



# รายงานฉบับสมบูรณ์

## ชื่อโครงการวิจัย

การประเมินผลกระทบของโลหะหนักและสารอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอน  
ต่อสัตว์ทะเลตามแนวชายฝั่งทะเลอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง

Assessments of heavy metals and organic hydrocarbons  
exposure in selected marine animals from coastal industrial  
area at Map Ta Phut, Rayong Province

หัวหน้าโครงการวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปภาศิริ บาร์เนท

ผู้ร่วมวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุวรรณภา ภาณุตระกูล

ดร. พอจิต นันทนาวัฒน์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นันทพร ภัทรพุทธ

อาจารย์ นิภา มหารัชพงศ์

ดร. ไพฑูรย์ มกกงไผ่

นาย อาวุธ หมั่นหาผล

ดร. นันทิกา คงเจริญพร

Prof. Dr. Malin Charlotta Celandier

ทุนสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2557

(เงินรายได้ งบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2555 - 2557)

## บทคัดย่อ

การศึกษาการปนเปื้อนของแคดเมียมและสารโพลีไซคลิก อโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน Polycyclic aromatic hydrocarbon (PAHs) ซึ่งเป็นสารประกอบในคราบน้ำมัน ได้ถูกตรวจสอบในปลาทะเลธรรมชาติและหอยแมลงภู่เลี้ยงในฟาร์มทะเลจากชายฝั่งทะเลอ่างศิลา จังหวัดชลบุรีและนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง ระยะทาง 5 กิโลเมตรจากชายฝั่ง รวมทั้งตรวจสอบการตัวชี้วัดชีวภาพ Cytochrome P450 (CYP1A) และ Metallothionein (MT) บ่งชี้การรับสัมผัสสารต่อสาร PAHs และโลหะหนัก ตามลำดับ ทำการเก็บตัวอย่างเพียงครั้งเดียวปีตลอด 3 ปี (2555 – 2557) รวมทั้งศึกษาพฤติกรรมการบริโภคอาหารทะเลและการรับรู้ความเสี่ยงจากการบริโภคอาหารทะเลของประชาชน หญิงตั้งครรภ์และนักเรียน จากการสัมภาษณ์เพื่อให้ได้ข้อมูลในการวิเคราะห์ความรู้ ความเข้าใจ และการรับรู้ความเสี่ยงเกี่ยวกับอันตรายจากการปนเปื้อนสารเคมีจากการบริโภคอาหารทะเล

ผลการศึกษาปี พ.ศ. 2557 พบว่าปริมาณแคดเมียมทั้งในตับและกล้ามเนื้อปลาทะเลจากอ่างศิลา ค่าเฉลี่ย  $0.2960 \pm 0.1793$  ug/g wet wt. (n=30) สูงกว่า 6 เท่ากว่าจากตับปลาทะเลจับจากมาบตาพุด ค่าเฉลี่ย  $0.1859 \pm 0.1329$  ug/g wet wt. (n=30) และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยสถิติ ANOVA ( $p < 0.01$ ) ส่วนในเนื้อปลาทะเล อ่างศิลามีค่าแคดเมียมเฉลี่ย  $0.0016 \pm 0.0022$  ug/g wet wt. (n=30) มาบตาพุด ค่าเฉลี่ย  $0.0007 \pm 0.0008$  ug/g wet wt. จากอ่างศิลาที่ค่าปริมาณแคดเมียมในตับข้างสูง ( $> 0.2$  ถึง  $\sim 1.0$  ug/g wet wt.) ของปลาทะเล 6 ชนิด (ปลาลิ้นหมา ปลาหู ปลาจวด ปลาสีกุน ปลาใบปอ ปลาไหลทะเล) จากการจับได้ 12 ชนิด ส่วนปลาทะเลจากมาบตาพุดที่ค่าปริมาณแคดเมียมในตับค่อนข้างสูง มีเพียงชนิดเดียวคือ ปลาทู (เฉลี่ย  $0.3081 \pm 0.0607$  ug/g wet wt.) จากการจับได้ทั้งหมด 7 ชนิด

ปี พ.ศ. 2557 ปริมาณแคดเมียมในหอยแมลงภู่ บริเวณอ่างศิลาค่าความเข้มข้นของปริมาณแคดเมียมในหอยแมลงภู่ขนาดเล็กมีค่าเฉลี่ย  $0.0644 \pm 0.0071$  ug/g wet wt. (n=20) ใกล้เคียงกับหอยแมลงภู่ขนาดใหญ่มีค่าเฉลี่ย  $0.0764 \pm 0.0064$  ug/g wet wt. (n=20) และมีค่าสูงกว่าบริเวณมาบตาพุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.01$ ) ทั้งในหอยแมลงภู่ขนาดใหญ่ (เฉลี่ย  $0.0103 \pm 0.0019$  ug/g wet wt.) และหอยแมลงภู่ขนาดเล็ก (เฉลี่ย  $0.0123 \pm 0.0031$  ug/g wet wt.) และหอยแมลงภู่จากชายฝั่งจังหวัดเป็นชุดควบคุม พบความเข้มข้นของ แคดเมียมมีค่าเฉลี่ย  $0.1171 \pm 0.0098$  ug/g wet wt. (n=10)

ปี พ.ศ. 2557 ความเข้มข้นของ PAHs รวมในตับปลาจากอ่างศิลา มีค่าเฉลี่ย  $0.1041 \pm 0.1026$  ug/g dry wt. (n=30) สูงกว่า 4 เท่า ในกล้ามเนื้อค่าเฉลี่ย  $0.0270 \pm 0.0519$  ug/g dry wt. (n=30) และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยสถิติ ANOVA ( $p < 0.01$ ) ส่วนมาบตาพุด

ความเข้มข้นของ PAHs ในตับปลา มีค่าเฉลี่ย  $0.0546 \pm 0.0547$  ug/g dry wt. (n=30) สูงกว่า 2.7 เท่า ในกล้ามเนื้อเฉลี่ย  $0.0201 \pm 0.0278$  ug/g dry wt. (n=30) และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.01$ ) โดยความเข้มข้นในตับปลาจากอ่างศิลา สูงประมาณ 2 เท่า จากมาบตาพุดและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ส่วนความเข้มข้นในกล้ามเนื้อปลาจากทั้งสองสถานที่มีค่าใกล้เคียงกัน

ปี พ.ศ. 2557 ความเข้มข้นของ PAHs รวม ของหอยแมลงภู่นานาชาติใหญ่จากอ่างศิลามีค่าเฉลี่ย  $0.0500 \pm 0.0194$  ug/g dry wt. (n=20) สูงกว่า 2 เท่าในหอยขนาดเล็กมีค่าเฉลี่ย  $0.0225 \pm 0.0225$  ug/g dry wt. (n=30) และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยสถิติ ANOVA ( $p < 0.01$ ) ส่วนมาบตาพุด ความเข้มข้นของ PAHs ในหอยขนาดใหญ่มีค่าเฉลี่ย  $0.1834 \pm 0.0567$  ug/g dry wt. (n=20) สูงกว่า 13 เท่าในหอยขนาดเล็กมีค่าเฉลี่ย  $0.0142 \pm 0.1004$  ug/g dry wt. (n=20) และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.01$ ) ความเข้มข้นของ PAHs รวมในหอยแมลงภู่นานาชาติใหญ่จากมาบตาพุดมีค่าสูง 3.6 เท่ากว่าจากอ่างศิลา และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยสถิติ ANOVA ( $p < 0.01$ ) และหอยแมลงภู่นานาชาติใหญ่จากชายฝั่งจังหวัดเป็นชุดควบคุม ไม่พบความเข้มข้นของ PAHs รวม (n=10)

ปี พ.ศ. 2557 ชนิดของ PAHs ที่พบในตับปลาทะเลจากอ่างศิลาและมาบตาพุดมี 4 ชนิด คือ Phenanthrene (PHE), Pyrene (PYR), Fluoranthene (FLA), และ Chrysene (CHR) และพบ Benz[a]anthracene (BaA) ในตับปลาทะเลจากอ่างศิลา ในปลาตัวอย่างเดียวกันทั้งหมดนี้ไม่พบ Chrysene (CHR) สะสมในกล้ามเนื้อ ส่วนหอยแมลงภู่นานาชาติใหญ่ทั้งจากอ่างศิลาและมาบตาพุด จะพบเหมือนกัน 3 ชนิดของ PAHs คือ PHE, FLA และ PYR และมาบตาพุดยังพบเพิ่มอีก 3 ชนิด คือ Acenaphthylene (ACY), Acenaphthene (ACE) และ CHR ส่วนหอยแมลงภู่นานาชาติเล็ก จากอ่างศิลาพบ 2 ชนิด คือ PHE และ FLA ส่วนจากมาบตาพุด พบได้ 3 ชนิด คือ PYR และ CHR ซึ่ง BaA และ CHR จัดเป็นชนิดที่มีความเป็นไปได้ในการก่อมะเร็งในมนุษย์

การแสดงออกของตัวชี้วัดชีวภาพ อ่างศิลาจากปลาทะเล 12 ชนิด มาบตาพุด จากปลาทะเล 12 ชนิด ด้วยเทคนิคแอนติบอดี พบการแสดงออกของ CYP1A (ขนาด 76/54 kDa) ในปลาทะเล จากอ่างศิลาพบมีผลบวกจำนวน 60 % จาก 60 ตัวอย่าง ส่วนมาบตาพุด พบมี 100 % จาก 60 ตัวอย่าง การแสดงออกของ MT (ขนาด 10 kDa) จากอ่างศิลาพบ 33.3 % จาก 60 ตัวอย่าง ส่วนมาบตาพุด พบมี 73.3 % จาก 60 ตัวอย่าง โดยประเภทปลาทะเลชนิดการกินอาหาร (กินเนื้อ กินพืช และ กินทั้งพืชและเนื้อ) ไม่มีผลนัยยะต่อการแสดงออกของ CYP1A และ MT

ปี พ.ศ. 2557 ผลการตรวจการแสดงออกของ CYP1A (56 kDa) ด้วยเทคนิคแอนติบอดี ในหอยแมลงภู่นานาชาติทั้งอ่างศิลาและมาบตาพุดพบ 100% ทั้งสองสถาน แต่ความเข้มข้นของแบนด์ตัวชี้วัดชีวภาพมีการจับด้วยความเข้มต่างกันในตัวอย่างไม่โดยอ่างศิลาหอยขนาดใหญ่และขนาดเล็กมีการจับของ

แอนติบอดีกับแอนติเจนความเข้มข้น (+) และความเข้มข้นปานกลาง (++) เท่านั้น ส่วนมาบตาพุดหอยขนาดทั้งใหญ่มีความเข้มข้นปานกลางและเข้มข้นมาก (+++) เท่านั้น และหอยขนาดเล็กมีความเข้มข้นได้ทั้งสามแบบ ส่วนหอยแมลงภู่จากชายฝั่งจังหวัดตราดสามารถพบ CYP1A ได้ทุกตัวอย่าง (n=10)

ปี พ.ศ. 2557 ผลศึกษาพฤติกรรมการบริโภคอาหารทะเลและการรับรู้ความเสี่ยงจากการบริโภคอาหารทะเลของประชาชน สืบเนื่องจากผลการศึกษาวิจัยใน 2 ปีแรก ซึ่งพบว่า หญิงตั้งครรภ์เป็นกลุ่มเสี่ยงที่มีการรับรู้ความเสี่ยงเกี่ยวกับสารเคมีที่ปนเปื้อนในอาหารทะเลและการบริโภคอาหารทะเลปลอดภัยในระดับน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มเด็กนักเรียน และกลุ่มประชาชนทั่วไปที่พักอาศัยในพื้นที่มาบตาพุด ในปี พ.ศ. 2557 เพื่อศึกษาผลของการให้สุขศึกษาในการส่งเสริมพฤติกรรมการบริโภคอาหารทะเลปลอดภัยในหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยในเขตควบคุมมลพิษมาบตาพุด จ.ระยอง จึงการวิจัยทดลองแบบหนึ่งกลุ่มวัดซ้ำ โดยหญิงตั้งครรภ์จะได้รับโปรแกรมส่งเสริมสุขภาพ ซึ่งประยุกต์ขึ้นจากแนวคิดการส่งเสริมสุขภาพของเพนเดอร์ (Pender et al, 2011) ประกอบด้วยกิจกรรมใน 2 รูปแบบ ได้แก่ กิจกรรมการให้ความรู้แบบมีส่วนร่วมในรูปแบบหนังสือคู่มือ วิดิทัศน์ และรูปแบบกิจกรรมการกระตุ้นเตือนโดยส่งผ่านข้อความทางโทรศัพท์มือถือ โดยเก็บข้อมูลในโรงพยาบาลแห่งหนึ่งในพื้นที่ มาบตาพุด จ.ระยอง ในช่วงเดือนกันยายน-ธันวาคม 2557 ผลการวิจัยกลุ่มตัวอย่างมีอายุเฉลี่ยประมาณ 26 ปี ส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับมัธยมต้นและ ประกอบอาชีพรับจ้าง สัตว์ทะเลที่หญิงตั้งครรภ์นิยมบริโภคในระดับบ่อยครั้งถึงเป็นประจำ ได้แก่ ปลาทุบ หมีก กุ้ง ปู และหอยแมลงภู่ ตามลำดับ เกี่ยวกับพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพต่อการบริโภคอาหารทะเลปลอดภัยของหญิงตั้งครรภ์ ก่อนและหลังการให้สุขศึกษา พบว่า หลังการทดลองหญิงตั้งครรภ์มีคะแนนเฉลี่ยการรับรู้ประโยชน์ การรับรู้อุปสรรคจากการบริโภคอาหารทะเล และการรับรู้ความสามารถตนเองในการบริโภคอาหารทะเลที่มากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ( $p < 0.01$ ) ส่วนคะแนนเฉลี่ยการรับรู้ความรู้สึกที่มีต่อพฤติกรรมการบริโภคอาหารทะเล พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างก่อนและหลังการทดลองที่ ( $P = 0.069$ ) ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า หญิงตั้งครรภ์มีผลการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพในการบริโภคอาหารทะเลโดยรวมเปรียบระหว่างก่อนและหลังการให้โปรแกรมสุขศึกษาที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ( $p < 0.01$ ) โดยหลังทดลองมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 52.80 และก่อนทดลองมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 46.97

**คำสำคัญ** แคนเมียม สารโพลีไซคลิก อโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน ตัวชี้วัดชีวภาพ ปลาทะเล หอยแมลงภู่ อาหารทะเล หญิงตั้งครรภ์

## Abstract

The study is focus on Cadmium and total Polycyclinc aromatic hydrocarbons (PAHs) contamination on feral fish and farmed green mussels along the East Of Thailand; Ang Sila coast, Chonburi province and Mapthaputh Industrial Estate, Rayong province in 2012 to 2014. In addition, biomarker (Cytochrome P450, CYP1A) and Metallothionein (MT) assessment proved exposure to above mentioned chemicals based on on one time sampling collected in 2013. Pragnant and student's behaviour in marine food consumption and their perceived risks related to consuming marine food was studied based on interviews relating to their knowledge and understanding about danger in consuming marine food contaminated with chemicals.

In 2014, results showed cadmium in fish liver caught from Ang Sila averaged  $0.2960 \pm 0.1793$  ug/g wet wt. (n=30), which is higher value 6 time than the liver in fish caught from Mapthaputh that averaged  $0.1859 \pm 0.1329$  ug/g wet wt. (n=30). It is statistically significant with ANOVA ( $p < 0.01$ ). As compare to the fish meat, the Cadmium level is in both areas where Ang Sila and Mapthaputh averaged  $0.0016 \pm 0.0022$  ug/g wet wt. (n=30) and  $0.0033 \pm 0.0024$  ug/g wet wt (n=30). Six fish species were caught from Angsila with high Cadmium quantity in the liver ( $>0.2 \sim 1.0$  ug/g wet wt.). As for Mapthaputh, the level of Cadmium quantity in the liver is high only in Mackerel (averaged  $0.3081 \pm 0.0607$  ug/g wet wt.) as for the total of 7 fish species caught.

In 2014, the Cadmium quantities in green mussels found is lower than that fish liver. Around Ang Sila, the Cadmium concentration in small green mussels averaged  $0.0644 \pm 0.0071$  ug/g wet wt.(n=20), and large green mussels that averaged  $0.0764 \pm 0.0064$  ug/g wet wt.(n=20). On the contrary, around Mapthaputh area, Cadmium concentration from large (averaged  $0.0103 \pm 0.0019$  ug/g wet wt. (n=20) and small green mussels (averaged  $0.0123 \pm 0.0031$  ug/g wet wt.). And, Cadmium concentration in green mussels of both large and small around Ang Sila is higher than that Mapthaputh with statistical significance ( $p < 0.01$ ). Farmed-mussel (as control) collected form Trat Province found cadmium concentration (n=10) with average  $0.1171 \pm 0.0098$  ug/g wet wt.

