกานต์ วิสุทธิแพทย์ และวีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย (2547) ได้ศึกษาการย่อยสลายของสารไตรบิวทิลทิน (TBT) ไดบิวทิลทิน (DBT) และโมนอบิวทิลทิน (MBT) ในน้ำทะเล ตะกอนดิน และหอยหวน รวมทั้งศึกษาชนิดและปริมาณของสารประกอบบิวทิลทินที่น่าจะมีผลทำให้เกิดการ Imposex ในหอยหวน ผลการทดลองพบว่าสาร TBT DBT หรือ MBT ที่ความเข้มข้นที่ต่างกันคือ 5 หรือ 10 ug/L ซึ่งทั้ง 2 ความเข้มข้นสามารถเกิดการย่อยสลายในน้ำทะเลและเกิดผลผลิตตามที่คาด โดย TBT จะถูกเปลี่ยนแปลงเป็นสาร DBT และ MBT ตามลำดับ ส่วนสาร DBT จะถูกย่อยสลายให้เป็น MBT นอกจากนี้สารพิษตั้งต้นทั้ง 3 ชนิดและสารผลผลิตจากการย่อยสลายได้มีการสะสมในดินตะกอนชั้นบน และชั้นล่างในปริมาณที่ค่อนข้างสูงและค่อยๆ ลดลงตามระยะเวลาการทดลอง

สำหรับในหอยหวนพบว่า มีการสะสมสารพิษตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์ในปริมาณน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับ การสะสมในน้ำทะเลและในดินตะกอนทั้งชั้นบนและชั้นล่าง ในขณะที่เดียวกันสาร TBT, DBT และ MBT สามารถกระตุ้นทำให้เกิด Imposex ในหอยหวนได้แต่มีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของสารโดยพบว่าสาร TBT มีความเป็นพิษที่ทำให้เกิด Imposex ได้สูงสุดและรองลงมาคือสาร MBT และ DBT

2.8 การปนเปื้อนของสารประกอบบิวทิลทินในสิ่งแวดล้อม

มีรายงานการศึกษาวิจัยและบทความวิชาการเกี่ยวกับการปนเปื้อนของสารประกอบบิวทิลทินในสิ่งแวดล้อมรวมทั้งในน้ำทะเล ตะกอนดิน และสิ่งมีชีวิต ที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในเอกสารและวารสารวิชาการมากมาย ซึ่งรายงานผลการตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนสาร TBT และผลกระทบต่อความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำบริเวณต่างๆ ที่สามารถตรวจพบในบริเวณแหล่งน้ำหลักๆ ทั่วโลก โดยเฉพาะบริเวณชายฝั่งทะเลที่เป็นท่าเรือเกือบทั่วโลก

2.8.1 สารประกอบบิวทิลทินในน้ำทะเล

สารประกอบ TBT เกิดการปนเปื้อนในทะเลเกือบทุกบริเวณทั้งในแถบยุโรป อเมริกา และเอเชีย การปนเปื้อนของสาร TBT ในทะเลมาจากหลายแหล่งด้วยกัน จากรายงานการศึกษการปนเปื้อนในเขตทะเลเมดิเตอร์เรเนียน (Mediterranean Sea) พบว่าแหล่งที่มาของสาร TBT ที่ปนเปื้อนในทะเลบริเวณนี้มาจาก 4 แหล่งด้วยกัน ดังต่อไปนี้ (Gabrielides *et al.*, 1990)

1. โรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้สาร TBT เป็นสารป้องกันการจับเกาะในท่อน้ำหล่อเย็น
2. บริเวณที่จอดและซ่อมบำรุงเรือบรรทุกสินค้ารวมทั้งที่จอดเรือสำหรับนักท่องเที่ยว
3. ที่จอดเรือสำราญ
4. แหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

โดยพบว่า การแพร่กระจายของสาร TBT ในน้ำทะเลมีความสัมพันธ์กับปริมาณของเรือที่ใช้สันทนาการที่มีส่วนผสมของสาร TBT โดยมีการหมุนเวียนของน้ำเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับการปนเปื้อนของ

สาร TBT ดังเช่น บริเวณชายฝั่งของเมดิเตอร์เรเนียน ในประเทศฝรั่งเศส มีการหมุนเวียนของกระแสน้ำ ทะเลน้อยกว่าบริเวณชายฝั่งทางด้านมหาสมุทรแอตแลนติก น้ำทะเลชายฝั่งเมดิเตอร์เรเนียนจึงมีระดับการปนเปื้อนสูงกว่ามหาสมุทรแอตแลนติก (Alzieu *et al.*, 1991)

บริเวณทางเหนือของทะเลไทรเรเนียน (Tyrrhenian) ประเทศอิตาลี พบว่านอกจากจะมีการปนเปื้อนของสาร TBT และสาร DBT จากสิททาเรือบริเวณท่าเทียบเรือแล้ว ยังพบว่ามีการใช้สาร TBT ในท่อน้ำหล่อเย็น ซึ่งตรวจพบในน้ำที่ปล่อยออกมาปนเปื้อนด้วยสาร TBT ในระดับความเข้มข้น 7-8 ไมโครกรัมต่อลิตร ประเมินการที่มีการปล่อยสาร TBT ลงสู่ทะเลประมาณ 7 กิโลกรัมต่อวัน (Bacci and Gaggi, 1989) นอกจากนี้ยังพบว่าการทำความสะอาดเรือและการทาสีเรือใหม่ทำให้มีการปนเปื้อนของสาร TBT สูงขึ้นด้วย (Alzieu *et al.*, 1989)

ช่องแคบมะละกา (Strait of Malacca) จัดเป็นเส้นทางเดินเรือสินค้าทางหลักที่หนาแน่นที่สุดแห่งหนึ่งของโลก ซึ่งเชื่อมต่อเอเชียด้านตะวันออกและเอเชียด้านตะวันตก พบว่ามีระดับการปนเปื้อนของสาร TBT มีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0.1-7.4 นาโนกรัมต่อลิตร และยังพบว่าเกิดอิมโพเซ็กซ์ของหอยฝาเดียวในบริเวณนี้ด้วย ส่วนเส้นทางเดินเรือของอ่าวโตเกียว (Tokyo bay) มีระดับของสาร DBT และสาร MBT สูงเมื่อเทียบกับระดับของสาร TBT ซึ่งสันนิษฐานว่าสารเหล่านี้จะไม่ให้เกิดการย่อยสลายของสาร TBT เพียงอย่างเดียว แต่สาร TBT ที่ตรวจพบปนเปื้อนในทะเลอาจมาจากการปลดปล่อยจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ในบริเวณนี้ด้วย (Hashimoto *et al.*, 1998)

จากรายงานการศึกษาปริมาณ TBT ในน้ำบริเวณท่าเทียบเรือ อุต่อเรือ หรือชายฝั่งที่มีเรือจำนวนมากเข้ามาจอดเทียบท่าจากบางพื้นที่ทั่วโลกดังรายละเอียดในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.2 ปริมาณการปนเปื้อนของสาร TBT ในน้ำจากพื้นที่ต่างๆ ทั่วโลก

พื้นที่ศึกษา/เก็บตัวอย่างน้ำ	ความเข้มข้น (ppb)	เอกสารอ้างอิง
1. ปากแม่น้ำชายฝั่งตะวันออก ประเทศอังกฤษ	3-71.2	Downson <i>et al.</i> , 1992
2. ประเทศบาร์เรน	2290-17880	Ali Hasan & Juma, 1992
3. ท่าอเล็กซานเดรีย ประเทศอียิปต์ ด้านตะวันออก ด้านตะวันตก	27.8 ± 12.0 39.6 ± 27.5	Abd-Allah, 1995
4. ประเทศฝรั่งเศส และตะวันออก เฉียงใต้ของอังกฤษ	76-5050	Ali Hasan & Juma, 1992
5. ทะเลเมดิเตอร์เรเนียน	2-3930	Gabrielides <i>et al.</i> , 1990

2.8.2 สารประกอบบิวทิลทินในตะกอนดิน

ดินตะกอนเป็นแหล่งสะสมสารมลพิษและก่อให้เกิดการปนเปื้อนในสิ่งมีชีวิตอีกด้วย รองจากการปลดปล่อยของสิ่งแวดล้อมจากกิจกรรมของมนุษย์โดยตรง มีรายงานการศึกษาการปนเปื้อนของสาร TBT ในหอยสองฝาและดินตะกอนบริเวณอ่าวชินเซ ประเทศเกาหลี พบว่าปริมาณการปนเปื้อนในหอยนางรมในปริมาณความเข้มข้น 0.25 ไมโครกรัมน้ำหนักแห้ง) ซึ่งสูงกว่าที่ตรวจพบใน *M. edulis galloprovincialis* (0.20 ไมโครกรัมน้ำหนักแห้ง) โดยปริมาณสาร TBT ที่พบในหอยทั้งสองชนิด มีความสัมพันธ์กับสาร TBT ที่ปนเปื้อนในดินตะกอนที่เก็บจากบริเวณเดียวกัน และสรุปว่าดินตะกอนเป็นแหล่งรองที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนใน *M. edulis galloprovincialis* และหอยนางรม (*Crassostrea gigas* หรือ *C. gigas*) เนื่องจากสาร TBT ที่ถูกดูดซับในตะกอนดินอาจถูกปลดปล่อยหรือถูกละลายกลับเข้าสู่ น้ำ และถูกนำไปใช้โดยสิ่งมีชีวิตได้อีกโดยการดูดซึมไปกับอาหาร และเนื่องจากสาร TBT มีครึ่งชีวิตในดินตะกอนประมาณ 6.9 ปี ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสาร TBT มีความคงทนต่อการสลายตัวในดินสูงพอสมควร ดังนั้นตะกอนดินจึงยังคงเป็นแหล่งที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนในสิ่งมีชีวิตได้นาน โดยเฉพาะสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่ในดิน เช่น พวกหอย และสัตว์หน้าดิน (Hwang *et al.*, 1999)

สารประกอบบิวทิลทินที่ถูกดูดซับอยู่ในตะกอนดินจะถูกสิ่งมีชีวิตนำมาใช้ได้ก็ต่อเมื่อชั้นของตะกอนดินถูกรบกวนให้เข้าสู่จากการกระทำตามธรรมชาติหรือโดยมนุษย์ (Page *et al.*, 1996) สำหรับปริมาณสาร TBT ที่สะสมในตะกอนดิน พบว่าขนาดอนุภาคของตะกอนดินมีผลต่อปริมาณการดูดซับของสาร TBT ในตะกอนดินด้วย จากรายงานพบว่าเปอร์เซ็นต์เนื้อดินซิลต์และดินเหนียว (Silt and Clay) ในตะกอนดินเพิ่มขึ้น 2 เท่า ปริมาณการปนเปื้อนของสาร TBT ก็จะเพิ่มขึ้นประมาณ 2 เท่าเช่นเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับหลักที่ว่าลักษณะเนื้อดินทั้งของประเภทดังกล่าวมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงก่อให้เกิดการดูดซับของสารมลพิษอินทรีย์ได้ดีกว่าเนื้อดินประเภทอื่นๆ เช่น ดินทรายหรือดินร่วน เป็นต้น

สเติบและคณะ (Stab *et al.*, 1996) ศึกษาการปนเปื้อนของสารประกอบดีบุกอินทรีย์ผ่านสายใยอาหาร (Food web) ที่เก็บจากบริเวณทะเลสาบ ประเทศเนเธอร์แลนด์ พบว่าจะมีการปนเปื้อนด้วยสารประกอบดีบุกอินทรีย์สูงในพวกสัตว์ในกลุ่ม pelagic species และยังพบว่าปริมาณการปนเปื้อนของสาร TBT ในหอยสองฝาชนิดหนึ่ง (Zebra mussels) มีความสัมพันธ์กับระดับสาร TBT ในตะกอนดิน

สเติวาร์ทและดีโมรา (Stewart and De Mora, 1992) ทำการศึกษาปริมาณสาร TBT ในตะกอนดินบริเวณท่าเรือเมืองซูวา ประเทศฟีจี พบว่ามีการปนเปื้อนด้วยสาร TBT อยู่ในช่วง 16-38,000 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ส่วนในหอยชนิดต่างๆ มีปริมาณการปนเปื้อนอยู่ในช่วงตั้งแต่ 15-3,180 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) และยังสรุปว่าในเขตร้อนที่มีอุณหภูมิสูงมีส่วนทำให้สาร TBT สลายตัวหรือถูกย่อยสลายโดยสิ่งมีชีวิตได้อย่างรวดเร็วกว่าเขตอบอุ่น

การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการปนเปื้อนของสาร TBT ในทะเลและตะกอนดินได้ทะเล ประเทศอังกฤษในช่วงปี ค.ศ. 1990-1992 ซึ่งได้ออกกฎหมายห้ามใช้สาร TBT มาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1987 จากผล

การศึกษาของดอว์สันและคณะ (Dowson *et al.*, 1993) พบว่าระดับความเข้มข้นของสาร TBT ลดลงทั้งในน้ำและตะกอนดิน พร้อมๆ กันนี้หอยนางรมมีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีขึ้น และยังพบว่าสาร TBT จะยังคงมีการปลดปล่อยออกมาจากตะกอนดินเรื่อยๆ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าตะกอนดินมีความสามารถในการกักเก็บไว้หรือดูดซับสาร TBT ได้ดีและสามารถคงสภาพในตะกอนดินเป็นระยะเวลานาน ส่วนผลศึกษาการปนเปื้อนของสาร TBT ในตะกอนดินบริเวณอู่ต่อเรือ และบริเวณท่าเรือประเทศฮ่องกง โดยโกและคณะ (Ko *et al.*, 1995) พบว่าปริมาณการปนเปื้อนสาร TBT เฉลี่ยเท่ากับ 500 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) และพบปนเปื้อนสูงสุดบริเวณที่จอดเรือสำหรับนักท่องเที่ยว ซึ่งสูงถึง 53,000 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง)

2.8.3 สารประกอบบิวทิลทินในสิ่งมีชีวิต

การสะสมของสาร TBT ผ่านห่วงโซ่อาหารโดยการกินนับว่าเป็นเส้นทางการปนเปื้อนสาร TBT ในสิ่งมีชีวิตมีความสำคัญ แม้จะมีการปนเปื้อนต่ำในน้ำ เห็นได้จากการสะสมสาร TBT อย่างรวดเร็วของ *M. edulis* กินแพลงก์ตอนพืช (phytoplankton) ในน้ำเป็นอาหารด้วยวิธีการกรองกิน (Filter feed) จะรวดเร็วและมีระดับสูงกว่าได้รับจากการดูดซึมจากน้ำโดยตรง (Laughlin *et al.*, 1986) ในแหล่งน้ำธรรมชาติ สาร TBT จะจับพันธะอย่างแข็งแกร่งกับผิวอนุภาคที่แขวนลอยในน้ำ โดยอัตราการสะสมสาร TBT ใน *M. edulis* จะเร็วกว่าเมื่อเทียบกับการขับถ่ายออกจากร่างกายของมัน (Short and Sharp, 1989)

สำหรับการศึกษาการปนเปื้อนของสารปนเปื้อนในน้ำพบว่า *M. edulis* จัดเป็นสิ่งมีชีวิตที่จัดเป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ (Biological indicator) ที่มักจะใช้การศึกษาการปนเปื้อนของสารมลพิษ เนื่องจากตามธรรมชาติสารประกอบบิวทิลทินที่ปนเปื้อนในน้ำจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ในสิ่งแวดล้อม แต่การตรวจวัดความเข้มข้นของสารปนเปื้อนในเนื้อเยื่อจะแสดงค่าของระดับการปนเปื้อนเฉลี่ยของช่วงเวลาที่ได้รับ การปนเปื้อนของสาร TBT ในน้ำจึงมีเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล การศึกษาปริมาณการปนเปื้อนของสาร TBT และสาร DBT ในเนื้อเยื่อ *M. edulis* ที่เก็บตัวอย่างจากบริเวณแหล่งน้ำกร่อยตาร์มาร์ (Tamar estuary) ประเทศอังกฤษ ซึ่งดำเนินการโดยเพจ (Page, 1995) เป็นระยะเวลา 6 ปี พบว่าสาร TBT ในหอยมีการเปลี่ยนแปลงไปโดยมีความสัมพันธ์กับการไหลของน้ำในรอบปี ซึ่งจะมีการกระจายตัวและเคลื่อนย้ายของตะกอนดินแตกต่างกันในแต่ละฤดูกาล สำหรับการเปลี่ยนแปลงในตัวสิ่งมีชีวิตเองที่มีผลทำให้เกิดการสะสมของสาร TBT เปลี่ยนแปลงไปคือในฤดูสืบพันธุ์ สิ่งมีชีวิตมีการสะสมไกลโคเจนและโปรตีนเพิ่มขึ้น ทำให้มีการสะสมของสาร TBT เพิ่มขึ้นด้วย และเปอร์เซ็นต์ของสาร DBT ที่ตรวจพบจะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการได้รับสาร TBT ลดลง ซึ่งสาร DBT มีการเปลี่ยนแปลงในรอบปีจากการได้รับสาร TBT ที่เปลี่ยนแปลงไปจากกระแสน้ำที่ไหลในรอบปี

การศึกษาการปนเปื้อนของสารประกอบบิวทิลทินในเนื้อและตับของปลาที่มนุษย์บริโภคจะช่วยประมาณการได้รับสารประกอบบิวทิลทินในมนุษย์ได้เป็นอย่างดี เนื่องจากสารเหล่านี้จะไม่กำจัดออกไปได้จากการประกอบอาหารด้วยไมโครเวฟ การทอด และการต้ม โดยพบว่าการประกอบอาหารด้วยวิธีทั้ง

3 ดังกล่าวจะมีสาร TBT ตกค้างเหลืออยู่ในอาหารประมาณ 55 %, 67 % และ 76 % ตามลำดับ (Shot and Thrower, 1986)

ในเนื้อและตับของปลาหลายชนิดจากร้านอาหารทะเลในประเทศอินเดีย บังคลาเทศ อินโดนีเซีย ไทย เวียดนาม ใต้หวัน ออสเตรเลีย ปาปัวนิวกินี และเกาะโซโลมอน มีระดับการปนเปื้อนของสารประกอบบิวทิลทินที่มนุษย์จะรับในแต่ละวันน้อยกว่า 25 % ของความเข้มข้นที่มนุษย์สามารถรับได้ คือ 250 นาโนกรัมต่อน้ำหนักตัวต่อวัน (Kannan *et al.*, 1995)

ไดรินดา (Dyrynda, 1992) ได้ศึกษาผลของ TBT ต่อตัวอ่อนของหอยนางรมในระยะวัยอ่อน (juvenile) ในประเทศอังกฤษ ภายหลังจากที่มีการกำจัดการใช้สาร TBT ในปี ค.ศ. 1987 พบว่าระดับของสาร TBT ลดลงจนทำให้สามารถกลับมาทำการเพาะเลี้ยงหอยนางรมได้ใหม่ ส่วนน้ำหนักของเนื้อหอยบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากสาร TBT จะมีน้ำหนักน้อยกว่า

มินชิน และคณะ (Minchin *et al.*, 1995) ศึกษาการเกิดอิมโพเชกในหอยฝาเดียว ในปี ค.ศ. 1987 และ ค.ศ. 1993 บริเวณฟาร์มเลี้ยงปลาแซลมอน ประเทศไอร์แลนด์ พบว่าหอยที่เกิดอิมโพเชกจะไม่สามารถกลับมาเป็นปกติได้ หลังจากมีการห้ามใช้ TBT ผลสมในสีก้นเพรียงกับเรือที่มีความยาวน้อยกว่า 25 เมตร ส่วนในหอยวัยรุ่นจะมีระดับของการเกิดอิมโพเชกน้อย เนื่องจากมีสาร TBT ในเนื้อเยื่อน้อยลง ในบางบริเวณที่มีการปนเปื้อนมากจะทำให้หอยฝาเดียวบางชนิด (Dogwhelks) หายไป เช่น บริเวณที่มีการสัญจรของเรือขนาดใหญ่ (มีความยาวลำเรือมากกว่า 25 เมตร)

อย่างไรก็ตาม จากการรายงานของคณะนักวิจัยกลุ่มหนึ่ง (Espourteille, Greaves and Huggett, 1993) แสดงให้เห็นว่าระดับการปนเปื้อนของสาร TBT ในตะกอนดิน สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ระดับ ดังนี้คือ

1. ระดับต่ำคือมีการปนเปื้อนที่ระดับความเข้มข้นน้อยกว่า 10 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม
2. ระดับไม่รุนแรงคือมีการปนเปื้อนที่ระดับความเข้มข้นในช่วง 10-100 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม
3. ระดับการปนเปื้อนสูงคือปนเปื้อนที่ระดับความเข้มข้นมากกว่า 100 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม

2.9 การปนเปื้อนของสารประกอบบิวทิลทินในแหล่งน้ำชายฝั่งประเทศไทย

ในประเทศไทย มีการศึกษาการกระจายตัวและการปนเปื้อนของสาร TBT, DBT และ MBT บริเวณชายฝั่งทะเลหลายแห่งจากชายฝั่งด้านตะวันออก ชายฝั่งทะเลภาคใต้ ได้แก่ ฝั่งอันดามันและชายฝั่งอ่าวไทย โดยมีการเก็บตัวอย่างน้ำ ตะกอนดิน และสัตว์น้ำ (หอยแมลงภู) ณ จุดสำคัญๆ หลายแห่ง ซึ่งการวิจัยครั้งล่าสุดดำเนินการโดยกลุ่มนักวิจัยทางเคมีสภาวะแวดล้อมจากประเทศญี่ปุ่นและประเทศไทย ประกอบด้วย สุภวัฒน์ กาญจน์อุทริกลาง ชินชูเก ทานาเบะ และชุมพล สงวนสิน (Kan-Atireklap *et al.*, 1997) จากการรายงานวิจัยพบว่าในตัวอย่างตะกอนดิน (ดังแสดงในตารางที่ 2.3)

ตารางที่ 2.3 ความเข้มข้นสารบิวทิลทินที่ตรวจพบในตะกอนดินจากชายฝั่งประเทศไทย

พื้นที่เก็บตัวอย่างตะกอนดิน	ความเข้มข้นของสารบิวทิลทิน (ng/g น้ำหนักแห้ง)			
	MBT	DBT	TBT	Σ BTs
1. พื้นที่เพาะเลี้ยงชายฝั่ง				
กุ่มกระเบน จ.จันทบุรี	7	2	4	13
อ่างศิลา จ.ชลบุรี	14	13	81	108
บ้านแหลม จ.เพชรบุรี	77	21	32	130
ค่าเฉลี่ย (n = 3)	33	12	39	84
2. ท่าเทียบเรือประมง พื้นที่เพาะเลี้ยง				
อ.เมือง จ.ประจวบคีรีขันธ์	8	2	7	17
ขงสตาร์ จ.ตรัง	24	66	93	183
ค่าเฉลี่ย (n = 2)	16	34	50	100
3. ท่าเทียบเรือประมง ท่าเรือ				
คลองใหญ่ จ.ตราด	9	9	12	30
แม่น้ำตราด จ.ตราด	190	190	480	860
ปากน้ำประแส จ.ระยอง	120	53	100	273
แม่น้ำระยอง จ.ระยอง	130	82	120	332
แม่น้ำท่าจีน จ.สมุทรสาคร	26	14	430	470
ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช	25	13	10	48
อ.ยะหริ่ง จ.ปัตตานี	300	450	880	1,630
หัมมะถัง จ.สตูล	12	11	9	32
อ.เมือง จ.กระบี่	110	140	370	620
บางเตย จ.พังงา	43	35	84	162
ปากน้ำ จ.ระนอง	53	40	70	163
ค่าเฉลี่ย (n = 11)	93	94	233	420
4. ท่าเรือน้ำลึก				
แม่น้ำเจ้าพระยา จ.สมุทรปราการ	400	1,600	4,500	6,500
ปากน้ำ จ.ชุมพร	200	210	3,600	4,010
ทะเลสาบสงขลา จ.สงขลา	7	9	36	52
อ่าวมะขาม จ.ภูเก็ต	410	1,900	3,900	6,210
ค่าเฉลี่ย (n = 4)	254	930	3,009	4,193

หมายเหตุ : Σ BTs คือผลรวมของ MBT, DBT และ TBT

ที่เก็บจากจุดเก็บตัวอย่างต่างๆ ในชายฝั่งประเทศไทย มีปริมาณการปนเปื้อนของสาร TBT, DBT และ MBT ที่ระดับเข้มข้นอยู่ในช่วง 4-4500, 2-1900 และ 7-410 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ ซึ่งบริเวณที่พบมีการปนเปื้อนสูงได้แก่ แหล่งสำคัญมาจากเรือบรรทุกสินค้าขนาดใหญ่ และอู่จอดเรือประมงรวมทั้งท่าเทียบเรือ จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าแหล่งหลักของสารประกอบบิวทิลทินที่ปนเปื้อนในตะกอนดินมาจากสีทาผิวใต้ท้องเรือเพื่อกันเฟรียง งานวิจัยชิ้นนี้เป็นงานแรกที่รายงานสถานะการปนเปื้อนของสารประกอบบิวทิลทินในแหล่งน้ำชายฝั่งประเทศไทย

ศุภวัฒน์ กาญจน์อุทฺธิเรกกลาก และคณะ (Kan-atireklap *et al.*, 1997) ได้รายงานผลการศึกษากการปนเปื้อนของสารบิวทิลทินในหอยแมลงภู่ (*Green mussels*) สปีชีส์ (*Perna viridis*) ในช่วงปี ค.ศ. 1994-1995 โดยได้เก็บตัวอย่างหอยแมลงภู่จากพื้นที่เก็บตัวอย่างตามชายฝั่งทะเลด้านอ่าวไทยและฝั่งอันดามันของประเทศไทย ผลการศึกษาค้นคว้านี้แสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.4 ช่วงความเข้มข้นสารบิวทิลทินและค่าเฉลี่ย (ng/g น้ำหนักตัวอย่าง) ที่ตรวจพบในหอยแมลงภู่จากพื้นที่ต่างๆ บริเวณชายฝั่งอ่าวไทยและฝั่งอันดามัน

ปี	จำนวนตัวอย่าง (n)	MBT	DBT	TBT	BTs
1994	7	(<3-45) 21	(1-66) 17	(7-200) 64	(9-310) 96
1995	14	(3-42) 9	(1-80) 11	(3-680) 90	(4-800) 110
เฉลี่ย	21	(3-45) 14	(1-80) 13	(3-680) 81	(4-800) 100

หมายเหตุ Σ BTs คือ ผลรวมของสาร MBT, DBT และ TBT

ตัวเลขในวงเล็บ คือ ช่วงความเข้มข้นที่ตรวจพบ

ตัวเลขนอกวงเล็บ คือ ค่าความเข้มข้นเฉลี่ย (ng/g น้ำหนักตัวอย่าง)

ในบรรดาสารประกอบบิวทิลทิน (BTs) ที่ตรวจพบในตัวอย่างหอยแมลงภู่จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าสาร TBT ปนเปื้อนทุกตัวอย่างที่เก็บมาวิเคราะห์ในระดับความเข้มข้นที่ค่อนข้างสูง ในขณะที่สาร DBT และ MBT ตรวจพบปนเปื้อนในระดับความเข้มข้นที่ต่ำ โดยภาพรวมแล้ว สาร TBT ที่ตรวจพบในหอยแมลงภู่ที่เก็บจากพื้นที่เป้าหมายต่างๆ ในประเทศไทยพบว่าการปนเปื้อนระดับต่ำ (Low) ถึงระดับปานกลาง (Moderate) ยกเว้นตัวอย่างหอยแมลงภู่ที่เก็บจากพื้นที่เก็บตัวอย่างที่ทุ่งกระเบน จังหวัดจันทบุรี มีการปนเปื้อนด้วย TBT สูง (680 ng/g น้ำหนักตัวอย่าง) ผลจากการศึกษาครั้งนี้พบว่าสารประกอบบิวทิลทินที่ตรวจพบมีสัดส่วนขององค์ประกอบ TBT มากกว่า DBT และ DBT มากกว่า MBT และพบว่าตัวอย่างหอยแมลงภู่ที่เก็บจากทุกพื้นที่ที่ปนเปื้อนด้วยสาร TBT มีสัดส่วนมากถึง 70 % ส่วนที่เหลือเป็น

DBT และ MBT ซึ่งข้อมูลเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าเนื้อเยื่อหอยแมลงภู่มิมีความสามารถในการย่อยสลายสาร TBT ให้เป็น DBT และ MBT ก่อนข้างกำจัด

กรมควบคุมมลพิษ (2547) กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้สรุปสถานการณ์มลพิษของประเทศไทยปี 2546 โดยเฉพาะสารมลพิษอินทรีย์ในกลุ่มสารประกอบดีบุกอินทรีย์ ได้แก่ สารประกอบไตรบิวทิลทิน (Tributyltin: TBT) ซึ่งนิยมใช้เป็นส่วนผสมในสีทากันเฟรียง สามารถก่อให้เกิดปัญหาการเปลี่ยนเพศในสัตว์น้ำ ทำให้ระบบนิเวศเสียสมดุล โดยพบว่าการปนเปื้อนสูงเกินเกณฑ์มาตรฐานที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (US-EPA) และมาตรฐานกลุ่มประเทศอาเซียนกำหนดคือไม่เกินกว่า 10 ng/L ซึ่งในประเทศไทยมีหลายพื้นที่ที่เป็นท่าเทียบเรือขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ มีการปนเปื้อนด้วยสารมลพิษชนิดนี้เกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดดังกล่าว ได้แก่

1. บริเวณอ่าวไทยตอนใน ได้แก่ บริเวณปากแม่น้ำสายหลัก 4 สายคือ แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำบางปะกง และแม่น้ำแม่กลอง ซึ่งสารประกอบ TBT พบมีค่าสูงในหลายสถานี ได้แก่ บริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง 13-22 ng/L ท่าจีน 17-23 ng/L และเจ้าพระยา 18 ng/L

2. บริเวณชายฝั่งอ่าวไทยฝั่งตะวันออก สารประกอบ TBT ในน้ำทะเล พบว่ามีค่าสูงบริเวณอ่าวชลบุรี 13.2 ng/L อ่าวอุดม 45-52 ng/L ที่ท่าเรือแหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี 12-43 ng/L และมาบตาพุด จังหวัดระยอง 15 ng/L

3. บริเวณชายฝั่งอ่าวไทยฝั่งตะวันตก สารประกอบ TBT ในน้ำทะเลมีการปนเปื้อนสูงมากบริเวณท่าเรือเฟอรี่เกาะสมุยที่ระดับความเข้มข้น 20 ng/L ปากแม่น้ำหลังสวนพบ 15 ng/L และปากแม่น้ำปัตตานีพบ 14 ng/L

4. บริเวณชายฝั่งด้านทะเลอันดามัน มีการปนเปื้อนของ TBT ในน้ำทะเลฝั่งอันดามัน พบที่มีการปนเปื้อนสูงคือบริเวณท่าเทียบเรือ อ่าวตันไทร เกาะพีพี จังหวัดกระบี่มีระดับความเข้มข้น 33 ng/L

2.10 วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

2.10.1 ตรวจสอบวิธีการ ดำรงพื้นที่และการเก็บตัวอย่าง

ตรวจสอบวิธีการทดลอง (Method validation) ทดลองศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับวิธีการวิเคราะห์ปรับปรุงวิธีการให้มีประสิทธิภาพเพื่อให้ผลร้อยละกลับคืน (% Recovery) ของสารมาตรฐานที่เดิม สำหรับแต่ละกลุ่มสารเป้าหมายที่จะวิเคราะห์ในแต่ละชนิดตัวอย่าง อยู่ในช่วงที่ยอมรับตามเงื่อนไขที่กำหนดโดย US-EPA method ประเมินผลวิธีการวิเคราะห์โดยวิเคราะห์สารตัวอย่างมาตรฐานแต่ละชนิดที่ได้รับการรับรอง (Certified reference material; CRM) ซึ่งทราบปริมาณความเข้มข้นของสารมาตรฐานที่แน่นอนเพื่อให้ผลการวิเคราะห์สารมลพิษอินทรีย์ในตัวอย่างจริงมีความถูกต้องและแม่นยำสูง ทดลองและวิเคราะห์หาค่าขีดจำกัดการตรวจวัดขั้นต่ำของเครื่องแก๊สโครมาโต

กราฟ (LOD) และขีดจำกัดการตรวจวิเคราะห์เชิงปริมาณ (LOQ) ทดลองและคำนวณค่าขีดจำกัดการตรวจวัดขั้นต่ำของวิธีการวิเคราะห์ (method detection limit) สำหรับสารมาตรฐานแต่ละกลุ่ม

ควบคุมคุณภาพการทดลองในห้องปฏิบัติการ เช่น การเตรียมอุปกรณ์ เครื่องแก้ว สารเคมี และตัวทำละลายอินทรีย์ชนิดต่างๆ จะต้องเป็นไปตามวิธีกำหนดใน US-EPA (1995) Method number 1665 และ 3540A สารมาตรฐานที่ใช้วิเคราะห์เชิงปริมาณ (quantification calibration) จะต้องผ่านการตรวจสอบความเข้มข้นโดยวิเคราะห์ผลและติดตามพื้นที่ใต้พีค (Area counts) ของแต่ละองค์ประกอบเป็นระยะๆ เพื่อรักษาระดับความเข้มข้นของแต่ละองค์ประกอบให้คงที่และถูกต้องในระหว่างทำการวิจัย เตรียมและทดลองตัวอย่าง Blank ควบคู่กับตัวอย่างจริงเพื่อติดตามและทดสอบการปนเปื้อนที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการทดลอง

ทำการสำรวจพื้นที่เพื่อกำหนดจุดเก็บตัวอย่างที่เหมาะสมของแต่ละพื้นที่ศึกษา เก็บตัวอย่างน้ำ (ใช้ขวดแก้วสีชา) ตะกอนดิน และสัตว์น้ำ (หอยแมลงภู่โดยเลือกซื้อจากชาวประมงพื้นบ้านในพื้นที่เป้าหมาย) จากจุดต่างๆ ที่กำหนดในพื้นที่เป้าหมายต่างๆ 9 แห่ง ที่มีเรือประมงขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ คือ ปากน้ำตากใบ และบางนรา (จังหวัดนราธิวาส) บริเวณปากแม่น้ำสายบุรี ปะนาละ หนองจิก และเมืองปัตตานี (จังหวัดปัตตานี) บริเวณปากแม่น้ำเทพา ปากบาง และบริเวณท่าเทียบเรือประมงเมืองสงขลา (จังหวัดสงขลา) ตัวอย่างทั้งหมดจะถูกเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C และนำกลับมายังศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา เพื่อทำการวิเคราะห์

2.10.2 การเตรียมและวิเคราะห์ตัวอย่าง

ตัวอย่างทั้งหมดนำมาเตรียมและทดลองตามวิธีการที่กำหนด โดยตัวอย่างน้ำวิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐานที่ดีโดย Soniassy และคณะ (1995) โดยสรุปประกอบด้วยการผสมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นสกัดด้วยตัวทำละลายไตรโพลีน 0.05% ระเหยเฮกเซนด้วย Rotary evaporator เติม Grignard reagent (methylmagnesium bromide or pentylmagnesium bromide) ปลอ่ยให้เกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้อง 15 นาที หยุดปฏิกิริยาโดยเติม 20% สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ นำไปเข้าเครื่อง centrifuge ชั้นเฮกเซนนำไปฉีดเข้าเครื่อง GC-FPD

ส่วนการเตรียมตัวอย่างและวิเคราะห์เนื้อเยื่อสัตว์น้ำโดยสรุปคือ ชั่งเนื้อเยื่อมา 5 g ผสมกรดไฮโดรคลอริกบดและปั่นในเครื่องปั่นให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน สกัดตัวอย่างด้วยตัวทำละลายไตรโพลีน-อะซิโตน 0.1% เปลี่ยนตัวทำละลายเป็นไตรโพลีน-เบนซีน กำจัดความชื้นในตัวอย่างด้วย NaSO₄ เติม Grignard reagent (Pentylmagnesium bromide) และสกัดสาร Organotin กำจัดสิ่งปนเปื้อนด้วยคอลัมน์ฟลอริซิลแห่ง (Florisil column) ลดปริมาตรตัวทำละลายเฮกเซน ปรับปริมาตรสารตัวอย่างให้แน่นอนด้วยแก๊สไนโตรเจน (Morcill and Port, 1998; Kannan และคณะ 1995) ตรวจวิเคราะห์ด้วยแก๊สโครมาโตกราฟ (GC-FPD) ที่ห้องวิจัย 09-312 ศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการ

3.1 บทนำ

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ (Scientific research) ในสาขาวิชาเคมีวิเคราะห์ทางสิ่งแวดล้อม (Analytical environmental chemistry) ฉะนั้น วิธีการดำเนินการวิจัยตามโครงการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ การวิจัยในห้องปฏิบัติการทางเคมี และการวิจัยโดยการสำรวจเก็บรวบรวมข้อมูลจากพื้นที่เป้าหมายต่างๆ ที่กำหนดในโครงการ

1. การวิจัยในห้องปฏิบัติการที่ห้องเคมีวิเคราะห์ทางสิ่งแวดล้อม ศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ซึ่งเกี่ยวข้องกับปฏิบัติการทดลอง ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในห้องปฏิบัติการ โดยใช้วัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี ตัวทำละลายเกรดต่างๆ และเครื่องมือวิเคราะห์ทางเคมีขั้นสูงในห้องปฏิบัติการ วิธีการวิจัยส่วนแรกประกอบด้วย การเตรียมวัสดุอุปกรณ์และสารเคมีเกรดที่เกี่ยวข้อง การเทียบมาตรฐานเครื่องมือวิเคราะห์ (Instrumental Calibration) เพื่อความเที่ยงตรงและความแม่นยำของผลการวิเคราะห์ที่ได้ การตรวจสอบวิธีวิเคราะห์ (Method Validation) ประกอบด้วย การเตรียมตัวอย่าง (Sample preparation) การสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ (Extracting with organic solvent) การกำจัดสิ่งปนเปื้อนในตัวอย่าง (Sample cleanup) วิเคราะห์ตัวอย่างด้วย GC-FPD (Flame photometric detector GC) และตรวจวิเคราะห์ยืนยันผลด้วยเครื่อง GC-MSD (Mass spectrometer detector GC)

มาตรการควบคุมคุณภาพ (Quality control measures) ของปฏิบัติการทดลองเป็นสิ่งสำคัญของกระบวนการทดลองในห้องปฏิบัติการ เพื่อประกันคุณภาพมาตรฐานห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์ เครื่องแก้ว และเครื่องมือพื้นฐานที่ใช้ในการทดลอง

2. การวิจัยโดยการสำรวจเก็บรวบรวมข้อมูลจากพื้นที่เป้าหมายต่างๆ ที่กำหนดในโครงการ เพื่อกำหนดจุดการเก็บตัวอย่างน้ำ ตะกอนดินที่เหมาะสม และเลือกซื้อหอยแมลงภู่ที่ใช้เป็นตัวแทนในการวิจัย การรักษาดตัวอย่างที่เก็บตามวิธีที่กำหนด บรรจุกลับมามาทดลอง วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการที่ศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ ตามตารางและระยะเวลาที่กำหนด พื้นที่ศึกษาตามโครงการวิจัยครั้งนี้ครอบคลุมพื้นที่เป้าหมายต่างๆ 9 แห่งในจังหวัดนราธิวาส ปัตตานี และจังหวัดสงขลา ที่มีเรือประมงขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ คือ ปากน้ำตากใบ และบางนรา (จังหวัดนราธิวาส) บริเวณปากแม่น้ำ

สาขานรี ปะนาละ หนองจิก และเมืองปัตตานี (จังหวัดปัตตานี) บริเวณปากแม่น้ำเทพา ปากบาง และบริเวณท่าเทียบเรือประมงเมืองสงขลา (จังหวัดสงขลา)

การศึกษาการกระจายของ TBT, DBT และ MBT ในน้ำทะเล ตะกอนดิน และหอยแมลงภู่ ในโครงการวิจัยนี้ จะต้องอาศัยวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ และสารเคมี ดังรายละเอียดในหัวข้อต่อไปนี้

3.2 เครื่องมือ อุปกรณ์และสารเคมี

วัสดุอุปกรณ์ เครื่องแก้ว และเครื่องมือวิเคราะห์ที่ใช้ในการทดลองทุกขั้นตอน ได้ใช้อุปกรณ์ เครื่องมือประจำห้องปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ทางสิ่งแวดล้อม สาขาเคมี ชั้น 3 ศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ส่วนอุปกรณ์ที่จำเป็นบางชนิดได้จัดซื้อมาเพิ่มเติม รายละเอียดของวัสดุอุปกรณ์ เครื่องแก้วดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3.1 รายการอุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์

ที่	เครื่องมือและอุปกรณ์	รุ่นและยี่ห้อ
1	ขวดแก้วสี่ขาสำหรับเก็บตัวอย่างน้ำขนาด 4 ลิตร	ขวดตัวทำละลายอินทรีย์
2	อุปกรณ์เก็บดินตะกอน (Van veen grab)	-
3	ถุงพลาสติกสำหรับเก็บตัวอย่างดินตะกอน และสิ่งมีชีวิต	-
4	เครื่องชั่งไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง และ 2 ตำแหน่ง	Sartorius
5	เครื่องปั่นเนื้อเยื่อสัตว์น้ำ	-
6	เครื่องเขย่า	VORTEX-2 GENIE
7	เครื่องระเหยตัวทำละลาย (Rotary evaporator)	Buchi
8	อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ	-
9	เครื่องเหวี่ยงจากศูนย์กลาง (Centrifuge)	-
10	เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ (GC-FPD)	Varian 3600 CX
11	คอลัมน์ ชนิดแคปิลลารี (Capillary column)	SPB-5 (ยาว 30 m สารเคลือบ 0.25 μm)
12	ชุดกรองแบบสุญญากาศพร้อมปั๊ม	-
13	ถังโฟมใส่ตัวอย่าง	-
14	เทอร์โมมิเตอร์ 0-200 $^{\circ}\text{C}$	-
15	Syringe ขนาด 5-10 μL	HAMILION
16	ขวดวัดปริมาตร 5-10 ml	-
17	Vial ชนิดใส ขนาด 2 ml	Supelco

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

ที่	เครื่องมือและอุปกรณ์	รุ่นและยี่ห้อ
18	ขวดกั่นกลมขนาดต่างๆ	Buchi (100, 250, 500, 1000 mL)
19	Separatory funnel ขนาด 250-500 mL	-
20	ชุดกรองแบบสุญญากาศพร้อมปั๊ม	-
21	คอลัมน์แก้ว	-
22	บิวเรตและปิเปต	-
23	หลอด SPE C18 ขนาด 6 mL	Supelco
24	ตู้อบเครื่องแก้วและสารเคมี	Memmot
25	หลอดหยดปลายแหลม	-
26	อ่างล้างเครื่องแก้วแบบอัลตราโซนิก	-
27	Universal Indicator pH 0 -14	MERCK KGaA , Germany
28	เครื่องวัดความขุ่น (Turbidimeter)	HACH 2100 AN TURBIDIMETER

สารเคมีและตัวทำละลายอินทรีย์ทั้งหมดที่ใช้ในการทดลองเป็นเกรดวิเคราะห์ ได้ผ่านการกลั่นหนึ่งครั้งก่อนนำไปใช้ในกระบวนการทดลองและวิเคราะห์ ส่วนสารเคมีที่เป็นของแข็งได้ผ่านการอบตามวิธีมาตรฐานที่กำหนดโดย US-EPA (1996) เพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อนก่อนนำมาใช้ทดลอง รายการสารเคมีชนิดต่างๆ ที่ใช้ในงานการวิเคราะห์ครั้งนี้ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 รายการสารเคมีชนิดต่างๆ ที่ใช้ในงานวิเคราะห์

ที่	สารเคมี	ผู้ผลิตและเกรด
1	กรดไฮโดรคลอริก (HCl)	LAB-SCAN/AR grade
2	กรดซัลฟูริก (H ₂ SO ₄)	LAB-SCAN/AR grade
3	โทรโพลอน (tropolone)	Supelco/AR grade
4	อะซิโตน (acetone)	LAB-SCAN/AR grade
5	เบนซีน (benzene)	LAB-SCAN/AR grade
6	เฮกเซน (hexane)	LAB-SCAN/AR grade
7	โพรพิลแมกนีเซียมคลอไรด์ (Propylmagnesium chloride)	Supelco/ AR grade
8	เมทานอล (methanol)	LAB-SCAN/AR grade
9	ฟลอริซิล (florisil)	J.T Baker / Pesticide grade

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

ที่	สารเคมี	ผู้ผลิตและเกรด
10	โซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4 anhydrous)	LAB-SCAN/AR grade
11	สารละลายมาตรฐานบิวทิลทินคลอไรด์	
12	แก๊สไนโตรเจนบริสุทธิ์	Instrumental grade
13	แก๊สไฮโดรเจนบริสุทธิ์	Instrumental grade
14	แอร์ซีโร่ (Airzero)	Instrumental grade
15	สารส้ม	-

3.3 วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

3.3.1 ตรวจสอบวิธี ดำรงพื้นที่และการเก็บตัวอย่าง

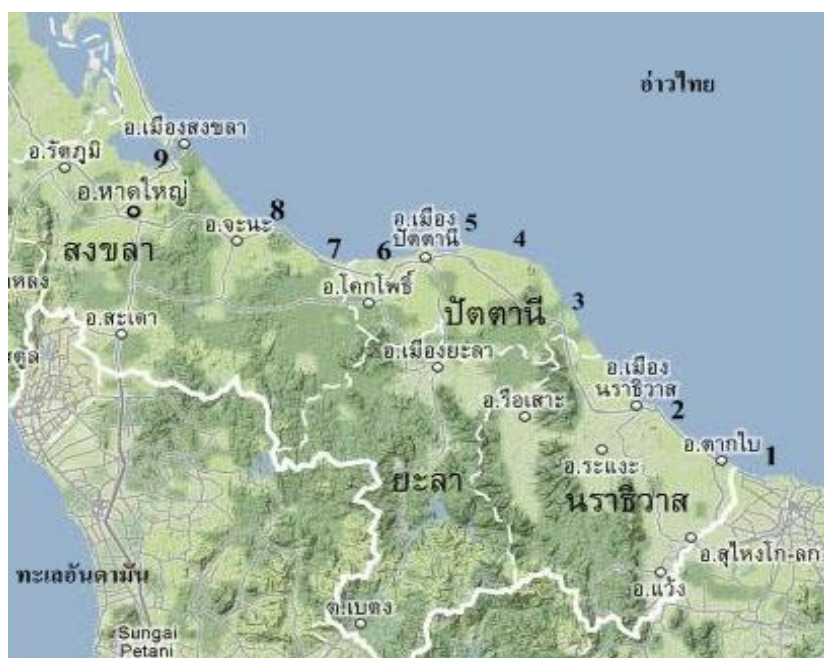
ตรวจสอบวิธีการทดลอง (Method validation) ทดลองศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับวิธีการวิเคราะห์ ปรับปรุงวิธีวิเคราะห์ให้มีประสิทธิภาพเพื่อให้ผลร้อยละกลับคืน (% Recovery) ของสารมาตรฐานที่เติม สำหรับแต่ละกลุ่มสารเป้าหมายที่จะวิเคราะห์ในแต่ละชนิดตัวอย่างให้อยู่ในช่วงที่ยอมรับตามเงื่อนไขที่กำหนดโดย US-EPA method ประเมินผลวิธีการวิเคราะห์โดยวิเคราะห์สารตัวอย่างมาตรฐานแต่ละชนิดที่ได้รับการรับรอง (Certified Reference Material; CRM) ซึ่งทราบปริมาณความเข้มข้นของสารมาตรฐานที่แน่นอนเพื่อให้ผลการวิเคราะห์สารมลพิษอินทรีย์ในตัวอย่างจริงมีความถูกต้องและแม่นยำสูง ทดลองและวิเคราะห์หาค่าขีดจำกัดการตรวจวัดขั้นต่ำ (LOD) ของเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟ และขีดจำกัดการตรวจวิเคราะห์เชิงปริมาณ (LOQ) ทดลองและคำนวณค่าขีดจำกัดการตรวจวัดขั้นต่ำของวิธีการวิเคราะห์ (Method detection limit) สำหรับสารมาตรฐานแต่ละกลุ่ม

ควบคุมคุณภาพการทดลองในห้องปฏิบัติการ เช่น การเตรียมอุปกรณ์ เครื่องแก้ว สารเคมี และตัวทำละลายอินทรีย์ชนิดต่างๆ จะต้องเป็นไปตามวิธีกำหนดใน US-EPA (1995) Method number 1665 และ 3540A สารมาตรฐานที่ใช้วิเคราะห์เชิงปริมาณ (Quantification calibration) จะต้องผ่านการตรวจสอบความเข้มข้นโดยวิเคราะห์ผลและติดตามพื้นที่ใต้พีค (Area counts) ของแต่ละองค์ประกอบเป็นระยะๆ เพื่อรักษาระดับความเข้มข้นของแต่ละองค์ประกอบให้คงที่และถูกต้องในระหว่างทำการวิจัย เตรียมและทดลองตัวอย่าง Blank ควบคู่กับตัวอย่างจริงเพื่อติดตามและทดสอบการปนเปื้อนที่อาจจะเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการทดลอง

3.3.2 พื้นที่ศึกษาวิจัยและการเก็บตัวอย่าง

ทำการสำรวจพื้นที่เพื่อกำหนดจุดเก็บตัวอย่างที่เหมาะสมของแต่ละพื้นที่ศึกษา เก็บตัวอย่างน้ำใช้ขวดแก้วสีชา ตะกอนดินใช้อุปกรณ์เก็บตะกอนผิวดินได้น้ำ (Van veen grab) จากจุดต่างๆ ที่กำหนดในพื้นที่เป้าหมายต่างๆ 9 แห่ง ที่มีเรือประมงขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ คือ 1. ปากน้ำตากใบ 2. บางนรา 3.

ปากแม่น้ำสาขบุรี 4. ปะนาละ 5. หนองจิก 6. เมืองปัตตานี 7. ปากแม่น้ำเทพา 8. ปากบาง และ 9. ท่าเทียบเรือประมงเมืองสงขลาในเขตทะเลสาบสงขลาตอนนอก ส่วนตัวอย่างสัตว์น้ำ ได้ทำการเก็บตัวอย่างและทดลองเพียงชนิดเดียวคือ หอยแมลงภู่ (Green mussel) ซึ่งตัวอย่างหอยแมลงภู่ออกไปเก็บที่บริเวณพื้นที่ปากอ่าวปัตตานี) ครั้งละ 50 ตัว มีขนาดความยาวอยู่ในช่วง 50-70 เซนติเมตร พื้นที่สำหรับเก็บตัวอย่างในศึกษาวิจัยตามโครงการนี้ ดังแสดงในภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 แผนที่แสดงจุดเก็บตัวอย่างในพื้นที่ชายฝั่งจังหวัดนราธิวาส ปัตตานี และสงขลา

รายละเอียดเกี่ยวกับพื้นที่ตำแหน่งและจุดเก็บตัวอย่างชนิดต่างๆ ของแต่ละพื้นที่ดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 รายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างในพื้นที่ศึกษา

ที่	พื้นที่ศึกษา	รายละเอียดบริเวณจุดเก็บตัวอย่าง
1	ปากน้ำตาบา จ.นราธิวาส	เก็บตัวอย่างน้ำและตะกอนดิน 3 จุด บริเวณท่าเทียบเรือประมงและท่าแพขนานยนต์ข้ามแม่น้ำตาบา คือ TB 1, TB 2 และ TB 3 จากตะวันตกไปทางตะวันออก ตามลำดับ
2	ท่าเรือประมงในแม่น้ำ บางนรา จ.นราธิวาส	เก็บตัวอย่างน้ำและตะกอนดิน 3 จุด บริเวณท่าเทียบเรือประมงในชุมชนชายหาดบางนรา คือ BN 1, BN 2 และ BN 3 ในแนวขนานกับชายฝั่งทะเล ตามลำดับ

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

ที่	พื้นที่ศึกษา	รายละเอียดบริเวณจุดเก็บตัวอย่าง
3	ชุมชนปากน้ำสาขบุรี จ.ปัตตานี	เก็บตัวอย่างน้ำและตะกอนดิน 3 จุด บริเวณท่าเทียบเรือประมงและแพปลาปากน้ำสาขบุรี 3 แห่ง คือ SB 1, SB 2 และ SB 3
4	คลองรอบรูวัศ อ.ปะนาเระ จ.ปัตตานี	เก็บตัวอย่างน้ำและตะกอนดิน 3 จุด บริเวณท่าเรือประมงในชุมชนบ้านคลองรอบรูวัศ อำเภอปะนาเระ คือ KB 1, KB 2 และ KB 3
5	ท่าเรือประมงปัตตานี จ.ปัตตานี	เก็บตัวอย่างน้ำและตะกอนดิน 5 จุด บริเวณท่าเทียบเรือประมงตั้งแต่สะพานเดชานุชิตถึงสะพานเฉลิมพระเกียรติ ร. 9 บ้านยูโย คือ PN 1, PN 2, PN 3, PN 4 และ PN 5 เก็บตัวอย่างหอยแมลงภู่จากบริเวณปากอ่าวปัตตานี
6	หนองจิก จ.ปัตตานี	เก็บตัวอย่างน้ำและตะกอนดิน 2 จุด บริเวณท่าเรือประมงในชุมชนบ้านบางตาва คือ NC 1 และ NC 2
7	ปากแม่น้ำเทพา จ.สงขลา	เก็บตัวอย่างน้ำและตะกอนดิน 3 จุด บริเวณท่าเรือประมงปากน้ำเทพา และชุมชนบ้านพระพุทธร คือ TP 1, TP 2 และ TP 3
8	ชุมชนบ้านปากบาง จ.สงขลา	เก็บตัวอย่างน้ำและตะกอนดิน 3 จุด บริเวณท่าเรือประมงชุมชนปากบาง คือ PB 1, PB 2 และ PB 3
9	ท่าเรือประมงสงขลา จ.สงขลา	เก็บตัวอย่างน้ำและตะกอนดิน บริเวณใกล้ท่าเทียบเรือประมงสงขลา ชุมชนเก่า เมืองสงขลา (ในทะเลสาบตอนนอก) ตั้งแต่บริเวณหลังโรงแรมเลคอิน (Lake Inn) ไปถึงบริเวณท่าแพขนานยนต์ทะเลสาบสงขลา รวมทั้งหมด 5 จุด คือ SK 1, SK 2, SK 3, SK 4 และ SK 5

การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการเก็บตัวอย่าง 2 ครั้งในรอบปีคือช่วงเดือนมกราคม 2554 ถึงเดือนสิงหาคม 2554 ตัวอย่างน้ำทั้งหมดถูกเก็บจากจุดต่างๆ ที่กำหนดดังแสดงในตารางที่ 3.3 โดยใช้ขวดแก้วสีชาขนาด 4 ลิตร ดักน้ำได้ผิวน้ำที่ความลึกครึ่งเมตร เก็บในหลังน้ำแข็งที่เตรียมไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C พารามิเตอร์พื้นฐานของน้ำ ทั้งทางเคมีและทางกายภาพบางพารามิเตอร์ทำการวัดและบันทึก ณ จุดเก็บตัวอย่างน้ำในพื้นที่ศึกษา (On site) เช่น ค่าพีเอช (pH) ความเค็ม (Salinity) และอุณหภูมิ แล้วนำกลับมาเตรียมตัวอย่าง ทดลอง วิเคราะห์ ที่ศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ที่ห้องวิจัย 09-308 วิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อนของไขมันและน้ำมัน (Oil and grease) ในน้ำโดยเทคนิคที่เสนอโดย US-EPA (1995) ของแข็งแขวนลอยรวม (Total suspended solid) วัดโดยกรองน้ำตัวอย่างด้วยกระดาษกรองขนาด 0.22 μm โดยใช้ปั๊มดูดสุญญากาศ แล้วชั่งกระดาษกรองด้วยเครื่องชั่งอย่างละเอียด ส่วนการวิเคราะห์สารมลพิษอินทรีย์ชีวพิษได้ดำเนินการตามวิธีการที่กำหนด