In 2014, the concentration of PAHs in fish liver from Ang Sila averaged  $0.1041 \pm 0.1026$  ug/g dry wt. (n=30), which is 4 times higher in fish meat that averaged  $0.0270 \pm 0.0519$  ug/g dry wt. (n=30). This is significant statistically with ANOVA ( $p < 0.01$ ). As for Mapthaputh area, the concentration of PAHs in fish liver averaged  $0.0546 \pm 0.0547$  ug/g dry wt. (n=30), which is 2.7 times higher than fish meat that averaged  $0.0201 \pm 0.0278$  ug/g dry wt. (n=30), significant statistically with ANOVA ( $p < 0.01$ ). The concentration of PAHs in fish liver from Ang Sila is 2 times higher than that from Mapthaputh.

In 2014, the concentration of total PAHs from large green mussels in Ang Sila averaged  $0.0500 \pm 0.0194$  ug/g dry wt. (n=30), which is 2 times higher than small green mussels that averaged  $0.1834 \pm 0.0567$  ug/g dry wt. (n=30), with statistical significance with ANOVA ( $p < 0.01$ ). As for Mapthaputh, the concentration of PAHs in large green mussels averaged  $0.1834 \pm 0.0567$  ug/g dry wt. (n=30), which is 13 times higher than small green mussels that averaged  $0.0142 \pm 0.1004$  ug/g dry wt. (n=30). It is different with statistical significance ( $p < 0.01$ ). The total concentration of PAHs of large size of green mussels from Ang Sila is 3.6 times higher than that from Mapthaputh with statistical significance ( $p < 0.01$ ). Farmed-mussel (as control) collected from Trat Province found no PAHs concentration (n=10)

In 2014, fish (liver and muscle) from both stations and from Ang Sila (small and large size of green mussel) found 3 types of low molecular weight PAH namely Phenanthrene (PHE), Pyrene (PYR), Fluoranthene (FLA). For Maptaphut, Chrysene (CHR) found additional type beside 3 types of PAHs in small size of green mussel while large size found additional type of Acenaphthylene (ACY) and Chrysene (CHR).

In 2014, fish liver from both stations found 4 types of low molecular weight namely Phenanthrene (PHE), Pyrene (PYR), Fluoranthene (FLA), and Chrysene (CHR) and 1 more type (Benz[a]anthracene, BaA) found from Angsil. From the same fish sample, fish muscle is no longer CHR accumulated. In other word, large mussel from both stations found the same 3 types namely PHE, FLA and PYR, while 3 more types (Acenaphthylene, ACY; Acenaphthene, ACE and CHR) found from Maptaphut. Results from small mussel, 2 types (PHE and FLA) were found from Angsil, while Maptaphut has detected 3 types (FLA, PYR and CHR). According to the International Agency for

Research on Cancer, BaA and CHR are considered classify as possibly carcinogenic to human.

In 2014, the expression of CYP1A (molecular mass at 76/54 kDa, Wester Blot detection) in marine fish from Ang Sila using antibody technique shows 60% positive results from 60 samples (12 fish species) as for Mapthaputh area, there are 100% positive results from 60 samples (7 fish species). Metallothionein (MT) expression (size 10 kDa) from Ang Sila was found 33.3% positive results from 60 samples as for Mapthaputh, 73.3 positive results out from 60 samples. Fish species as categorized by its consumption behaviour (carnivore, omnivore and herbivore) has no significance statistically in relation to expression of CYP1A and MT.

In 2014, the expression of CYP1A (56 kDa) with antibody technique was found in green mussels for both Ang Sila and Mapthaputh. However, the concentration of the bioindicator band can verify different concentrations of samples. Both small and large green mussels from Ang Sila were verified by antibody and antigen with thin concentration (+) and average concentration (++) only. As for Mapthaputh, small and large green mussels have average (++) and high concentration (+++) only. Farmed-mussel (as control) collected from Trat Province found CYP1A from all samples (n=10)

Seafood consumption and knowledge about risks associated with seafood consumption of consumers were investigated. For the first two years of investigation (2012-2013), pregnant women are the most vulnerable group as compared to children and general public living around Maptaphut area because they have the lowest knowledge about chemical contamination in seafood and their seafood consumption behavior is at risk. In 2014, a design was performed to identify the effects of an initiative to promote safe seafood consumption among pregnant women living around Maptaphut area, Rayong Province were investigated. Pregnant women were enrolled in a conducted program that promotes health and well-being, which was adopted from Pender's principles for health promotion. Two types of activities were conducted in the program: participatory activities involving communication materials (manuals and videos) and active promotion that include sending information through phone SMS. Pregnant women (average age is 26) have education at the junior high school level and currently work as laborers. Most of

them frequently prefer to consume seafood such as mackerel, squids, shrimps, crabs, and green mussels respectively. They are patients of a hospital in Mapthaphut, Rayong Province. Based on the consumption behavior before and after women enrolled in health promotion program for safe seafood consumption, it was found that there was an improved knowledge on the risks associated with seafood consumption and the ability for pregnant women to consuming seafood with statistically significant difference at ( $p < 0.01$ ). As for the knowledge about the emotion related to seafood consumption, it was found that there was no significant difference between before and after the experiment at  $P = 0.069$ . Overall results of 3 years research, it can be concluded that pregnant women consumption behavior had changed in general when compared between before and after their enrollment in the health promotion for safe seafood consumption with statistically significant difference at  $p < 0.01$ . After the experiment, the average equaled 52.80 and the average before the experiment was 46.97.

**Key words:** Cadmium, Polycyclinc aromatic hydrocarbons, Cytochrome CYP1A, Metallothionein, marine fish, Green mussel, seafood, pregnant women



## สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	14
บทที่ 2 เอกสารงานวิจัย	18
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	50
บทที่ 4 ผลการวิจัย	60
บทที่ 5 วิจัยรณัผลการวิจัย	86
สรุปลการวิจัย	90
บทที่ 6 เอกสารอ้างอิง	93
ภาคผนวก	100
กิจกรรมประกอบงานวิจัย	
- โครงการอบรมเรื่อง “การติดตามตรวจสอบและประเมินมลพิษสารโลหะหนักและสารอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอนทางทะเล กรณีศึกษา ประเทศสวีเดนและประเทศไทย”	
- โครงการอบรมเรื่อง “Artificial Mussel as a device for environmental monitoring”	
- วิเคราะห์สารปนเปื้อนโลหะหนักในหอยแมลงภู่จากเหตุการณ์น้ำมันรั่วไหลชายหาดบางแสน	
ผลงานวิจัยตีพิมพ์ปี 2013	

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 ข้อมูลแหล่งปนเปื้อนและทางเข้าสู่ร่างกายของสารโลหะหนักและสารไฮโดรคาร์บอนในอาหารทะเล	36
ตารางที่ 2 ข้อมูลความเป็นพิษของสารโลหะหนักและสารไฮโดรคาร์บอนในอาหารทะเล	39
ตารางที่ 3 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามลักษณะทางประชากรและสังคม	55
ตารางที่ 4 จำนวน (ร้อยละ) ของหญิงตั้งครรภ์จำแนกตามพฤติกรรมการบริโภคอาหารทะเล	57
ตารางที่ 5 จำนวน (ร้อยละ) ของความถี่ในการบริโภคอาหารทะเลในหญิงตั้งครรภ์ในรอบ 1 สัปดาห์ที่ผ่านมา	58
ตารางที่ 6 ชนิดของ PAHS ที่พบในเนื้อเยื่อปลาทะเลและหอยแมลงภู่ ในปี พ.ศ. 2557	65
ตารางที่ 7 การแสดงออกของตัวชี้วัดชีวภาพ Cytochrome P450 (CYP1A) ในหอยแมลงภู่ เก็บจากอ่างศิลาและมาบตาพุดเดือนเมษายน ปี 2557 เทคนิคทางแอนติบอดีสังเกตด้วยสายตาบนกระดาษ	67
ตารางที่ 8 เพอร์เซ็นต์การพบ CYP1A แสดงออกในปละทะเลรวม (n = 30) จากอ่างศิลา และมาบตาพุดตลอด 3 ปี	70
ตารางที่ 9 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามลักษณะทางประชากรและสังคม	76
ตารางที่ 10 จำนวน (ร้อยละ) ของหญิงตั้งครรภ์จำแนกตามพฤติกรรมการบริโภคอาหารทะเล	78
ตารางที่ 11 จำนวน (ร้อยละ) ของความถี่ในการบริโภคอาหารทะเลในหญิงตั้งครรภ์ในรอบ 1 สัปดาห์ที่ผ่านมา	79
ตารางที่ 12 จำนวน (ร้อยละ) ของพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพของหญิงตั้งครรภ์ก่อนและหลังการให้โปรแกรมสุขศึกษา	81

## สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1	แบบจำลองการส่งเสริมสุขภาพฉบับปรับปรุง (Health Promotion Model Revised)	34
ภาพที่ 2	แหล่งที่มาของโลหะหนักและสารไฮโดรคาร์บอนที่หญิงตั้งครรภ์ควรหลีกเลี่ยงหลีกเลี่ยง	37
ภาพที่ 3	ผลจากการรั่วไหลของน้ำมันดิบไหลลงสู่ทะเลและพัดเข้าสู่หาดเป็นคราบน้ำมัน	38
ภาพที่ 4	ผลกระทบจากสารอินทรีย์แอลลโลหะหนักทำให้แพลงก์ตอนเจริญอย่างรวดเร็วในน้ำทะเล สัตว์ทะเลตายที่หาดบางแสนเนื่องจากน้ำเปลี่ยนสี	38
ภาพที่ 5	แผนที่ประเทศไทยและสถานที่เก็บตัวอย่าง แนวชายฝั่งทะเล อ่างศิลา จังหวัดชลบุรี (จุดเก็บตัวอย่างหอยแมลงภู่ จุดที่ 1-3 และตัวอย่างปลาทะเล จุดที่ 4-5) และแนวชายฝั่งทะเล มาบตาพุด จังหวัดระยอง (จุดเก็บตัวอย่างหอยแมลงภู่ จุดที่ 6-8 และตัวอย่างปลาทะเล จุดที่ 9-10)	52
ภาพที่ 6	เครื่อง Gas Chromatograph-Mass Spectrometer (GC-MS) ของบริษัท Agilent รุ่น Agilent 6890N Gas Chromatograph/5970 inert Mass Selective Detector ปริมาณสารต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้	54
ภาพที่ 7	Box plot ของความเข้มข้นของCadmiumในกล้ามเนื้อและตับของปลาที่อาศัย บริเวณมาบตาพุดและอ่างศิลา (ปี พ.ศ. 2557)	61
ภาพที่ 8	Box plot ของความเข้มข้นของ Cadmium ในหอยแมลงภู่ขนาดเล็กและใหญ่ ที่อาศัยบริเวณมาบตาพุดและอ่างศิลา (ปี พ.ศ. 2557)	62
ภาพที่ 9	Box plot ของความเข้มข้นของPAHsในกล้ามเนื้อและตับของปลาที่อาศัยบริเวณ มาบตาพุดและอ่างศิลา (ปี พ.ศ. 2557)	63
ภาพที่ 10	Box plot ของความเข้มข้นของ PAHs ในหอยแมลงภู่ขนาดเล็กและใหญ่ ที่อาศัยบริเวณมาบตาพุดและอ่างศิลา (ปี พ.ศ. 2557)	64
ภาพที่ 11	การแสดงออกของ CYP1A ในตับปลาทะเลจากอ่างศิลา ถูกจับจำเพาะด้วย โมโนโคลนอลแอนติบอดีบนกระดาษไนโตรเซลลูโลสเมมเบรน ให้ผลบวกทุกเลนที่ 74 หรือ/ และ56 kDa เลนที่ 1 = seabass CYP1A เลน 2 = โปรตีนมาตรฐานเลน 3 -4 = ปลาวิ้วหางพัด (ผลเป็น ลบ) เลน 5-6 = ปลากระทุงเหว (ผลเป็น ลบ) เลน 7 - 10 = ปลากระทุงเหว (ผลเป็น บวก)	66

## สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

<b>ภาพที่ 12</b> การแสดงออกของ MT ในตับปลาทะเลจากมาบตาพุด ถูกจับจำเพาะด้วย โพลีโคลนอล แอนติบอดีบนกระดาษไนโตรเซลลูโลสเมมเบรน ให้ผลบวกเลน 7 – 10 ที่ 10 kDa เลนที่ 1 = โปรตีนมาตรฐาน เลน 2 = seabass MT เลน 3 - 6 = ปลาหู เลน 7-8 = ปลาตะเพียน น้ำเค็ม เลน 9 - 10 = ปลาหางแข็ง	66
<b>ภาพที่ 13</b> การแสดงออกของ CYP1A ในต่อมย่อยอาหารของหอยแมลงภู่ ถูกจับจำเพาะ ด้วยโพลีโคลนอลแอนติบอดีบนกระดาษไนโตรเซลลูโลสเมมเบรน ให้ผลบวกทุกเลนที่ 56 kDa เลน 1 = seabass CYP1A เลน 2 = โปรตีนมาตรฐาน เลน 3-6 = หอยแมลงภู่ขนาดใหญ่ (ผลความเข้มระดับ+++ ) เลน 7-10 = หอยแมลงภู่ขนาดเล็ก (ผลความเข้มระดับ+)	67
<b>ภาพที่ 14</b> ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแคดเมียม ( $\mu\text{g/g, ww.}$ ) ในตับของปลาทะเลที่จับจากบริเวณ มาบตาพุดและอ่างศิลา (ปี พ.ศ. 2555 - 2557)	71
<b>ภาพที่ 15</b> ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแคดเมียม ( $\mu\text{g/g, ww.}$ ) ในกล้ามเนื้อของปลาทะเลที่จับ จากบริเวณมาบตาพุดและอ่างศิลา (ปี พ.ศ. 2555 - 2557)	71
<b>ภาพที่ 16</b> ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแคดเมียม ( $\mu\text{g/g, dw.}$ ) ในหอยแมลงภู่ขนาดเล็ก และขนาดใหญ่ จากแหล่งเลี้ยงบริเวณมาบตาพุดและอ่างศิลา ตามรายปี พ.ศ. 2555 - 2557 Error bars represent one standard deviation from the mean ( $n=20$ ). For each context (each set of two bars), bars which do not have a common letter are statistical significantly difference ( $p < 0.01$ ) from each other.	72
<b>ภาพที่ 17</b> ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแคดเมียม ( $\mu\text{g/g, dw.}$ ) ในหอยแมลงภู่ (เฉลี่ยจากทั้งขนาดเล็ก และขนาดใหญ่) ปี พ.ศ. 2555 – 2557 ในแหล่งเลี้ยงบริเวณอ่างศิลาและมาบตาพุด Error bars represent one standard deviation from the mean ( $n=20$ ). For each context (each set of three bars), bars which do not have a common letter are statistical significantly difference ( $p < 0.01$ ) from each other.	72
<b>ภาพที่ 18</b> ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของพีเอเอชรวม ( $\mu\text{g/dw.}$ ) ในกล้ามเนื้อปลาทะเลจับจาก บริเวณอ่างศิลา และมาบตาพุด	73
<b>ภาพที่ 19</b> ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของพีเอเอชรวม ( $\mu\text{g/dw.}$ ) ในตับปลาทะเลจับจากบริเวณ อ่างศิลา และมาบตาพุด	73
<b>ภาพที่ 20</b> ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของพีเอเอชรวม ( $\mu\text{g/dw.}$ ) ในหอยแมลงภู่ขนาดใหญ่ จากแหล่งเลี้ยงบริเวณอ่างศิลาและมาบตาพุด	74

## สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 21 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของพีเอเอชรวม ( $\mu\text{g}/\text{dw}$ .) ในหอยแมลงภู่น้ำขนาดใหญ่ จากแหล่งเลี้ยงบริเวณอ่างศิลาและมาบตาพุด	74
ภาพที่ 22 เปอร์เซ็นต์การแสดงออกของ MT ในตับปลาทะเลจากอ่างศิลาและมาบตาพุด เปรียบเทียบปี พ.ศ.2555-2557	75

## บทที่ 1 บทนำ

จากการประกาศกำหนดนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยองให้เป็นเขตควบคุมมลพิษ (คำสั่งศาลปกครองพิพากษาวันที่ 3 มีนาคม 2552) เพื่อดำเนินการควบคุม ลด และขจัดมลพิษ ตามที่กำหนดไว้ในกฎหมาย จึงควรมีงานวิจัยในการติดตามตรวจสอบยืนยันผลทางวิทยาศาสตร์ ว่าตามแนวชายฝั่งทะเลยังมีปัญหามลภาวะทางน้ำ คำตอบบางส่วนจากงานวิจัยครั้งนี้ คือจะทราบผลกระทบของโลหะหนักและสารอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอน กลุ่มพีเอเอช ยังปนเปื้อนอยู่ในสัตว์ทะเล จำพวกปลาทะเลและหอยแมลงภู่ โดยชาวประมงยังมีการจับปลาทะเลตามชายฝั่งทะเลมาเป็นอาหารและบริโภค หอยแมลงภู่จากฟาร์มเลี้ยงในอ่าว ซึ่งเป็นบริเวณที่มีคลองรับการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม โดยใช้สถานีเปรียบเทียบจาก ตำบลอ่างศิลา จังหวัดชลบุรีที่เป็นแหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งมีฟาร์มเลี้ยงหอยแมลงภู่และมีการจับปลาทะเลมาบริโภค