3.3.3. การเตรียมและวิเคราะห์ตัวอย่าง

ตัวอย่างทั้งหมดนำมาเตรียมและทดลองตามวิธีการที่กำหนด โดยตัวอย่างน้ำวิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐานที่ดีโดย Soniassy และคณะ (1995) วิธีการทดลองโดยสรุปคือ สกัดตัวอย่างน้ำด้วยตัวทำละลายโทรโฟลอน 0.05% ระเหยเฮกเซนด้วย Rotary evaporator เติม Grignard reagent (Methylmagnesium bromide or Pentylmagnesium bromide) ปลอ่ยให้เกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้อง 15 นาที หยุดปฏิกิริยาโดยเติม 20% สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ นำไปปั่นแยกโดยเครื่อง Centrifuge แยกชั้นเฮกเซน นำไปวิเคราะห์โดยเครื่อง GC-FPD

ส่วนการเตรียมตัวอย่างและวิเคราะห์เนื้อเยื่อสัตว์น้ำโดยสรุปคือ ชั่งเนื้อเยื่อมา 5 g ผสมกรดไฮโดรคลอริก บดและปั่นในเครื่องปั่นให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน สกัดตัวอย่างด้วยตัวทำละลายโทรโฟลอน-อะซิโตน 0.1% เปลี่ยนตัวทำละลายเป็นโทรโฟลอน-เบนซีน กำจัดความชื้นในตัวอย่างด้วย Na_2SO_4 เติม Grignard reagent (Pentylmagnesium bromide) และสกัดสารประกอบ Butyltin กำจัดสิ่งปนเปื้อนด้วยคอลัมน์ฟลอริซิลแห่ง (Florisil column) ลดปริมาตรตัวทำละลายเฮกเซน ปรับปริมาตรสารตัวอย่างให้แน่นอนด้วยแก๊สไนโตรเจน (Morcill and Port, 1998; Kannane *et al.*, 1995; kan-Atireklap *et al.*, 1997) ตรวจวิเคราะห์ด้วยแก๊สโครมาโตกราฟ (GC-FPD) ที่ห้องวิจัย 09-312 ศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

ขั้นตอนและวิธีการเตรียมตัวอย่าง การทดลอง และการวิเคราะห์สารประกอบบิวทิลทินในตัวอย่างชนิดต่างๆ ดังรายละเอียดในหัวข้อต่อไปนี้

ก. การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบบิวทิลทิน ในน้ำ

หลังจากเก็บตัวอย่างน้ำจากจุดเก็บที่กำหนดในพื้นที่เป้าหมายต่างๆ ในจังหวัดนราธิวาส ปัตตานี และสงขลา และทำการรักษาตัวอย่างน้ำตามวิธีที่กำหนดแล้ว วัตถุประสงค์พื้นฐานทางเคมีและกายภาพที่เกี่ยวข้อง บรรทุกกลับมาเตรียมที่ห้องปฏิบัติการทางเคมีวิเคราะห์สิ่งแวดล้อม ณ ศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา การเตรียมตัวอย่างน้ำ ทดลอง สกัด กำจัดสิ่งปนเปื้อน และวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-FPD ดังขั้นตอนรายละเอียดต่อไปนี้

1. ตวงตัวอย่างน้ำปริมาตร 500 มิลลิลิตร ใส่ในกรวยแยกขนาด 500 มิลลิลิตร เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.5 มิลลิลิตร และสารละลาย 0.1% โทรโฟลอนในเบนซีนอีก 25 มิลลิลิตร

2. เขย่าตัวอย่างกับสารละลายด้วยเครื่องเขย่านาน 15 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้นนานประมาณ 15 นาที แล้วไขแยกชั้นของ 0.1% โทรโฟลอนในเบนซีนออกมาใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร สกัดซ้ำอีกครั้งโดยเติมสารละลาย 0.1% โทรโฟลอนในเบนซีนใหม่ลงไปอีก 25 มิลลิลิตร เขย่านาน 15 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้นนานประมาณ 1 ชั่วโมง แยกชั้นของสารละลาย 0.1 % โทรโฟลอนในเบนซีน โดยไขออกมารวมกับสารละลายในครั้งแรก

3. เติม Na_2SO_4 ประมาณ 5 กรัม เพื่อกำจัดน้ำออกจากสารละลาย (โดยใส่ให้เกินและทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที)

4. กรองเอาสารละลายมาลดปริมาตรด้วยเครื่อง Rotary evaporator ภายใต้อากาศสูญญากาศ ให้เหลือประมาณ 3-5 มิลลิลิตร

5. ถ่ายสารละลายไปใส่ในหลอดที่มีฟาปิขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลายโพธิฟิลแมกนีเซียมคลอไรด์ (Grignard reagent) จำนวน 2 มิลลิลิตร

6. เขย่าหลอดในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 40 °C นาน 1 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วหยุดปฏิกิริยาด้วยการเติมสารละลายกรดซัลฟริกเข้มข้น 2 M จำนวน 10 มิลลิลิตร

7. ถ่ายสารละลายไปใส่ในกรวยแยกขนาด 250 มิลลิลิตร ที่มี 10% เบนซีนในเฮกเซนจำนวน 20 มิลลิลิตรของ และ น้ำกลั่น (ที่ผ่านการสกัดด้วยเฮกเซน) จำนวน 40 มิลลิลิตร แล้วสารละลายที่ค้างอยู่ในหลอดด้วยเมธานอล 10 มิลลิลิตร

8. เขย่าสารละลายเป็นเวลา 15 นาที แล้วทิ้งไว้ให้แยกชั้น ไซแยกเอา 10 % เบนซีนในเฮกเซน ลดปริมาตรให้เหลือประมาณ 3-5 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้ไปกำจัดสิ่งปนเปื้อนด้วยคอลัมน์ฟลอริซิลที่อิมมิดในตัวทำละลายเฮกเซน

9. สารตัวอย่างที่กำจัดสิ่งปนเปื้อนแล้วนำไปลดปริมาตรให้เหลือ 1 มิลลิลิตรอีกครั้ง แล้วปรับปริมาตรให้แน่นอนด้วยแก๊สไนโตรเจนบริสุทธิ์ นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี (GC-FPD)

ข. การวิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อนของสารประกอบบิวทิลทินในดินตะกอน

หลังจากเก็บตะกอนดินจากจุดเก็บที่กำหนดในพื้นที่เป้าหมายต่างๆ ในจังหวัดนราธิวาส ปัตตานี และสงขลา บรรจุกลับมามาเตรียมที่ห้องปฏิบัติการทางเคมีวิเคราะห์สิ่งแวดล้อม ณ ศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา เก็บรักษาตัวอย่างตะกอนดินในห้องปฏิบัติการตามวิธีที่กำหนด หาเปอร์เซ็นต์ความชื้นในตะกอนดินเพื่อคำนวณน้ำหนักแห้ง (Hajisamoh, A., 2006) เตรียมตัวอย่างตะกอนดิน ทดลอง สกัด กำจัดสิ่งปนเปื้อน และวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ GC (FPD) ดังขั้นตอนรายละเอียดต่อไปนี้

1. ชั่งตัวอย่างดินตะกอน 10 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1 M จำนวน 10 มิลลิลิตร สารละลาย 0.1% โทริโพลโนในอะซิโตน 20 มิลลิลิตร

2. ปิดด้วยออลูมิเนียมฟลอยด์ สกัดด้วยการเขย่าตัวอย่างด้วยเครื่องเขย่า 30 นาที

3. แยกเอาสารละลาย 0.1% โทริโพลโนในอะซิโตนจากตัวอย่างโดยใช้เครื่องเหวี่ยงที่ความเร็ว 3000 รอบต่อวินาที เป็นเวลา 15 นาที

4. รินสารละลายลงในกรวยแยกขนาด 500 มิลลิลิตร ที่บรรจุสารละลาย 0.1% โทริโพลโนในเบนซีนจำนวน 25 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 250 มิลลิลิตร (ผ่านการสกัดด้วยเฮกเซน)

5. ตัวอย่างตะกอนดินที่เหลืออยู่ในหลอดนำมาเติม 10 มิลลิลิตร ของสารละลาย 0.1% โทรโฟโลนในอะซิโตน เขย่าตัวอย่างและสารละลายด้วยมือ นาน 5 นาที นำไปเข้าเครื่องเหวี่ยงดังเช่นในข้อ 3 แล้วแยกเอาชั้นของ 0.1% โทรโฟโลนในอะซิโตนที่เดิมครั้งที่ 2 มาใส่ในกรวยแยกเดียวกับครั้งแรกตามข้อ 4

6. เมื่อผสมให้เข้ากันดีแล้วเขย่าด้วยเครื่องเขย่า 15 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้นนานประมาณ 15 นาที นำส่วนของ 0.1% โทรโฟโลนในเบนซีนใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลาย 0.1% โทรโฟโลนในเบนซีนใหม่ลงไปอีกครั้งจำนวน 25 มิลลิลิตร เขย่านาน 15 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้นนานประมาณ 1 ชั่วโมง

7. แยกเอาชั้นของสารละลาย 0.1% โทรโฟโลนในเบนซีนมารวมกับสารละลายในครั้งแรกเติม Na_2SO_4 เพื่อกำจัดน้ำออก (โดยใส่ให้เกินและตั้งทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที)

8. แยกเอาชั้นสารละลายมาลดปริมาตรด้วยเครื่องระเหยตัวทำละลายภายใต้ความดันสูญญากาศ (Rotary evaporator) ให้เหลือประมาณ 3-5 มิลลิลิตร

9. ถ่ายสารละลายไปใส่ในหลอดที่มีฝาปิดขนาด 100 มิลลิลิตร เติมสารละลายโพรพิลแมกนีเซียมคลอไรด์ 2 มิลลิลิตร (Grignard reagent) เขย่าหลอดในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 40°C นาน 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นแล้วหยุดปฏิกิริยาด้วยการเติมสารละลายกรดซัลฟูริก 2 M จำนวน 10 มิลลิลิตร

10. ถ่ายสารละลายไปใส่ในกรวยแยกขนาด 200 มิลลิลิตร เติม 10% เบนซีนในเฮกเซน 20 มิลลิลิตร และน้ำกลั่นที่ล้างด้วยเฮกเซน จำนวน 40 มิลลิลิตร ล้างสารละลายที่อยู่ในหลอดด้วย เมทานอล 10 มิลลิลิตร เติมในกรวยแยก เขย่านาน 15 นาที แล้วทิ้งให้แยกชั้น นำส่วนของ 10 % เบนซีนในเฮกเซนไปลดปริมาตรให้เหลือประมาณ 3-5 มิลลิลิตร

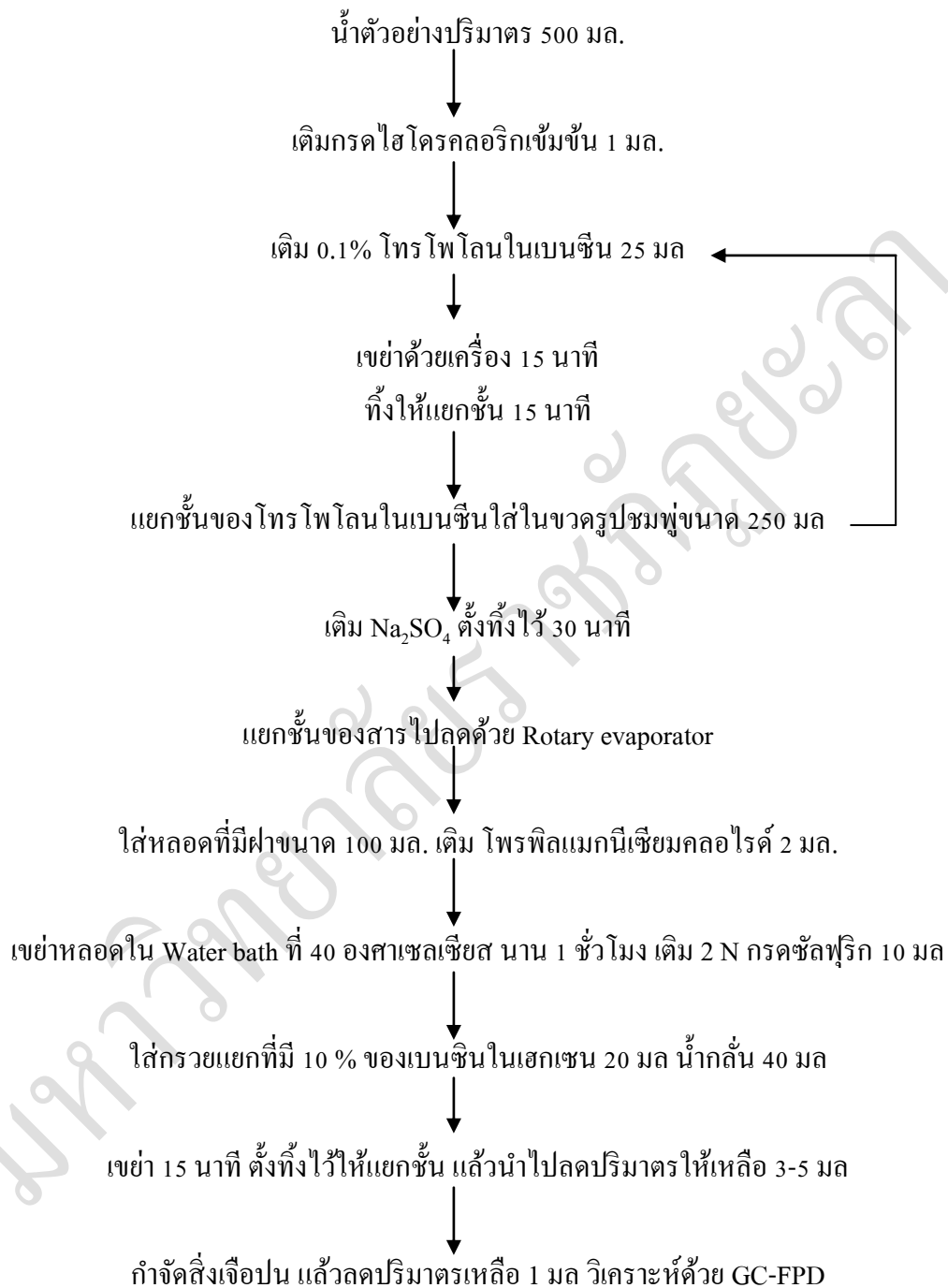
11. นำสารละลายที่ได้ไปกำจัดสิ่งปนเปื้อนด้วยคอลัมน์ของฟลอริซิลในระบบที่ต้มด้วยตัวทำละลายเฮกเซน สารผ่านคอลัมน์นำไปลดปริมาตรให้เหลือ 1 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้แน่นอนด้วยการเป่าด้วยแก๊สไนโตรเจน วิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี (GC-FPD)

ก. การวิเคราะห์ในเนื้อเยื่อหอยแมลงภู

นำตัวอย่างหอยแมลงภูที่จากจุดเก็บที่กำหนดในพื้นที่เป้าหมายต่างๆ ในจังหวัดปัตตานี มาทำความสะอาดโดยล้างด้วยน้ำกลั่น แยกเอาเปลือกออก ส่วนหนึ่งนำไปวิเคราะห์หาปริมาณไขมันในเนื้อหอยแมลงภู (Hajisamoh, A., 2006) และนำส่วนที่เป็นเนื้อเท่านั้นมาทดลองในห้องปฏิบัติการทางเคมี วิเคราะห์หัตถ์แวดล้อม ณ ศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา เตรียมตัวอย่างเนื้อหอยแมลงภู ทดลอง สกัด กำจัดสิ่งปนเปื้อน และวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ GC (FPD) ดังขั้นตอนรายละเอียดต่อไปนี้

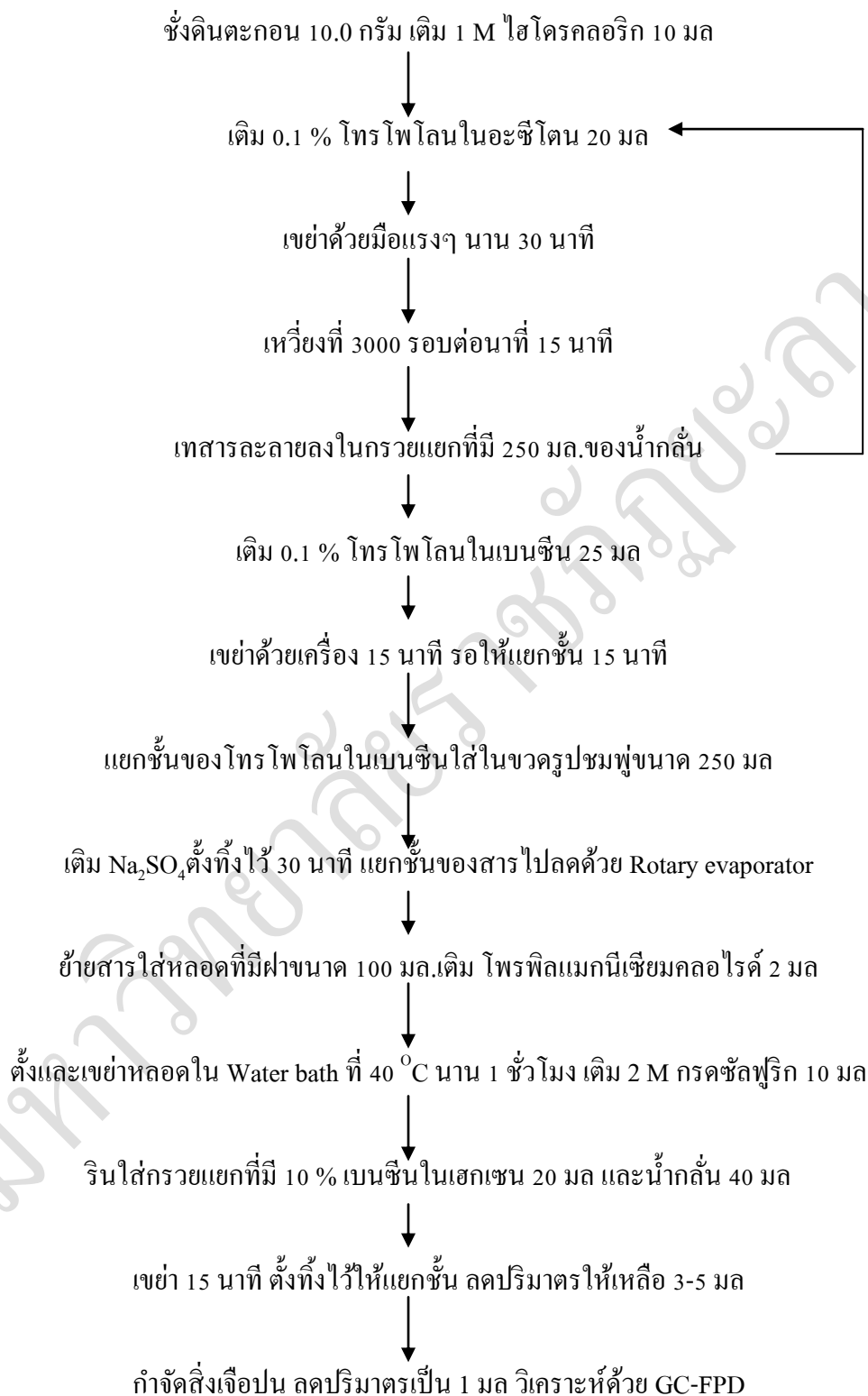
1. ชั่งเนื้อเยื่อหอยแมลงภู่น้ำจืดประมาณ 10 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 200 มิลลิลิตร เติมน้ำไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1 M จำนวน 10 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 0.1% โพรโพลีนในอะซิโตน 20 มิลลิลิตร แล้วนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นเป็นเวลาประมาณ 15 นาที
2. แยกเอาน้ำกลั่น 0.1% โพรโพลีนในอะซิโตนโดยใช้เครื่องเหวี่ยงที่ความเร็วสูง แล้วรินน้ำกลั่นที่ได้ลงในกรวยแยกขนาด 500 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 0.1% โพรโพลีนในเบนซีนจำนวน 25 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 250 มิลลิลิตร
3. ตัวอย่างที่เหลืออยู่ในหลอดนำมาเติมน้ำกลั่น 0.1% โพรโพลีนในอะซิโตน 20 มิลลิลิตร สกัดซ้ำอีกครั้ง แล้วแยกชั้นของ 0.1% โพรโพลีนในอะซิโตน ครั้งที่ 2 ใส่ในกรวยแยกเดียวกับครั้งแรก
4. นำไปแยกด้วยเครื่องแยกชั้น 15 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้นประมาณ 15 นาที แยกชั้นของ 0.1% โพรโพลีนในเบนซีน ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 0.1% โพรโพลีนในเบนซีน 25 มิลลิลิตร เขย่าอีกครั้งนาน 15 นาที
5. ตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้นนานประมาณ 1 ชั่วโมง แยกเอาชั้นของน้ำกลั่น 0.1% โพรโพลีนในเบนซีน มารวมกับน้ำกลั่นครั้งแรก กำจัดน้ำโดยเติมโซเดียมซัลเฟต (ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที)
6. กรองแยกเอา Na_2SO_4 ออกจากน้ำกลั่น แล้วนำไปลดปริมาตรด้วยเครื่อง Rotary evaporator ให้เหลือประมาณ 3-5 มิลลิลิตร
7. นำน้ำกลั่นไปใส่ในหลอดที่มีฝาปิดขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นโพธิ์แดงแมกนีเซียมคลอไรด์ 3 มิลลิลิตร เขย่าหลอดที่อุณหภูมิ 40°C นาน 1 ชั่วโมง ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นแล้วหยดปฏิกิริยาด้วยสารละลายกรดซัลฟูริก 2 M จำนวน 10 มิลลิลิตร
8. ถ่ายน้ำกลั่นลงในกรวยแยกขนาด 200 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 10% เบนซีนในเฮกเซน ปริมาตร 20 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร กรอว์น้ำกลั่นที่ค้างอยู่ในหลอดด้วย เมทานอล 10 มิลลิลิตร เขย่าน้ำกลั่นเป็นเวลา 15 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้น
9. แยกชั้นของ 10% เบนซีนในเฮกเซนไปลดปริมาตรให้เหลือประมาณ 3-5 มิลลิลิตร กำจัดสิ่งปนเปื้อนในตัวอย่างด้วยคอลัมน์ฟลูออไรด์
10. น้ำกลั่นที่ผ่านคอลัมน์นำไปลดปริมาตรให้เหลือ 2-3 มิลลิลิตรด้วยเครื่อง Rotary evaporator ปรับปริมาตรน้ำกลั่นตัวอย่างให้ได้ 1 มิลลิลิตร ก่อนนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี (GC-FPD)

ตัวอย่างน้ำ



สรุปแผนผังแสดงขั้นตอนวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

ตัวอย่างตะกอนดิน



สรุปแผนผังแสดงขั้นตอนวิเคราะห์ตะกอนดิน

ตัวอย่างหอยแมลงภู

ชั่งเนื้อเยื่อหอยแมลงภูจำนวน 10.0 กรัม เติม 1 M ไฮโดรคลอริก 10 มล

↓
เติม 0.1 % ของโทรโฟโลนในอะซีโตน 20 มล

↓
ปั่น 15 นาที

↓
เหวี่ยงที่อัตราเร็วการหมุน 3000 รอบต่อนาที 15 นาที

↓
ย้ายสารละลายลงในกรวยแยกที่มีน้ำกลั่น 250 มล

↓
เติม 0.1 % โทรโฟโลนในเบนซีน 25 มล

↓
เขย่า 15 นาที ทิ้งให้แยกชั้น 15 นาที

↓
แยกชั้นของโทรโฟโลนในเบนซีนใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มล

↓
กำจัดน้ำโดยเติม Na_2SO_4 ลดปริมาตรด้วย Rotary evaporator

↓
ใส่หลอดที่มีฝานขนาด 100 มล เติมโพรพิลแมกนีเซียมคลอไรด์ 2 มล

↓
เขย่าหลอดใน Water bath ที่ 40°C นาน 1 ชั่วโมง เติมกรดซัลฟูริก 2 M จำนวน 10 มล

↓
ย้ายใส่กรวยแยกที่มี 10 % เบนซีนในเฮกเซน 20 มล และน้ำกลั่น 40 มล

↓
เขย่า 15 นาที ทิ้งให้แยกชั้น ลดปริมาตรเหลือ 3-5 มล

↓
กำจัดสารเจือปน ลดปริมาตรเหลือ 1 มล วิเคราะห์ด้วย GC-FPD

สรุปแผนผังแสดงขั้นตอนวิเคราะห์เนื้อเยื่อหอยแมลงภู

3.4 วิเคราะห์ด้วย GC

3.4.1 สภาพเครื่อง GC-FPD

สถานะต่างๆ ของเครื่อง GC รุ่น Varian 3600 CX ที่ใช้ในการวิเคราะห์ครั้งนี้ ได้ทดลองหาสถานะที่เหมาะสมโดยเฉพาะอุณหภูมิคอลัมน์แบบโปรแกรม (programmed temperature) เทียบกับเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่าง และได้ปรับสถานะของเครื่อง GC ให้เหมาะสมกับงานการวิเคราะห์สารมาตรฐานและสารตัวอย่างเพื่อให้ผลการวิเคราะห์มีความถูกต้องและเที่ยงตรงมากยิ่งขึ้น สถานะต่างๆ ของเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี (GC acquisition conditions) ต่อไปนี้

1. อัตราการไหลของแก๊สพา: 2.0 mL/min
2. ความดันในช่องฉีดสาร: 19.5 Psi
3. การแยกของแก๊สในระบบการวิเคราะห์ของคอลัมน์: 1/50 split/split less injection mode
4. ชนิดหัววัด FPD
5. อุณหภูมิของหัววัด: 300 °C
6. อุณหภูมิของช่องฉีดสาร: 250 °C
7. ระบบการฉีดสาร: Sandwich Injection Mode
8. เครื่องฉีดสารตัวอย่างอัตโนมัติ: Autosampler 8200 Cx
9. ปริมาตรตัวอย่างที่ฉีดแต่ละครั้ง 1 uL
10. แก๊สพา: แก๊สไนโตรเจนบริสุทธิ์ที่ความดัน 60 Psi
11. เทคนิคการวิเคราะห์เชิงปริมาณ: External Standard Calibration ที่ความเข้มข้น 5 ระดับ

วิเคราะห์ตัวอย่างขั้นสุดท้ายโดยใช้เครื่อง GC-FPD โดยใช้ระบบฉีดสารตัวอย่างด้วยอุปกรณ์ฉีดสารตัวอย่างแบบอัตโนมัติ (Auto Sampler) ดังสถานะของเครื่อง GC ที่กำหนดข้างต้น โดยโปรแกรมอุณหภูมิคอลัมน์ไว้ดังนี้คือ

1. การตั้งโปรแกรมอุณหภูมิของเตา (Oven) 60 °C คงที่ 1 นาที
2. โปรแกรมอุณหภูมิในอัตรา 20 °C ต่อ นาที จนถึงอุณหภูมิเตา 295 °C แล้วคงที่เป็นเวลา 10 นาที จนจบการวิเคราะห์

3.4.2 การหาขีดจำกัดการตรวจวัดของเครื่อง GC

ขีดจำกัดขั้นต่ำของการตรวจวิเคราะห์ของเครื่อง (Instrumental limit of detection, LOD) และขีดจำกัดการตรวจวิเคราะห์เชิงปริมาณ (Instrumental limit of quantification, LOQ) หาโดยวิธีที่ปรับปรุงโดย Abdulnaser Hajisamoh (2006) วิธีหาโดยสรุปคือ เตรียมสารละลายมาตรฐานบิวทิลทินที่มี ความเข้มข้น 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 1.0, 2.0 และ 4.0 ppb ฉีดเข้าเครื่อง GC-FPD ที่ความเข้มข้นละ 7 ครั้ง และนำมาสร้างกราฟมาตรฐาน แล้วหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละระดับความเข้มข้น สำหรับค่า

LOD จำนวนที่สัญญาณของพิกetosี่รบกวน (S/N) เท่ากับ 3 ในทำนองเดียวกัน ค่า LOQ จำนวนที่สัญญาณของพิกetosี่รบกวน (S/N) เท่ากับ 10 ซึ่งโดยวิธีนี้พบว่าค่า LOD ที่จำนวนได้สำหรับ TBT, DBT และ MBT มีค่าเท่ากับ 0.1, 0.1 และ 0.3 ppb ตามลำดับ ส่วนค่า LOQ ที่จำนวนได้โดยวิธีนี้สำหรับสาร TBT, DBT และ MBT มีค่าเท่ากับ 1, 2 และ 2 ppb ตามลำดับ

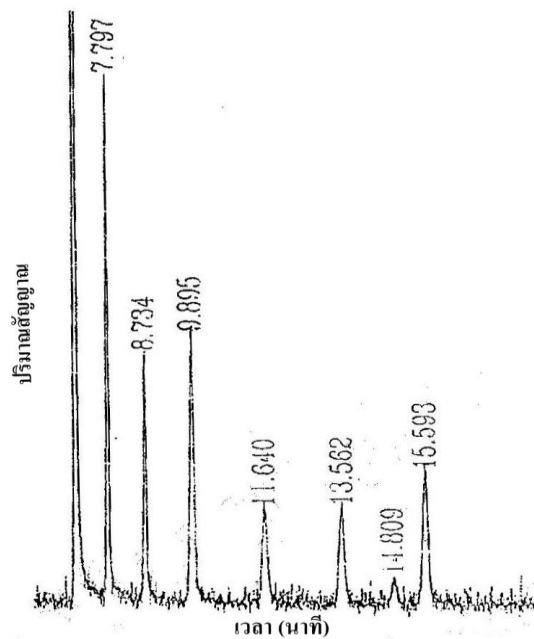
3.4.3 กราฟมาตรฐานและช่วงความเข้มข้นเชิงเส้นตรงที่ใช้ในการวิเคราะห์

กราฟมาตรฐานของสารประกอบดินุกอินทรีย์ TBT, DBT และ MBT สร้างโดยการเตรียมสารละลายผสมมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 1.0, 2.0, 5.0, 50.0 และ 100 ppb และมีสารไตรโพรพิลเพนทิลทิน (Tripropylpentyltin) เข้มข้น 100 ppb เป็นสารมาตรฐานภายใน (Internal standard) ในกระบวนการวิเคราะห์ นิดสารมาตรฐานเหล่านี้เข้าเครื่อง GC ความเข้มข้นละ 3 ครั้ง แล้วสร้างกราฟมาตรฐานโดยใช้โปรแกรม Demo star chromatography work station version 5.51 ที่ติดตั้งมากับเครื่อง GC ไว้แล้ว ซึ่งกราฟมาตรฐานทั้ง 3 เส้น (TBT, DBT และ MBT) มีค่า correlation coefficient มากกว่า 0.99 ขึ้นไป

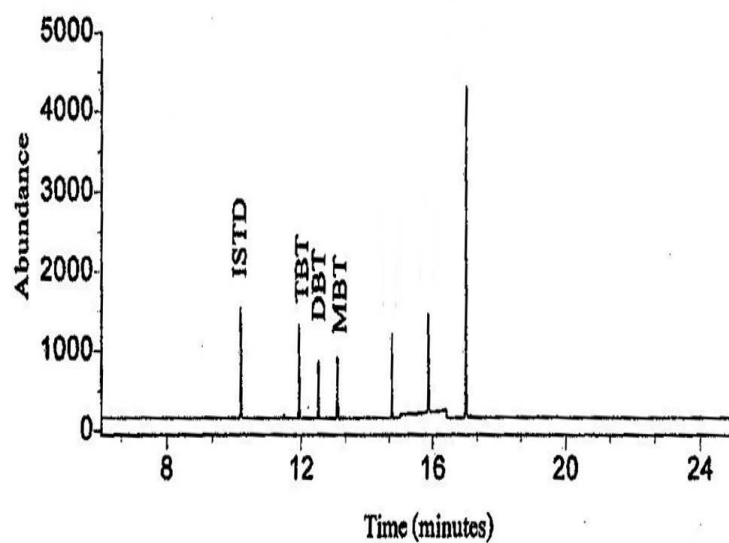
ส่วนช่วงความเข้มข้นที่ให้สัญญาณคงที่เส้นตรง (Linear range) ศึกษาโดยการทดลองเตรียมสารละลายมาตรฐาน (ที่มีส่วนผสมของ TBT, DBT และ MBT) เข้มข้น 1.0, 2.0, 5.0, 50.0, 100, 200 และ 400 และ 800 ppb และมีสารไตรโพรพิลเพนทิลทิน (Tripropylpentyltin) เข้มข้น 100 ppb เป็นสารมาตรฐานภายใน วิเคราะห์โดยนิดสารมาตรฐานที่เตรียมไว้แต่ละระดับความเข้มข้นเข้าเครื่อง GC ระดับความเข้มข้นละ 3 ครั้ง สร้างกราฟมาตรฐานในช่วงความเข้มข้นที่กว้างเพื่อศึกษาช่วงความเข้มข้นที่ให้สัญญาณเป็นเส้นตรงเมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้นของสารมาตรฐาน

3.4.4 โครมาโตแกรมของสารมาตรฐาน TBT, DBT และ MBT

โครมาโตแกรม (Chromatogram) ของสารมาตรฐาน ที่ทำวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC ภายใต้อสภาพเครื่องที่ทำการศึกษาเพื่อหาสภาวะที่ดีที่สุดสำหรับการวิเคราะห์ โดยมี Internal standard เป็นสารไตรโพรพิลเพนทิลทิน ดังแสดงในภาพที่ 3.2 และ 3.3 ทุกองค์ประกอบที่สนใจศึกษาสามารถแยกจากกันภายในเวลาที่เหมาะสมตามที่ได้อั่งไว้



ภาพที่ 3.2 โครมาโตแกรม (GC-FPD) ของสารมาตรฐานบิวทิลทินที่มีเข้มข้น 50 ng/mL



ภาพที่ 3.3 โครมาโตแกรม (GC-MS) ของสารมาตรฐานบิวทิลทินที่มีเข้มข้น 50 ng/mL

บทที่ 4

ผลและการอภิปราย

4.1 บทนำ

ผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อนของสารประกอบบิวทิลทิน 3 ชนิด ได้แก่ TBT, DBT และ MBT ในตัวอย่างน้ำ ตะกอนดิน และหอยแมลงภู่ที่เก็บจากพื้นที่เป้าหมายต่างๆ ที่กำหนด โดยได้เก็บตัวอย่างน้ำ 2 ครั้งในรอบปีคือช่วงเดือนมกราคม 2554 ถึงเดือนสิงหาคม 2554 ดังแสดงรายละเอียดในตารางผลการวิเคราะห์ (ตารางที่ 4.1 – 4.23) คุณลักษณะพื้นฐานทางเคมีและกายภาพที่ทำการวัดสำหรับตัวอย่างน้ำครั้งนี้ได้แก่ อุณหภูมิ ของแข็งแขวนลอยรวม (Total suspended solid; TSS) การละลายออกซิเจน (Dissolved oxygen; DO) พีเอช (pH) ความขุ่น (Turbidity) ความเค็ม (Salinity) และไขมันและน้ำมัน (Oil and grease) ในรูปของสารที่สามารถสกัดด้วยเฮกเซน (HEM)

คุณลักษณะพื้นฐานทางเคมีและกายภาพของน้ำที่ได้จากการตรวจวัดครั้งนี้ จะถูกคำนวณผลและเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำ ตามประกาศของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน และฉบับที่ 27 (พ.ศ. 2549) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล เป็นหลัก เพื่อประเมินคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำต่างๆ ที่ทำการศึกษาว่าอยู่ในระดับใด ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศของแหล่งน้ำหรือไม่อย่างไร

4.2 คุณลักษณะพื้นฐานทางเคมีและกายภาพของน้ำในพื้นที่เก็บตัวอย่าง

คุณลักษณะพื้นฐานทางเคมีและกายภาพของน้ำที่ทำการตรวจวัด ได้แก่ อุณหภูมิ พีเอช ไขมันและน้ำมัน ค่าการละลายออกซิเจน ความเค็ม ความขุ่น และของแข็งแขวนลอยรวม ซึ่งผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำที่เก็บจากพื้นที่ต่างๆ ดังแสดงรายละเอียดในหัวข้อต่อไป

4.2.1 คุณภาพน้ำบริเวณท่าแพขนานยนต์และท่าเทียบเรือประมงตาบา

ผลการตรวจวัดคุณลักษณะพื้นฐานทางเคมีและกายภาพบางพารามิเตอร์ของน้ำบริเวณท่าแพขนานยนต์และท่าเทียบเรือประมงตาบาด้านฝั่งไทย (Tak Bai, TB) ที่เก็บจากจุดต่างๆ 3 จุดคือ TB 1 TB 2 และ TB 3 (เก็บจากปลายน้ำที่เป็นบริเวณปากน้ำขึ้นมา) ดังรายละเอียดในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 คุณภาพน้ำบริเวณท่าแพขนานยนต์และท่าเทียบเรือประมงตาบา เก็บครั้งที่ 1

จุดเก็บ ตัวอย่าง	อุณหภูมิ (°C)	พีเอช	ความขุ่น (NTU)	ของแข็งแขวน ลอยรวม (mg/L)	การละลาย ออกซิเจน (mg/L)	ความเค็ม (% NaCl)	ไขมันและน้ำมัน ในรูปของ HEM (mg/L)
TB. 1	29.3	6.5	43.1	84.2	6.0	10.5	1.2
TB. 2	28.1	6.1	56.6	62.7	7.1	9.4	0.8
TB. 3	28.1	8.2	39.1	59.0	6.4	0.0	0.9
X±SD	28.5±0.7	6.9±0.1	46.3±9.2	68.6±13.6	6.5±0.5	6.6±5.8	0.9±0.2

HEM: Hexane Extractable Materials, X: ค่าเฉลี่ย SD: ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4.2 คุณภาพน้ำบริเวณท่าแพขนานยนต์และท่าเทียบเรือประมงตาบา เก็บครั้งที่ 2

จุดเก็บ ตัวอย่าง	อุณหภูมิ (°C)	พีเอช	ความขุ่น (NTU)	ของแข็งแขวน ลอยรวม (mg/L)	การละลาย ออกซิเจน (mg/L)	ความเค็ม (% NaCl)	ไขมันและน้ำมัน ในรูปของ HEM (mg/L)
TB. 1	28.3	6.8	74.7	96.2	6.0	6.5	1.0
TB. 2	29.0	6.6	54.3	45.2	5.4	5.8	0.7
TB. 3	29.2	7.9	55.0	81.1	6.9	0.0	0.5
X±SD	28.8±0.5	7.1±0.7	61.3±13.9	74.2±26.2	6.1±0.8	4.1±3.6	0.7±0.3

HEM: Hexane Extractable Materials, X: ค่าเฉลี่ย SD: ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากข้อมูลผลการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำในตารางที่ 4.1 และ 4.2 จะเห็นว่าจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 (TB 1) คือบริเวณด้านตะวันออกของท่าแพข้ามฝั่งบ้านตาบา มีค่าความขุ่น ปริมาณของแข็งแขวนลอยรวม และไขมันและน้ำมันก็พบว่ามีความสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับจุดเก็บตัวอย่างอื่นๆ ซึ่งสาเหตุส่วนหนึ่งน่าจะมาจากบริเวณจุดเก็บ TB 1 เป็นบริเวณใกล้ปากแม่น้ำ มีทั้งแพขนานยนต์ เรือประมง และเรือหางยาวรับจ้างขนของข้ามฝั่งไปมาระหว่างไทยกับมาเลเซียผ่านด่านทางการและไม่ผ่านด่านทางการ ประกอบเป็นบริเวณที่มีผลกระทบจากน้ำขึ้นและน้ำลงด้วย ทำให้กระแสน้ำไหลย้อนกลับมาได้ในบางเวลาโดยเฉพาะช่วงบ่าย คุณลักษณะพื้นฐานทางเคมีและกายภาพของน้ำในช่วงที่ศึกษา อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ตามประกาศของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 พ.ศ. 2537 และฉบับที่ 27 พ.ศ. 2549

4.2.2 คุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่เก็บตัวอย่างบางนรา

ผลการตรวจวัดคุณลักษณะพื้นฐานทางเคมีและกายภาพของน้ำในพื้นที่เก็บตัวอย่างบางนรา (Bang Nara, BN) จากการเก็บตัวอย่างน้ำ 3 จุด จำนวน 2 ครั้ง ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.3 และ 4.4 จากข้อมูลผลการตรวจวัดคุณลักษณะพื้นฐานทางเคมีและกายภาพของน้ำ การปนเปื้อนด้วยไขมันและมันก็สูงกว่าที่ตรวจพบที่จุดเก็บตัวอย่างน้ำอื่นๆ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากบริเวณนี้เป็นชุมชนริมน้ำที่มีบ้านเรือนแออัด มีการปลูกสร้างตึกแหล่งน้ำและบางจุดมีการปลูกสร้างบ้านเรือนล้ำเข้าไปในแม่น้ำบางนรา มีการเพาะเลี้ยงปลาในกระชังกันบางจุด อย่างไรก็ตาม บริเวณนี้มีเรือประมงขนาดกลางและเรือกอและไม่มาก จอดเรียงรายทั่วไปรวมทั้งได้สะพานข้ามไปยังหาดนราทัศน์ ประกอบกับเป็นบริเวณที่มีผลกระทบจากน้ำขึ้นและน้ำลงบ้าง ทำให้กระแสน้ำไหลย้อนกลับมาได้ในบางเวลา

ตารางที่ 4.3 คุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่เก็บตัวอย่างบางนรา เก็บครั้งที่ 1

จุดเก็บตัวอย่าง	อุณหภูมิ (°C)	พีเอช	ความขุ่น (NTU)	ของแข็งแขวนลอยรวม (mg/L)	การละลายออกซิเจน (mg/L)	ความเค็ม (% NaCl)	ไขมันและน้ำมันในรูปของ HEM (mg/L)
BN 1	27.0	6.5	21.8	36.2	NA	7.1	1.0
BN 2	27.0	6.2	21.2	30.6	NA	5.0	1.1
BN 3	28.0	8.0	14.0	42.9	NA	10.3	0.8
X±SD	27.3±0.6	6.9±0.9	19.0±4.3	36.6±6.16	-	7.5±2.7	0.9±0.2

NA: ไม่ได้ทำการวิเคราะห์ X: ค่าเฉลี่ย SD: ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน HEM: Hexane extractable materials

ตารางที่ 4.4 คุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่เก็บตัวอย่างบางนรา เก็บครั้งที่ 2

จุดเก็บตัวอย่าง	อุณหภูมิ (°C)	พีเอช	ความขุ่น (NTU)	ของแข็งแขวนลอยรวม (mg/L)	การละลายออกซิเจน (mg/L)	ความเค็ม (% NaCl)	ไขมันและน้ำมันในรูปของ HEM (mg/L)
BN 1	28.2	7.1	31.9	43.0	6.1	7.4	0.8
BN 2	27.5	7.3	25.4	37.4	5.2	5.0	1.7
NB3	28.8	6.9	19.9	27.1	5.8	0.0	0.5
X±SD	28.2±0.7	7.1±0.2	25.7±6.0	35.8±8.1	5.7±0.5	4.1±3.8	1.0±0.6

HEM: Hexane Extractable Materials X: ค่าเฉลี่ย SD: ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การละลายออกซิเจนอิสระ (Dissolved oxygen) ความขุ่น (น้ำค่อนข้างใส) และปริมาณของแข็งแขวนลอยรวมอยู่ในเกณฑ์ปกติ คุณลักษณะพื้นฐานโดยรวมจากผลการตรวจวิเคราะห์น้ำทั้ง 2

ครั้ง แสดงให้เห็นว่า คุณลักษณะพื้นฐานทางเคมีและกายภาพของน้ำ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ตามประกาศของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) และฉบับที่ 27 (พ.ศ. 25497)

4.2.3 คุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่เก็บตัวอย่างสายบุรี

ผลการตรวจวัดคุณลักษณะพื้นฐานทางเคมีและกายภาพบางชนิดของน้ำที่เก็บจากจุดต่างๆ บริเวณท่าเรือประมงและแพปลาสายบุรี (Sai Buri, SB) จำนวน 3 จุด โดยเก็บตัวอย่างน้ำ 2 ครั้ง ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำดังแสดงรายละเอียดในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.5 คุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่เก็บตัวอย่างสายบุรี เก็บตัวอย่างน้ำครั้งที่ 1

จุดเก็บตัวอย่าง	อุณหภูมิ (°C)	พีเอช	ความขุ่น (NTU)	ของแข็งแขวนลอยรวม (mg/L)	การละลายออกซิเจน (mg/L)	ความเค็ม (% NaCl)	ไขมันและน้ำมันในรูปของ HEM (mg/L)
SB. 1	28.3	7.2	36.4	63.0	5.1	10.5	1.9
SB. 2	27.4	6.0	32.1	36.0	7.0	7.6	1.1
SB. 3	28.1	8.5	26.0	47.4	5.9	5.7	1.0
X±SD	27.9±0.5	7.2±1.3	31.5±5.2	48.8±13.6	6.0±0.9	7.9±2.4	1.3±0.5

X: ค่าเฉลี่ย SD: ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน HEM: Hexane Extractable Materials

ตารางที่ 4.6 คุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่เก็บตัวอย่างสายบุรี เก็บตัวอย่างน้ำครั้งที่ 2

จุดเก็บตัวอย่าง	อุณหภูมิ (°C)	พีเอช	ความขุ่น (NTU)	ของแข็งแขวนลอยรวม (mg/L)	การละลายออกซิเจน (mg/L)	ความเค็ม (% NaCl)	ไขมันและน้ำมันในรูปของ HEM (mg/L)
SB. 1	29.1	7.6	29.0	50.2	5.7	9.4	1.6
SB. 2	28.5	6.4	34.9	56.1	6.0	7.5	2.1
SB. 3	28.0	6.2	24.5	36.2	6.1	7.2	1.0
X±SD	28.5±0.6	6.7±0.8	29.5±5.2	47.5±10.2	5.9±0.2	8.0±1.2	1.6±0.6

X: ค่าเฉลี่ย SD: ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน HEM: Hexane Extractable Materials

จากข้อมูลผลการตรวจวิเคราะห์คุณลักษณะพื้นฐานของน้ำทั้ง 2 ครั้ง (ตารางที่ 4.5 และ ตารางที่ 4.6) พบว่าบางจุดเก็บตัวอย่างบริเวณแพปลาและท่าเรือประมงสายบุรีมีปริมาณไขมันและน้ำมันปนเปื้อนในน้ำสูง (เข้มข้น 2.1 mg/L) บริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 (SB 2) ที่เก็บครั้งที่ 2 โดยภาพรวมเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำแหล่งน้ำธรรมชาติผิวดินประเภท 2 ตามประกาศของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) เรื่อง เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำแหล่งน้ำธรรมชาติผิวดิน ทุก

พารามิเตอร์ที่ทำการตรวจวิเคราะห์ผลปรากฏว่าจุดเก็บตัวอย่างน้ำทั้ง 3 จุด ให้ค่าผลการวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน

4.2.4 คุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่เก็บตัวอย่างปะนาละ

ผลการตรวจวัดคุณลักษณะพื้นฐานทางเคมีและกายภาพบางชนิดของน้ำที่เก็บจากจุดต่างๆ บริเวณหมู่บ้านชาวประมงพื้นบ้าน บ้านคลองบรู๊ต (Kuala Bruas, KB) อำเภอปะนาละ จังหวัดปัตตานี เก็บตัวอย่างน้ำและวิเคราะห์คุณภาพน้ำจำนวน 2 ครั้ง ผลการตรวจวิเคราะห์ดังแสดงรายละเอียดในตารางต่อไป

ตารางที่ 4.7 คุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่เก็บตัวอย่างปะนาละ เก็บตัวอย่างน้ำครั้งที่ 1

จุดเก็บตัวอย่าง	อุณหภูมิ (°C)	พีเอช	ความขุ่น (NTU)	ของแข็งแขวนลอยรวม (mg/L)	การละลายออกซิเจน (mg/L)	ความเค็ม (% NaCl)	ไขมันและน้ำมันในรูปของ HEM (mg/L)
KB. 1	29.2	7.7	16.4	23.0	5.3	10.0	0.9
KB. 2	27.7	6.2	20.1	26.4	5.8	8.2	1.2
KB. 3	29.1	6.9	26.0	37.0	6.1	7.0	ND
X±SD	28.7±0.8	6.9±0.8	20.8±4.8	28.8±7.3	5.7±0.4	8.4±1.5	0.7±0.6

X: ค่าเฉลี่ย SD: ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน HEM: Hexane Extractable Materials, ND: ตรวจไม่พบ

ตารางที่ 4.8 คุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่เก็บตัวอย่างปะนาละ เก็บตัวอย่างน้ำครั้งที่ 2

จุดเก็บตัวอย่าง	อุณหภูมิ (°C)	พีเอช	ความขุ่น (NTU)	ของแข็งแขวนลอยรวม (mg/L)	การละลายออกซิเจน (mg/L)	ความเค็ม (% NaCl)	ไขมันและน้ำมันในรูปของ HEM (mg/L)
KB. 1	28.3	7.2	26.0	25.0	6.7	6.4	0.2
KB. 2	28.6	6.1	22.0	28.1	5.5	5.7	ND
KB. 3	29.0	6.5	25.7	27.5	5.0	5.3	ND
X±SD	28.6±0.4	6.6±0.6	24.6±2.2	26.9±1.6	5.7±0.9	5.8±0.6	0.2±0.0

X: ค่าเฉลี่ย SD: ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน HEM: Hexane Extractable Materials, ND: ตรวจไม่พบ

จากข้อมูลผลการตรวจวิเคราะห์คุณลักษณะพื้นฐานของน้ำทั้ง 2 ครั้ง (ตารางที่ 4.7 และ ตารางที่ 4.8) โดยภาพรวมเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำแหล่งน้ำธรรมชาติ ตามประกาศของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ทุกพารามิเตอร์ที่ทำการตรวจวิเคราะห์ผลปรากฏว่าจุดเก็บตัวอย่างน้ำทั้ง 3 จุด ให้ค่าผลการวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน ส่วนในการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

ครั้งที่ 2 ไหม้นและน้ำมันในรูป HEM ตรวจพบที่จุดเดียว (KB 1) ในปริมาณความเข้มข้นน้อยมาก (0.2 mg/L) ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทั่วไปไม่เกิน 10 mg/L

4.2.5 คุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่เก็บตัวอย่างท่าเทียบเรือประมงและแพปลาอำเภอเมืองปัตตานี

ผลการตรวจวัดคุณลักษณะพื้นฐานทางเคมีและกายภาพบางชนิดของน้ำที่เก็บจากจุดต่างๆ ท่าเทียบเรือประมงและแพปลาอำเภอเมืองปัตตานี (Pattani, PN) เริ่มจากปลายน้ำสะพานเฉลิมพระเกียรติ บ้านยูโย ถึงสะพานเดชานุชิต หน้ากองกำกับการตำรวจภูธรปัตตานี (หลังมัสยิด) ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างน้ำ 5 จุด จำนวน 2 ครั้ง ให้ผลการตรวจวิเคราะห์ดังแสดงรายละเอียดในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.9 คุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่เก็บตัวอย่างบริเวณท่าเรือประมงปัตตานี เก็บตัวอย่างครั้งที่ 1

จุดเก็บ ตัวอย่าง	อุณหภูมิ (°C)	พีเอช	ความขุ่น (NTU)	ของแข็งแขวน ลอยรวม (mg/L)	การละลาย ออกซิเจน (mg/L)	ความเค็ม (% NaCl)	ไขมันและน้ำมัน ในรูปของ HEM (mg/L)
PN. 1	28.3	7.8	36.1	63.0	5.9	15.1	1.9
PN. 2	27.4	7.2	42.1	36.4	6.4	11.6	2.2
PN. 3	29.1	5.7	26.0	47.4	6.3	7.5	0.7
PN. 4	29.2	6.5	22.3	33.9	5.7	7.0	2.1
PN. 5	28.5	6.3	27.0	47.2	5.6	5.5	0.5
X±SD	28.5±0.7	6.7±0.8	30.7±8.2	45.6±11.5	5.9±0.4	9.3±3.9	1.5±0.8

X: ค่าเฉลี่ย SD: ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน HEM: Hexane Extractable Materials

จากข้อมูลผลการตรวจวิเคราะห์คุณลักษณะพื้นฐานของน้ำในแม่น้ำปัตตานี ทั้ง 2 ครั้ง (ตารางที่ 4.9 และตารางที่ 4.10) โดยภาพรวมเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำแหล่งน้ำธรรมชาติผิวดินประเภท 2 ตามประกาศของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) เรื่อง เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำแหล่งน้ำธรรมชาติผิวดิน ผลการตรวจวิเคราะห์คุณลักษณะพื้นฐานของน้ำที่แตกต่างกันเห็นได้ชัดคือ ปริมาณของแข็งแขวนลอยรวม (Total suspended solid) ความขุ่น และปริมาณการปนเปื้อนของไขมันและน้ำมัน (Oil and grease) โดยเฉลี่ยบริเวณจุดเก็บตัวอย่างน้ำปลายมีปริมาณสูงกว่าบริเวณจุดเก็บตัวอย่างต้นน้ำ โดยระดับความเข้มข้นของไขมันและน้ำมันที่เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน (Silica Gel Treated Hexane Extractable Materials หรือ SGT-HEM) ที่ตรวจพบที่จุดเก็บตัวอย่างบริเวณสะพานเฉลิมพระเกียรติ บ้านยูโย อ.เมือง จังหวัดปัตตานี (PN 1) สูง ซึ่งสาเหตุส่วนหนึ่งคือบริเวณนี้เป็นบริเวณปลายแม่น้ำที่เป็นแหล่งชุมชนที่อยู่อาศัยหนาแน่น มีเรือประมงขนาดใหญ่จำนวนมากเข้ามาจอด ประกอบกับมีเรือหางยาวติดเครื่องยนต์รับจ้างทั่วไป รวมทั้งเป็นบริเวณที่ตั้งของแพปลาที่สำคัญของจังหวัดปัตตานี ฉะนั้นกากของเสีย และน้ำทิ้งที่ปนเปื้อนด้วยสารอินทรีย์ถูกปล่อยมาจาก

กิจกรรมเหล่านี้อาจมีผลกระทบต่อคุณภาพน้ำบาง ถึงแม้กากของเสียที่เป็นอินทรีย์สารบางชนิดสามารถย่อยสลายในสภาวะแวดล้อมปกติของแหล่งน้ำได้

ตารางที่ 4.10 คุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่เก็บตัวอย่างบริเวณท่าเรือประมงปัตตานี เก็บตัวอย่างครั้งที่ 2

จุดเก็บตัวอย่าง	อุณหภูมิ (°C)	พีเอช	ความขุ่น (NTU)	ของแข็งแขวนลอยรวม (mg/L)	การละลายออกซิเจน (mg/L)	ความเค็ม (% NaCl)	ไขมันและน้ำมันในรูปของ HEM (mg/L)
PN. 1	28.1	8.4	37.0	60.5	5.2	11.1	1.8
PN. 2	29.0	7.2	34.5	85.2	5.4	8.6	1.0
PN. 3	28.5	8.6	25.0	101.2	5.7	7.5	1.6
PN. 4	28.5	6.9	19.9	86.1	6.0	5.2	0.8
PN. 5	27.7	7.8	39.5	66.2	5.0	5.5	1.5
X±SD	28.4±0.5	7.8±0.6	31.2±8.4	79.8±16.5	5.5±0.4	7.6±2.4	1.3±0.4

X: ค่าเฉลี่ย SD: ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน HEM: Hexane Extractable Materials

4.2.6 คุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่เก็บตัวอย่างหนองจิก

ผลการตรวจวัดคุณลักษณะพื้นฐานทางเคมีและกายภาพน้ำบริเวณพื้นที่เก็บตัวอย่างบ้านบางตาва อำเภอหนองจิก (Nong Chik, NC) จากการเก็บตัวอย่างน้ำ 2 จุด จำนวน 2 ครั้ง ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.11 และ 4.12 จากข้อมูลผลการตรวจวัดคุณลักษณะพื้นฐานทางเคมีและกายภาพของน้ำ การปนเปื้อนด้วยไขมันและมันที่ตรวจพบ ณ จุดเก็บตัวอย่างน้ำที่กำหนด ดังแสดงรายละเอียดในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.11 คุณภาพน้ำจากพื้นที่เก็บตัวอย่างหนองจิก เก็บตัวอย่างครั้งที่ 1