สำหรับชายฝั่งทะเลนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง ซึ่งเป็นนิคมอุตสาหกรรมขนาดใหญ่แห่งแรกของจังหวัด เพื่อเป็นฐานการผลิตก๊าซธรรมชาติและผลิตภัณฑ์เกี่ยวเนื่อง เช่น อุตสาหกรรมปิโตรเคมี อุตสาหกรรมเคมี โรงงานผลิตกระแสไฟฟ้า เป็นต้นตั้งขึ้นหนึ่งในมลพิษทั้งหลาย คือมลภาวะการปนเปื้อนของสารจากโรงงานที่ปล่อยมาสู่ทางทะเล พื้นที่มาบตาพุดถูกกำหนดให้เป็นเขตอุตสาหกรรมหนักและอุตสาหกรรมปิโตรเคมี เช่น โรงแยกก๊าซธรรมชาติ โรงกลั่นน้ำมัน โรงไฟฟ้าถ่านหิน โรงผลิตเหล็กและเหล็กกล้า โรงงานพลาสติก โรงงานเคมีและปุ๋ยเคมี ศูนย์กำจัดของเสียอันตราย รวมไปถึงท่าเรือน้ำลึกขนาดใหญ่ กลุ่มนิคมอุตสาหกรรมบริเวณพื้นที่มาบตาพุดประกอบด้วย นิคมอุตสาหกรรมทั้งหมด 4 แห่ง มีขนาดพื้นที่รวม 21,241 ไร่ มีจำนวนโรงงานทั้งหมด 130 โรงงาน (เฉพาะนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมีพื้นที่ประมาณ 10,000 ไร่ จำนวน 65 โรงงาน) (สำนักงานจังหวัดระยอง, 2552) สาเหตุของมลพิษทางแหล่งน้ำนั้นเกิดจากการปนเปื้อนของสารมลพิษที่มาจาก 2 แหล่งตามชายฝั่งทะเลบริเวณนี้ คือ แหล่งปนเปื้อนที่มีจุดกำเนิดแน่นอน (point source) เช่น โรงแยกก๊าซธรรมชาติ โรงกลั่นน้ำมัน โรงไฟฟ้าถ่านหิน เป็นต้น และแหล่งปนเปื้อนที่มีจุดกำเนิดที่ไม่แน่ชัด เพราะสารมลพิษแพร่กระจายจนไม่สามารถบ่งชี้แหล่งกำเนิดได้แน่ชัดดังเช่นปัญหาการลักลอบทิ้งน้ำเสีย ภายในนิคมอุตสาหกรรมออกสู่ภายนอก เช่น น้ำล้างเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่างๆ รวมทั้งการระบายของเสียที่มากกระบวนการผลิตในขั้นตอนต่างๆ ด้วยทำให้เกิดการปนเปื้อนของสารเคมีหรือสารพิษที่มาจากโรงงานอุตสาหกรรม ไม่ว่าจะปนเปื้อนของเหลว ของเสียที่เป็นกาก หรือสิ่งปฏิกูลลงสู่แหล่งน้ำในธรรมชาติทางทะเล และปัญหาการลักลอบทิ้งกากอุตสาหกรรมออกสู่สาธารณะ

ในการติดตามถึงการปล่อยสารพิษจากโรงงานต่างๆในทางปฏิบัติแล้ว การเข้าไปตรวจสอบถึงการปล่อยน้ำเสียหรือเข้าไปควบคุมการดำเนินการทั้งหมดในโรงงานอุตสาหกรรมนั้นทำได้ยาก ดังนั้น

การเข้าไปประเมินเบื้องต้น คือ การตรวจสอบในสิ่งแวดล้อม เช่น การวิเคราะห์การปนเปื้อนของโลหะหนักประเภทต่างๆ และสารอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอน จำพวกสารพีเอเอช ในตัวสัตว์ทะเล อย่างไรก็ตาม การตรวจวิเคราะห์ทุกๆสารที่ต้องสงสัยนั้นมีความสิ้นเปลือง และเครื่องมืออาจไม่สอดคล้องกับความไวในการตรวจปริมาณต่ำๆ ดังนั้นการประยุกต์ใช้ตัวชี้วัดทางชีวภาพต่างๆ (ทำให้การประเมินถึงสถานการณ์มลพิษต่างๆมีความแม่นยำมากขึ้น) เช่นโปรตีน CYP1A (สัตว์รับสัมผัสสารพีเอเอช) และ metal-binding protein (สัตว์รับสัมผัสโลหะหนัก) มาใช้ในการเฝ้าระวังหรือประเมินสถานการณ์เบื้องต้นของมลพิษทางทะเล การที่สัตว์ทะเลจำพวกปลาทะเลและหอยแมลงภู่มีการสร้างโปรตีนออกมาในร่างกาย เนื่องจากการลดความเป็นพิษของโลหะหนักและสารพีเอเอช และช่วยให้ขับออกจากร่างกาย (Peakall, 1994) ทั้งนี้จะใช้เทคนิคทางแอนติบอดีในการติดตามการตรวจสอบการแสดงออกของโปรตีน ซึ่งโมโนโคลนอลแอนติบอดีที่จับจำเพาะกับโปรตีน CYP1A ได้มีการผลิตขึ้นสำเร็จจากการได้รับทุนวิจัยอุดหนุนจากสภาวิจัยแห่งชาติในงบประมาณปี พ.ศ. 2550-2552 การใช้ตัวชี้วัดทางชีวภาพประเมินความเสี่ยงการสัมผัสสัมผัสข้อดีอย่างมากเพราะสามารถบ่งชี้การปนเปื้อนของสารพิษ (หลายกลุ่ม) ในสัตว์แม่ได้รับเข้าสู่ร่างกายในปริมาณน้อยก็ตาม

การที่ชายฝั่งทะเลมาบตาพุดยังคงมีการจับสัตว์ทะเลนำมาบริโภคเป็นอาหาร และมีการบริโภคหอยแมลงภู่จากแพเลี้ยง ประชาชนกลุ่มเสี่ยงต่อการบริโภคอาหารทะเลในพื้นที่นี้ นอกจากนักท่องเที่ยว ก็มีชาวประมง กลุ่มประมงผู้เลี้ยงหอยแมลงภู่ และประชาชนในพื้นที่ที่มีการซื้อบริโภคอาหารทะเล ก็จะได้รับสารโลหะหนักและสารพีเอเอชจากอาหารทะเลที่บริโภค โดยมีการศึกษาการปนเปื้อนโลหะหนักในเนื้อเยื่อสัตว์ทะเล ดังนี้ พบการปนเปื้อนของปรอทในเนื้อเยื่อหอยแมลงภู่และปลาทะเล ปริมาณ 0.010 และ 0.569 ตามลำดับ (ค่าเข้าใกล้ 1 หมายถึงมีความเสี่ยงได้รับสารปรอทเกินมาตรฐาน) โดยปลาทรายแดง พบปริมาณ 1.058 (กรมควบคุมมลพิษ 2545) ในปีพ.ศ.2546 พบสารปรอทสูงสุด จำพวก ปลา ปู กุ้ง หอย และหมึก ในหอยเท้าข้างเล็ก ปริมาณ 0.232 mg/kg น้ำหนักเปียก รองลงมาคือปลาข้างตะเกียบ และปลาแป้นใหญ่ ปริมาณ 0.075 และ 0.073 mg/kg น้ำหนักเปียก ตามลำดับ (แววตา และ คณะ, 2548) และสำรวจอีกครั้งเมื่อปี พ.ศ. 2550-2551 ยังพบปรอทสูงเกินค่ามาตรฐาน 2 ตัวอย่าง (แววตา และ คณะ, 2552) ทั้งนี้ยังไม่รายงานการศึกษาการนำตัวชี้วัดชีวภาพมาตรวจสอบการสัมผัสของสัตว์ทะเลมาก่อน

กำหนดสถานีเก็บตัวอย่างปลาทะเลและหอยแมลงภู่ คือ ตำบลอ่างศิลา จ.ชลบุรี ที่เป็นแหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ กับบริเวณมาบตาพุด จ.ระยอง เป็นแหล่งอุตสาหกรรม เพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของปริมาณโลหะหนักและสารพีเอเอช กับการแสดงออกของตัวชี้วัดชีวภาพโปรตีน metal-binding protein และ Cytochrome P450 (CYP1A) ตามลำดับ ในปลาทะเลและหอยแมลงภู่ ดังนั้นสมมติฐานของงานวิจัย ถ้าการประกาศมาบตาพุดเป็นเขตควบคุมมลพิษ และมีประสิทธิผลในการลดมลพิษ รวมทั้งมีความปลอดภัยในการบริโภคอาหารทะเล ปริมาณโลหะหนัก

และปริมาณสารพีเอเอช และเปอร์เซ็นต์การแสดงออกของตัวชี้วัดชีวภาพโปรตีนรับสัมผัสในปลาทะเล และหอยแมลงภู่ไม่ควรมีความแตกต่างกันทั้งสองสถานีกรณีพบความเสี่ยงในสถานีมาบตาพุดสูงกว่า สถานีอ่างศิลา ในฤดูกาลใดก็ตาม ตลอดระยะเวลา 3 ปี การสำรวจ ผลของงานวิจัยสามารถนำไปใช้ในการบ่งชี้ยังมีโรงงานอุตสาหกรรมปล่อยน้ำทิ้งที่ยังไม่บำบัด ซึ่งเขตควบคุมมลพิษสามารถขอความร่วมมือ หรือนำกฎระเบียบไปควบคุม เข้มงวดต่อโรงงานในการลดมลพิษทางทะเล

ตามนโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ (พ.ศ. 2555-2559) ยุทธศาสตร์ คือพัฒนาสิ่งแวดล้อมเพื่อเพิ่มคุณภาพชีวิต ดังนั้นการรับประทานอาหารทะเลปลอดภัย จึงเป็นการส่งเสริมคุณภาพชีวิตของประชาชน ดังนั้นการให้ความรู้ทางมลพิษทางทะเลควรเข้าถึงประชาชน โดยเฉพาะกลุ่มผู้อาศัย และมีอาชีพทำงานอยู่ในพื้นที่เขตอุตสาหกรรมในการเลือกรับประทานอาหารทะเลให้มีการปนเปื้อนของสารพิษน้อยที่สุด เช่น การเลือกรับประทานประเภทของอาหารทะเล ส่วนใดของสัตว์ที่ไม่ควรรับประทาน รวมทั้งการปนเปื้อนที่ต่างกัน เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อสร้างภูมิคุ้มกันทางมลภาวะสิ่งแวดล้อม มีกลยุทธ์ในการให้ความรู้แก่ประชาชน คือการแบ่งจำนวนเป็นกลุ่มย่อยๆ ตามอาชีพ เพื่อสอบถามข้อมูลและให้ความรู้ในเวลาเดียวกัน

ข้อมูลจากการสำรวจปริมาณโลหะหนักและสารอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอน และตัวชี้วัดชีวภาพการรับสัมผัสของงานวิจัยในครั้งนี้จะถูวิเคราะห์ และสังเคราะห์ เป็นองค์ความรู้มลพิษทางน้ำ และจะถ่ายทอดความรู้สู่ประชาชนเชิงสุขภาพในการบริโภคอาหารทะเลให้ปลอดภัย รวมถึงการปลูกจิตสำนึกให้ผู้ทำงานอยู่ในโรงงานมีความตระหนักถึงอันตรายของสารพิษที่ปล่อยจากโรงงานสู่แหล่งทะเลโดยไม่มีความรับผิดชอบในการบำบัดที่ถูกต้อง และผู้ควบคุมการจัดและลดมลพิษในพื้นที่เขตควบคุมมลพิษของนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด คือ บุคลากรจากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจะมีความรู้ของข้อมูลจากผลวิจัยในครั้งนี้และทราบการประเมินความเสี่ยงของสารพิษในสัตว์ทะเล เพราะมีการปล่อยน้ำทิ้งที่ไม่มีการบำบัดสู่แหล่งน้ำทะเล ทำให้ผลสุดท้ายสัตว์ทะเลจะได้รับสัมผัสสารพิษ และนำอันตรายต่อผู้บริโภคอาหารทะเล

### วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. การวิเคราะห์โลหะหนัก (แคดเมียม) ในปลาทะเล และ หอยแมลงภู่ตามแนวชายฝั่งทะเล
2. การวิเคราะห์สารโพลีไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน (พีเอเอช) รวม ในปลาทะเล และ หอยแมลงภู่ตามแนวชายฝั่งทะเล
3. การสำรวจการแสดงออกของตัวชี้วัดชีวภาพ Cytochrome P450 (CYP1A) และ metal-binding protein (Metallothionein) ในปลาทะเล และ หอยแมลงภู่ตามแนวชายฝั่งทะเล
4. ประเมินความสัมพันธ์ของโลหะหนัก และ สารพีเอเอชรวม และ ตัวชี้วัดชีวภาพ ในเนื้อ และตับปลาทะเล และหอยแมลงภู่ตามแนวชายฝั่งทะเล



5. เพื่อศึกษาผลของการให้สุขศึกษาเพื่อส่งเสริมพฤติกรรมการบริโภคอาหารทะเลของหญิงตั้งครรภ์ ที่อาศัยในเขตควบคุมมลพิษมาตาพุด จ.ระยอง

วัตถุประสงค์เฉพาะ

5.1. เปรียบเทียบการรับรู้ประโยชน์ในการบริโภคอาหารทะเลก่อนและหลังการให้สุขศึกษาแก่หญิงตั้งครรภ์

5.2 เปรียบเทียบการรับรู้อุปสรรคในการบริโภคอาหารทะเลก่อนและหลังการให้สุขศึกษาแก่หญิงตั้งครรภ์

5.3 เปรียบเทียบการรับรู้ความสามารถตนเองในการบริโภคอาหารทะเลก่อนและหลังการให้สุขศึกษาแก่หญิงตั้งครรภ์

5.4 เปรียบเทียบการรับรู้ความรู้สึกที่มีต่อพฤติกรรมในการบริโภคอาหารทะเลก่อนและหลังการให้ สุขศึกษาแก่หญิงตั้งครรภ์ การศึกษาพฤติกรรมกรรมการบริโภคอาหารทะเลและการรับรู้ความเสี่ยงจากการบริโภคอาหารทะเลของหญิงตั้งครรภ์และนักเรียน

## บทที่ 2 เอกสารงานวิจัย

### โลหะหนักและการปนเปื้อนในทะเล

โลหะหนัก คือ โลหะที่มีคุณสมบัติเหมือนกับโลหะอื่นๆ ทัวไปในการนำไฟฟ้า นำความร้อน มีความวาว ความเหนียว การสะท้อนแสง โลหะหนักส่วนใหญ่มีสมบัติทางกายภาพคล้ายคลึงกัน แต่สมบัติทางเคมีแตกต่างกันและสามารถรวมตัวกับสารประกอบอินทรีย์ได้สารประกอบใหม่ที่เสถียรกว่าเดิมและสะสมในสิ่งมีชีวิตได้ โดยขบวนการทางชีวภาพถ่ายทอดตามห่วงโซ่อาหาร ทำให้เกิดพิษของโลหะหนักขึ้นได้ (มนัส สติรจินดา, 2538) โลหะหนักบางชนิดมีความจำเป็นต่อมนุษย์และสัตว์ แต่ในขณะเดียวกันก็อาจให้โทษได้เช่นเดียวกันถ้าเกิดความไม่สมดุลระหว่างสภาวะแวดล้อมกับการทำงานของแร่ธาตุในร่างกาย โลหะที่จำเป็นสำหรับสิ่งมีชีวิต เรียกว่าเป็น Essential Element จำเป็นต่อการทำงานของเอนไซม์ในร่างกาย ถ้าขาดโลหะเหล่านี้จะทำให้เอนไซม์ในร่างกายทำงานไม่เต็มที่ แต่ถ้ามีปริมาณมากเกินไปก็จะไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ และเกิดเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตได้ โดยการสะสมอยู่ในเนื้อเยื่อเริ่มตั้งแต่ปริมาณน้อยๆ เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ จนถึงขีดที่ร่างกายจะแสดงผลออกมาทันที ซึ่งเรียกว่าเป็นพิษเฉียบพลัน

การปนเปื้อนของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมนั้นมาจาก 2 แหล่งใหญ่ คือ จากขบวนการตามธรรมชาติ เช่น การผุพังของหิน พื้นผิวดิน การระเบิดของภูเขาไฟ การเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางกายภาพของเปลือกโลก เป็นต้น ซึ่งอาจทำให้โลหะหนักจากพื้นผิวโลกเกิดการปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อมได้ อีกแหล่งคือ เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ได้แก่ แหล่งอุตสาหกรรม เช่น โรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ซึ่งอาจปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำหรือปล่อยแก๊สพิษสู่บรรยากาศ แหล่งเกษตรกรรม เช่นการใช้ยาปราบศัตรูพืช ได้แก่วัสดุกำจัดเชื้อรา ยาฆ่าหญ้า ยาฆ่าแมลง แหล่งชุมชน เช่น การใช้น้ำมันที่มีสารตะกั่วเป็นองค์ประกอบ การทิ้งขยะที่มีโลหะหนักปนอยู่ เป็นต้น ซึ่งโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมนั้นส่วนใหญ่มาจากกิจกรรมของมนุษย์ โดยเฉพาะแหล่งอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นสาเหตุใหญ่ที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนของโลหะหนัก (ศิริวรรณ ลาภทัตทิมาทอง, 2544)