จุดเก็บตัวอย่าง	อุณหภูมิ (°C)	พีเอช	ความขุ่น (NTU)	ของแข็งแขวนลอยรวม (mg/L)	การละลายออกซิเจน (mg/L)	ความเค็ม (% NaCl)	ไขมันและน้ำมันในรูปของ HEM (mg/L)
NC 1	28.7	7.2	20.8	26.1	6.0	17.2	ND
NC 2	28.2	6.7	15.2	21.2	5.7	15.3	0.7
X±SD	28.4±0.4	6.9±0.4	18.0±3.9	23.7±3.5	5.9±0.2	16.3±1.3	0.7±0.0

X: ค่าเฉลี่ย SD: ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน HEM: Hexane Extractable Materials, ND: ตรวจไม่พบ

คุณภาพน้ำโดยรวมของตัวอย่างน้ำที่เก็บจากพื้นที่เก็บตัวอย่างหนองจิกทั้ง 2 ครั้งให้ผลไม่ต่างกันมากนัก การปนเปื้อนด้วยไขมันและน้ำมันในแหล่งน้ำบริเวณนี้ส่วนหนึ่งน่าจะมีสาเหตุมาจากเรือประมงขนาดต่างๆ รวมทั้งเรือประมงชายฝั่งพื้นบ้านเข้ามาเทียบท่าที่บริเวณปลายคลองตุง บางจุด

เป็นที่ขุ่นถ่ายปลาซึ่งเป็นแพปลาขนาดเล็ก และส่วนหนึ่งอาจจะมีการปนเปื้อนมาจากแม่น้ำด้านเหนือมีโรงงานอุตสาหกรรมยาง ประกอบกับเป็นชุมชนหนาแน่น

ตารางที่ 4.12 คุณภาพน้ำจากพื้นที่เก็บตัวอย่างหนองจิก เก็บตัวอย่างครั้งที่ 2

จุดเก็บตัวอย่าง	อุณหภูมิ (°C)	พีเอช	ความขุ่น (NTU)	ของแข็งแขวนลอยรวม (mg/L)	การละลายออกซิเจน (mg/L)	ความเค็ม (% NaCl)	ไขมันและน้ำมันในรูปของ HEM (mg/L)
BN 1	29.0	7.7	22.5	27.2	7.0	15.1	1.0
BN 2	28.7	6.7	25.0	24.1	6.4	7.4	0.2
X±SD	28.9±0.2	7.2±0.7	23.8±1.8	25.7±2.2	6.7±0.4	11.3±5.4	0.6±0.6

X: ค่าเฉลี่ย SD: ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน HEM: Hexane Extractable Materials

4.2.7 คุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่เก็บตัวอย่างปากแม่น้ำเทพา

ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะพื้นฐานทางเคมีและกายภาพของน้ำบางพารามิเตอร์จากบริเวณปากแม่น้ำเทพา (Thepha, TP) ที่เก็บจากจุดต่างๆ 3 จุด ซึ่งเป็นบริเวณชุมชนปากแม่น้ำเทพาและทำเทียบเรือประมงขนาดกลางปากน้ำเทพา อ. เทพา จ.สงขลา ดังแสดงรายละเอียดในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.13 คุณภาพน้ำจากปากน้ำเทพา เก็บตัวอย่างครั้งที่ 1

จุดเก็บตัวอย่าง	อุณหภูมิ (°C)	พีเอช	ความขุ่น (NTU)	ของแข็งแขวนลอยรวม (mg/L)	การละลายออกซิเจน (mg/L)	ความเค็ม (% NaCl)	ไขมันและน้ำมันในรูปของ HEM (mg/L)
TP 1	29.2	7.1	19.3	31.8	5.5	18.1	1.3
TP 2	29.0	7.0	27.4	13.2	6.2	17.0	1.2
TP 3	30.0	7.5	36.9	36.8	6.0	17.5	2.0
X±SD	29.4±0.5	7.2±0.3	27.9±8.8	27.3±12.4	5.9±0.4	17.5±0.6	1.5±0.4

X: ค่าเฉลี่ย SD: ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน HEM: Hexane Extractable Materials

การตรวจวิเคราะห์พารามิเตอร์พื้นฐานของตัวอย่างน้ำที่เก็บจากแม่น้ำเทพาทั้ง 2 ครั้งให้ผลไม่ต่างไปจากแหล่งน้ำทั่วไปมากนัก การปนเปื้อนด้วยไขมันและน้ำมันในแม่น้ำเทพานี้ ส่วนหนึ่งน่าจะมีสาเหตุมาจากมีเรือประมงขนาดต่างๆ รวมทั้งเรือประมงชายฝั่งพื้นบ้านเข้ามาเทียบท่าที่บริเวณตั้งแต่บริเวณสะพานบ้านพระพุทธรูปไป บางจุดเป็นที่ขุ่นถ่ายปลาจากเรือประมงหรือเป็นแพปลาขนาดเล็ก ประกอบกับแม่น้ำเทพามีต้นกำเนิดจากคลองหลายสายบริเวณอำเภอทาบัง อำเภอยะหา และบริเวณพรหมแดนไทย-มาเลเซีย ส่วนหนึ่งอาจจะมีการปนเปื้อนมาจากแหล่งต้นน้ำ ถึงแม้ว่าแม่น้ำเทพามีความยาว

ไม่มากนัก แต่มีกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดและสัตว์น้ำกร่อยบนฝั่งทั้งสองของแม่น้ำด้วยการสูบน้ำจากแม่น้ำเข้าบ่อเลี้ยงกุ้งและปลา การปล่อยน้ำทิ้งลงแม่น้ำหลังจับปลาขาย โดยเฉพาะบริเวณระหว่างจุดเก็บตัวอย่าง (สะพานพระพุทธ) ซึ่งมีกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ค่อนข้างหนาแน่น และยังมีการเพาะเลี้ยงปลาในกระชังในพื้นที่เดียวกัน

ตารางที่ 4.14 คุณภาพน้ำจากปากน้ำเทพา เก็บตัวอย่างครั้งที่ 2

จุดเก็บตัวอย่าง	อุณหภูมิ (°C)	พีเอช	ความขุ่น (NTU)	ของแข็งแขวนลอยรวม (mg/L)	การละลายออกซิเจน (mg/L)	ความเค็ม (% NaCl)	ไขมันและน้ำมันในรูปของ HEM (mg/L)
TP. 1	29.5	7.2	36.9	56.0	6.0	17.1	1.7
TP. 2	29.0	7.1	40.1	52.0	6.0	14.7	1.0
TP. 3	28.2	6.9	29.8	39.8	5.5	9.5	1.1
X±SD	28.9±0.7	7.1±0.2	35.6±5.3	49.3±8.4	5.8±0.3	13.8±3.9	1.3±0.4

X: ค่าเฉลี่ย SD: ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน HEM: Hexane Extractable Materials

นอกจากนี้ แม่น้ำเทพายังไหลผ่านชุมชนที่เป็นเทศบาลในเขตอำเภอเทพาอีกด้วย ซึ่งเหล่านี้น่าจะมีส่วนที่ทำให้มีการปนเปื้อนด้วยไขมันและน้ำมันในแม่น้ำปริมาณสูงมาจากบริเวณนี้ด้วย ทำให้ปลายน้ำมีปริมาณความเข้มข้นของไขมันและน้ำมันสูง อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของไขมันและน้ำมันที่ตรวจพบในการเก็บตัวอย่างน้ำทั้ง 2 ครั้ง ก็ยังไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน (Inland water) ที่กำหนดคือไม่เกิน 10 mg/L

4.2.8 คุณภาพน้ำจากพื้นที่เก็บตัวอย่างบ้านปากบาง

บ้านปากบางเป็นหนึ่งในแหล่งของจุดเก็บตัวอย่างจำนวนสามแห่งในพื้นที่จังหวัดสงขลา พื้นที่นี้มีปริมาณเรือประมงไม่มาก ที่สังเกตเห็นมีเฉพาะเรือประมงพื้นบ้านที่ออกหาปลาในทะเลบริเวณแถบชายฝั่ง จอดเทียบท่าตามจุดต่างๆ ในชุมชน ในการตรวจวิเคราะห์คุณลักษณะพื้นฐานทางเคมีและกายภาพของน้ำที่เก็บจากจุดต่างๆ 3 จุดครั้งนี้ ก็คือบริเวณชุมชนปากบาง (Pak Bang, PB) อ.จะนะ จ.สงขลา ผลการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ 2 ครั้ง ไม่ต่างไปจากแหล่งน้ำทั่วไปมากนัก การปนเปื้อนด้วยไขมันและน้ำมันบริเวณนี้ ส่วนหนึ่งน่าจะมีสาเหตุมาจากของเสียจากเรือประมงพื้นบ้านขนาดต่างๆ รวมทั้งของเสียที่เป็นน้ำทิ้งลงในแหล่งน้ำ และนอกจากนี้ยังมีการเพาะเลี้ยงปลาในกระชังในพื้นที่เดียวกันนี้ด้วย ซึ่งอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่เป็นแหล่งที่มาของการปนเปื้อนด้วยไขมันและน้ำมันในแหล่งน้ำบริเวณนี้ ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำในห้องปฏิบัติการดังแสดงรายละเอียดในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.15 คุณภาพน้ำจากพื้นที่เก็บตัวอย่างบริเวณชุมชนปากบาง เก็บตัวอย่างน้ำครั้งที่ 1

จุดเก็บตัวอย่าง	อุณหภูมิ (°C)	พีเอช	ความขุ่น (NTU)	ของแข็งแขวนลอยรวม (mg/L)	การละลายออกซิเจน (mg/L)	ความเค็ม (% NaCl)	ไขมันและน้ำมันในรูปของ HEM (mg/L)
PB 1	29.3	7.1	19.3	49.1	5.6	22.3	ND
PB 2	30.0	7.7	27.4	38.1	6.0	18.7	0.4
PB 3	30.0	7.5	36.9	46.8	5.1	18.5	0.7
X±SD	29.8±0.4	7.4±0.3	27.9±8.8	44.7±8.8	5.6±0.5	19.8±2.1	0.6±0.2

X: ค่าเฉลี่ย SD: ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน HEM: Hexane Extractable Materials, ND: ตรวจไม่พบ

ตารางที่ 4.16 คุณภาพน้ำจากพื้นที่เก็บตัวอย่างบริเวณชุมชนปากบาง เก็บตัวอย่างน้ำครั้งที่ 2

จุดเก็บตัวอย่าง	อุณหภูมิ (°C)	พีเอช	ความขุ่น (NTU)	ของแข็งแขวนลอยรวม (mg/L)	การละลายออกซิเจน (mg/L)	ความเค็ม (% NaCl)	ไขมันและน้ำมันในรูปของ HEM (mg/L)
PB 1	29.8	6.2	34.9	56.0	6.2	12.1	1.2
PB 2	29.9	6.1	36.1	42.0	6.0	10.6	0.3
PB 3	29.0	6.2	44.8	79.8	6.1	10.5	0.5
X±SD	29.6±0.5	6.2±0.6	38.6±5.4	59.3±19.1	6.1±0.1	11.1±0.9	0.7±0.5

X: ค่าเฉลี่ย SD: ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน HEM: Hexane Extractable Materials

โดยภาพรวม คุณภาพน้ำในพื้นที่เก็บตัวอย่างชุมชนปากบางอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน เป็นไปตามประกาศของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) เรื่อง เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำแหล่งน้ำธรรมชาติผิวดิน และฉบับที่ 27 (พ.ศ. 2549) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล

4.2.9 คุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่เก็บตัวอย่างท่าเทียบเรือประมงสงขลา

บริเวณพื้นที่เก็บตัวอย่างท่าเทียบเรือประมงสงขลาเป็นพื้นที่เก็บตัวอย่างด้านเหนือสุดตามโครงการนี้ เป็นพื้นที่ที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจ ความเป็นอยู่ของชาวสงขลาและชาวเกาะยอที่เป็นชาวประมงพื้นบ้านซึ่งอาศัยทะเลสาบสงขลาเป็นแหล่งประกอบอาชีพ และเป็นแหล่งการท่องเที่ยวที่สำคัญของภาคใต้ตอนล่าง มีท่าเรือน้ำลึกในทะเลด้านนอกทะเลสาบสงขลา จัดเป็นท่าเรือหลักในจังหวัดชายแดนภาคใต้

ผลการตรวจวัดคุณลักษณะพื้นฐานทางเคมีและกายภาพของตัวอย่างน้ำที่เก็บจากจุดต่างๆ ในพื้นที่ท่าเทียบเรือประมงและท่าเรือขนถ่ายสินค้าเมืองสงขลา เริ่มจากบริเวณใกล้ท่าเทียบเรือประมงสงขลา ซึ่งเป็นชุมชนเก่าแก่ของเมืองสงขลา (ในทะเลสาบตอนนอก) ตั้งแต่บริเวณหลังโรงแรมเลคอินไป

ถึงบริเวณท่าแพขนานยนต์ข้ามฝากไปยังหัวเขาแดง อ. สิงหนคร จ. สงขลา รวมทั้งหมด 5 จุด คือ SK 1, SK 2, SK 3, SK 4 และ SK 5 จากการเก็บตัวอย่างน้ำ 2 ครั้ง ผลการตรวจวิเคราะห์ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.17 และตารางที่ 4.18 จากข้อมูลผลการตรวจวิเคราะห์คุณลักษณะพื้นฐานของน้ำในทะเลสาบสงขลาบริเวณท่าเทียบเรือขนสินค้าและท่าเทียบเรือประมง ทั้ง 2 ครั้ง โดยภาพรวมเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำแหล่งน้ำธรรมชาติ ตามประกาศของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) และฉบับที่ 27 (พ.ศ. 2549)

ตารางที่ 4.17 คุณภาพน้ำในพื้นที่เก็บตัวอย่างบริเวณท่าเรือประมงสงขลา เก็บครั้งที่ 1

จุดเก็บตัวอย่าง	อุณหภูมิ (°C)	พีเอช	ความขุ่น (NTU)	ของแข็งแขวนลอยรวม (mg/L)	การละลายออกซิเจน (mg/L)	ความเค็ม (% NaCl)	ไขมันและน้ำมันในรูปของ HEM (mg/L)
SK. 1	28.3	6.8	36.1	51.0	5.3	20.3	2.7
SK. 2	29.1	7.7	22.9	46.4	5.5	19.7	1.9
SK. 3	30.5	8.5	30.4	27.4	6.0	19.8	1.0
SK. 4	28.7	7.3	37.1	57.9	5.7	18.5	1.8
SK. 5	29.2	8.0	47.5	37.0	5.6	18.9	2.0
X±SD	29.2±0.8	7.7±0.7	34.8±9.1	43.9±11.9	5.6±0.3	19.4±0.7	1.9±0.6

X: ค่าเฉลี่ย SD: ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน HEM: Hexane Extractable Materials

ตารางที่ 4.18 คุณภาพน้ำในพื้นที่ท่าเทียบเรือประมงสงขลา เก็บครั้งที่ 2

จุดเก็บตัวอย่าง	อุณหภูมิ (°C)	พีเอช	ความขุ่น (NTU)	ของแข็งแขวนลอยรวม (mg/L)	การละลายออกซิเจน (mg/L)	ความเค็ม (% NaCl)	ไขมันและน้ำมันในรูปของ HEM (mg/L)
SK. 1	28.1	7.4	41.0	90.5	5.2	18.3	1.8
SK. 2	29.0	6.2	34.7	81.2	5.4	17.1	1.5
SK. 3	28.1	7.9	69.0	101.2	4.7	17.2	0.6
SK. 4	28.5	7.8	24.9	65.1	5.0	17.4	1.4
SK. 5	28.0	7.7	31.5	55.2	4.0	16.8	2.0
X±SD	28.3±0.4	7.4±0.7	40.2±17.1.9	78.6±18.6	4.9±0.5	17.4±0.6	1.5±0.5

X: ค่าเฉลี่ย SD: ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน HEM: Hexane Extractable Materials

ผลการตรวจวิเคราะห์คุณลักษณะพื้นฐานของน้ำที่แตกต่างกันเห็นได้ชัดคือ ปริมาณของแข็งแขวนลอยรวม (Total suspended solid) ความขุ่น และปริมาณการปนเปื้อนของไขมันและน้ำมัน (oil and grease) โดยเฉลี่ยบริเวณจุดเก็บตัวอย่างน้ำทางด้านปลายน้ำ (ใกล้ปากน้ำท่าแพขนานยนต์ข้ามฝากไปยัง

หัวเขาแดง) มีปริมาณสูงกว่าบริเวณจุดเก็บตัวอย่างจุดเก็บตัวอย่างน้ำแรกคือบริเวณหลังโรงแรมเลคอิน โดยระดับความเข้มข้นของไขมันและน้ำมันที่เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งใช้ซิลิกา (silica) ตรวจจับ (SGT-HEM) ตรวจพบที่จุดเก็บตัวอย่าง SK 1 มีการปนเปื้อนสูง ซึ่งสาเหตุส่วนหนึ่งคือบริเวณนี้เป็นบริเวณเป็นแหล่งชุมชนที่อยู่อาศัยหนาแน่น มีเรือประมงขนาดใหญ่จำนวนมากเข้ามาจอด บางจุดเป็นท่าเรือขนสินค้ามาเทียบท่าขนถ่ายสินค้าลงมาที่เมืองสงขลา รวมทั้งเป็นบริเวณที่ตั้งของแพปลาที่สำคัญของจังหวัดสงขลา ประกอบกับมีโรงซ่อมเครื่องยนต์เรืออยู่หลายจุด ฉะนั้นกากของเสียและน้ำทิ้งรวมทั้งน้ำมันเครื่องที่ถ่ายออก (อาจลงสู่แหล่งน้ำโดยตรง) ทำให้มีการปนเปื้อนในแหล่งน้ำ ซึ่งของเสียที่ถูกปล่อยมาจากกิจกรรมเหล่านี้จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำโดยตรง ถึงแม้กากของเสียที่เป็นอินทรีย์สารบางชนิดสามารถย่อยสลายในสภาวะแวดล้อมปกติของแหล่งน้ำได้ก็ตาม

4.3 ปริมาณการปนเปื้อนของสารประกอบบิวทิลทินในแหล่งน้ำ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อนของสารประกอบบิวทิลทิน 3 ชนิด คือ TBT, DBT และ MBT ในตัวอย่างน้ำที่เก็บจากพื้นที่เป้าหมายต่างๆ ตลอดแนวชายฝั่งอ่าวไทยจากท่าเรือประมงสงขลาในทะเลสาบตอนนอกจนถึงบริเวณปากแม่น้ำตาปี จ. นราธิวาส รวมพื้นที่เก็บตัวอย่างทั้งหมด 9 แห่ง เก็บตัวอย่าง 2 ครั้ง รายละเอียดผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.19 ความเข้มข้นสารบิวทิลทินที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำที่เก็บจากพื้นที่เป้าหมายต่างๆ ที่กำหนดครั้งที่ 1

พื้นที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ความเข้มข้นของสารบิวทิลทินที่ตรวจพบ (ppb)			
	MBT	DBT	TBT	Σ BTs
1. ท่าแพขนานยนต์และท่าเทียบเรือประมงดาบ				
TB 1	ND	ND	4	4
TB 2	ND	3	ND	3
TB 3	4	ND	6	10
ค่าเฉลี่ย (n = 3)	1.3	1	3.3	5.6
2. พื้นที่เก็บตัวอย่างบางรา				
BN 1	ND	ND	5	5
BN 2	ND	ND	2	2
BN 3	ND	ND	ND	ND
ค่าเฉลี่ย (n = 3)	-	-	2.3	2.3

ตารางที่ 4.19 (ต่อ)

พื้นที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ความเข้มข้นของสารบิวทิลทินที่ตรวจพบ (ppb)			
	MBT	DBT	TBT	Σ BTs
3. บริเวณท่าเรือประมงและแพปลาสาขบุรี				
SB 1	6	ND	7	13
SB 2	ND	ND	5	5
SB 3	3	ND	8	11
ค่าเฉลี่ย (n = 3)	3.0	-	6.7	9.7
4. บริเวณท่าเทียบเรือประมงพื้นบ้านคลองบรู๊วส์ ปะนาเระ				
PR 1	ND	ND	2	2
PR 2	ND	ND	ND	-
PR 3	1	1	2	4
ค่าเฉลี่ย (n = 3)	0.3	0.3	1.3	2.0
5. ท่าเทียบเรือประมงและแพปลาอำเภอเมืองปัตตานี				
PN 1	53	40	70	163
PN 2	93	94	233	420
PN 3	15	36	94	129
PN 4	32	49	67	133
PN 5	27	39	71	147
ค่าเฉลี่ย (n = 5)	44	51.6	107	198.4
6. พื้นที่เก็บตัวอย่างหนองจิก				
NC 1	ND	ND	ND	-
NC 2	1	ND	2	3
ค่าเฉลี่ย (n = 3)	0.5	-	1.0	1.5
7. บริเวณชุมชนปากแม่น้ำเทพาและท่าเทียบเรือประมงขนาดกลางปากน้ำเทพา				
TP 1	2	1	5	8
TP 2	ND	ND	ND	-
TP 3	ND	ND	ND	-
ค่าเฉลี่ย (n = 2)	0.7	0.3	1.7	2.7
8. บริเวณชุมชนปากบาง				
PB 1	ND	ND	ND	-
PB 2	ND	ND	ND	-
PB 3	2	ND	3	5
ค่าเฉลี่ย (n = 3)	0.7	-	1.0	1.7

ตารางที่ 4.19 (ต่อ)

พื้นที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ความเข้มข้นของสารบิวทิลทินที่ตรวจพบ (ppb)			
	MBT	DBT	TBT	Σ BTs
9. พื้นที่ท่าเทียบเรือประมงและท่าเรือขนถ่ายสินค้า เมืองสงขลา				
SK 1	30	16	48	96
SK 2	21	29	76	126
SK 3	44	35	55	134
SK 4	27	16	29	72
SK 5	15	ND	43	58
ค่าเฉลี่ย (n = 5)	27.4	19.2	50.2	97.2

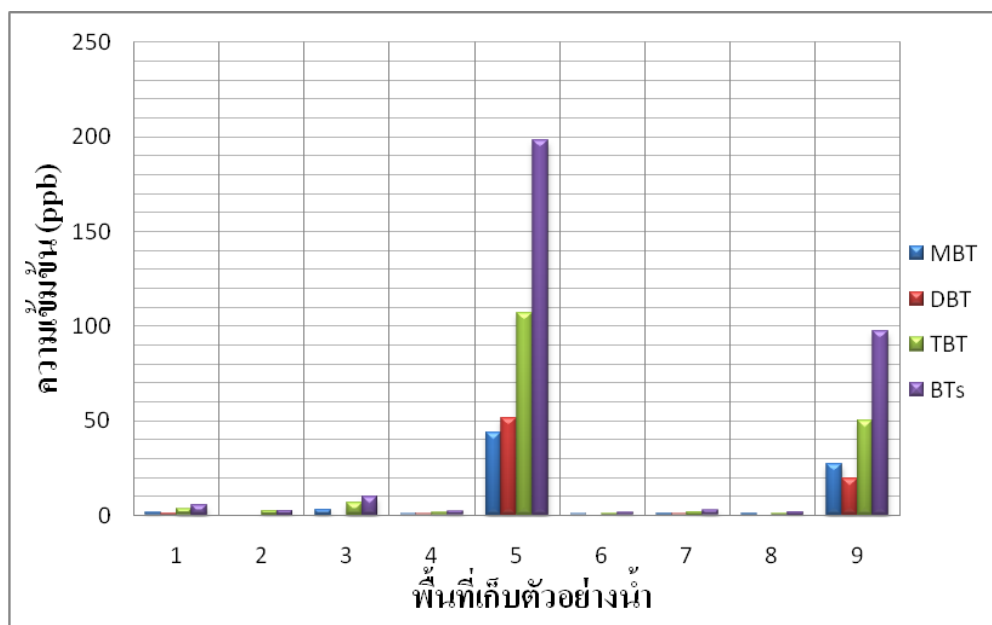
หมายเหตุ : Σ BTs คือผลรวมของ MBT, DBT และ TBT

ND คือ ตรวจวิเคราะห์ไม่พบ

จากการวิเคราะห์สารประกอบบิวทิลทิน (BTs) ในตัวอย่างน้ำที่เก็บจากจุดต่างๆ ในครั้งที่ 1 พบว่าตัวอย่างน้ำจากพื้นที่เก็บตัวอย่างเมืองปัตตานีพบ TBT, DBT และ MBT ในทุกตัวอย่างน้ำที่เก็บมาจากจุดต่างๆ 5 จุดเก็บตัวอย่าง (PN1-PN5) โดยมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของสารประกอบบิวทิลทินรวมเท่ากับ 198.4 ppb และตรวจพบสารประกอบ TBT เข้มข้นสูงสุดที่จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 (PN2) คือเข้มข้น 233 ppb ส่วนสารประกอบบิวทิลทินรวม (BTs) เท่ากับ 420 ppb ส่วนตัวอย่างน้ำจากพื้นที่เก็บตัวอย่างสายบุรี (SB) ไม่พบสารประกอบอนุพันธ์ DBT ซึ่งเกิดจากการสลายตัวของ TBT ในทุกตัวอย่างน้ำที่ทำการวิเคราะห์ในครั้งนี้

อย่างไรก็ตาม ในบรรดาตัวอย่างน้ำที่เก็บมาวิเคราะห์ครั้งนี้พบว่า ตัวอย่างน้ำที่เก็บจากจุดเก็บตัวอย่างในพื้นที่ท่าเทียบเรือประมงและท่าเรือขนถ่ายสินค้า เมืองสงขลา มีการปนเปื้อนด้วยสารประกอบบิวทิลทินรวมมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 97.2 ppb ซึ่งสูงรองจากปัตตานี (ในขณะที่ตัวอย่างน้ำจากพื้นที่เก็บตัวอย่างปัตตานีซึ่งมีค่าเท่ากับ 198.4 ppb) ส่วนสารประกอบ TBT ตรวจพบเข้มข้นสูงสุดที่จุดเก็บตัวอย่างที่ 3 (SK3) เข้มข้น 134 ppb และ ณ จุดเก็บตัวอย่างเดียวกันนี้พบสารประกอบบิวทิลทินรวมเท่ากับ 55 ppb

ภาพที่ 4.1 แสดงค่าความเข้มข้นเฉลี่ยในภาพรวมของสารประกอบบิวทิลทินรวมและสารประกอบ TBT, DBT และ MBT ที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำที่เก็บจากจุดเก็บตัวอย่างในพื้นที่เป้าหมายต่างๆ 9 แห่ง สำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำครั้งที่ 1 จากภาพจะเห็นว่าผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำครั้งที่ 1 พื้นที่เก็บตัวอย่างน้ำเมืองปัตตานี (พื้นที่จุดที่ 5) มีการปนเปื้อนด้วยสารประกอบบิวทิลทิน (BTs) สูงสุดและรองลงมาคือพื้นที่ท่าเทียบเรือประมงและท่าเรือขนถ่ายสินค้า เมืองสงขลา (พื้นที่จุดที่ 9)



ภาพที่ 4.1 ความเข้มข้นเฉลี่ยของ TBT, DBT, MBT และ BTs รวม ที่ตรวจพบในพื้นที่เป้าหมายต่างๆ 9 แห่ง ในการวิเคราะห์ตัวอย่างครั้งที่ 1

ตารางที่ 4.20 ความเข้มข้นสารบิวทิลทินที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำที่เก็บจากพื้นที่เป้าหมายต่างๆ ที่กำหนดในการเก็บตัวอย่างน้ำและวิเคราะห์ครั้งที่ 2

พื้นที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ความเข้มข้นของสารบิวทิลทินที่ตรวจพบ (ppb)			
	MBT	DBT	TBT	Σ BTs
1. ท่าแพขนานยนต์และท่าเทียบเรือประมงคาบา				
TB 1	ND	ND	1	1
TB 2	1	ND	5	6
TB 3	ND	ND	2	2
ค่าเฉลี่ย (n = 3)	0.3	-	2.7	3.0
2. พื้นที่เก็บตัวอย่างบางนรา				
BN 1	ND	ND	ND	-
BN 2	ND	ND	ND	-
BN 3	0.5	2	5	7.5
ค่าเฉลี่ย (n = 3)	0.2	0.7	1.7	2.5

ตารางที่ 4.20 (ต่อ)

พื้นที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ความเข้มข้นของสารบิวทิลทินที่ตรวจพบ (ppb)			
	MBT	DBT	TBT	Σ BTs
3. บริเวณท่าเรือประมงและแพปลาสาขบุรี				
SB 1	2	ND	3	5
SB 2	ND	ND	ND	-
SB 3	1.5	ND	4	5.5
ค่าเฉลี่ย (n = 3)	1.2	-	2.3	3.5
4. บริเวณท่าเทียบเรือประมงพื้นบ้านคลองบรู๊วส์ ปะนาละ				
PR 1	ND	ND	ND	-
PR 2	ND	ND	ND	-
PR 3	0.3	0.2	1	1.5
ค่าเฉลี่ย (n = 3)	0.1	0.1	0.3	0.5
5. ท่าเทียบเรือประมงและแพปลาอำเภอเมืองปัตตานี				
PN 1	ND	7	31	38
PN 2	22	5	48	75
PN 3	35	11	72	118
PN 4	58	32	86	176
PN 5	67	49	91	204
ค่าเฉลี่ย (n = 5)	36.4	20.8	65.6	122.2
6. พื้นที่เก็บตัวอย่างหนองจิก				
NC 1	ND	ND	ND	-
NC 2	ND	ND	ND	-
ค่าเฉลี่ย (n = 3)	-	-	-	-
7. บริเวณชุมชนปากแม่น้ำเทพาและท่าเทียบเรือประมงขนาดกลางปากน้ำเทพา				
TP 1	ND	1	2	3
TP 2	3	2	7	12
TP 3	ND	ND	ND	-
ค่าเฉลี่ย (n = 2)	1.0	1.0	3.0	5.0
8. บริเวณชุมชนปากบาง				
PB 1	ND	ND	ND	-
PB 2	ND	ND	1	1
PB 3	1	1	3	5
ค่าเฉลี่ย (n = 3)	0.3	0.3	1.3	2.0

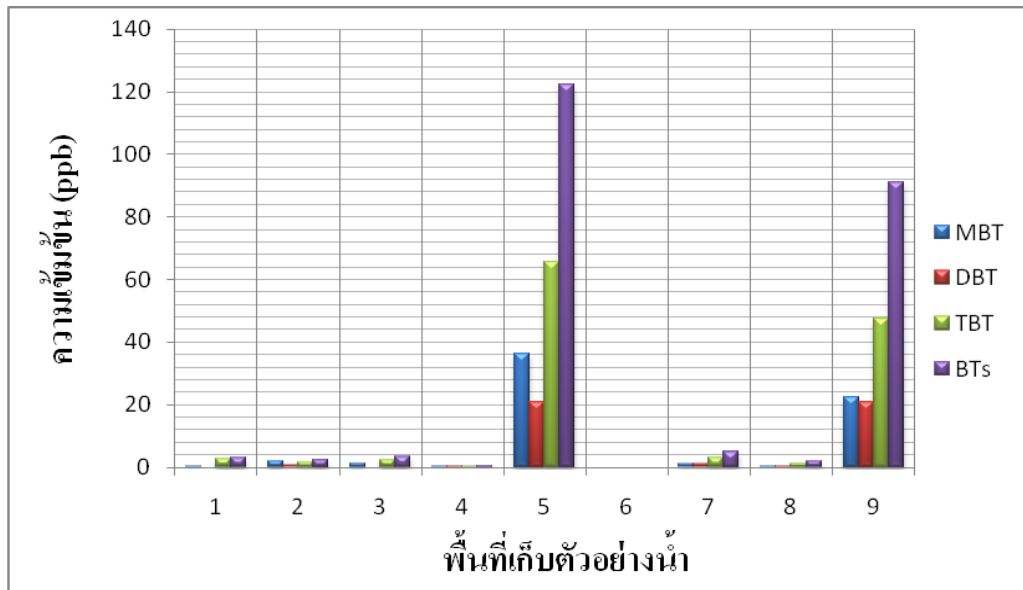
ตารางที่ 4.20 (ต่อ)

พื้นที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ความเข้มข้นของสารบิวทิลทินที่ตรวจพบ (ppb)			
	MBT	DBT	TBT	Σ BTs
9. พื้นที่ทำเทียบเรือประมงและท่าเรือขนถ่ายสินค้า เมืองสงขลา				
SK 1	17	10	38	65
SK 2	18	12	49	79
SK 3	35	29	52	116
SK 4	24	31	60	115
SK 5	19	22	39	80
ค่าเฉลี่ย ($n = 5$)	22.4	20.8	47.6	91.0

หมายเหตุ : Σ BTs คือผลรวมของ MBT, DBT และ TBT

ND คือ ตรวจวิเคราะห์ไม่พบ

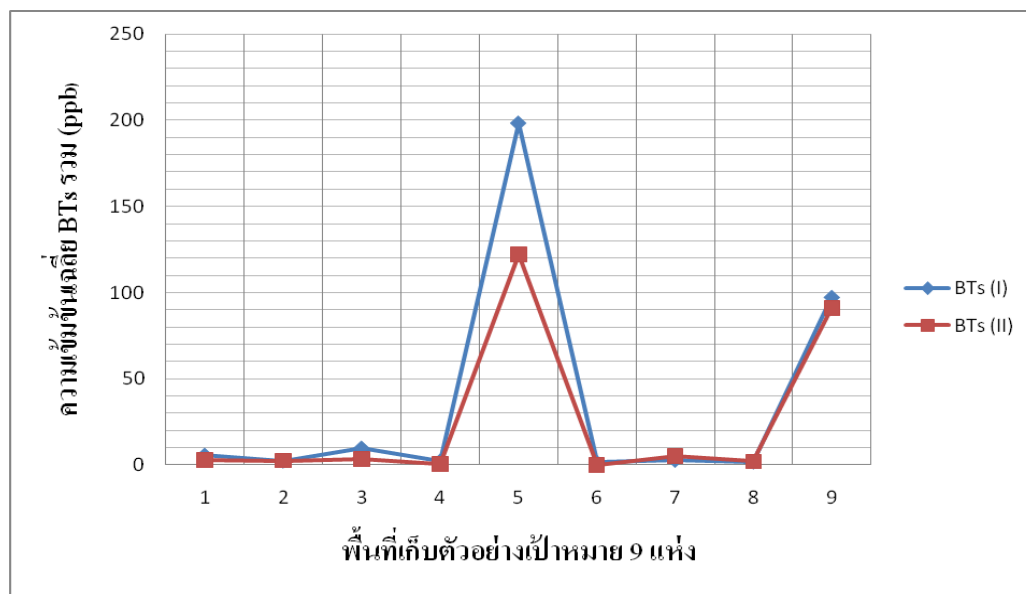
ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำที่เก็บจากจุดต่างๆ 9 แห่ง ครั้งที่ 2 พบว่าสารประกอบบิวทิลทิน (BTs) ในตัวอย่างน้ำจากพื้นที่เก็บตัวอย่างอำเภอหนองจิก ไม่พบ TBT, DBT และ MBT ในทุกตัวอย่างน้ำที่ทำ การวิเคราะห์ (ในภาพที่ 4.20 พื้นที่หมายเลข 6) สำหรับพื้นที่เก็บตัวอย่างน้ำเมืองปัตตานี (PN1-PN5) มีค่า ความเข้มข้นเฉลี่ยของสารประกอบบิวทิลทินรวมเท่ากับ 122.2 ppb ซึ่งมีระดับความเข้มข้นน้อยกว่าที่ ตรวจพบในเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 ส่วนตัวอย่างน้ำที่เก็บจากจุดเก็บตัวอย่างในพื้นที่ทำเทียบเรือประมงและ ท่าเรือขนถ่ายสินค้า เมืองสงขลา มีการปนเปื้อนด้วยสารประกอบบิวทิลทินรวมที่ระดับความเข้มข้นเฉลี่ย เท่ากับ 91.0 ppb (ต่ำกว่าที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำจากพื้นที่เก็บตัวอย่างปัตตานี) ส่วนสารประกอบ TBT ตรวจพบเข้มข้นสูงที่สุดที่จุดเก็บตัวอย่างที่ 3 (SK3) และ 4 (SK4) มีปริมาณความเข้มข้น 52 ppb และ 60 ppb ตามลำดับ ณ จุดเก็บตัวอย่างทั้งสองนี้ พบสารประกอบบิวทิลทินรวมเท่ากับ 116 ppb และ 115 ppb ตามลำดับ



ภาพที่ 4.2 ความเข้มข้นเฉลี่ยของ TBT, DBT, MBT และ BTs รวม ที่ตรวจพบในพื้นที่เป้าหมายต่างๆ 9 แห่ง ในการวิเคราะห์ตัวอย่างครั้งที่ 2

ภาพที่ 4.2 แสดงค่าความเข้มข้นเฉลี่ยในภาพรวมของสารประกอบบิวทิลทินรวมและสารประกอบ TBT, DBT และ MBT ที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำที่เก็บจากจุดเก็บตัวอย่างในพื้นที่เป้าหมายต่างๆ 9 แห่ง สำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำครั้งที่ 2 จากภาพจะเห็นว่าพื้นที่เก็บตัวอย่างน้ำท่าเทียบเรือประมงและท่าเรือขนถ่ายสินค้า เมืองสงขลา มีการปนเปื้อนด้วยสารประกอบบิวทิลทินสูงเช่นเดียวกับพื้นที่เก็บตัวอย่างเมืองปัตตานี ซึ่งแนวโน้มการปนเปื้อนสารประกอบบิวทิลทินไม่ต่างไปจากผลการวิเคราะห์ตัวอย่างครั้งที่ 1

ภาพต่อไปนี้จะแสดงการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของสารประกอบบิวทิลทินรวม (BTs) ในตัวอย่างน้ำจากพื้นที่เป้าหมายต่างๆ 9 แห่ง จำนวน 2 ครั้ง (ผลการวิเคราะห์ครั้งที่ 1 เส้นกราฟสีฟ้า (BTs I) และผลการวิเคราะห์ครั้งที่ 2 เส้นกราฟสีแดงหรือ BTs II)



ภาพที่ 4.3 กราฟเปรียบเทียบความเข้มข้นเฉลี่ยของ BTs รวม ที่ตรวจพบในพื้นที่เป้าหมายต่างๆ 9 แห่ง ในการวิเคราะห์ตัวอย่างครั้งที่ 1 และ 2

จากการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อนของสารประกอบบิวทิลทินรวมทั้งสอง ครั้ง พบว่ามีแนวโน้มที่คล้ายกัน โดยเฉพาะตัวอย่างน้ำจากพื้นที่หมายเลข 5 (เมืองปัตตานี) และพื้นที่ หมายเลข 9 (เมืองสงขลา) เพียงแต่ระดับความเข้มข้นของ BTs รวมที่ตรวจพบในครั้งที่ 2 น้อยกว่าครั้งที่ 1 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากช่วงเดือนที่เก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 เป็นช่วงน้ำหลาก ทำให้ความเข้มข้นของ BTs รวมที่ ตรวจพบเข้มข้นน้อยกว่าในการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำครั้งแรก นอกจากนี้ จากการสังเกตพบว่าพื้นที่เก็บ ตัวอย่างน้ำทั้งเมืองสงขลาและปัตตานีมีปริมาณเรือประมงขนาดกลางถึงขนาดใหญ่เข้าเทียบท่าจำนวนมาก ประกอบที่ท่าเทียบเรือประมงสงขลาจะมีเรือขนถ่ายสินค้าเข้าจอดขนถ่ายสินค้าลงที่ท่าเรือสงขลา (ในทะเลสาบด้านนอก) โดยเฉพาะขนถ่ายปุ๋ยเคมีทางการเกษตรจำนวนมากมาลงที่สงขลา ซึ่งนอกจาก ลักษณะที่ตั้งของแหล่งน้ำแล้ว จำนวนเรือเดินสมุทรนับจัดเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนหรือ เป็นแหล่งที่มาของสารมลพิษ TBT รวมทั้งการสลายตัวไปเป็นอนุพันธ์ของมันคือ สารประกอบ DBT และ MBT ในแหล่งน้ำบริเวณพื้นที่ทั้ง 2 แห่ง เช่น ที่จุดเก็บตัวอย่างเมืองปัตตานี มีเรือประมงเข้ามาจอด แออัดมากในช่วงฤดูกล โดยเฉพาะช่วงมรสุมที่เรือไม่สามารถออกทะเลได้ ประกอบกับพื้นที่ด้าน ปากแม่น้ำปัตตานีเป็นพื้นที่แคบ ทิศทางการไหลของการน้ำไปทางตะวันออกลงสู่ทะเล ตรงกันข้ามกับ ทิศทางกระแสน้ำขึ้น-ลงของน้ำทะเลหนุน ซึ่งมีผลต่อการการกระจายตัวของสารมลพิษ TBT ในพื้นที่ บริเวณนี้ ที่ไม่สามารถกระจายออกในวงกว้าง ทำให้มีการปนเปื้อนในน้ำสูง ตรงกันข้ามกับพื้นที่เก็บ ตัวอย่างน้ำเมืองสงขลา แม้จะมีเรือประมงเข้ามาจอดจำนวนมากรวมทั้งเรือสินค้าขนาดใหญ่ แต่เป็นพื้นที่ แหล่งน้ำขนาดใหญ่ ทิศทางการไหลของกระแสน้ำ สารมลพิษ TBT สามารถกระจายตัวออกไปกว้าง ปริมาณความเข้มข้นที่ตรวจพบจึงน้อยกว่าที่ตรวจพบที่ปัตตานี เป็นต้น

เมื่อคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยขององค์ประกอบสารมลพิษทั้ง 3 ชนิดที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำที่เก็บมาวิเคราะห์ 2 ครั้ง พบว่า จากการวิเคราะห์ครั้งที่ 1 และ 2 พบสารประกอบ TBT คิดเป็น 64.63 % และ 56.92 % ตามลำดับ ส่วนที่เหลือเป็นสารประกอบ DBT และ MBT ข้อมูลเปอร์เซ็นต์ส่วนประกอบของสารมลพิษ 3 ชนิดดังกล่าวนี้แสดงให้เห็นว่าสารมลพิษ TBT ในแหล่งน้ำบริเวณที่ศึกษาเกิดการสลายตัวเป็น DBT และ MBT เป็นไปอย่างช้าๆ หรือเกิดการสลายตัวในอัตราที่จำกัดมาก ทั้งนี้อาจจะเกี่ยวข้องกับปัจจัยด้านกับคุณลักษณะพื้นฐานทางเคมีและกายภาพของน้ำในพื้นที่ศึกษาด้วย

4.4 ปริมาณการปนเปื้อนของสารประกอบบิวทิลทินในตะกอนดิน

ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความชื้น (น้ำหนักแห้ง) ของตะกอนดิน และปริมาณการปนเปื้อนของสารประกอบบิวทิลทิน 3 ชนิด คือ TBT, DBT และ MBT ในตะกอนดินที่เก็บจากพื้นที่เป้าหมายต่างๆ ตลอดแนวชายฝั่งอ่าวไทยจากท่าเรือประมงสงขลาในทะเลสาบตอนนอกจนถึงบริเวณปากแม่น้ำตาปี จ. นราธิวาส รวมพื้นที่เก็บตัวอย่างทั้งหมด 9 แห่ง เก็บตัวอย่างตะกอนดิน 2 ครั้ง รายละเอียดผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของตัวอย่างตะกอนดิน ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.21 เปอร์เซนต์น้ำหนักแห้งของตัวอย่างตะกอนดินที่เก็บจากพื้นที่เป้าหมายต่างๆ

ที่กำหนดในโครงการวิจัย

พื้นที่เก็บตัวอย่างตะกอนดิน	เปอร์เซ็นต์ความชื้น	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
1. ทำแพขนานยนต์และท่าเทียบเรือประมงตาบา		
TB 1	39.10	37.00
TB 2	35.53	33.20
TB 3	41.20	36.56
ค่าเฉลี่ย (n = 3)	38.61	35.59
2. พื้นที่เก็บตัวอย่างบางนรา		
BN 1	57.18	51.12
BN 2	46.70	40.25
BN 3	44.43	45.77
ค่าเฉลี่ย (n = 3)	49.44	45.71
3. บริเวณท่าเรือประมงและแปปลาสาหรูรี		
SB 1	51.10	47.82
SB 2	42.22	39.29
SB 3	39.64	42.81
ค่าเฉลี่ย (n = 3)	44.32	43.31

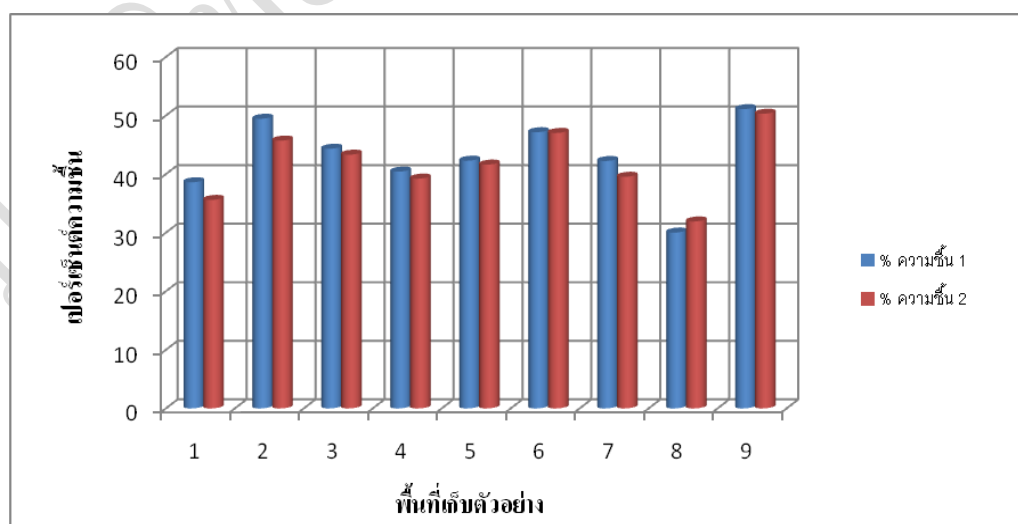
ตารางที่ 4.21 (ต่อ)

พื้นที่เก็บตัวอย่างตะกอนดิน	เปอร์เซ็นต์ความชื้น	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
4. บริเวณท่าเทียบเรือประมงพื้นบ้านคลองบรู๊วส ปะนาละ		
PR 1	39.90	37.25
PR 2	43.24	40.33
PR 3	38.11	40.12
ค่าเฉลี่ย (n = 3)	40.42	39.23
5. ท่าเทียบเรือประมงและแพปลาอำเภอเมืองปัตตานี		
PN 1	37.80	39.21
PN 2	40.12	41.31
PN 3	42.44	40.20
PN 4	39.65	39.01
PN 5	51.62	48.39
ค่าเฉลี่ย (n = 5)	42.29	41.62
6. พื้นที่เก็บตัวอย่างหนองจิก		
NC 1	54.12	51.26
NC 2	48.55	49.27
NC 3	38.78	40.55
ค่าเฉลี่ย (n = 3)	47.15	47.03
7. บริเวณชุมชนปากแม่น้ำเทพาและท่าเทียบเรือประมงขนาดกลางปากน้ำเทพา		
TP 1	44.56	40.12
TP 2	39.90	38.95
ค่าเฉลี่ย (n = 2)	42.23	39.54
8. บริเวณชุมชนปากบาง		
PB 1	30.13	33.15
PB 2	27.77	30.29
PB 3	35.14	32.30
ค่าเฉลี่ย (n = 3)	30.01	31.91

ตารางที่ 4.21 (ต่อ)

พื้นที่เก็บตัวอย่างตะกอนดิน	เปอร์เซ็นต์ความชื้น	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
9. พื้นที่ทำเทียบเรือประมงและท่าเรือขนถ่ายสินค้า เมืองสงขลา		
SK 1	57.72	53.44
SK 2	47.56	49.15
SK 3	51.34	50.86
SK 4	54.29	51.93
SK 5	44.53	46.11
ค่าเฉลี่ย (n = 5)	51.09	50.30

ปริมาณความชื้นในตะกอนดินที่ทำการตรวจวิเคราะห์ครั้งที่ 1 และ 2 โดยรวมอยู่ในช่วง 27.17- 57.17 % และ 30.29- 53.44 % ตามลำดับ พบว่าตัวอย่างตะกอนดินจากพื้นที่เก็บตัวอย่างท่าเรือประมง สงขลาและท่าเทียบเรือประมงสงขลาที่มีความชื้นสูงสุดคือ 57.17 % โดยมีค่าความชื้นเฉลี่ยในเก็บตะกอน ดินครั้งที่ 1 และ 2 เท่ากับ 51.09 % และ 50.30 % ตัวอย่างตะกอนดินที่มีความชื้นน้อยที่สุดคือตัวอย่าง ตะกอนดินที่เก็บมาจากชุมชนบ้านปากบาง (จุดเก็บตัวอย่างที่ 8) คือมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ทำการ วิเคราะห์หาในครั้งที่ 1 และ 2 มีค่าเท่ากับ 30.01 % และ 31.91 % ตามลำดับ เนื่องจากเป็นตะกอนดินปน ทรายซึ่งมีน้ำหนักรากกว่าและไม่อมน้ำ ภาพรวมเปอร์เซ็นต์ความชื้นของตะกอนดินจากจุดเก็บตัวอย่างต่างๆ ที่นำมาวิเคราะห์ทั้ง 2 ครั้ง ดังแสดงในภาพต่อไปนี้ (กราฟแท่งสีน้ำเงินผลการวิเคราะห์ครั้งที่ 1 และกราฟ แท่งสีน้ำเงินผลการวิเคราะห์ครั้งที่ 2)



ภาพที่ 4.4 กราฟเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความชื้นของตะกอนดินที่เก็บจากพื้นที่เป้าหมายต่างๆ 9 แห่ง ในการวิเคราะห์ตัวอย่างครั้งที่ 1 และ 2

ระดับความเข้มข้นของสารประกอบบิวทิลทิน 3 ชนิด คือ TBT, DBT และ MBT ในตะกอนดินที่เก็บจากพื้นที่เป้าหมายต่างๆ ตลอดแนวชายฝั่งอ่าวไทยจากท่าเรือประมงสงขลาในทะเลสาบตอนนอก จนถึงบริเวณปากแม่น้ำตาปี จ. นราธิวาส ในพื้นที่เก็บตัวอย่าง 9 แห่ง เก็บตัวอย่างตะกอนดินมาวิเคราะห์ 2 ครั้ง รายละเอียดของผลการวิเคราะห์ตัวอย่างตะกอนดิน ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.22 ความเข้มข้นสารบิวทิลทินที่ตรวจพบในตัวอย่างตะกอนดินที่เก็บจากพื้นที่เป้าหมายต่างๆ ที่กำหนดในโครงการวิจัย ครั้งที่ 1

พื้นที่เก็บตัวอย่างตะกอนดิน	ความเข้มข้นของสารบิวทิลทิน (ng/g น้ำหนักแห้ง)			
	MBT	DBT	TBT	ΣBTs
1. ท่าแพขนานยนต์และท่าเทียบเรือประมงตาบา				
TB 1	5	3	7	15
TB 2	2	1	4	7
TB 3	7	9	12	28
ค่าเฉลี่ย (n = 3)	4.67	4.33	7.67	16.67
2. พื้นที่เก็บตัวอย่างบางนรา				
BN 1	ND	ND	3	3
BN 2	3	ND	6	9
BN 3	1	ND	5	6
ค่าเฉลี่ย (n = 3)	1.33	-	4.67	6.00
3. บริเวณท่าเรือประมงและแปปลาสาหรูรี				
SB 1	9	7	13	29
SB 2	4	ND	10	14
SB 3	18	10	21	49
ค่าเฉลี่ย (n = 3)	10.33	5.67	14.67	30.67
4. บริเวณท่าเทียบเรือประมงพื้นบ้านคลองรูวัส ปะนาละ				
PR 1	ND	ND	2	2
PR 2	ND	ND	ND	-
PR 3	6	ND	7	13
ค่าเฉลี่ย (n = 3)	2.00	-	3.00	5.00

หมายเหตุ : Σ BTs คือผลรวมของ MBT, DBT และ TBT

ND คือตรวจวิเคราะห์ไม่พบ (ความเข้มข้นต่ำกว่าค่าขีดจำกัดการตรวจวัดขั้นต่ำ)

ตารางที่ 4.22 (ต่อ)

พื้นที่เก็บตัวอย่างตะกอนดิน	ความเข้มข้นของสารบิวทิลทิน (ng/g น้ำหนักแห้ง)			
	MBT	DBT	TBT	Σ BTs
5. ทำเทียบเรือประมงและแพปลาอำเภอเมืองปัตตานี				
PN 1	43	30	70	143
PN 2	73	54	133	260
PN 3	25	13	50	88
PN 4	203	110	280	593
PN 5	32	21	59	112
ค่าเฉลี่ย (n = 5)	75.20	45.60	118.40	239.2
6. พื้นที่เก็บตัวอย่างหนองจิก				
NC 1	2	ND	10	12
NC 2	5	ND	4	9
NC 3	ND	ND	3	3
ค่าเฉลี่ย (n = 3)	2.33	-	5.67	8.00
7. บริเวณชุมชนปากแม่น้ำเทพาและทำเทียบเรือประมงขนาดกลางปากน้ำเทพา				
TP 1	7	ND	10	17
TP 2	19	24	31	74
ค่าเฉลี่ย (n = 2)	13.00	12.00	20.50	45.50
8. บริเวณชุมชนปากบาง				
PB 1	ND	2	3	5
PB 2	16	ND	27	43
PB 3	ND	1	4	5
ค่าเฉลี่ย (n = 3)	5.33	1.00	11.33	17.67
9. พื้นที่ทำเทียบเรือประมงและท่าเรือขนถ่ายสินค้า เมืองสงขลา				
SK 1	13	22	71	106
SK 2	43	32	33	109
SK 3	25	16	90	131
SK 4	12	9	17	38
SK 5	37	20	51	108
ค่าเฉลี่ย (n = 5)	26.00	20.20	52.40	98.40

หมายเหตุ : Σ BTs คือผลรวมของ MBT, DBT และ TBT

ND คือตรวจวิเคราะห์ไม่พบ (ความเข้มข้นต่ำกว่าค่าขีดจำกัดการตรวจวัดขั้นต่ำ)

ตารางที่ 4.23 ความเข้มข้นสารบิวทิลทินที่ตรวจพบในตัวอย่างตะกอนดินที่เก็บจากพื้นที่เป้าหมายต่างๆ
ที่กำหนดในโครงการวิจัย ครั้งที่ 2

พื้นที่เก็บตัวอย่างตะกอนดิน	ความเข้มข้นของสารบิวทิลทิน (ng/g น้ำหนักแห้ง)			
	MBT	DBT	TBT	Σ BTs
1. ท่าแพขนานยนต์และท่าเทียบเรือประมงตาบา				
TB 1	2	1	5	8
TB 2	ND	ND	6	6
TB 3	10	11	13	34
ค่าเฉลี่ย (n = 3)	4.00	4.00	8.00	16.00
2. พื้นที่เก็บตัวอย่างบางนรา				
BN 1	1	ND	1	2
BN 2	ND	ND	3	3
BN 3	1	ND	7	8
ค่าเฉลี่ย (n = 3)	0.67	-	3.67	4.33
3. บริเวณท่าเรือประมงและแพปลาสาขบุรี				
SB 1	7	9	15	31
SB 2	ND	ND	8	8
SB 3	12	7	33	52
ค่าเฉลี่ย (n = 3)	6.33	5.33	18.67	30.33
4. บริเวณท่าเทียบเรือประมงพื้นบ้านคลองรูวัด ปะนาเร				
PR 1	1	1	2	4
PR 2	ND	ND	3	3
PR 3	6	3	5	14
ค่าเฉลี่ย (n = 3)	2.33	1.33	3.33	7.00
5. ท่าเทียบเรือประมงและแพปลาอำเภอเมืองปัตตานี				
PN 1	31	29	65	125
PN 2	83	57	143	283
PN 3	35	23	59	117
PN 4	217	79	241	537
PN 5	41	33	77	151
ค่าเฉลี่ย (n = 5)	81.4	44.2	117.0	242.60