ในปลาทะเลส่วนใหญ่ จะมีสารปรอทเป็นองค์ประกอบอยู่ในกล้ามเนื้อประมาณ 150 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (0.15 ppm) ในปลา Cod (*Gadus morhua*) บริเวณทะเลเหนือมีการสะสมของสารปรอทอยู่ 0.15-0.20 ppm ส่วนในกรีนแลนด์มีการสะสมของสารปรอทอยู่เพียง 0.01-0.04 ppm ในปลาฉลามซึ่งอาศัยอยู่บริเวณชายฝั่งฟลอริดา พบมีสารปรอทสะสมอยู่ในตัวถึง 2.57 ppm ในปลาทะเลมากกว่า 33% มีการสะสมสารปรอทเกินกว่าระดับที่มนุษย์ควรบริโภค คือ 1 ไมโครกรัมต่อกรัม (Clark et al., 1997) ในปลาทะเลบางชนิด เช่น ปลาโอ (*Thunnus spp.*) ปลา Swordfish (*Xiphias gladius*) ปลา Marlin (*indical*) ที่อาศัยอยู่ในธรรมชาติจะมีระดับความเข้มข้นของปรอทสูงกว่าปลาชนิดอื่น ในปลาทะเลกินเนื้อซึ่งถือเป็นผู้บริโภคสุดท้ายในทะเล ปลาในกลุ่มนี้จะมีระดับของ

ปรอทสูงเนื่องจากกระบวนการ Bioaccumulation ปลาทะเลที่ว่ายน้ำอยู่ตลอดเวลา มีอัตราเมตาบอลิซึมสูงและจะเปิดปากตลอดเวลาเพื่อรับออกซิเจนจากน้ำที่ไหลผ่านเหงือก ลักษณะเช่นนี้ทำให้ได้รับสารปรอทในรูป Methyl Mercury เข้าสู่ร่างกายเช่นกันและมีการสะสมเพิ่มขึ้นตามอายุ โดยปลาทะเลที่มีอายุมากจะมีการสะสมสารปรอทสูงกว่าอายุน้อย

ปลาสามารถรับสารปรอทได้โดยตรงจากอาหารที่กินและจากน้ำ อัตราการสะสมของสารปรอทก็จะขึ้นกับรูปของสารปรอท และปัจจัยแวดล้อมอื่นๆ เช่น อุณหภูมิและความเค็ม เมื่ออุณหภูมิของน้ำสูงขึ้นการสะสมของสารปรอทสูงขึ้นตาม ความเค็มของน้ำก็มีอิทธิพลต่อการสะสม ของสารปรอทในร่างกายปลา ปลาน้ำจืดจะสะสมเร็วกว่าน้ำกร่อย ส่วนปลาทะเลที่มีความเค็มปกติ (ประมาณ 30 ppt) จะมีอัตราการสะสมของสารปรอทภายในตัวได้ต่ำกว่าปากน้ำกร่อย เนื่องจากปลาทะเลจะต้องดื่มน้ำทะเล เพื่อปรับระดับความเข้มข้นภายในตัว (Osmoregulation) จึงมีโอกาสรับ สารปรอทจากน้ำโดยตรง ผลที่จะเกิดขึ้นต่อสัตว์น้ำเมื่อได้รับปรอทมีด้วยกันหลายประการ ได้แก่ ผลต่อการเจริญเติบโต การสืบพันธุ์ กระบวนการทางสรีรวิทยา พฤติกรรม การกินอาหาร วงจรชีวิต การอพยพย้ายถิ่น และพันธุกรรม เป็นต้น

### สถานการณ์คุณภาพน้ำชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณโลหะหนักบางชนิดในการสะสมของแคดเมียมและตะกั่วในหอยแมลงภู่ บริเวณอ่างศิลา จังหวัดชลบุรี พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามขนาดของหอยแมลงภู่และระยะเวลา (สุชาติา ถิ่นแถบ, 2543) ส่วนในหอยนางรมปริมาณแคดเมียมมีแนวโน้มสะสมสูงขึ้นตามขนาดของหอยนางรม ขณะที่ปริมาณการสะสมสารตะกั่ว ทองแดงและสังกะสี พบว่ามีปริมาณลดลงตามระยะเวลา โดยพบมีโลหะหนักสะสมในปริมาณสูงในช่วงฤดูฝนแล้วจะลดลงเมื่อหลังฤดูฝน (เพลิน ปุณณามระ, 2544) ซึ่งตะกอนดินในแม่น้ำบางปะกงพบว่าปริมาณแคดเมียม ทองแดง เหล็ก และสังกะสีมีสูงในช่วงที่ระดับความลึก 10 เซนติเมตรแล้วจะลดลงตามความลึก นั้นแสดงถึงการปนเปื้อนมีแนวโน้มสูงขึ้น (สุวรรณภา ภาณุตระกูล และ ไพฑูรย์ มกกงไผ่, 2543) และจะออกสู่มวลน้ำหรืออยู่ในตะกอนแขวนลอยขนาดเล็กถูกพัดพาไหลมากับกระแสน้ำ

การตรวจคุณภาพน้ำของสถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล (2545) พบว่าคุณภาพน้ำในบริเวณเขตเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ประกอบด้วยสถานีปากแม่น้ำบางปะกง อ่าวชลบุรี อ่างศิลา ศรีราชา จังหวัดชลบุรีและบริเวณปากแม่น้ำประแสร์ จังหวัดระยอง ปากแม่น้ำจันทบุรี และแม่น้ำตราด ปริมาณแคดเมียมมีค่าสูง จากการศึกษายังพบว่า สถานีในแม่น้ำหรือบริเวณใกล้ฝั่งค่าความเข้มข้นของโลหะหนักจะสูงและลดลงเมื่อออกห่างจากแม่น้ำหรือออกห่างจากฝั่ง นั้นแสดงว่าแหล่งที่มาของโลหะหนักมาจากต้นน้ำ ที่มีอยู่ตามธรรมชาติหรือการปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำจากกิจกรรมบนฝั่ง ขณะที่บริเวณเขตอุตสาหกรรม คือ อ่าวอุดม จังหวัดชลบุรี บริเวณบ้านหนองแพบและนิคมอุตสาหกรรม

ปีโตรเคมี มาบตาพุด จังหวัดระยอง ในบริเวณแหลมฉบังโลหะหนักแคดเมียม ทองแดง นิเกิล ตะกั่ว และสังกะสี ในบริเวณแหลมฉบังมีแนวโน้มสูงกว่ามาบตาพุด ส่วนใหญ่พบว่า ในฤดูแล้งมีสูงกว่าฤดูฝน แต่ตะกั่วในสถานีใกล้ฝั่งในฤดูแล้งสูงกว่าในฤดูฝน ขณะที่สถานีใกล้ฝั่งความเข้มข้นในฤดูฝนมีความเข้มข้นสูงกว่าฤดูแล้ง นั้นแสดงว่าแหล่งปนเปื้อนโลหะหนักในน้ำทะเลมาจากบึง โดยบริเวณแหลมฉบังและมาบตาพุด มีโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ มากมายที่อาจจะเป็นสาเหตุให้มีโลหะหนักลงปนเปื้อนในแหล่งน้ำ และเมื่อสัตว์น้ำรับเอาโลหะหนักเข้าสู่ร่างกายอาจจะเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้สัตว์น้ำเป็นโรคต่างๆ ได้ง่ายขึ้น เนื่องจากโลหะหนักไปมีผลกระทบต่อระบบภูมิคุ้มกันต่างๆ ในร่างกายของสัตว์น้ำ ระบบภูมิคุ้มกันต่างๆ มีความผิดปกติเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมทำให้สัตว์น้ำมีความไวหรือง่ายต่อการติดเชื้อ

### ตัวชี้วัดทางชีวภาพ

ในปัจจุบันมีหลายคำจำกัดความที่ถูกนำมาใช้ในการอธิบายถึงนิยามของคำว่าตัวชี้วัดทางชีวภาพ เช่น (Peakall, 1994) ได้ให้คำจำกัดความของตัวชี้วัดทางชีวภาพว่า ตัวชี้วัดทางชีวภาพ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงหรือการตอบสนองทางชีววิทยาตั้งแต่ระดับโมเลกุล ระดับเซลล์ไปจนถึงลักษณะทางชีววิทยา และพฤติกรรม หลังจากที่ได้รับสารพิษในสิ่งแวดล้อม ในขณะที่ WHO, 1993 ได้ให้คำจำกัดความว่า ตัวชี้วัดทางชีวภาพ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงของระบบชีววิทยา และอาจจะก่อให้เกิดอันตรายต่างๆ ได้ ตัวชี้วัดทางชีวภาพของการสัมผัส (Biomarker of Exposure) เป็นตัวแสดงการสัมผัส บ่งชี้ว่ามีสารแปลกปลอม หรือ อนุพันธ์ ผลิตผลจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารภายนอกกับโมเลกุลเป้าหมายของเซลล์ได้เข้าสู่ร่างกาย ซึ่งสามารถวัดได้ในสิ่งมีชีวิต เป็นตัวชี้วัดทางชีวภาพ ที่ประกอบด้วยปริมาณที่รับสัมผัส (Internal Dose) ขนาดที่ให้ผลทางชีวภาพ (Biologically Effective Dose) และผลทางชีววิทยา ที่ปรากฏในระยะแรก (Early Biologic Effect)

### เทคนิคทางแอนติบอดีในการตรวจตัวชี้วัดชีวภาพ

การตรวจสอบโดยใช้เทคนิคทางแอนติบอดีจะเกี่ยวข้องกับการทำปฏิกิริยาระหว่างแอนติบอดีและแอนติเจน เป็นปฏิกิริยาระหว่างโมเลกุล 2 ชนิด คล้ายกับกรณีของปฏิกิริยาระหว่างเอนไซม์กับซับสเตรตแต่มีข้อแตกต่างบางประการ ได้แก่ ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีอย่างถาวรต่อแอนติบอดีและแอนติเจนประกอบด้วยพันธะต่างๆ ระหว่าง epitope ของแอนติเจนกับบริเวณที่มีความแปรปรวนสูง พาราโทป (paratope) ของแอนติบอดี ความจำเพาะระหว่างปฏิกิริยาของแอนติบอดีและแอนติเจนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการทดสอบทางวิทยาภูมิคุ้มกัน (Immunoassay) รูปแบบต่างๆ ซึ่งสามารถใช้ได้ทั้งในการตรวจสอบแอนติบอดีหรือแอนติเจนก็ได้ ตรวจระดับการตอบสนองโดยการสร้างแอนติบอดี พิสูจน์ทราบโมเลกุลทางชีววิทยาที่ใช้ Immunoassay รูปแบบต่างๆ จะมี

ความไวและความรวดเร็วแตกต่างกันไป บางชนิดใช้ตรวจในแง่คุณภาพ บางชนิดสามารถให้วัดปริมาณได้ด้วย (ไพศาล สิทธิกรกุล, 2548)

เทคนิคทางแอนติบอดีจะใช้ในการศึกษาสารทดสอบต่างๆ ได้หลายชนิดที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกันที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิต ซึ่งการทดสอบด้วยแอนติบอดีประกอบด้วยหลากหลายวิธี ซึ่งมีรูปแบบและความไวต่างกัน ซึ่งเทคนิคทางแอนติบอดีที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบสารเชิงปริมาณที่พบในห้องปฏิบัติการ ทั่วไป ได้แก่ Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) เป็นวิธีการตรวจสอบปฏิกิริยาระหว่างแอนติบอดีกับแอนติเจนโดยใช้เอนไซม์เป็นตัวบ่งชี้แทนสารกัมมันตภาพรังสี หรือสารเรืองแสง วิธีนี้สามารถใช้ตรวจหาแอนติบอดีและแอนติเจนได้อย่างจำเพาะเจาะจงมีความไวสูง ง่าย และรวดเร็ว วิธีการทดสอบโดยอาศัย Immunoblotting (Western Blot) จะมีการแยกองค์ประกอบของแอนติเจนโดยอาศัยกระแสไฟฟ้าผ่านตัวกลาง คือ polyacrylamide gel เป็นการใช้นิโคตินการแยกโปรตีนด้วยกระแสไฟฟ้าที่เรียกว่า SDS polyacrylamide del electrophoresis (SDS-PAGE) ซึ่งจะแยกโปรตีนตามน้ำหนักโมเลกุล จากนั้นจะเคลื่อนย้ายโปรตีนที่แยกได้บน gel สู่แผ่น nitrocellulose ด้วยกระแสไฟฟ้าเช่นกัน โปรตีนแถบต่าง ๆ จะยึดติดกับแผ่น nitrocellulose ซึ่งจะสามารถนำไปตรวจสอบด้วยการทดสอบปฏิกิริยาระหว่างแอนติเจนกับแอนติบอดี

### Metal - Binding Protein

**Metal -Binding Protein** หรือ Metallothionein (MT) เป็นกลุ่มของโปรตีนขนาดเล็กที่มีการจับกันของโลหะ และเป็นโปรตีนที่มีลักษณะพิเศษคือ ประกอบด้วย Cysteine สูงประมาณ 30 % ของกรดอะมิโน มีมวลโมเลกุลต่ำและไม่มี aromatic amino acid และ histidine อยู่ในโมเลกุล ซึ่งในโมเลกุลของ MT นี้ Cysteine จะทำหน้าที่เป็นลิแกนด์ให้โลหะมาจับ (Minami, Ichida & Kubo, 2002)

MT มีหน้าที่ทางชีวภาพมากมาย ซึ่งหน้าที่ที่ตรวจพบคือ การลดความเป็นพิษของโลหะ เช่น แคดเมียมและปรอท การมีส่วนร่วมในการควบคุม จัดเก็บ และการจ่ายออกของไอออนของโลหะบางชนิด เช่น สังกะสีและทองแดง เป็นสารต่อต้านอนุมูลอิสระในระดับเซลล์ และที่สำคัญคือทำหน้าที่ขนส่งไอออนของโลหะไปยังโปรตีนอื่นๆ เช่น Zinc finger โปรตีนที่มีความสำคัญกับการจับตัวกันของดีเอ็นเอและควบคุมโปรตีนในสิ่งมีชีวิตเป็นต้น (Tapiro & Tew, 2003)

### การประยุกต์ใช้ Metal-Binding Protein เป็นตัวชี้วัดทางชีวภาพในสิ่งแวดล้อม

ในปัจจุบันพบว่าโลหะหนักโดยเฉพาะอย่างยิ่งแคดเมียมเป็นสารที่มีการปนเปื้อนอยู่ในสิ่งแวดล้อมค่อนข้างมากโดยส่วนใหญ่จะอยู่ร่วมกับสังกะสี ตะกั่วและคอปเปอร์ซัลไฟด์ และแคดเมียมจะพบมากในวัสดุที่มีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบอยู่สูง เช่น น้ำมันดิบและถ่านหิน (สุวัจน์ ธีรุต, 2549) นอกจากนี้ยังพบได้ในกิจกรรมอื่นๆ เช่น อุตสาหกรรมการทำเหมือง การหลอมและการถลุง ตะกั่ว และสังกะสี เป็นต้น จากลักษณะที่กล่าวมาจึงทำให้มีแคดเมียมเข้าไปปนเปื้อนในแหล่งน้ำต่างๆ มากมายโดยเฉพาะอย่างยิ่งในน้ำทะเลเพราะทะเลเป็นแหล่งสะสมของเสียแหล่งสุดท้ายของมนุษย์ ทำให้สัตว์น้ำต่างๆ ได้รับแคดเมียมและเก็บสะสมแคดเมียมไว้ในตัวเป็นจำนวนมากเมื่อนำสัตว์น้ำมารับประทานจึงมีโอกาสได้รับแคดเมียมเข้าสู่ร่างกายที่อาจทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพในมนุษย์ได้ แคดเมียมและสารในกลุ่มโลหะหนักเมื่อเข้าสู่ร่างกายของสัตว์น้ำอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพ โดยอาจจะไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ การเจริญเติบโต การสืบพันธุ์ กระบวนการทางสรีรวิทยา และพันธุกรรม เป็นต้น ดังนั้นการตรวจวัดโลหะหนักบริเวณแนวชายฝั่งทะเลเพื่อทำให้ทราบถึงสถานการณ์การปนเปื้อนของโลหะหนัก เพื่อเป็นแนวทางในการเฝ้าระวังและจัดการการปนเปื้อนของโลหะหนักแนวชายฝั่งทะเลจึงกลายเป็นสิ่งที่น่าสนใจแต่การตรวจสอบการปนเปื้อนโดยการวัดปริมาณโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมหรือสิ่งมีชีวิตโดยตรงนั้นทำได้ยากและที่สำคัญคือต้องใช้เครื่องมือที่มีราคาแพง ดังนั้นการใช้ตัวชี้วัดทางชีวภาพ (biomarker) เช่น MT จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะพิจารณาทั้งนี้ก็เนื่องจาก MT เป็นโปรตีนขนาดเล็กที่มี cystein สูง และสามารถเลือกจับกับโลหะได้อย่างจำเพาะ ระดับความเข้มข้นของ MT จะเพิ่มขึ้นเมื่อสิ่งมีชีวิตได้รับโลหะ เพราะ MT มีบทบาทสำคัญในการเมตาโบไลต์และปรับสมดุลของร่างกายให้เป็นปกติ จากลักษณะดังกล่าว MT จึงถูกเสนอให้ใช้เป็นดัชนีชี้บ่งถึงการปนเปื้อนของโลหะหนักโดยเฉพาะอย่างยิ่งการปนเปื้อนของแคดเมียมในสิ่งแวดล้อมได้