หมายเหตุ : Σ BTs คือผลรวมของ MBT, DBT และ TBT

ND คือตรวจวิเคราะห์ไม่พบ (ความเข้มข้นต่ำกว่าค่าขีดจำกัดการตรวจวัดขั้นต่ำ)

ตารางที่ 4.23 (ต่อ)

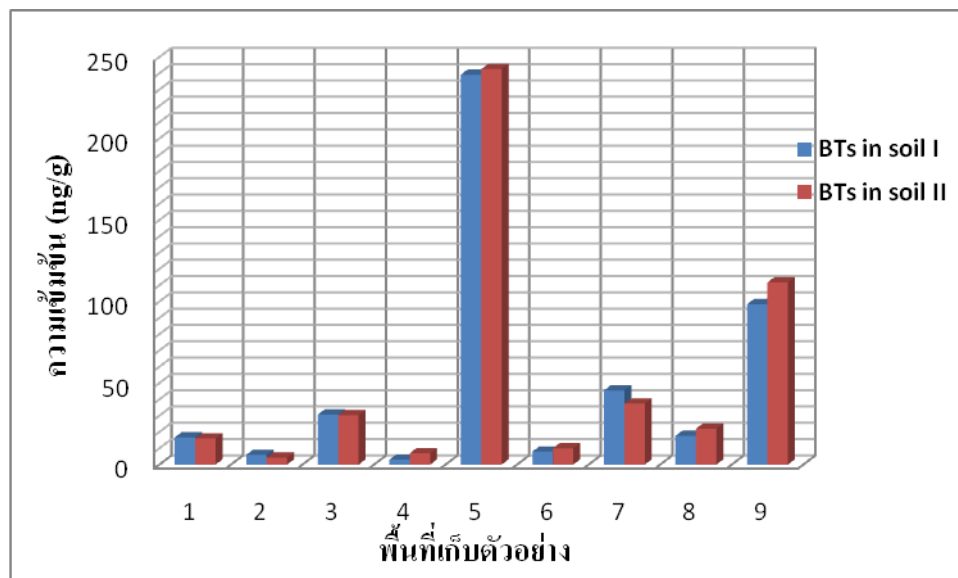
พื้นที่เก็บตัวอย่างตะกอนดิน	ความเข้มข้นของสารบิวทิลทิน (ng/g น้ำหนักแห้ง)			
	MBT	DBT	TBT	Σ BTs
6. พื้นที่เก็บตัวอย่างหนองจิก				
NC 1	2	2	10	14
NC 2	5	3	4	12
NC 3	1	ND	3	4
ค่าเฉลี่ย (n = 3)	2.67	1.67	5.67	10.00
7. บริเวณชุมชนปากแม่น้ำเทพาและท่าเทียบเรือประมงขนาดกลางปากน้ำเทพา				
TP 1	11	5	7	23
TP 2	7	21	24	52
ค่าเฉลี่ย (n = 2)	9.00	13.00	15.50	37.50
8. บริเวณชุมชนปากบาง				
PB 1	5	2	3	10
PB 2	6	3	21	30
PB 3	3	5	18	26
ค่าเฉลี่ย (n = 3)	4.67	3.33	14.00	22.00
9. พื้นที่ท่าเทียบเรือประมงและท่าเรือขนถ่ายสินค้า เมืองสงขลา				
SK 1	17	25	36	78
SK 2	52	30	44	126
SK 3	17	19	103	139
SK 4	7	12	55	74
SK 5	35	29	78	142
ค่าเฉลี่ย (n = 5)	25.6	23.00	63.20	111.80

หมายเหตุ : Σ BTs คือผลรวมของ MBT, DBT และ TBT

ND คือตรวจวิเคราะห์ไม่พบ (ความเข้มข้นต่ำกว่าค่าขีดจำกัดการตรวจวัดขั้นต่ำ)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสาร BTs รวม TBT, DBT และ MBT ในตะกอนดิน 2 ครั้งพบว่าค่าความเข้มข้นที่ได้ของสารทั้ง 3 ชนิดมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่เก็บตัวอย่าง โดยเฉพาะ 2 พื้นที่หลักที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ ท่าเรือประมงเมืองปัตตานี (หมายเลข 5) และท่าเทียบเรือประมงเมืองสงขลา (หมายเลข 9) ซึ่งทั้ง 2 แห่งนี้พบปริมาณการปนเปื้อนสารมลพิษทั้ง 3 ชนิดในปริมาณสูงกว่าพื้นที่อื่นๆ มาก โดยเฉพาะตะกอนดินจากพื้นที่เก็บตัวอย่างเมืองปัตตานีพบปนเปื้อนด้วย BTs รวมสูงสุดในบรรดาตัวอย่างตะกอนดินที่เก็บมาศึกษาในครั้งนี้ ซึ่งแนวโน้มผลการวิเคราะห์ที่ได้นี้เป็นลักษณะเดียวกันกับที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำมาแล้ว ส่วนตะกอนดินที่เก็บจากพื้นที่เก็บตัวอย่างบางนรา คอลอมบูร์วดี (ปะนา

ระ) หนองจิก และชุมชนบ้านปากบาง มีการปนเปื้อนด้วยสารมลพิษ TBT, DBT และ MBT ที่ระดับความเข้มข้นต่ำกว่าพื้นที่อื่นๆ กราฟเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ปริมาณ BTs รวมในตัวอย่างตะกอนดิน 2 ครั้ง แสดงในภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 4.5 กราฟเปรียบเทียบระดับความเข้มข้นของ BTs รวมในตะกอนดินที่เก็บจากพื้นที่เป้าหมายต่างๆ 9 แห่ง ในการวิเคราะห์ตัวอย่างครั้งที่ 1 และ 2

จากข้อมูลในตารางที่ 4.23 และ 4.24 เมื่อคำนวณค่าสัดส่วนเป็นเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยขององค์ประกอบสารมลพิษทั้ง 3 ชนิดที่ตรวจพบในตัวอย่างตะกอนดินที่เก็บมาวิเคราะห์ 2 ครั้ง พบว่าจากการวิเคราะห์ครั้งที่ 1 และ 2 พบสัดส่วนที่เป็นสารประกอบ TBT อยู่ในช่วง 45.05 %-70.88 % และ 41.33 %-84.76% ตามลำดับ ส่วนที่เหลือเป็นสารประกอบ DBT และ MBT ข้อมูลเปอร์เซ็นต์ส่วนประกอบของสารมลพิษดังกล่าวนี้แสดงให้เห็นว่าสารมลพิษ TBT ในพื้นที่บริเวณที่ศึกษาเกิดการสลายตัวเป็นอนุพันธ์ DBT และ MBT เป็นไปอย่างช้าๆ ซึ่งอาจจะเกี่ยวข้องกับปัจจัยด้านอื่นๆ ด้วย ทั้งนี้จากรายงานการศึกษาสารมลพิษไดบูทิลอินทรีย์โดย Hwang *et al.*, (1999) พบว่าสารมลพิษ TBT มีครึ่งชีวิตในดินตะกอนประมาณ 6.9 ปี ซึ่งมีความคงทนต่อการสลายตัวในดินสูงพอสมควร ดังนั้นตะกอนดินจึงยังคงเป็นแหล่งที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนในสิ่งมีชีวิตได้นาน โดยเฉพาะสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่ในดิน เช่น พวกรอย และสัตว์หน้าดิน เป็นต้น

4.5 ปริมาณการปนเปื้อนของสารประกอบบิวทิลทินในหอยแมลงภู่

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการเก็บตัวอย่างหอยแมลงภู่จากบริเวณปากอ่าวปัตตานี 2 ครั้งคือในเดือนกุมภาพันธ์ และเดือนกรกฎาคม 2554 ทำการวัดขนาดความยาว แยกเอกเปลือกออก นำส่วนที่เป็น

เนื้อล้างน้ำกลั่น วิเคราะห์ปริมาณไขมันในเนื้อเยื่อ (soft tissue) ตามวิธีที่กำหนดตามที่ระบุในบทที่ 3 (3.3.3 ค) ปริมาณปนเปื้อนของสารมลพิษไดบุทกอินทรีย์ชนิด TBT, DBT และ MBT ดังแสดงรายละเอียดในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.24 ผลการวิเคราะห์ปริมาณไขมันในหอยแมลงภู่นานาชาติต่างๆ ที่เก็บจากพื้นที่เก็บตัวอย่างบริเวณปากอ่าวปัตตานี

ครั้งที่เก็บตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่าง (n)	ขนาดความยาว (cm)	ปริมาณไขมันในเนื้อเยื่อ (mg/g น้ำหนักตัวอย่าง)
1. กุมภาพันธ์ 2554	7	(5.6-8.6) 6.3±1.77	(17.80-22.31) 18.24±2.12
2. กรกฎาคม 2554	7	(4.0-7.7) 5.22±2.10	(15.77-20.12) 17.12±3.56

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บคือ ช่วงค่าที่ตรวจวัดได้

ตัวเลขนอกวงเล็บคือ ค่าเฉลี่ย

หอยแมลงภู่นานาชาติและคัดมาวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบ TBT ครั้งนี้เป็นขนาดเล็กถึงขนาดกลาง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของความยาวเปลือกที่เก็บมาครั้งที่ 1 ในเดือนกุมภาพันธ์ 2554 และครั้งที่ 2 ในเดือนกรกฎาคม 2554 มีค่าเท่ากับ 6.3 และ 5.22 cm ตามลำดับ ปริมาณไขมันเฉลี่ยในเนื้อเยื่อที่ได้จากการวิเคราะห์ครั้งที่ 1 และ 2 มีค่าเท่ากับ 18.24 และ 17.12 mg/g ตามลำดับ

ส่วนความเข้มข้นสารบิวทิลทินและค่าเฉลี่ย (ng/g น้ำหนักตัวอย่าง) ที่ตรวจพบในหอยแมลงภู่นานาชาติจากพื้นที่เก็บตัวอย่างบริเวณปากอ่าวปัตตานี จำนวน 2 ครั้ง ดังแสดงรายละเอียดในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.25 ช่วงความเข้มข้นสารบิวทิลทินและค่าเฉลี่ย (ng/g น้ำหนักตัวอย่าง) ที่ตรวจพบในหอยแมลงภู่นานาชาติจากพื้นที่เก็บตัวอย่างบริเวณปากอ่าวปัตตานี จำนวน 2 ครั้ง

ครั้งที่เก็บตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่าง (n)	MBT	DBT	TBT	BTs
1. กุมภาพันธ์ 2554	7	(2.43-4.12) 3.22±1.55	(3.17-4.76) 3.54± 0.43	(5.41-26.69) 18.45±12.88	(27.84-35.57) 29.21±5.67
2. กรกฎาคม 2554	5	(1.91-3.13) 2.14±1.35	(3.15-5.77) 3.97±0.24	(3.98-35.65) 25.44±10.13	(9.04-44.55) 31.55±12.27

หมายเหตุ Σ BTs คือ ผลรวมของสาร MBT, DBT และ TBT

ตัวเลขในวงเล็บคือ ช่วงความเข้มข้นที่ตรวจพบ

ตัวเลขนอกวงเล็บคือ ค่าความเข้มข้นเฉลี่ย (ng/g น้ำหนักตัวอย่าง)

ปริมาณความเข้มข้นของสารบิวทิลทินรวม (BTs) ที่ตรวจพบในหอยแมลงภู่งจากพื้นที่เก็บตัวอย่างบริเวณปากอ่าวปัตตานี จำนวน 2 ครั้งคือ ครั้งที่ 1 ในเดือนกุมภาพันธ์ 2554 และครั้งที่ 2 ในเดือนกรกฎาคม 2554 พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 27.84-35.57 ng/g และ 9.04-44.55 ng/g ตามลำดับ โดยมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยสำหรับการวิเคราะห์ครั้งที่ 1 และ 2 เท่ากับ 29.21 และ 31.55 ng/g ตามลำดับ เมื่อคำนวณเปอร์เซ็นต์อัตราส่วนของสารประกอบ TBT, DBT และ MBT ที่ตรวจพบในตัวอย่างหอยแมลงภู่งที่ทำการวิเคราะห์ครั้งที่ 1 พบว่ามีค่าเป็น 63.16, 12.12 และ 11.02 % ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสารมลพิษ TBT ถูกย่อยสลายไปเป็นสาร DBT และ MBT เป็นไปอย่างช้าๆ ในอัตราที่จำกัด ทำให้ตรวจพบสารดินุคอินทรีย์ในเนื้อเยื่อหอยแมลงภู่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปอนุพันธ์ TBT ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยการปนเปื้อนของสาร BTs ในหอยแมลงภู่งจากพื้นที่ต่างๆ บริเวณชายฝั่งอ่าวไทยและฝั่งตะวันตกที่รายงานโดย Kan-Atireklap *et al.*, (1997)

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทนำ

ระบบนิเวศพื้นที่น้ำกร่อย (Estuary areas) จัดเป็นระบบนิเวศที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ ในแหล่งน้ำชายฝั่ง ซึ่งอุดมไปด้วยสัตว์น้ำนานาชนิด เป็นพื้นที่ประมงพื้นบ้านที่สำคัญของชาวชุมชนโดยรอบ เช่น เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดและสัตว์น้ำกร่อย และการประมงทะเลพื้นบ้าน ระดับการปนเปื้อนและการกระจายตัวของสารมลพิษอินทรีย์หลายชนิด โดยเฉพาะกลุ่มสารออร์แกโนคลอรีน (OCPs) โพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (PAHs) สารกลุ่มโพลีคลอรีเนเตดไบฟีนิล (PCBs) และสารมลพิษไดบุกอินทรีย์กลุ่มบิวทิลทิน (BTs) ที่ทำการศึกษาในโครงการวิจัยนี้ ซึ่งสามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำโดยตรง เนื่องจากพื้นที่จังหวัดชายแดนภาคใต้มี 2 ฤดูกาลในรอบปีคือฤดูแล้งและฤดูฝน ฉะนั้นสารมลพิษที่ตรวจพบในครั้งนี้จะแตกต่างกันในแต่ละช่วงที่เก็บตัวอย่าง และสามารถก่อผลกระทบต่อแหล่งน้ำในหลายด้านด้วยกัน เช่น คุณภาพน้ำ ระบบนิเวศของแหล่งน้ำรวมทั้งตะกอนดิน และสุขภาพของประชาชนในพื้นที่ที่เกี่ยวข้อง ผลการวิจัยนี้จัดเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ที่จะช่วยสนับสนุนในด้านการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ สิ่งแวดล้อม และการอนุรักษ์แหล่งน้ำธรรมชาติในท้องถิ่น

5.2 สถานะการปนเปื้อนสารมลพิษไดบุกอินทรีย์

จากผลการวิจัยครั้งนี้ทำให้ทราบว่า ในช่วงเวลาที่ศึกษาคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำธรรมชาติชายฝั่งของจังหวัดชายแดนภาคใต้ในด้านคุณลักษณะบางประการทางกายภาพและเคมี เช่น พีเอชของแข็งแขวนลอยรวม การละลายออกซิเจน ไนโตรเจนและน้ำมัน อุณหภูมิ ความขุ่น และความเค็ม การปนเปื้อนด้วยสารมลพิษอินทรีย์ โดยภาพรวมสามารถจัดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานแหล่งน้ำธรรมชาติตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 พ.ศ. 2537 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน และฉบับที่ 27 พ.ศ. 2549 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล

การปนเปื้อนและการกระจายตัวของสารมลพิษอินทรีย์กลุ่มสารไดบุกอินทรีย์ (BTs) อยู่ในระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่เก็บตัวอย่าง สารประกอบไดบุกอินทรีย์ที่ตรวจพบครั้งนี้ประกอบด้วย TBT, DBT และ MBT ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารประกอบ TBTs ประมาณ 70 % สารนี้

ส่วนใหญ่มาจากสิทธาเรือขนาดใหญ่ ขนาดกลาง ที่ใช้สำหรับเดินสมุทร นอกจากนี้ใช้สำหรับเรือประมง มีสาร BTs ส่วนน้อยที่คาดว่าน่าจะเป็นผลจากการย่อยสลายจาก TBT บริเวณพื้นที่เก็บตัวอย่างท่าเรือประมงสงขลา และปัตตานีมีปนเปื้อนด้วยสาร TBT ที่เด่นชัด ที่เด่นคืออนุพันธ์ TBT และ DBT ในระดับที่สูงกว่าพื้นที่อื่นๆ แต่ก็โดยรวมเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 พ.ศ. 2537 และฉบับที่ 27 พ.ศ. 2549 ส่วนพื้นที่เก็บตัวอย่างอื่นๆ ตรวจพบในปริมาณที่แตกต่างกันไป ซึ่งปนเปื้อนในปริมาณน้อย อยู่ในเกณฑ์ที่ไม่ก่ออันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศแหล่งน้ำนั้นๆ

ส่วนปริมาณความเข้มข้นของสารบิวทิลทินรวม (BTs) ที่ตรวจพบในน้ำพบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำที่เก็บจากจุดเก็บตัวอย่างในพื้นที่เป้าหมายต่างๆ 9 แห่ง (วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำครั้งที่ 1) พื้นที่เก็บตัวอย่างน้ำเมืองปัตตานี (พื้นที่จุดที่ 5) มีการปนเปื้อนด้วยสารบิวทิลทิน (BTs) สูงสุด และรองลงมาคือพื้นที่ท่าเทียบเรือประมงและท่าเรือขนถ่ายสินค้า เมืองสงขลา (พื้นที่จุดที่ 9) สำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำครั้งที่ 2 พบว่าพื้นที่เก็บตัวอย่างน้ำท่าเทียบเรือประมงและท่าเรือขนถ่ายสินค้าเมืองสงขลา มีการปนเปื้อนด้วยสารบิวทิลทินสูง เช่นเดียวกับพื้นที่เก็บตัวอย่างเมืองปัตตานี ซึ่งแนวโน้มการปนเปื้อนของสารบิวทิลทินไม่ต่างไปจากผลการวิเคราะห์ตัวอย่างครั้งที่ 1 เปอร์เซ็นต์เฉลี่ยขององค์ประกอบสารมลพิษทั้ง 3 ชนิดในตัวอย่างน้ำพบว่า จากการวิเคราะห์ครั้งที่ 1 และ 2 พบสาร TBT คิดเป็น 64.63 % และ 56.92 % ตามลำดับ ส่วนที่เหลือเป็นสาร DBT และ MBT ข้อมูลนี้แสดงให้เห็นว่าสารมลพิษ TBT ในแหล่งน้ำบริเวณที่ศึกษาเกิดการสลายตัวเป็น DBT และ MBT เป็นไปอย่างช้าๆ และอาจจะเกี่ยวข้องกับปัจจัยด้านกับคุณลักษณะพื้นฐานทางเคมีและกายภาพของน้ำในพื้นที่ศึกษาด้วย

ในตะกอนดินพบว่าสารทั้ง 3 ชนิดมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่เก็บตัวอย่าง โดยเฉพาะ 2 พื้นที่หลักที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ ท่าเรือประมงเมืองปัตตานี (หมายเลข 5) และท่าเทียบเรือประมงเมืองสงขลา (หมายเลข 9) ซึ่งทั้ง 2 แห่งนี้พบปริมาณการปนเปื้อนสารมลพิษทั้ง 3 ชนิดในปริมาณสูงกว่าพื้นที่อื่นๆ มาก โดยเฉพาะตะกอนดินจากพื้นที่เก็บตัวอย่างเมืองปัตตานีพบปนเปื้อนด้วย BTs รวมสูงสุดในบรรดาตัวอย่างตะกอนดินที่เก็บมาศึกษาในครั้งนี้ ซึ่งแนวโน้มผลการวิเคราะห์ที่ได้นี้เป็นลักษณะเดียวกันกับที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำ ส่วนเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยของสารมลพิษทั้ง 3 ชนิดที่วิเคราะห์ 2 ครั้ง พบว่าจากการวิเคราะห์ครั้งที่ 1 และ 2 มีสัดส่วนที่เป็นสารประกอบ TBT อยู่ในช่วง 45.05 %-70.88 % และ 41.33 %-84.76% ตามลำดับ ส่วนที่เหลือเป็นสารประกอบ DBT และ MBT ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสารมลพิษ TBT ในพื้นที่บริเวณที่ศึกษาเกิดการสลายตัวเป็นอนุพันธ์ DBT และ MBT เป็นไปอย่างช้าๆ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการศึกษาสารมลพิษไดบุทิลทินโดย Hwang *et al.*, (1999) พบว่าสารมลพิษ TBT มีครึ่งชีวิตในดินตะกอนประมาณ 6.9 ปี ซึ่งมีความคงทนต่อการสลายตัวในดินสูงพอสมควร ทำให้เกิดการปนเปื้อนในสิ่งมีชีวิตได้นาน โดยเฉพาะสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่ในดิน เช่น พวกรอย และสัตว์หน้าดิน เป็นต้น

จากผลการวิเคราะห์ตัวอย่างหอยแมลงภู่จากบริเวณปากอ่าวปัตตานี 2 ครั้งคือในเดือน
กุมภาพันธ์ 2554 และกรกฎาคม 2554 พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 27.84-35.57 ng/g และ 9.04-44.55 ng/g
ตามลำดับ โดยความเข้มข้นเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ครั้งที่ 1 และ 2 เท่ากับ 29.21 และ 31.55 ng/g
ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์อัตราส่วน TBT, DBT และ MBT ในตัวอย่างหอยแมลงภู่ที่วิเคราะห์ครั้งที่ 1
พบว่ามีค่าเป็น 63.16, 12.12 และ 11.02 % ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าสาร TBT ถูกย่อยสลายไปเป็น
สาร DBT และ MBT เป็นไปอย่างช้าๆ ทำให้ตรวจพบสารไดนุกอินทรีย์ในเนื้อเยื่อหอยแมลงภู่ส่วน
ใหญ่อยู่ในรูปอนุพันธ์ TBT ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยการปนเปื้อนของสาร BTs ในหอยแมลงภู่
จากพื้นที่ต่างๆ บริเวณชายฝั่งอ่าวไทยและฝั่งตะวันตกที่รายงานโดยศุภวัฒน์ และคณะ (1997) มาแล้ว

5.3 ประเด็นที่ควรศึกษาวิจัยต่อไป

ประเด็นที่ควรวิจัยและศึกษาขั้นต่อไปคือ ปริมาณสารมลพิษข้างต้นที่ตกค้าง (Residue
levels) ในสัตว์น้ำที่ใช้เป็นอาหารและในสัตว์น้ำที่ตกค้างในสิ่งแวดล้อมของตัวเรือ ซึ่งจะเป็นข้อมูลที่
สำคัญที่ใช้ในการกำหนดและช่วยระบุแหล่งที่มาของสารมลพิษกลุ่มนี้ที่เข้ามาปนเปื้อนในแหล่งน้ำ
ได้ชัดเจน ประกอบกับเป็นข้อมูลเบื้องต้นที่ใช้ในการประเมินผลกระทบ และการคำนวณความเสี่ยง
ต่อสุขภาพของผู้ที่บริโภคสัตว์น้ำเป็นอาหาร (Health risk assessment through dietary intake) ที่
ปนเปื้อนด้วยสารกลุ่มนี้

บรรณานุกรม

- สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16 (2549) แผนจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อมภาคใต้ตอนล่างฝั่งตะวันออก (ร่าง)
สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16 จังหวัดสงขลา
- สุบันทิต นิมรัตน์ มณฑกานต์ วิสุทธิแพทย์ และวีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย (2547) การย่อยสลายทางชีวภาพของ
สารไตรบิวทิลทิน ไดบิวทิลทิน และโมนอบิวทิลทินในตะกอนดิน วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา
ฉบับที่ 1-2 มค.-ธค. 2547 ปีที่ 9 หน้า 47-57.
- สภาพภูมิประเทศจังหวัดยะลา (2554). [Online], [Accessed 7th March 2011]. Available from World
Wide Web: <http://www.kanchanapisek>.
- กรมควบคุมมลพิษ (2547). สรุปสถานการณ์มลพิษของประเทศไทยปี 2546 [Online], [Accessed 22th
March 2012]. Available from World Wide Web: <http://www.mkh.in.th/index.php/home/34-2010-03-22-17-14-55/268-2545-2552>.
- Abdulnaser Hajisamoh. (2006). Determination of Persistent Organic Pollutants (POPs) in the Patani
Bay, Thailand. Ph.D. Thesis, UNIVERSITI SAINS MALAYSIA (USM).
- Adelman, D., Hinga, K. R. and Pilson, M. E. Q. (1990). Biogeochemistry of butyltins in an enclosed
marine ecosystem. Environmental Science Technology, 24, 1027-1032
- Allsopp, M. and John, P. (2000). Unseen poisons in Asia. A Review of POP Levels in south and
Southeast Asia and Oceania. Greenpeace, March 2000.
- Alzieu, C., and Heral, M. (1984). Ecotoxicological effects of organotin compounds on oyster
cultue. In J. E. Persoone, E. Jasper and C. Claus (Eds), Exotoxicological testing for
the marine environment (pp. 187-195). Belgium:Bredene.
- Alzieu, C., Michel, P., Tolosa, I., Bacci, E., Mee, L. D., and Readman, J. W. (1991). Organotin
compounds in the Mediterranean : A continuing cause for concern. Mar. Envi. Res.,
32, 261-270.
- Alzieu, C., Sanjuan, J., Michel, P., Borel, M., and Dreno, J.P. (1989). Monitoring and assessment
of butyltins in Atlantic coastal waters. Mar. Poll. Bull., 20(1), 22-26.
- Bacci, E., & Gaggi, C. (1989). Organotin compounds in harbour and marina waters from northern
Tyrrhenia Sea. Mar. Poll. Bull., 20(6), 290-292.
- Batley, B. (1996). The distribution and fate of tributyltin in the marine environment. In
S. De Mora (Ed.), Tributyltin : Case study of an environmental contaminant
(pp. 139-161). Great Britain : University Press, Cambridge.