การสังเคราะห์ MT ในสิ่งมีชีวิตนอกจากจะเกิดจากปัจจัยดังที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว มีรายงานอีกหลายฉบับที่เสนอว่า อาหาร อายุ และระยะการพัฒนาระยะต่างๆ ล้วนมีผลต่อการสังเคราะห์ MT และ MT สามารถตรวจพบได้ในเนื้อเยื่อหลายชนิด แต่ที่พบว่ามีการสร้างและสะสม MT อยู่มาก คือ เซลล์ของตับ และเหงือก (Costa, et al. 2008)

สำหรับการเหนี่ยวนำให้มีการสร้าง MT ในสิ่งมีชีวิตในทะเลหลายชนิด เมื่อได้สัมผัสกับโลหะหลายชนิด เช่น แคดเมียม ปรอท คอปเปอร์ และ ซิลเวอร์ จะนำไปสู่การเสนอให้การใช้ MT เป็นตัวชี้วัดทางชีวภาพสำหรับการติดตามและตรวจสอบการปนเปื้อนของโลหะหนักในแหล่งน้ำและเมื่อนานมานี้ได้มีการศึกษาที่แสดงให้เห็นถึงความจำเพาะของโลหะหนักที่เหนี่ยวนำให้เกิดการสังเคราะห์ MT ใน Form ต่างๆ ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้อย่างยิ่งที่จะนำลักษณะที่สำคัญที่ตรวจพบใน MT นี้มาใช้สำหรับเป็นตัวชี้บ่งถึงการรับสัมผัสทางโลหะหนัก และที่สำคัญคือ ยังยืนยันได้ถึงหน้าที่หลักของ MT

ในการสิ่งมีชีวิตด้วยนั้น คือ บทบาทของ MT ในการกำจัดสารพิษและการปรับสมดุลของไอออนของโลหะในร่างกาย โดยการศึกษาที่ใช้จะใช้ปูม้า (*C. sapidus*) เป็นตัวแทนของสิ่งมีชีวิตในน้ำ ซึ่งจากการศึกษาพบว่า MT จะถูกเหนี่ยวนำให้เกิดขึ้นเมื่อปูม้าได้รับแคดเมียม แต่ MT ที่ตรวจพบมี 2 Form คือ CdMT-I และ CdMT-II ซึ่ง CdMT-I จะสามารถจับกับ Cd ได้ดีกว่า CdMT-II และนอกจากนี้ ยังมีการศึกษาเพิ่มเกี่ยวกับการเหนี่ยวนำให้มีการสังเคราะห์ MT เมื่อให้ปูม้าได้รับสัมผัสคอปเปอร์ซึ่งจากการศึกษาพบว่า เมื่อปูม้าได้รับคอปเปอร์จะมีการสังเคราะห์ MT เกิดขึ้น โดย MT ที่ตรวจพบจะมีอยู่ 3 form คือ CdMT-I, CdMT-II, และ CdMT-III และหลังจากการทำการศึกษาลักษณะเฉพาะของ MT ที่พบใน form ต่างๆ พบว่า CdMT-I และ CdMT-II จะมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการ metabolism แต่สำหรับ CdMT-III จะเกี่ยวข้องกับการลดความเป็นพิษ หรือ detoxification ของคอปเปอร์ (Schlenk and Brouwer, 1993)

แต่ถึงอย่างไรก็ตามก็มีรายงานเพิ่มอีกว่า ปัจจัยทางธรรมชาติ เช่น ความเค็มก็มีผลอย่างมากกับการเหนี่ยวนำให้มีการสังเคราะห์ MT ในสิ่งมีชีวิต กล่าวคือ ความเค็มจะมีผลต่อการเปลี่ยนรูป (Speciation) และ bioavailability ของโลหะ และมีผลต่อการ uptake โลหะของสิ่งมีชีวิตในน้ำ (Bianchini and Gilles, 2000) ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าความเค็มจะมีผลโดยตรงที่จะควบคุมปริมาณของโลหะที่จะเข้าไปจับกับ MT ซึ่งแสดงให้เห็นได้ชัดเจนว่า ความแปรปรวนหรือการเปลี่ยนแปลงความเค็มมีผลต่อความเข้มข้นของ MT ในสิ่งมีชีวิต (Montserrat et al., 2007)

### งานวิจัยที่เกี่ยวข้องด้าน Metal-Binding Protein

การใช้ Metal-Binding Protein เป็นตัวชี้วัดทางชีวภาพเพื่อแสดงถึงการปนเปื้อนของโลหะหนัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งแคดเมียมนั้นในปัจจุบันพบว่าการประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบในสัตว์น้ำหลายชนิด เช่น เมื่อตรวจสอบปริมาณ Metal-Binding Protein ในปลา Striped sea bream (*Lithognathus mormyrus*) ในทะเลเมดิเตอร์เรเนียน ประเทศอิสราเอล จาก 2 แหล่ง คือ บริเวณที่มีสารมลพิษ และบริเวณที่ไม่มี และไม่มีสารมลพิษ โดยใช้เทคนิค ELISA พบว่า ในปลาบริเวณที่มีสารมลพิษ จะตรวจพบปริมาณ Metal-Binding Protein สูงกว่าปลาที่อยู่ในบริเวณไม่มีมลพิษถึง 10 เท่า (Yudkovski et al., 2008) เมื่อทำการศึกษาปริมาณ Metal-Binding Protein ในปลา Golden grey mullet (*Liza aurata*) ในบริเวณ mullet ในบริเวณ Ria de Aveiro ซึ่งเป็นบริเวณชายฝั่งของทะเลสาบในประเทศโปรตุเกส พบว่าในสถานที่ที่ 4 คือ Rio Novo do จะเป็นสถานที่ที่ตรวจพบปริมาณ Metal-Binding Protein ในปลาสูงที่สุด คือ  $\approx 627.7 \mu\text{g}$  ต่อ น้ำหนักเปียก ทั้งนี้ก็เนื่องจากบริเวณดังกล่าวเป็นบริเวณที่อยู่ในเขตอุตสาหกรรม และมีปริมาณโลหะหนัก ได้แก่ Zn, Cu, Hg และ Cd สูงกว่าในบริเวณอื่นๆ (Oliveira et al., 2010)

อภิรดี เมืองเดช (2545) ศึกษาปริมาณโลหะตะกั่ว แคดเมียม สังกะสีและปรอทใน หอยแครง (*Anadara granosa*) บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง และบริเวณชายฝั่งทะเล ตั้งแต่บางทรายถึงตำบลคลองตำหรุ ชลบุรี โดยทำการเก็บตัวอย่าง 6 ครั้ง ตั้งแต่เดือน ธันวาคม 2542 มกราคม มีนาคม เมษายน มิถุนายน กรกฎาคม 2543 พบว่า ค่าเฉลี่ยสูงสุดของโลหะตะกั่วและแคดเมียมพบในเดือนธันวาคม 2542 และมกราคม 2543 โดยมีค่าเท่ากับ 0.435 และ 0.835  $\mu\text{g/g}$ , wet weight

ศรีกุลกันทาใจ (2546) ทำการผลิตพอลิโคลนัลแอนติบอดีซีราต่อสายเปปไทด์สังเคราะห์ 3 สาย ตามลำดับกรดอะมิโนใน 3 บริเวณที่แตกต่างกันบนสายพรีออนโปรตีนของแกะเพื่อใช้ในการตรวจสอบหาเซลล์ลูลาร์พรีออนโปรตีนในสัตว์เศรษฐกิจของประเทศไทย คือ ปลาอุกหมู และวัว และทำบริสุทธิ์ด้วยวิธี immobilized metal ion affinity chromatography (IMAC) โดยอาศัยความสามารถในการจับคอปเปอร์ไอออน ( $\text{Cu}^{2+}$  ion) ของพรีออนโปรตีน ตรวจสอบโปรตีนที่สกัดได้โดยการย้อมด้วย Coomassie blue หรือด้วยเทคนิค immunoblot หลังจากย้อมพรีออนโปรตีนด้วยโพลีโคลนอลแอนติบอดีที่ผลิตได้ทั้ง 3 ตัวหรือโมโนโคลนอลแอนติบอดีทางการค้า (mAb L42) พบว่าในสารสกัดหยาบของสมองหมูและวัวมีแถบโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 30 และ 40 kDa ในขณะที่ในสมองปลาพบแถบโปรตีนที่มีขนาดประมาณ 40 และ 42 kDa เมื่อผ่านขั้นตอนการทำบริสุทธิ์บางส่วนด้วยวิธี IMAC แล้วย้อมด้วยโพลีโคลนอลแอนติบอดี Ab PII พบว่าสามารถแยกพรีออนโปรตีนได้สองส่วน คือในส่วนของสารละลายด้วย 10 mM imidazole ซึ่งพบแถบโปรตีนที่มีขนาดเท่ากับแถบโปรตีนที่ได้จากสารสกัดหยาบในตัวอย่างสัตว์ทั้งสามชนิดแต่ในส่วนของสารละลายด้วย EDTA พบแถบโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 21 kDa ในตัวอย่างของหมูและวัวแต่ไม่พบในปลา

สุวิมล อุทราพงศา (2546) ทำการศึกษาความเป็นพิษแบบเฉียบพลัน และความเป็นพิษแบบกึ่งเรื้อรังของแคดเมียมต่อปลาตะเพียนขาววัยอ่อนในระยะเวลา 96 ชั่วโมงและ 3 เดือน เพื่อศึกษาการแสดงออกของยีน Metal binding protein mRNA (MT mRNA) ในตับและไตปลาพบว่าความเข้มข้นของแคดเมียมที่ทำให้เกิดการตายร้อยละ 50 ( $\text{LC}_{50}$ ) ภายใน 24, 48, 72, และ 96 ชั่วโมง คือ 3.81, 3.41, 3.23 และ 2.88 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ คำนวณหาค่าความเข้มข้นเพื่อใช้ศึกษาความเป็นพิษแบบกึ่งเรื้อรังได้เท่ากับ 0.012, 0.06 และ 0.12 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยการแสดงออกของยีน MTmRNA ที่มีความเข้มข้น 0.012 มิลลิกรัมต่อลิตร ในตับเท่ากับ 4.20 เท่า และในไตเท่ากับ 4.16 เท่า การแสดงออกของยีน MTmRNA ที่ความเข้มข้น 0.06 มิลลิกรัมต่อลิตรในตับเท่ากับ 4.43 เท่า และในไตเท่ากับ 3.34 เท่า การแสดงออกของยีน MTmRNA ที่มีความเข้มข้น 0.12 มิลลิกรัมต่อลิตร ในตับเท่ากับ 4.93 เท่า และในไตเท่ากับ 5.57 เท่า ซึ่งการแสดงออกของยีน MTmRNA ในตับสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ เพื่อประเมินการปนเปื้อนของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อม



Olafson and Thompson (1974) ศึกษาการแยก Cd-Binding Protein ให้บริสุทธิ์ด้วยวิธี gel filtration พบว่าสามารถแยก Cd-Binding Protein จาก Atlantic grey seal (*Halichoerus grypus*) พบโปรตีนขนาด 9 kDa , Pacific fur seal (*Callorhinus ursinus*) พบโปรตีนขนาด 10kDa และ ปลา copper rock (*Sebastes caurinus*) พบโปรตีนขนาด 11kDa

Serra, Carpené, Marcantonio and Isani (1995) ศึกษาการสะสมของตัวของแคดเมียมและ Cd-Binding Protein ในหอยสองฝา *Scapharca inaequivalvis* บริเวณใต้ เหนือ อวัยวะภายใน แมนเทิล เท้า กล้ามเนื้อ และ เซลล์เม็ดเลือดแดง ซึ่งพบว่าใต้เป็นบริเวณที่พบการสะสมของแคดเมียมมากที่สุด (725.70  $\mu\text{g/g}$  น้ำหนักแห้ง) หลังให้หอยรับสัมผัสน้ำทะเลที่มี แคดเมียมอยู่ 0.5  $\mu\text{g Cd/ml}$  และการสะสมของตัวแคดเมียมพบในช่วงฤดูร้อนมากกว่าฤดูหนาว

Dabrio, Rodríguez, Bordin, Bebianno, Ley, Šestáková, Vašák and Nordberg (2002) ศึกษาเทคนิคต่างๆในการตรวจสอบ MT ได้แก่ Electroanalytical techniques, UV-Vis spectrophotometry, Metal saturation assay และ Immunological techniques และศึกษาเทคนิคการแยก MT ได้แก่ indirect method (atomic absorption spectrometry; AAS, induce coupled plasma emission spectrometry; ICp-AES ) และ Direct method (liquid chromatography, capillary electrophoresis)

Park, Chung, Park, Kim, Koh and Lee (2002) ศึกษาการใช้ gel filtration (Sephadex G-75), DEAE-Sepharose, Sepharose 12 และ HPLC ในการแยก Cd-Binding Protein จากหอย Asian periwinkle (*Littorina brevicula*) พบว่า Cd-Binding Protein ที่แยกได้ มีโปรตีนขนาด 15 kDa

Crooker, Pozo, Castro, Dice, Boutet, Tanguy, Moraga and Ahearn (2003) ศึกษาตำแหน่งของ calcium, heavy metal และ MT บนเซลล์ hepatopancreas ของกุ้งล็อบสเตอร์ (*Homarus americanus*) โดยใช้ confocal microscopy, centrifugal elutriation และ metal binding protein-specific antibody ที่พัฒนามาจากสัตว์ในกลุ่ม mollusks ซึ่งมีปฏิกิริยาข้ามกับกลุ่ม crustaceans พบว่าสามารถหาตำแหน่งของ MT บนเซลล์ hepatopancreas ของกุ้งล็อบสเตอร์ได้

Honda, Araujo, Horta, Val and Demasi (2005) ศึกษาการทำโปรตีน MT ที่สกัดจากปลาอะเมซอน (*Colossoma macropomum*) และยีสต์ (*Saccharomyces cerevisiae*) ที่ได้รับแคดเมียม ให้บริสุทธิ์ ด้วยวิธี affinity chromatography โดย MT ที่สกัดจากปลาอะเมซอนใช้คอลัมน์ที่มี  $\text{Ni}^{2+}$ -loaded resin และ เซโปรตีนด้วย imidazol ส่วน MT ที่สกัดจากยีสต์ใช้คอลัมน์ที่มี  $\text{Cu}^{2+}$ -loaded resin และ เซด้วย EDTA พบว่าสามารถแยก MT ให้บริสุทธิ์ได้ ซึ่งมีขนาดโปรตีนประมาณ 10 kDa.

Wu and Chen (2005) ใช้ MT เป็นตรวจชี้วัดทางชีวภาพในการตรวจวัดการปนเปื้อนของโลหะหนัก โดยดูการสะสมของแคดเมียมและสังกะสีในกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ด้วยเทคนิค gel filtration chromatography ซึ่งพบว่าระดับของ MT เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่สัมผัสกับแคดเมียมและสังกะสี

Demuyne, Grumiaux, Mottier, Schikorski, Lemiere, and Lepretre (2006) ศึกษาการตอบสนองของโปรตีน MT เทคนิคทางภูมิคุ้มกันและโมเลกุล ในหนอน (*Eisenia fetida*) ที่สัมผัสแคดเมียม ด้วยวิธี Dot immunobinding assay (DIA) โดยโพลีโคลนอลแอนติบอดีที่ผลิตจากสายเปปไทด์ 14-mer ของ MT หนอน (*Eisenia fetida*) และศึกษาการตอบสนองของการแสดงออก ด้วยวิธี Northern blotting โดยใช้ความจำเพาะของ prob

Yudkovski, Wrzesinska, YanKelevich, Shefer, Herut and Tom (2008) ใช้แอนติบอดีทางการค้าที่จำเพาะต่อ cod MT และ mammalian actin และแอนติบอดีที่จำเพาะต่อ *Lithognathus mormyrus* MT (ที่ผลิตขึ้น) ตรวจสอบการแสดงออกของ MT ในปลา *L. mormyrus* ที่สัมผัสสารแคดเมียม ด้วยวิธี ELISA พบว่าแอนติบอดีที่จำเพาะต่อ *Lithognathus mormyrus* MT (ที่ผลิตขึ้น) สามารถตรวจปริมาณของ MT ในปลา *L. mormyrus* ได้เช่นเดียวกัน

### สารพีเอเอช (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons; PAHs)

PAHs (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons) เป็นกลุ่มสารเคมีที่โครงสร้างโมเลกุลประกอบด้วยวงอะโรมาติก (Aromatic Ring) ตั้งแต่ 2 วงเชื่อมต่อกัน (Fused) ลักษณะการเชื่อมต่อกันคือวงอะโรมาติก 2 วงที่อยู่ติดต่อกันต้องใช้คาร์บอน 2 อะตอมร่วมกัน วงอะโรมาติกอาจมีคาร์บอน 5 หรือ 6 อะตอมก็ได้ PAHs จัดเป็นกลุ่มของสารเคมีที่ละลายได้ดีในไขมัน มีอยู่ทั่วไปในสิ่งแวดล้อมในลักษณะของสารปนเปื้อนก่อให้เกิดมลพิษ แต่มักจะมีอยู่ในปริมาณที่น้อยมากในระดับของไมโครกรัมต่อกิโลกรัม หรือนาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (พรชัย สิทธิศรัณย์กุล, 2545) ประกอบด้วยสารที่มีสูตรโครงสร้างหลักแตกต่างกัน 35 ชนิด และแต่ละสูตรโครงสร้างหลักประกอบด้วยอนุพันธ์ ต่าง ๆ (Derivative) PAHs มีปรากฏอยู่ในธรรมชาติ เช่น น้ำมันดิบ ถ่านหิน รวมทั้งปรากฏอยู่ในควันจากภูเขาไฟ (กองจัดการสารอันตรายและกากของเสีย, 2543)

ตัวอย่างสารในกลุ่ม PAHs ได้แก่ แนฟทาลีน (Naphthalene) ฟิเนนทรีน (Phenanthrene) เบนโซ[เอ]แอนทราซีน (Benzo[a]Anthracene) และเบนโซ[เอ]ไพรีน (Benzo[a]Pyrene) เป็นต้น แนฟทาลีนเป็นสารที่สกัดจากผงถ่านมีลักษณะเป็นเกล็ดสีขาว เดิมใช้เป็นลูกเหม็น ปัจจุบันใช้มากในอุตสาหกรรมสีย้อม ในขณะที่เบนโซ[เอ]แอนทราซีนและเบนโซ[เอ]ไพรีน ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้จะมีคุณสมบัติเป็นสารก่อมะเร็ง (มลิวรรณ บุญเสนอ, 2544)

## การประยุกต์ใช้ Cytochrome P450 (CYP1A) เป็นตัวชี้วัดทางชีวภาพในสิ่งแวดล้อมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอนไซม์ไซโตโครม P-450 หมายถึง กลุ่มของเอนไซม์ที่ประกอบด้วยฮีม ซึ่งอยู่ที่บริเวณเมมเบรนของเอนโดพลาสมิกเรติคูลัม ทำหน้าที่เกี่ยวข้องในขั้นตอนสุดท้ายของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของ Mix Function Oxidase System ไซโตโครม P-450 จะช่วยเร่งขบวนการเมทาบอลิซึมของสารประกอบทั้งจากภายในและภายนอกร่างกาย ตัวอย่างเช่น ปฏิกิริยา Hydroxylation, Heteroatom Oxygenation, Dealkylation และ Epoxidation เป็นต้น นอกจากนี้ไซโตโครม P-450 ยังเกี่ยวข้องในปฏิกิริยารีดักชันด้วย เมตาบอลิท์ที่เกิดขึ้น จะมีความสามารถในการละลายน้ำได้มากกว่าสารประกอบตั้งต้นและสามารถขับออกจากร่างกายได้ แต่พบว่าหลังเกิดปฏิกิริยาแล้วอาจเกิดเมตาบอลิท์ที่สามารถทำปฏิกิริยากับ Cellular Nucleophiles ผลคืออาจเกิดความเป็นพิษหรือเป็นสารก่อมะเร็งได้ (ศรีสมบัติ นวนพรัตน์สกุล, 2540) เอนไซม์ไซโตโครม P-450 จึงเป็นกลุ่มเอนไซม์ที่ได้รับการศึกษาอย่างมากเนื่องจากมีบทบาทสำคัญในเมทาบอลิซึมของสารเคมีต่างๆ ทั้งที่อยู่ภายในและภายนอกสิ่งมีชีวิต ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าไซโตโครม P-450 เป็นตัวเร่งทางชีวภาพ (Biological Catalyst) ที่มีความหลากหลายมากที่สุดและมักกระจายอยู่ทั่วไปภายในเซลล์เกือบทุกชนิดของสิ่งมีชีวิตต่างๆ ทั้ง คน สัตว์ พืช แมลง ยีสต์ และแบคทีเรีย เป็นต้น (มณี ชะนะมา, 2546)

ไซโตโครม P-450 มีหน้าที่หลักเกี่ยวข้องกับการขจัดพิษ (Detoxification) ในสิ่งมีชีวิต เช่น ในร่างกายของมนุษย์ถ้าปราศจากเอนไซม์เหล่านี้ร่างกายก็จะเต็มไปด้วยสารพิษ (Pollutants) ต่าง ๆ จากสิ่งแวดล้อม สารมลพิษดังกล่าวส่วนใหญ่ได้แก่ Benzo[a]Pyrene ซึ่งพบในควันบุหรี่และเนื้ออย่าง Polychlorinated Biphenyls (PCBs) ซึ่งถูกใช้ในการทำวัสดุฉนวน (Insulating Materials) และ Dioxins (2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-*p*-Dioxin หรือ TCDD) ซึ่งเป็นผลพลอยได้ (By-Product) จากการเผาไหม้ทั่วไป นอกจากนี้สารพิษชนิดอื่น ๆ ที่สามารถถูกเมตาบอลิซ์ (Metabolized) โดยไซโตโครม P-450 ได้แก่ยาชนิดต่าง ๆ รวมทั้งยาปฏิชีวนะ สารต่อต้านตัวออกซิไดซ์ และสารกำจัดศัตรูพืช (Pesticides) เป็นต้น ตัวอย่างในการกำจัดสารแปลกปลอมออกจากร่างกายของไซโตโครม P-450 เช่น การเมทาบอลิซึมของยา

การตอบสนองของคนต่อยาชนิดใดชนิดหนึ่งนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณของเอนไซม์ไซโตโครม P-450 ที่จำเพาะต่อยานั้น ๆ ว่ามีอยู่ในร่างกายของคน ๆ นั้นมากน้อยเพียงใด ในบางคนอาจจะขาดเอนไซม์ไซโตโครม P-450 ที่จำเพาะต่อยาดังกล่าวทำให้คนเหล่านั้นไม่สามารถกำจัดสารชนิดนั้นๆ ออกจากร่างกายได้และจะสะสมไว้อย่างต่อเนื่องจนส่งผลให้เกิดความรุนแรงขึ้น (มณี ชะนะมา, 2546)

Peter, Nasci, and Livingstone (1998) ใช้แอนติบอดีที่จำเพาะต่อ CYP กลุ่มต่าง ๆ จากปลามาตรวจสอบในหอยแมลงภู่ *Mytilus edulis* จากบริเวณแหล่งน้ำที่มีการปนเปื้อนและแหล่งน้ำสะอาด ด้วยเทคนิค Western Blot เพื่อศึกษารูปแบบของ CYP จากไมโครโซมและตัวอย่าง

CYP บริสุทธิ์ พบปริมาณเอนไซม์ CYP1A, 2B และ 4A จากหอยในแหล่งน้ำที่มีการปนเปื้อนสูงกว่าในแหล่งน้ำสะอาด และพบว่าเอนไซม์ CYP ชนิดเดียวกันจากตัวอย่างไมโครโซมและตัวอย่างสกัด CYP บริสุทธิ์มีจำนวนแถบโปรตีนต่างกัน มีเพียง CYP4A เท่านั้นที่มีจำนวนแถบโปรตีนตรงกัน โดยการสกัดตัวอย่างให้เหลือเฉพาะ CYP จะพบแถบโปรตีนน้อยกว่า เนื่องจากวิธีการสกัดตัวอย่าง CYP บริสุทธิ์ จะสามารถกำจัดโปรตีนที่ไม่จำเพาะซึ่งอาจทำปฏิกิริยาข้ามกับแอนติเจนออกไปได้ ทำให้เหลือเฉพาะแถบโปรตีน CYP ที่จำเพาะต่อแอนติบอดีชนิดนั้น ๆ

Rice, Schlenk, Ainsworth, and Goksøyr (1998) ทดสอบปฏิกิริยาข้ามของโมโนโคลนอลแอนติบอดีต่อ CYP1A จากปลา Rainbow Trout พบว่าสามารถใช้ตรวจสอบการสร้าง CYP1A ในปลาชนิดอื่นได้เช่น Atlantic Cod, Atlantic Salmon, Pinfish, Killfish, Carp และ Channel Catfish ที่รับสาร PCBs และ PAHs ทำให้สามารถประยุกต์ใช้แอนติบอดีตัวนี้เพื่อทดสอบการสร้าง CYP1A ในปลาหลายชนิดที่รับสัมผัสมลพิษได้

Schlezing, Parker, Zeldin, and Stegeman (1998) ได้ทดลองในปลา Scup เพศผู้ และเพศเมีย โดยการฉีดสาร BaP (10 mg/kg) และ TCDD (1 µg/kg) หลังจากนั้นเป็นเวลา 3 วัน เก็บตับปลามาวิเคราะห์โปรตีน CYP1A โดยวิธี Western Blot และ EROD พบว่าปลาทั้งเพศผู้และเพศเมียที่ได้รับสาร BaP และ TCDD มีการสร้าง CYP1A สูงกว่าชุดควบคุมที่ฉีด Corn Oil (1 mg/kg) อย่างมีนัยสำคัญ แต่ปลาเพศเมียจะมีการสร้าง CYP1A น้อยกว่าปลาเพศผู้เนื่องจากในขณะที่ปลาเพศเมียมีการเจริญเติบโตเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์จะมีการสร้างฮอร์โมน Estradiol ซึ่งมีผลยับยั้งการสร้างโปรตีน CYP1A

Yawetz, Woodin, and Stegeman (1998a) ศึกษาการเกิด CYP จากตับของเต่า *C. picta* ที่ได้รับสาร TCB, PCB, β-Naphthoflavone (BNF), Aroclor 1254 และ Phenobarbital โดยใช้แอนติบอดีที่จำเพาะต่อ CYP กลุ่มต่าง ๆ พบว่าเต่าที่ได้รับสาร TCB, BNF และ Aroclor สามารถชักนำให้เกิด CYP1A สูงเมื่อเทียบกับชุดควบคุม ผลทดสอบด้วยวิธี Western Blot โดยใช้ MAb anti ScupCYP1A 1-12-3 พบว่าสามารถใช้ตรวจสอบการสร้าง CYP1A ในเต่าชนิดนี้ได้ โดยมีขนาดโมเลกุลที่ 59 kDa ส่วนการใช้ PAb anti Scup CYP2B พบแถบโปรตีน CYP2B3Band โดยสารที่ชักนำให้มีการสร้าง CYP2B คือ TCB, Phenobarbital, BNF และ Aroclor

Yawetz, Zilberman, Woodin, and Stegeman (1998b) ทำการทดลองในปลากระบอก (*Mugil capico*) โดยการฉีดสาร β-Naphthoflavone (BNF) ความเข้มข้น 15, 30 และ 60 mg/kg และสาร Aroclor ความเข้มข้น 25, 50 และ 100 mg/kg จากนั้น 5 วัน นำตัวอย่างตับและหัวใจของปลามาสกัดโปรตีนและตรวจสอบการสร้าง CYP1A ด้วยวิธี Western Blot และ EROD พบการสร้าง CYP1A เพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารทั้งสองชนิด เมื่อตรวจสอบโดยวิธี EROD พบ

การสร้าง CYP1A ในตับมากกว่าหัวใจส่วนการตรวจสอบโดยวิธี Western Blot ไม่สามารถตรวจวัด CYP1A จากหัวใจได้

Bainy, Woodin, and Stegeman (1999) ศึกษาารูปแบบของ CYP ในปลานิล *O. niloticus* จากอ่างเก็บน้ำ Billing นำมาตรวจสอบโดยวิธี Western Blot โดยใช้แอนติบอดีต่าง ๆ คือ MAb anti Scup CYP1A (1-12-3), PAb anti Scup P450B (CYP2B) และ PAb anti Trout CYP3A พบว่าแอนติบอดีทั้งสามสามารถทำปฏิกิริยาข้ามกับ CYP ในปลานิลได้ โดยปริมาณ CYP1A จากอวัยวะทั้งตับและไตของปลาที่ได้รับสารพิษสูงกว่าในแหล่งน้ำที่ไม่ได้รับสาร นอกจากนี้การวิเคราะห์ด้วยวิธี Immunohistochemical ยังพบการเกิด CYP1A ได้ในอวัยวะทุกส่วนทั้ง ตับ หัวใจ และเหงือก ส่วน CYP2B และ CYP3A นั้นมีการตรวจพบในปลาจากทั้ง 2 แหล่งซึ่งปลาในแหล่งที่ไม่ได้รับสารพิษนั้นเป็นปลาจากฟาร์มที่อาจจะได้รับสารเคมีที่ปนเปื้อนอยู่ในอาหารเม็ด และเปรียบเทียบการเกิด CYP2B ในปลาที่ได้รับสารพิษจากตับและไตพบว่าในตับจะมีแถบโปรตีน 3 แถบ ที่มีขนาดโมเลกุล 55.5, 53.9 และ 52.3 kDa ส่วนในไตมี 1 แถบที่ขนาด 53.9 kDa โดยการที่พบในตับมีแถบโปรตีนมากกว่าเนื่องมาจากการที่ตับเป็นอวัยวะที่มีการสร้าง CYP โดยตรง และมียีนที่คล้ายกับ CYP2B หลายตัวในปลานิล ทำให้สามารถทำปฏิกิริยาข้ามกันได้

Nyman et al. (2000) ศึกษาการสร้าง CYP1A ในแมวน้ำ (Ringed Seals และ Grey Seals) จากแหล่งน้ำที่มีการปนเปื้อนของสารเคมีจากโรงงานอุตสาหกรรม จากการทดสอบโดยเทคนิค EROD พบว่ามีปริมาณ CYP1A สูงกว่าเมื่อเทียบกับแหล่งที่ไม่มีมีการปนเปื้อน เมื่อตรวจสอบโดยใช้แอนติบอดีที่จำเพาะต่อ CYP กลุ่มต่างๆ พบว่า Anti-Peptide Antibodies Raised against Human CYP1A1 และ CYP1A2 ไม่สามารถทำปฏิกิริยาข้ามกับแมวน้ำทั้งสองชนิดนี้ได้ แสดงว่าแอนติบอดีนี้มีความจำเพาะสูงมาก ส่วนการใช้ MAb 1-7-1 Raised against Rat CYP1A1 และ CYP1A2 สามารถทำปฏิกิริยาข้าม CYP1A1 และ CYP1A2 ในแมวน้ำได้โดยพบ CYP1A มีขนาด 56 kDa

Al-Arabi and Goksøyr (2002) ศึกษาการตอบสนองของ CYP1A1 ในปลาเขตร้อนสองชนิดคือปลาดุกแม่น้ำ (*Rita rita*) และปลาทะเล Mudfish (*Apocryptes bato*) โดยการให้ปลาทั้งสองชนิดได้รับสาร  $\beta$ -Naphthoflavone (BNF 50 mg/kg), PCB Mixer (Clophen A50 20 mg/kg) และ  $CdCl_2$  (1 mg/kg) โดยศึกษาการสร้าง CYP1A หลังฉีดสารนำตับของปลามาสกัดและตรวจสอบโดยวิธี Western Blot ด้วยโมโนโคลนอลแอนติบอดีที่จำเพาะต่อ CYP1A จากปลา Scup พบว่าแอนติบอดีสามารถทำปฏิกิริยาข้ามกับปลาทั้งสองชนิดนี้ได้โดยปลาที่ได้รับ BNF และ Clophen A50 มีการสร้าง CYP1A สูงกว่าชุดควบคุม มีขนาดโมเลกุลเท่ากับ 58 kDa ในปลา Mudfish และ 49.5 kDa ในปลา Catfish

Carlson, Li, and Zelikoff (2004) ได้ศึกษาผลของสาร BaP ที่ทำให้เกิดให้เกิดความเป็นพิษต่อระบบภูมิคุ้มกันในปลา Japanese Medaka (*Oryzias latipes*) โดยการใช้ MAbs 1-12-3 ที่จำเพาะกับปลา Scup พบว่าสามารถทำปฏิกิริยาข้ามกับปลาหลายชนิดได้ และทำการศึกษา เพื่อดูว่า CYP1A สามารถพบได้ที่เนื้อเยื่อส่วนใดบ้าง ผลการทดลองพบว่า CYP1A สามารถพบได้ที่ตับ ไต และม้าม หลังจากที่ได้รับสาร BaP 48 ชั่วโมง และพบว่า BaP สามารถไปกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันในปลาได้โดยกระตุ้นการแบ่งตัวของ T และ B-Lymphocyte มีผลให้รับเชื้อโรคได้ง่ายขึ้น