- Beaumont, A. R., and Budd, M. D. (1984). High mortality of the larvae of the common mussel at low concentrations of tributyltin. *Mar. Poll. Bull.*, 15(11), 402-405.
- Beaumont, A.R., and Newman, P. B. (1986). Low levels of tributyltin reduce growth of marine Micro-algae. *Mar. Poll. Bull.*, 17(10), 457-461.
- Bennett, R.F. 1996. Industrial Manufacture and Applications of Tributyltin Compounds. In: Tributyltin: Case Study of an Environmental Contaminant, editor S.J. de Mora. Cambridge University Press, Cambridge, 21 - 61 pp.
- Blunden, S. J., and Eveans, C. J. (1990). Organotin compounds. In O. Hutzinger (Ed.), *The handbook of environmental chemistry* (pp. 1-44). Berlin : Springer-Verlag.
- Bryan, G. W., Gibbs, P. E., Huggett, R. J., Curtis, L.A., Bailey, D. S., and Dauer, D.M. (1989). Effects of Tributyltin Pollution on the Mud Snail, *Ilyanassa Obsolete*, from The York River and Sarah Creek, Chesapeake Bay. *Mar. Poll. Bull.*, 20(9), 458-462
- Chester, R., and Stoner, J. H. (1975). Trace elements in sediments from the Lower Severn and Bristol Channel. *Mar. Poll. Bull.*, 6, 92-96.
- Chliamovitch, Y. P., and Kuhn, C. (1977). Behavioural, haematological and histological studies on acute toxicity of bis(tri-n-butyltin)oxide on *Salmo gairdneri*. *Journal Fisheries Biology*, 10, 575-585.
- Clavell, C., Seligman, P. E., and Stang, P.M (1986). Automated analysis of organotin compounds : A method for monitoring butyltins in the marine environment. In proceedings of the organotin symposium 86 (pp. 1152-1154) Washington, DC: Marine Technology Society.
- De Mora, S. J. (1996). Tributyltin : Case Study of an environmental contaminant. Great Britain: Cambridge University Press.
- Dowson, P. H., Bubb, J. M., and Lester, J. N. (1993). Temporal distribution of organotins in the aquatic environment : Five years after the 1987 UK retail ban on TBT based antifouling paints. *Mar. Poll. Bull.*, 26(9), 487-494.
- Dowson, P. H., Bubb, J. M. and Lester, J. N. (1996). Persistence and degradation Pathways of TBT in Freshwater and Estuarine Sediments. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. Vol. 42 , pp 551-562.
- Dyrynda, E. A. (1992). Incidence of abnormal shell thickening in the Pacific oyster *Crassostrea gigas* in Poole Harbour (UK), subsequent to the 1987 TBT restrictions. *Mar. Poll. Bull.*, 24(3), 156-163
- Espourteille, F. A., Greaves, J. and Huggett, R. J. (1993). Measurement of tributyltin

- contamination of sediments and *Crassostrea virginica* in the southern Chesapeake bay. *Envi. Toxi. And Chem.*, 12, 305-314.
- Fent, K. and Hunn, J. (1995). Organotins in freshwater harbors and rivers : Temporal distribution, annual trends and fate. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 14(7), 1123-1132.
- Gabrielides, G. P., Alzieu, C., Readman, O. W., Bacci, E., Aboul Dahab, O. and Salihoglu, I. (1990). MED POL Survey of organotins in the Mediterranean. *Mar. Poll. Bull.*, 21(5), 233-236.
- Greenberh, A. E., Clesceri, L. S. and Eaton, A. D. (1992). Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington, DC : American Public Health Association.
- Guolan, H. and Yong, W. (1995). Effects of tributyltin chloride on marine bivalve mussels. *Water Research*, 29(8). 1877-1884.
- Hashimoto, S., Watanabe, M., Noda, Y., Hayashi, T., Kurita, Y., Takasu, Y. and Otsuki, A. (1998). Concentration and distribution of butyltin compounds in a heavy tanker route in the Strait of Malacca and in Tokyo Bay. *Mar. Envi. Res.*, 45(2), 169-177.
- Hwang, H. M., Oh, J R., Kahng, S H. and Lee, K W. (1999). Tributyltin compounds in mussels, oysters and sediments of Chinhae Bay, Korea. *Mar. Envi. Res.*, 47, 61-70.
- Kan-Atireklap, S., Tanabe, S. and Sanguansin, J. (1997). Contamination by butyltin compounds in sediments from Thailand. *Mar. poll. Bull.*, 34(11). 894-899.
- Kan-Atireklap, S., Tanabe, S., Sanguansin, J., Tabucanon, M. S. and Hungspreugs, M. (1997). Contamination by butyltin compounds and organochlorine residues in green mussel (*Perna viridis*, L.) from Thailand coastal water. *Environmental Pollution*, 97(1), 79-89.
- Kannan, K., Tanabe, S., Iwata, H. and Tatsukawa, R. (1995). Butyltins in muscle and liver of fish collected from certain Asian and Oceania countries. *Envi. Poll.*, 90(3), 279-290
- Kannan, K., Tanabe, S., Iwata, H. and Tatsukawa, R. (1996). Butyltin in Mussels and Liver of Fish Collected from Cenrtain Asian and Oceanian Countries. *Enviromental Pollution*, Vol. 90, No. 3, pp 279-290.
- Kim, G. B. Tannabe, S. and Kon, C. (1998). Butyltins in surface sediments of Kyeonggi Bay, Korea. *Journal of the Korean Society of Oceanography*, 33(3), 64-70.
- Ko, M. M. C. Bradley, G. C., Neller, A. H. and Broom, M. J. (1995). Tributyltin concentration of marine sediments of Hong Kong. *Mar. Poll. Bull.*, 31(4-12), 294-253.
- Laughlin, R. B., French, Jr. W. and Guard, H. E. (1986). Accumulation of bis(tributyltin) oxide by the marine mussel *Mytilus edulis*. *Envi. Sci. Tech.*, 20, 884-890.

- Laughlin, R. B., Gustafson, Jr. R. and Pendoley, P. (1988). Chronic embryo-larval toxicity of tributyltin (TBT) to the hard shell clam *Mercenaria mercenaria*. Mar. Eco.-Progress Series, 48,29-36.
- Laws, E. A. (1981). Aquatic pollution, 2nded. New York: John Wiley & Son, Inc.
- Lee, R. F. (1995). Metabolism of tributyltin by aquatic organisms. In M. Champ, and P. F. Seligma (Eds.), Organotin (pp. 369-382). London: Chapman & Hall.
- Libes, S. M. (1992). An introduction to marine biogeochemistry. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Minchin, D., Oehlmann, J., Duggan, C. B., Stoben, E. and Keatinge, M. (1995). Marine TBT antifouling contamination in Ireland, following legislation in 1987. Mar. Poll. Bull., 30(10), 633-639.
- Mizuishi, K., Takeushi, M. and Hobo, T. (1998). Effect of Hydrogen Bromide Doping on Capillary Gas chromatographic Analysis of Tributyltin and Triphenyltin halides. Analyst, Vol. 123, pp 329-335.
- Morcillo, Y. and Port, C. (1998). Monitoring of organotin compounds and their effects in marine mollusks. Trends in Analytical Chemistry. Vol. 17, no 2, 108-115.
- Oehlmann, J., Stroben, E. and Floroni, P. (1991). The morphological expression of imposex in *Nucella lapillus*(Linnaeus) (Gastropoda : Muricidae). Journal of Mollusc Studies, 57, 375-390.
- Omae, I. (1989). Organotin chemistry. Amsterdam : Elsevier Science Publishers B.V.
- Page, D. S. (1995). A six-year monitoring study of tributyltin and dibutyltin in mussel tissues from the Lynher River, Tamar Estuary, UK. Mar. Poll. Bull., 30(11), 746-749.
- Page, D. S., Ozbal, C. C. and Lanphear, M. E. (1996). Concentration of butyltin species in sediments associated with shipyard activity. Envi. Poll., 91(2), 237-243.
- Prudente, M., Ichihashi, H., Kan-atireklap, S., Watanabe, I. and Tanabe, S. (1999). Butyltin, Organochlorine and Metal levels in green mussels, *perna Viridis* L. from coast water of the Philippines. Fisheries Science 65, pp 441-447
- Seligman, P. F., Valkirs, A. O. and Lee, R. F.(1986). Degradation of tributyltin in San Diego Bay, California, waters. Envi. Sci. Tech., 20, 1229-1235.
- Shim, W. J. (1996). Contamination and bioaccumulation of tributyltin and triphenyltin compounds in the Chinhae Bay system, Korea. Master's thesis, Science Department of Oceanography, Seoul National University.
- Short, J. W. and Sharp, J. L. (1989). Tributyltin in bay mussels (*Mytilus edulis*) of the Pacific Coast of the United States. Envi. Sci. Tech., 23, 740-743.
- Short, J. W. and Thrower, F. P. (1986). Accumulation of butyltins in muscle tissue of Chinook

- Salmon reared in sea pens treated with tri-n-butyltin. *Mar. Poll. Bull.*, 17(12), 542-545.
- Soniassy, R., Sandra, P. and Schett, C. (1995). *Water Analysis (organic micro-pollutants)*. NeXT Computer, Inc. Regensburg.
- Stab, J. A., Traas, T. P., Stroomberg, G., Van Kesteren, J., Leonards, P., Van Hattum, B., Brinkman, U. A. Th. and Cofino, W. P. (1996). Determination of organotin compounds in the foodweb of a shallow freshwater lake in the Netherlands. *Arch. Envi. Con. Toxi.*, 31, 319-328.
- Stewart, C. and De Mora, S. J. (1992). Elevate tri(n-butyltin) concentration in shellfish and sediments from Suva Harbor, Fiji. *Applied Organometallic Chemistry*, 6, 507-512.
- Tanabe, S. (2000). *Mussel Watch : Marine Pollution Monitoring in Asian Waters*. Center for Marine Environmental Studies (CMES), Ehime University, Japan. 155 pp.

ประวัติผู้วิจัย



1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อับดุลนาเซร์ ฮาจีสามะ
(ภาษาอังกฤษ) Asst. Prof. Dr. Abdunaser Hajisamoh
2. ตำแหน่งวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ระดับ 8 สาขาวิชาเคมี
ตำแหน่งบริหาร ประธานหลักสูตรสาขาวิชาเคมี
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร
3. หน่วยงาน สาขาเคมี ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร
มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา อำเภอเมือง จังหวัดยะลา 95000 โทรศัพท์ 0848557084
แฟกซ์ 073212108, E-mail: nasir_2002@yahoo.com
4. วุฒิการศึกษา Ph.D. (Organic Chemistry), USM, Pulau Penang, Malaysia.
5. วิชาที่สอน 1. การวิเคราะห์โดยเครื่องมือทางเคมี (Chemical Instrumental Analysis)
2. เคมีสิ่งแวดล้อม (Environmental Chemistry)
3. โครงการวิจัยทางเคมี (Research Project in Chemistry)
6. ผลงานวิชาการ ตำรา เอกสารประกอบการสอน เอกสารคำสอนในวิชาเคมี
 1. เคมีเชิงฟิสิกส์ 1
 2. ปฏิบัติการเคมีเชิงฟิสิกส์ 1
 3. การวิเคราะห์โดยเครื่องมือ 1
 4. ปฏิบัติการวิเคราะห์โดยเครื่องมือ 1
 5. เคมีเชิงฟิสิกส์ 2
 6. ปฏิบัติการเคมีเชิงฟิสิกส์ 2
 7. เคมีสิ่งแวดล้อม
 8. ปฏิบัติการเคมีสิ่งแวดล้อม
 9. การวิเคราะห์โดยเครื่องมือ 2
 10. ปฏิบัติการวิเคราะห์โดยเครื่องมือ 2
7. สาขาที่มีความเชี่ยวชาญ
 1. Environmental Chemistry of occurrence, fate and effects of several trace organic pollutants (Organotins, Phenols, OCPs, PAHs, PCBs, PCDDs/Fs & PBDEs).

2. Assessment of persistent toxic substances (PTS) in various environmental compartments.
3. Human health risk assessment of POPs through daily dietary intake.
4. Natural reagent for teaching and learning in analytical chemistry laboratory.

8. ผลงานวิจัยที่ผ่านมา

ที่	ชื่อรายงานผลวิจัย/ผู้วิจัย	ปีที่พิมพ์/งานเสร็จสมบูรณ์	แหล่งทุน
1	การวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมีและกายภาพบางประการของน้ำบาดาลในสถาบันราชภัฏยะลา/อับดุลนาเซร์ ฮายีสาแมะ	-รายงานการวิจัย สถาบันราชภัฏยะลา ปี 2543	สถาบันราชภัฏยะลา บคศ. ปี 2543
2	การวิเคราะห์หาโลหะปริมาณน้อยในใบชาโดยวิธีเทคนิค AAS /อับดุลนาเซร์ ฮายีสาแมะ	-รายงานการวิจัย สถาบันราชภัฏยะลา ปี 2544	สถาบันราชภัฏยะลา บคศ. ปี 2544
3	การศึกษาปริมาณทองแดง ตะกั่ว และแคดเมียมในปลาจากตลาดสดเทศบาลนครยะลา/อับดุลนาเซร์ ฮายีสาแมะ	-รายงานการวิจัย สถาบันราชภัฏยะลา ปี 2544	สถาบันราชภัฏยะลา บคศ. ปี 2544
5	Assessment of Hydrocarbon Pollutions on Coastal Environments by Petroleum Processing activities	-Research Report 2006 (completed)	Research Grant 2005 (Shell fund)
6	การตรวจวิเคราะห์สารมลพิษอินทรีย์คงทนในผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิดที่จำหน่ายในจังหวัดยะลา/ผศ.ดร.อับดุลนาเซร์ ฮายีสาแมะ	-รายงานการวิจัยฉบับ สมบูรณ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 2550	ทุนอุดหนุนวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา บคศ. ปี 2550
7	การปนเปื้อนของสารมลพิษอินทรีย์คงทนในแม่น้ำสายหลักของจังหวัดชายแดนภาคใต้/ผศ.ดร.อับดุลนาเซร์ ฮายีสาแมะ	-รายงานการวิจัยฉบับ สมบูรณ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 2551	ทุนอุดหนุนวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา งปม. ปี 2551
8	การศึกษาปริมาณและองค์ประกอบหลักทางเคมีในน้ำส้มควันไม้จากไม้ยางพารา/ผศ.ดร.อับดุลนาเซร์ ฮายีสาแมะ และยามิละ อานู	-รายงานการวิจัยฉบับ สมบูรณ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 2552	ทุนอุดหนุนวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา งปม. ปี 2552

9	การกระจายตัวของสารปิโตรลีนในน้ำและสัตว์น้ำ บางชนิดบริเวณพื้นที่ท่าเรือประมงหลักในจังหวัด ชายแดนภาคใต้/ผศ.ดร.อับดุลนาเซร์ ฮายีสามะ	-รายงานการวิจัยฉบับ สมบูรณ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา	ทุนอุดหนุนวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา งปม. ปี 2554
10	องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดจากยอดฝรั่ง /ผศ.ดร.อับดุลนาเซร์ ฮายีสามะ	-รายงานการวิจัยฉบับ สมบูรณ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา	ทุนอุดหนุนวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา งปม. (สกอ) ปี 2554

9. โครงการวิจัยที่กำลังดำเนินการ (ไม่มี)

10. ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ

1. Hajisamoh, A., Toybah Alikahir, Nawawi Lebaehamad and Kumariah Teh. (2009). Contamination levels of POPs in various Food Items from Southernmost of Thailand; *primary health risk assessment through dietary intake*. *Malaysian Journal of Chemistry*, vol.11, No. 1, pp. 14-18. <http://www.ikm.org.my>.
2. Hajisamoh, A. and Md Sani Ibrahim. (2009). Organochlorine Pesticide Residues in the Major Rivers of Southern Thailand. *Journal of Environment Asia*, vol.2, No.1 pp. 30-34. <http://www.tshe.org/EA>.
3. Hajisamoh, A. (2008). Organochlorine Residues in Natural Inland Waters of Southernmost of Thailand. *Malaysian Journal of Analytical Science*, vol. 12, No.2, pp. 280-284. <http://www.ukm.my/mja>.
4. Hajisamoh, A. and Ruangpan, V. (2012). Quantitative Analysis of 16 Priority PAHs in the Major Rivers of Southern Border Provinces of Thailand. *Res J Pharm Biol Chem Sci* 3(3) 2012, pp. xxx-xxx. <http://www.rjpbcs.com>.

11. ผลงานวิจัยที่ได้รับการเผยแพร่ในการประชุมวิชาการนานาชาติ Proceedings (2002-ปัจจุบัน)

1. Hajisamoh, A. (2002). Method Development for the Determination of Hydrocarbons in Water and Sediment Samples. Malaysian Analytical Science Symposium Proceeding, September 10-12, 2002. Bay view Beach Hotel, Pulau Penang, Malaysia.
2. Hajisamoh, A. Ibrahim, MS. And Saree, O. (2004). Monitoring of Persistent Organic Pollutants (POPs) in the Patani Bay. Malaysian Analytical Science Symposium Proceeding, Aug 24-26, 2004. Swiss Garden Resort & SPA, Kuantan, Pahang, Malaysia.

3. Hajisamoh, A. And Saree, O. (2005). Determination of PAHs and OCPs in the Patani Bay Water Samples by Using SPE Technique. Proceeding of Annual Conference of Science and Social Science Research, Aug 19, 2005. Prince of Songkla University, Pattani, Thailand.
4. Hajisamoh, A. And Ibrahim, MS. (2005). Assessment of Hydrocarbon Pollutions on Coastal Environments by Petroleum Processing Activities. Proceedings of Malaysian Analytical Science Symposium, Sept 12-14, 2005, Hyatt Regency Hotel, Johor Bharu, Malaysia.
5. Hajisamoh, A. (2006). Solid Phase Extraction of POPs in the Patani bay Water Samples. Conference on Science and Social Science Research on the Occasion of 70th YRU, Proceeding. Dec 5, 2006, Yala Rajabhat University, Yala , Thailand.
6. Hajisamoh, A. And Ibrahim, MS. (2007). Organochlorine Pesticide Residues in the Major Rivers of Southern Thailand. 12th Asian Chemical Congress Proceeding, pp 366-371. August 23-25, 2007. Putra World Trade Centre (PWTC), Kuala Lumpur, Malaysia.
7. Hajisamoh, A., Nuanchan, N. and Mongmaksae, R. (2007). Determination of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Water Samples from the Major Rivers of Southern Border Provinces. Proceeding of 33th Science and Technology Congress of Thailand, October 18-20, 2007. Walailak University, NakhonSri Thamarath, Thailand.
8. Hajisamoh, A., Aday, A., Alikahir, T., Lebaehamad, N. and Teh, K. (2008). A Survey of Persistent Organic Pollutants (POPs) in Various Food Items from the Southernmost of Thailand. Pure and Applied Chemistry International Conference (PACCON 2008) Proceeding, Jan 30-Feb 1, 2008. Sofitel Central Grand Hotel, Bangkok, Thailand.
9. Hajisamoh, A., Ibrahim, S., and Phawthong, S. (2008). Levels and Distribution of PCBs and OCPs in Waters and Sediments from the Major River of the Southernmost of Thailand. Paper accepted for Poster Presentation at the 2nd Penang International Conference for Young Chemists (Penang ICYC) 2008. June 18-20, 2008. Universiti Sains Malaysia, Pulau Penang, Malaysia.
10. Hajisamoh, A., Alikahir, T., Lebaehamad, N. and Teh, K. (2009). Contamination levels of POPs in Various Food Items from the Southernmost of Thailand: A primary Health Risk Assessment through Dietary Intake. Proceeding of 10th Asian Conference on Analytical Sciences 2009 (AsianalysisX2009), August 11-13, 2009. Putra World trade Center (PWTC), Kuala Lumpur, Malaysia.

11. Hajisamoh, A., Abu, J and Saree, O. (2011). Determination of Pesticide Residues in Fresh Fruits and Vegetables by Solid Phase Extraction Cleanup Followed by GC-ECD. Paper accepted for ICAS2011, May 23-27, 2011. Kyoto International Convention Center, Kyoto, Japan.
12. Hajisamoh, A. (2011). Quantitative Analysis of 16 Priority PAHs in the Major Rivers of Southern Border Provinces of Thailand. Proceeding of 14th Asian Chemical Congress (14ACC), September 5-7, 2011. Queen Sirikit Convention Centre, Bangkok, Thailand.
13. Hajisamoh, A., Sosanae, S., Lemeahmad, N. and Abu, A. (2012). Application of Solid Phase Extraction Cleanup for the Determination of Pesticide Residues in Fresh Food Items Followed By GC-ECD, Proceeding of Pure and Applied Chemistry International Conference 2012 (PACCON2012). January 11-13, 2012. International Convention Hall, the Empress Hotel, Chiang Mai, Thailand.
14. Hajisamoh, A. (2012). Contamination of Butyltin Compound in Coastal Water of Southern Thailand. Paper accepted for 17th MCC, October 15-17, 2012. Putra World Trade Center (PWTC), Kuala Lumpur, Malaysia.

12. ผลงานวิจัยที่ได้รับการเผยแพร่โดยองค์กรระดับชาติและองค์กรวิชาการต่างประเทศ

1. การวิเคราะห์หาโลหะในใบชาวิธีอะตอมมิกแอ็บซอร์ปชัน ภูมิปัญญาราชภัฏ คอลัมน์ ข่าวประจำวันข่าวประจำวัน: 1 สิงหาคม 2548 ศูนย์วิทยบริการ สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข library@fda.moph.go.th

2. Organochlorine Pesticide Residues in the Major Rivers of Southern Thailand. India Environment Portal Knowledge for Change, Center for Science and Environment, National Knowledge Commission, <http://www.indiaenvironmentportal.org.in>

13. ผลงานวิจัยที่ได้รับการยกย่องหรือรางวัลที่ได้รับ

1. รางวัลนักวิจัยดีเด่น การวิจัยเฉพาะศาสตร์ด้านวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ปี 2553
2. รางวัลนักวิจัยดีเด่นระดับชาติ การประชุมวิชาการวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏ ปี 2554

ข. อุปกรณ์สำหรับการทดลองในห้องปฏิบัติการ
ศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์
มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา



ระบบ SPE



เป่าลดปริมาตรตัวทำละลายด้วย N₂



สกัดตัวอย่างน้ำวิเคราะห์ ไหม้นและน้ำมัน



ระเหยตัวทำละลายโดย Rotary Evaporator



ระเหยตัวทำละลายด้วย K-D



กำจัดสิ่งปนเปื้อนด้วยคอลัมน์ฟลูริซิล

ค.

ภาพพื้นที่เก็บตัวอย่าง

อำเภอตากใบ บริเวณท่าเรือข้ามด่านชายแดนเข้ามาเลเซีย จังหวัดนราธิวาส



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)



(จ)



(ฉ)

ภาพพื้นที่เก็บตัวอย่าง
อำเภอเมือง บริเวณชุมชนชาวประมงหาดบางนรา จังหวัดนราธิวาส



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)



(จ)



(ฉ)

ภาพพื้นที่เก็บตัวอย่าง
อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี



บ้านยูโย บริเวณสะพานเฉลิมพระเกียรติ



บ้านยูโย บริเวณสะพานเฉลิมพระเกียรติ



จุดเก็บตัวอย่าง อำเภอสาขามูรี

ภาพพื้นที่เก็บตัวอย่าง
อำเภอเทพา จังหวัดสงขลา



จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 ปากแม่น้ำเทพา



จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 สะพานพระพุทธ

ภาพพื้นที่เก็บตัวอย่างตามโครงการ
อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา



จุดเก็บตัวอย่างท่าเทียบเรือในทะเลสาบสงขลา

ภาพพื้นที่เก็บตัวอย่าง
อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา



จุดเก็บตัวอย่างท่าเทียบเรือในทะเลสาบสงขลา



จุดเก็บตัวอย่างท่าเรือประมงในทะเลสาบสงขลา



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ สาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร

ที่ พิเศษ/2555

วันที่ 30 พฤษภาคม พ.ศ. 2555

เรื่อง ขอส่งรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรียน อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

ตามที่ข้าพเจ้าได้รับทุนอุดหนุนวิจัยประเภทงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2554 เพื่อดำเนินการศึกษาและวิจัยเรื่อง การกระจายตัวของสารบิวทิลทิน ในน้ำและสัตรว์น้ำบางชนิดบริเวณพื้นที่ท่าเรือประมงหลักในจังหวัดชายแดนภาคใต้ ซึ่งพื้นที่ศึกษาวิจัยในครั้งนี้ครอบคลุมพื้นที่ชายฝั่งทะเลด้านอ่าวไทยของ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ได้แก่ จังหวัดนราธิวาส จังหวัดปัตตานี และจังหวัด ชนงันนี้ข้าพเจ้าได้ดำเนินการวิจัย รวบรวมข้อมูล และเขียนรายงานฉบับสมบูรณ์เสร็จเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จึงส่งรายงานฉบับสมบูรณ์ จำนวน 2 เล่ม เพื่อให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและพิจารณา

(ผศ.ดร.อับดุลนาเซร์ ฮายีสาเมาะ)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ผู้วิจัย

ตารางที่ 7 : จำนวนเรือที่จดทะเบียนขนากการมอไว้ในครอบครองซึ่งเคื่องมอทำการประมงจำนวนกตามขนาด น้ำหนัก เป็นจายเคื่องมอ ของจังหวัด ปี 2551

Table 7 : Number of fishing boat registered by size total gross tonnage and fishing method , 2008

7.15 จ. ปัตตานี Pattani

ชนิดเคื่องมอ Type of fishing method		รวม (Total)		< 14 เมตร (m)		14-18 เมตร (m)		19-25 เมตร (m)		>25 เมตร (m)	
		จำนวน(ลำ) No. of boat	ตันกรอส Gross Ton	จำนวน(ลำ) No. of boat	ตันกรอส Gross Ton	จำนวน(ลำ) No. of boat	ตันกรอส Gross Ton	จำนวน(ลำ) No. of boat	ตันกรอส Gross Ton	จำนวน(ลำ) No. of boat	ตันกรอส Gross Ton
รวม	Total	717	35,850.24	148	1,394.04	196	4,991.70	351	26,143.08	22	3,321.42
จวนลากแผ่นดง	Other board trawls	143	3,075.00	57	560.69	77	2,038.18	9	476.13	-	-
จวนลากคู่	Pair trawls	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
จวนลากคานดาง	Beam trawls	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
จวนล้อมจับ	Surrounding nets	338	27,119.57	5	71.58	24	752.57	287	22,974.00	22	3,321.42
จวนล้อมจับปลาเกะเล็ก	Anchovy surrounding nets	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
จวนล้อมปลาจีนซี	Spanish mackerel gill nets	8	402.49	-	-	3	121.94	5	280.55	-	-
จวนล้อมปลา	Indo-Pacific mackerel gill nets	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
จวนกรง	Crab gill nets	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
จวนกรงกุ้ง	Shrimp trammel nets	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
จวนกรงปลา	Squid trammel nets	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
จวนล้อมลิดปลา	Indo-Pacific mackerel encircling gill nets	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
จวนลิดตาอื่นๆ	Other gill nets	21	586.09	10	85.49	7	227.16	4	273.44	-	-
จวนครอบปลา	Squid falling nets	38	668.04	16	177.91	14	241.43	8	248.70	-	-
จวนครอบปลาเกะเล็ก	Anchovy falling nets	127	3,183.81	41	361.94	55	1,286.30	31	1,536.57	-	-
จวนครอบอื่นๆ	Other falling nets	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
จวนล้อมปลาเกะเล็ก	Anchovy lift nets	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
จวนล้อมอื่นๆ	Other lift nets	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
จวนรุน	Push nets	22	396.99	10	72.91	7	107.84	5	216.24	-	-
จวนอื่นๆ	Other nets	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
เบ็ดยาว	Long line	12	288.81	5	39.64	6	151.99	1	97.18	-	-
เคื่องมออื่นๆ	Other gear	8	129.44	4	23.88	3	65.29	1	40.27	-	-

ตารางที่ 7 : จำนวนเรือที่จดทะเบียนการมิไว้ในครอบครองซึ่งเครื่องมือทำการประมงจำแนกตามขนาด น้ำหนัก เป็นรายเครื่องมือ ของจังหวัด ปี 2547

Table 7 : Number of fishing boat registered by size total gross tonnage and fishing method , 2004

7.16 จ. นราธิวาส Narathiwat

[illegible]

ตารางที่ 7 : จำนวนเรือที่จดทะเบียนการมีไว้ในครอบครองซึ่งเครื่องมือทำการประมงจำแนกตามขนาด น้ำหนัก เป็นรายเครื่องมือ ของจังหวัด ปี 2550

Table 7 : Number of fishing boat registered by size total gross tonnage and fishing method , 2007

7.16 จ. นราธิวาส Narethiwat

[illegible]

Table 7 : Number of fishing boat registered by size total gross tonnage and fishing method , 2008

[illegible]

ตารางที่ 7 : จำนวนเรือที่จดทะเบียนเพื่อการมิไว้ในครอบครองซึ่งเครื่องมือทำการประมงจำแนกตามขนาด น้ำหนัก เป็นรายเครื่องมือ ของจังหวัด ปี 2548

Table 7 : Number of fishing boat registered by size total gross tonnage and fishing method , 2005

7.14 จ. สงขลา Songkhla

[illegible]

ตารางที่ 7 : จำนวนเรือที่จดทะเบียนการมีไว้ในครอบครองซึ่งเครื่องมือทำการประมงจำแนกตามขนาด น้ำหนัก เป็นรายเครื่องมือ ของจังหวัด ปี 2549

Table 7 : Number of fishing boat registered by size total gross tonnage and fishing method , 2006

7.14 จ. สงขลา Songkhla

[illegible]

ตารางที่ 7 : จำนวนเรือที่จดทะเบียนการมีไว้ในครอบครองซึ่งเครื่องมือทำการประมงจำแนกตามขนาด น้ำหนัก เป็นรายเครื่องมือ ของจังหวัด ปี 2551

Table 7 : Number of fishing boat registered by size total gross tonnage and fishing method , 2008

7.14 **ຈ. ສຸງຄຳ** Songkhla

[illegible]