Johnson, Schiedek, Goksøyr, and Grosvik (2006) ได้ศึกษาการแสดงออกของ Cytoskeleton Protein ที่สามารถทำปฏิกิริยาข้ามต่อ Anti-Fish CYP1A ต่อหอยแมลงภู่ (*Mytilus* sp.) ที่ได้รับการปนเปื้อนจากสารอินทรีย์ โดยดูความเป็นไปได้ในการใช้ช่องค้ประกอบใน Cytoskeleton เป็นดัชนีชี้วัดทางชีวภาพของการปนเปื้อนจากสารอินทรีย์มลพิษในโดยใช้โปรตีนจากส่วนที่เป็น Non-Muscular Actin และ Tropomyosin ทำปฏิกิริยากับ Anti-Fish CYP1A เพื่อดูการปนเปื้อนสารอินทรีย์และเปรียบเทียบกับเกิดการเกิด Heat Shock Protein (Hsp70) ซึ่งจะถูกสร้างขึ้นเมื่อปลาเกิดความเครียดจากการได้รับสารเคมี พบว่าหอยแมลงภู่ที่ได้รับสาร 2,2',4,4'-Tetrabromodiphenyl Ether (BDE-47) 5 ppb มีปริมาณ Microsomal Actin มากกว่าในชุดควบคุมถึง 200% และปริมาณ Microsomal Actin ในหอยที่ได้รับน้ำมันดิบ น้ำมันดิบผสมอัลคิลฟีนอลและ PAHs กับชุดทดลองมีค่าไม่ต่างกัน การทบทวนวรรณกรรมการศึกษาเพื่อส่งเสริมพฤติกรรมการบริโภคอาหารทะเลของหญิงตั้งครรภ์ ประกอบด้วยประเด็นต่างๆ ดังต่อไปนี้

## 2.1 แนวคิดและทฤษฎีการส่งเสริมสุขภาพ

## 2.2 สารพิษ กับสุขภาพและความปลอดภัยในการบริโภคอาหารทะเล

### 2.2.1 แหล่งที่มาของสารพิษในอาหารทะเล

### 2.2.2 ผลกระทบของสารพิษในอาหารทะเล

#### 2.2.2.1 ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในทะเล

#### 2.2.2.2 ผลกระทบต่อระบบนิเวศซึ่งเป็นที่อาศัยของสิ่งมีชีวิตในทะเล

#### 2.2.2.3 ผลกระทบต่อประชาชนทั่วไป

#### 2.2.2.4 ผลกระทบต่อกลุ่มบุคคลไวรับ เช่น หญิงตั้งครรภ์, เด็ก

### 2.2.3 การบริโภคอาหารทะเลปลอดภัย

## 2.3 โภชนาการสำหรับหญิงตั้งครรภ์

## 2.1 ทฤษฎีการส่งเสริมสุขภาพ (Health Promotion Theory)

การส่งเสริมสุขภาพของเพนเดอร์ มีพื้นฐานมาจากแนวคิดด้านการคิดซึ่งประกอบด้วยความคาดหวังต่อผลลัพธ์ของการปฏิบัติพฤติกรรม (Outcome expectancies) จากทฤษฎีการให้คุณค่าการคาดหวัง และความคาดหวังในความสามารถของตนเอง (Self-efficacy expectancies) จากทฤษฎีการเรียนรู้ทางปัญญาสังคม มโนทัศน์หลักของแบบจำลองส่งเสริมสุขภาพ ประกอบด้วย 3 มโนทัศน์หลัก ได้แก่ ประสบการณ์ คุณลักษณะของปัจเจกบุคคล อารมณ์และการคิดที่เฉพาะเจาะจงกับพฤติกรรม และผลลัพธ์ด้านพฤติกรรมโดยอธิบายปัจจัยที่มีความสำคัญหรือมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพ ดังนี้

1. ลักษณะเฉพาะและประสบการณ์ของบุคคล (Individual Characteristics and Experiences) ลักษณะเฉพาะและประสบการณ์ของบุคคลที่มีผลต่อการปฏิบัติพฤติกรรม ในมโนทัศน์หลักนี้ เพนเดอร์ได้เสนอโมทัศน์ย่อย คือพฤติกรรมที่เกี่ยวข้อง และปัจจัยส่วนบุคคล โดยมีโมทัศน์ทั้งสองมีความเกี่ยวข้องกับพฤติกรรมสุขภาพบางพฤติกรรมหรือในบางกลุ่มประชากรเท่านั้น

1.1 พฤติกรรมที่เกี่ยวข้อง (Prior related behavior) คือพฤติกรรมที่มีความเทียบเคียงกับพฤติกรรมที่เคยปฏิบัติมาแล้ว หรือมีความบ่อยของการปฏิบัติพฤติกรรมที่เหมือนกันคล้ายกับพฤติกรรมที่พึงประสงค์ โดยพฤติกรรมที่เคยปฏิบัติในอดีตมีอิทธิพลโดยตรงต่อการปฏิบัติพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพ เนื่องจากพฤติกรรมที่เคยปฏิบัติมานั้นได้กลายเป็นนิสัย (habit formation) และบุคคลปฏิบัติพฤติกรรมนั้นได้โดยอัตโนมัติโดยอาศัยความตั้งใจเพียงเล็กน้อยก็ปฏิบัติพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพได้

1.2 ปัจจัยส่วนบุคคล (Personal Factors) ปัจจัยส่วนบุคคลประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

- 1) ปัจจัยด้านชีววิทยา
- 2) ปัจจัยด้านจิตวิทยา
- 3) ปัจจัยด้านสังคมวัฒนธรรม

2. ความคิดและอารมณ์ต่อพฤติกรรม (Behavior-Specific Cognition and Affect) เป็นมโนทัศน์หลักในการสร้างกลยุทธ์ เพื่อสร้างแรงจูงใจให้บุคคลมีการพัฒนาหรือปรับเปลี่ยนพฤติกรรม 5 มโนทัศน์ ดังนี้

2.1 การรับรู้ประโยชน์ของการปฏิบัติพฤติกรรม (Perceived Benefits of Action)

การรับรู้ประโยชน์ของการปฏิบัติพฤติกรรมนี้เป็นความเชื่อของบุคคลโดยคาดหวังประโยชน์ที่จะได้รับ

ภายหลังการปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพ มโนทัศน์นี้มีพื้นฐานความเชื่อมาจากทฤษฎีความคาดหวัง การให้คุณค่า (Expectancy-value theory) การรับรู้ประโยชน์จากการปฏิบัติพฤติกรรมเป็นแรงเสริมทำให้บุคคลเกิดแรงจูงใจในการปฏิบัติพฤติกรรมนั้น บุคคลจะปฏิบัติพฤติกรรมตามประสบการณ์ในอดีตที่พบว่าพฤติกรรมนั้นให้ผลทางบวกต่อตนเอง ประโยชน์จากการปฏิบัติพฤติกรรมอาจจะเป็นทั้งประโยชน์ภายนอก

2.2 การรับรู้อุปสรรคในการปฏิบัติพฤติกรรม (Perceived Barriers to Action) เป็นความเชื่อหรือการรับรู้ถึงสิ่งขัดขวางที่ทำให้บุคคลไม่สามารถปฏิบัติพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพ ทั้งจากอุปสรรคภายในและภายนอกของบุคคล อุปสรรคภายใน ได้แก่ ความไม่รู้ ไม่มีเวลา ไม่พึงพอใจ เป็นต้น อุปสรรคภายนอก ได้แก่ สถานภาพทางเศรษฐกิจ ขาดแคลนปัจจัยเอื้อและปัจจัยเสริม เช่น ค่าใช้จ่าย สภาพอากาศ และความไม่สะดวก ความสามารถในการเข้าถึง เป็นต้น อุปสรรคในการปฏิบัติพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพนี้อาจส่งผลต่อ ความตั้งใจที่จะกระทำพฤติกรรม และมีผลต่อแรงจูงใจให้หลีกเลี่ยงที่จะปฏิบัติพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพ

2.3 การรับรู้ความสามารถของตนเอง (Perceived Self-Efficacy) การรับรู้ความสามารถของตนเอง หมายถึง ความเชื่อมั่นของบุคคล เกี่ยวกับความสามารถของตนเองในการบริหารจัดการและกระทำพฤติกรรมใดๆ ภายใต้อุปสรรคหรือสภาวะต่างๆในการปฏิบัติพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพ เมื่อบุคคลเชื่อว่าตนเองสามารถปฏิบัติพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพภายใต้อุปสรรคหรือสถานการณ์ต่างๆได้และรับรู้ว่าจะมีความสามารถในการปฏิบัติพฤติกรรมในระดับสูงจะมีอิทธิพลต่อการรับรู้อุปสรรคในการปฏิบัติพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพลดลงได้และการรับรู้ความสามารถของตนเองในการปฏิบัติพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพ มีอิทธิพลโดยตรงต่อการปฏิบัติพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพและมีอิทธิพลโดยอ้อมต่อพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพ โดยผ่านการรับรู้อุปสรรคในการปฏิบัติพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพและความมุ่งมั่นต่อแผนการปฏิบัติพฤติกรรมที่วางไว้

2.4 ความรู้สึกที่มีต่อพฤติกรรม (Activity-Related Affect) คือ ความรู้สึกในทางบวกหรือลบที่เกิดขึ้นก่อน ระหว่าง และหลังการปฏิบัติพฤติกรรม การตอบสนองความรู้สึกนี้อาจมีน้อยปานกลาง หรือ มาก การตอบสนองความรู้สึกต่อพฤติกรรมใดๆ ประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ความน่าสนใจของกิจกรรมหรือพฤติกรรม (activity-related) ความรู้สึกต่อตนเองเมื่อปฏิบัติพฤติกรรม (self-related) และสภาพแวดล้อมหรือบริบทที่เกี่ยวข้องกับการทำกิจกรรม (context-related)



2.5 อิทธิพลระหว่างบุคคล (Interpersonal Influences) เป็นความเชื่อ หรือทัศนคติของคนอื่นที่มีอิทธิพลต่อความคิดของบุคคล แหล่งของอิทธิพลระหว่างบุคคลที่มีผลต่อพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพ ได้แก่ ครอบครัว (พ่อ แม่ พี่ น้อง) เพื่อน และบุคลากรทางสุขภาพ นอกจากนี้ อิทธิพลระหว่างบุคคล หมายรวมถึง บรรทัดฐาน (ความคาดหวังหรือความเชื่อของบุคคลที่สำคัญ กลุ่มบุคคล ชุมชนซึ่งได้วางมาตรฐานของการปฏิบัติพฤติกรรมเอาไว้) รวมถึงการได้รับการสนับสนุนทางสังคมด้านต่างๆ

2.6 อิทธิพลจากสถานการณ์ (Situational Influences) เป็นการรับรู้บริบทที่สามารถเอื้อหรือขัดขวางการปฏิบัติพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพ โดยส่วนใหญ่บุคคลมักจะเลือกทำกิจกรรมที่สอดคล้องกับวิถีชีวิตและสภาพแวดล้อมของตนเอง

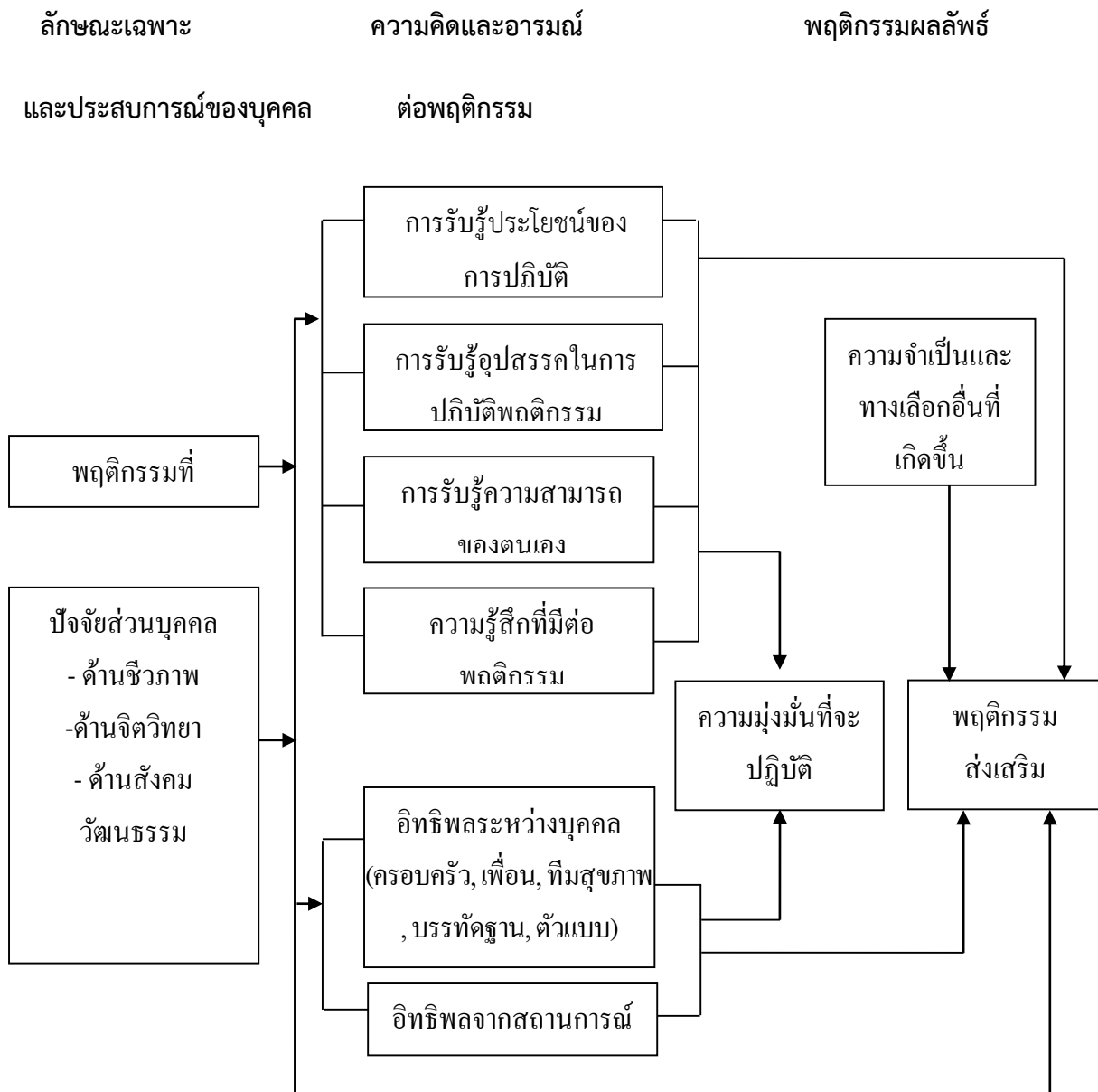
### 3. พฤติกรรมผลลัพธ์ (Behavioral Outcome) ประกอบด้วย 3 อย่าง ได้แก่

3.1 ความมุ่งมั่นที่จะปฏิบัติพฤติกรรม (Commitment to a Plan of Actions) เป็นกระบวนการรู้คิดที่ประกอบด้วยความตั้งใจที่จริงจังที่จะกระทำพฤติกรรมซึ่งสอดคล้องกับเวลา บุคคลสถานที่ โดยอาจทำร่วมกับผู้อื่น รวมทั้งมีกลยุทธ์ที่ชัดเจนในการปฏิบัติพฤติกรรมและการให้แรงเสริมทางบวกในการปฏิบัติพฤติกรรม ความตั้งใจและกลยุทธ์นี้จะเป็นตัวผลักดันให้บุคคลเกิดแรงจูงใจในการปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพ ดังนั้นในแบบจำลองการส่งเสริมสุขภาพ ความมุ่งมั่นต่อแผนการปฏิบัติพฤติกรรมมีอิทธิพลโดยตรงต่อพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพ

3.2 ความจำเป็นอื่นและทางเลือกอื่นที่เกิดขึ้น (Immediate Competing Demands and Preferences) คือพฤติกรรมอื่นที่เกิดขึ้นทันทีทันใดก่อนที่จะเกิดพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพตามที่วางแผนไว้และอาจทำให้บุคคลไม่สามารถปฏิบัติพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพตามที่ได้วางแผนไว้ พฤติกรรมอื่นเกิดขึ้นเนื่องจากบุคคลไม่สามารถควบคุมตนเอง (Self-regulation) จากความชอบความพอใจของตนเองและความต้องการของบุคคลอื่น แต่การทางเลือกอื่นไม่ควรจะเกิดขึ้นบ่อย เพราะถ้าเกิดขึ้นบ่อยจะแสดงว่าบุคคลพยายามมาหาเหตุผลมาอ้างเพื่อจะไม่ปฏิบัติพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพ

3.3 พฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพ (Health-Promoting Behavior) พฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพเป็นจุดสุดท้ายและผลจากการปฏิบัติพฤติกรรมในแบบจำลองส่งเสริมสุขภาพ อย่างไรก็ตามพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพเป็นตัวบ่งชี้โดยตรงต่อการผลลัพธ์ทางสุขภาพที่ประสบผลสำเร็จในผู้รับบริการ พฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพนั้นบางส่วนก็ได้บูรณาการเข้ากับการใช้ชีวิตประจำวัน

ผลที่ได้ก็คือการปรับภาวะสุขภาพ การเพิ่มความสามารถในการทำหน้าที่ของร่างกาย และการมีคุณภาพชีวิตที่ดีในทุกช่วงพัฒนาการของมนุษย์



ภาพที่ 1 แบบจำลองการส่งเสริมสุขภาพฉบับปรับปรุง (Health Promotion Model Revised)

ที่มา : (Pender, N.J., Murdaugh, C.L. & Parsons, M.A., 2006 : 50)

## 2.2 สารพิษ กับสุขภาพและความปลอดภัยในการบริโภคอาหารทะเล

### 2.2.1 แหล่งที่มาของสารพิษในอาหารทะเล (Sources of Toxic Chemical in Seafoods)

สารพิษจากทะเลมีหลายชนิด มีทั้งชนิดที่สร้างโดยสิ่งมีชีวิตที่อยู่น้ำทะเลที่มีขนาดเล็กมาก เซลล์เดียว เช่น แพลงก์ตอน ซึ่งในบางฤดูแพลงก์ตอนมีการเจริญเพิ่มจำนวนขึ้นมากอยู่ตอนบนของผิวน้ำ สาเหตุมาจากในแหล่งน้ำมีปริมาณฟอสฟอรัสและไนโตรเจนที่สูง ซึ่งถูกชะล้างจากแผ่นดินที่มีแหล่งชุมชนและการเกษตรอย่างหนาแน่น ทำให้มีการเจริญของแพลงก์ตอนมากจนเห็นคล้ายกับว่าน้ำทะเลเปลี่ยนสี เป็นสีเขียว น้ำตาล หรือสีอื่นๆ ขึ้นกับชนิดของสาหร่าย หรือที่ชาวบ้านมักเรียกว่าปรากฏการณ์ซีปลาวาฬ จากประสบการณ์ของชาวประมงรู้ว่าเมื่อไรที่เกิดทะเลเปลี่ยนสีเป็นสีออกแดงๆ สัตว์น้ำ เช่น กุ้ง ปู หอย ปลา ปลาหมึก ที่จับมาจะมีสารพิษสะสมในสัตว์ทะเลเหล่านี้

นอกจากแพลงก์ตอนพืชแล้ว ยังมีสารพิษอีกหลายชนิดที่ปนเปื้อนในอาหารทะเล ได้แก่ โลหะหนักและสารไฮโดรคาร์บอน

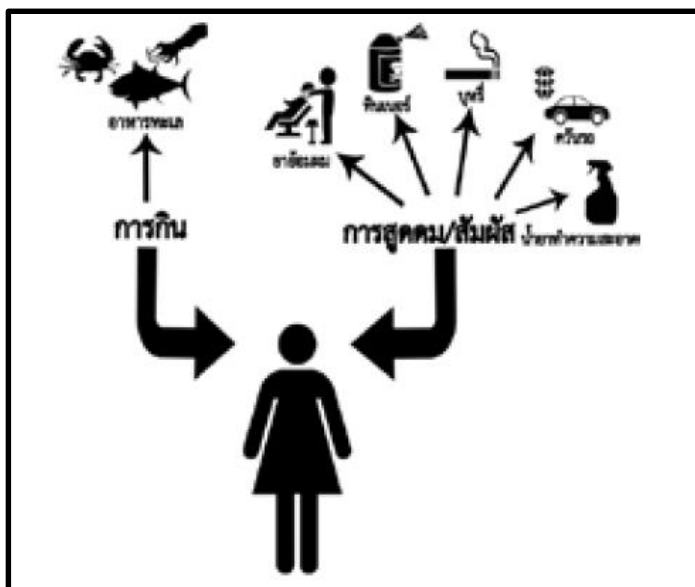
โลหะหนัก คือ โลหะที่มีความหนาแน่นเกินกว่า 5 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เช่น แคดเมียม ตะกั่ว ปรอท สารหนู เป็นต้น โลหะหนักเป็นสารที่ไม่สามารถสลายตัวได้ในกระบวนการธรรมชาติ จึงมีบางส่วนตกตะกอนสะสมอยู่ในดิน ในน้ำ ดังนั้น จึงเกิดการปนเปื้อนของโลหะหนักในสัตว์น้ำ เมื่อคนนำสัตว์น้ำนั้นมาบริโภคจึงได้รับโลหะหนักเข้าสู่ร่างกายได้

สารไฮโดรคาร์บอน คือ สารประกอบทางเคมีที่ประกอบไปด้วยธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจน เช่น พีเอเอช (PAHs) ไฮโดรคาร์บอนเหลวที่ถูกดึงขึ้นมาจากใต้ผิวดินเรียกว่า ปีโตรเลียม หรือน้ำมันแร่ ธาตุ ในขณะที่ไฮโดรคาร์บอนในสถานะก๊าซจะถูกเรียกว่า ก๊าซธรรมชาติ จากความหมายก็พอจะคาดเดาแหล่งที่มาของการปนเปื้อนสารไฮโดรคาร์บอนในอาหารทะเลได้ว่า มาจากน้ำมันนั่นเอง (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ข้อมูลแหล่งปนเปื้อนและทางเข้าสู่ร่างกายของสารโลหะหนักและสารไฮโดรคาร์บอนในอาหารทะเล

สารพิษ ในอาหารทะเล	โลหะหนัก			ไฮโดรคาร์บอน เช่น PAHs
	แคดเมียม	ตะกั่ว	ปรอท	
แหล่งปนเปื้อน	น้ำเสียจาก โรงงานผลิตแบตเตอรี่ อุปกรณ์ไฟฟ้า โลหะ ผสม อะไหล่รถยนต์ น้ำมันดิบที่รั่วไหลลง ทะเล	น้ำเสียจากโรงหลอม ตะกั่ว, โรงงานผลิต แบตเตอรี่, โรงงานผลิต ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ และคอมพิวเตอร์, โรงงานผลิตสี, โรงงาน ผลิตสารกำจัดศัตรูพืช น้ำมันดิบที่รั่วไหลลง ทะเล	น้ำเสียจากการเผา ขยะ น้ำเสียจาก โรงงานผลิตเยื่อ กระดาษ, โรงงาน ผลิตพลาสติก, โรงงานไฟฟ้าถ่านหิน, โรงงาน ผลิตปุ๋ยเคมี น้ำมันดิบที่รั่วไหลลง ทะเล	- ไอเสียจากการเผา ไหม้ที่ไม่สมบูรณ์จาก เครื่องยนต์ - อุตสาหกรรม ปิโตรเคมี - น้ำมันดิบที่รั่วไหลลง ทะเล
ทางหลักของ การเข้าสู่ ร่างกาย	- กินอาหารทะเลที่ ปนเปื้อน (ประชาชน ทั่วไป) - สูดดมฟุ้งแคดเมียม (พนักงานในโรงงาน) - สัมผัสกับน้ำที่ ปนเปื้อนน้ำมัน (ประชาชนทั่วไปและ ผู้ประกอบการอาชีพ ต่างๆ)	- กินอาหารทะเลที่ ปนเปื้อน (ประชาชน ทั่วไป) - สูดดมฟุ้งตะกั่ว (พนักงานในโรงงาน) - สัมผัสน้ำมันหรือน้ำที่ ปนเปื้อนน้ำมัน (ประชาชนทั่วไปและผู้ ประกอบการอาชีพต่างๆ)	- กินอาหารทะเลที่ ปนเปื้อน (ประชาชน ทั่วไป) - สูดดมไอระเหย ปรอท (พนักงานใน โรงงาน) - สัมผัสน้ำมันหรือน้ำ ที่ปนเปื้อนน้ำมัน (ประชาชนทั่วไปและ ผู้ประกอบการอาชีพ ต่างๆ)	- กินอาหารทะเลที่ ปนเปื้อนหรืออาหาร ปิ้งย่าง (ประชาชน ทั่วไป) - สูดดมไอระเหยหรือ เขม่าควัน เช่น ควัน รถ ควันบุหรี่ (ประชาชนทั่วไป) - สูดดมไอระเหย น้ำมัน (พนักงานในโรงงาน) - สัมผัสน้ำมันหรือน้ำ ที่ปนเปื้อน น้ำมัน (ประชาชน ทั่วไปและผู้ ประกอบการอาชีพ ต่างๆ)

นอกจากอาหารทะเล สารพิษ (โดยเฉพาะโลหะหนัก หรือสารไฮโดรคาร์บอน) ที่มีผลต่อทารก ในครรภ์ผ่านทางแม่ที่รับประทานอาหารปนเปื้อนและเด็กเล็ก อาจพบได้จากแหล่งอื่นๆ หรือกิจกรรม อื่นๆ เช่น ย้ายอ้อมผม ยาฆ่าแมลง, บุหรี่, ทินเนอร์, น้ำยาทำความสะอาดพื้น และยาบางชนิด (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 แหล่งที่มาของโลหะหนักและสารไฮโดรคาร์บอนที่หญิงตั้งครรภ์ควรหลีกเลี่ยง

## 2.2.2 ผลกระทบของสารพิษในอาหารทะเล (Impact of Chemical Contaminated in Seafoods)

### 2.2.2.1 ผลกระทบต่อระบบนิเวศซึ่งเป็นที่อาศัยของสิ่งมีชีวิตในทะเล

จะเห็นได้ชัดเจน เช่นในกรณีน้ำมันรั่วไหลลงทะเล ซึ่งสารพิษปริมาณมากรั่วไหลลงสู่ทะเล ในช่วงระยะเวลาสั้น ซึ่งจะส่งผลกระทบเป็นเวลานาน ต้องใช้เวลาหลายปีกว่าจะคืนสู่สภาพปกติ กรณีเช่นนี้คราบน้ำมันจะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ 4 ด้าน ได้แก่ ภัยทราญ โขดหินแนวปะการัง และพื้นที่องทะเล (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 ผลจากการรั่วไหลของน้ำมันดิบไหลลงสู่ทะเลและพัดเข้าสู่หาดเป็นคราบน้ำมัน  
(ที่มา:<http://www.manager.co.th/local/viewnews.aspx?NewsID=9560000112918>)

#### 2.2.2.2 ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในทะเล

สารพิษที่ปนเปื้อนในทะเลอาจส่งผลกระทบต่อทางตรง คือ ทำให้สัตว์น้ำเหล่านั้นตาย หรือส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์จากการบริโภคอาหารทะเล เช่น หอยมากินแพลงก์ตอนที่เป็นพิษ และคนก็บริโภคหอยนั้นเข้าไป ก็อาจเกิดพิษหรือเสียชีวิตได้ สัตว์ทะเลก็ตายภายในไม่กี่วัน (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 ผลกระทบจากสารอินทรีย์แกลโกละหนักทำให้แพลงก์ตอนเจริญอย่างรวดเร็วในน้ำทะเล สัตว์ทะเลตายที่หาดบางแสนเนื่องจากน้ำเปลี่ยนสี (ที่มา: แววดา ทองระอาและคณะ, 2552)

### 2.2.2.3 ผลกระทบต่อประชาชนทั่วไป

สารพิษในกลุ่มโลหะหนักและไฮโดรคาร์บอน จากน้ำเสียโรงงานหรือจากการรั่วไหลของน้ำมันดิบลงทะเลอาจทำให้เกิดผลความเป็นพิษแบบทันที (เฉียบพลัน) หรือแบบที่ต้องใช้เวลาในการก่อโรค (เรื้อรัง) ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อมูลความเป็นพิษของสารโลหะหนักและสารไฮโดรคาร์บอนในอาหารทะเล

ความเป็นพิษ	โลหะหนัก			ไฮโดรคาร์บอน เช่น PAHs
	แคดเมียม	ตะกั่ว	ปรอท	
ความเป็นพิษเฉียบพลัน	อาหารเป็นพิษ อูจจาระร่วง โรคบิด	อาหารเป็นพิษ อูจจาระร่วง โรคบิด	อาหารเป็นพิษ อูจจาระร่วง โรคบิด	พิษเฉียบพลันต่ำ ส่วนใหญ่จะพบ ความเป็นพิษ เรื้อรัง
ความเป็นพิษเรื้อรัง	ทำให้เกิดโรคฮีโตอิต พิษต่อระบบประสาท ตับ ไต	ทำให้เกิดโรคพิษ ตะกั่ว พิษต่อระบบ ประสาท ระบบเลือด ตับ ไต	ทำให้เกิดโรค มินามาตะ พิษต่อระบบ ประสาท ตับ ไต	โรคปอด
การก่อมะเร็ง	เป็นสารก่อมะเร็ง ในคน	- ตะกั่วอินทรีย์- สงสัยว่าเป็นสาร ก่อมะเร็งในคน - ตะกั่วอินทรีย์-ไม่ เป็นสารก่อมะเร็งใน คน	ไม่เป็นสาร ก่อมะเร็งในคน	เป็นสารก่อมะเร็ง ปอดในคน

#### อาหารเป็นพิษ

การบริโภคอาหารทะเลอาจทำให้เกิดอาหารเป็นพิษ ซึ่งเป็นผลกระทบโดยทั่วไป ในแต่ละปีมี  
คนทั่วโลกเป็นกันมากถึงกว่า 50,000 คน คิดว่าหลายๆ คนมีประสบการณ์ในการเกิดอาการของ  
อาหารเป็นพิษมาแล้ว ซึ่งบางคนก็เป็นมากกว่า 1 ครั้ง จริงๆ แล้วอาหารเป็นพิษเกิดจากการปนเปื้อน  
เชื้อแบคทีเรียในอาหาร หรือเกิดจากสารพิษของแบคทีเรียที่เจริญเติบโตในอาหารก่อนการบริโภค  
จึงไม่ใช่ว่าอาหารเป็นพิษนี้จะเกิดเฉพาะการรับประทานอาหารทะเลเท่านั้น แต่มาถึงยุคนี้ซึ่งเป็น

ยุคโลกร้อนและสิ่งแวดล้อมทางทะเลปนเปื้อนไปด้วยสารเคมีหลายชนิด ทำให้อาหารทะเลมีโอกา  
 เป็นพิษมากขึ้นต่อผู้บริโภคอาหารทะเล

อาการแสดงของอาหารเป็นพิษ	การรักษา
<ul style="list-style-type: none"> <li>- ปวดมวนท้อง ปวดศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน</li> <li>- ถ่ายเหลว มีไข้ต่ำๆ หรือบางรายก็ไม่มีไข้</li> <li>- มักไม่มีอาการรุนแรง และ</li> <li>- อาจหายไปเองได้</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ให้ผู้ป่วยดื่มสารละลายเกลือแร่</li> <li>- ไอ อาร์ เอส</li> <li>- หากถ่ายอุจจาระเป็นมูกเลือด</li> <li>- ต้อง รีบไปพบแพทย์ทันที</li> </ul>

อาหารเป็นพิษมักจะพบได้บ่อยในหน้าร้อน เพราะอุณหภูมิที่สูงในช่วงหน้าร้อนจะทำให้เชื้อจุลินทรีย์ที่อยู่ในอาหารทะเลเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ยังอาจเสี่ยงต่อการเกิดโรคทางเดินอาหารอื่นๆ ได้อีกด้วย เช่น โรคอุจจาระร่วง โรคบิด เป็นต้น

ดังนั้นเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดอาหารเป็นพิษ จึงควรมีสุขอนามัยส่วนบุคคลในการปรุงประกอบอาหาร กล่าวคือ ควรล้างมือก่อนการรับประทานอาหาร รับประทานอาหารที่ปรุงสุก ปรุงเสร็จใหม่ๆ ร้อนๆ สะอาด

#### 2.2.2.4 ผลกระทบต่อกลุ่มบุคคลไวรับ เช่น หญิงตั้งครรภ์, เด็ก

หญิงตั้งครรภ์เป็นกลุ่มบุคคลไวรับ กล่าวคือ ช่วงตั้งครรภ์เป็นช่วงเวลาที่สภาพร่างกายมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งส่งผลต่อภูมิคุ้มกันหรือระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายได้

หญิงตั้งครรภ์ที่รับประทานอาหารทะเลที่ปนเปื้อนโลหะหนัก (เช่น ตะกั่ว ปรอท แคดเมียม) จะสามารถส่งต่อไปที่ทารกในครรภ์มารดาได้โดยผ่านจากรก ไปทางสายสะดือ และเข้าสู่ทารก

การได้รับสารเคมีในขณะตั้งครรภ์ ขณะคลอด และหลังคลอด อาจส่งผลกระทบต่อพัฒนาการของทารกหรืออาจส่งผลให้ทารกเสียชีวิตได้ โดยเฉพาะช่วง 3 เดือนแรกของการตั้งครรภ์ เป็นช่วงสำคัญที่คุณแม่ต้องดูแลเป็นพิเศษ เพราะส่งผลต่อลูกน้อยในอนาคต

สมองของเด็กในช่วงตั้งแต่แรกเกิดเป็นอวัยวะหนึ่งซึ่งเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วที่สุด ภายใน 4 ปีแรกของการเติบโต เด็กจะมีพัฒนาการสมองเกือบจะถึง 80% และยังมีเหลือบางส่วนที่ค่อยๆ เติบโตเป็นขั้นเป็นตอนไปจนเมื่อเด็กอายุครบ 10 ขวบ สมองก็จะมีขนาดใกล้เคียงกับผู้ใหญ่ ช่วงพัฒนาการ



ของสมองนี้หากมีการรับสัมผัสสารพิษเข้าไปก็จะเป็นอันตรายต่อระบบประสาทได้ เช่น เมื่อหญิงตั้งครรภ์รับสัมผัสสารตะกั่ว ตะกั่วจะ ผ่านรกเข้าสู่ทารกในครรภ์ และผ่านเยื่อเลือกผ่านในสมองเข้าไปทำลายระบบประสาทของทารก ซึ่งเด็กทารกจะมีความไวต่อพิษของตะกั่วมากเนื่องจากการพัฒนาของเยื่อเลือกผ่านในสมองยังไม่เต็มที่

เด็กเล็กก็สามารถรับสัมผัสสารพิษจากน้ำนมแม่ที่มีสารโลหะหนักปนเปื้อนได้เช่นกัน เด็กจะสามารถดูดซึมสารพิษได้มากกว่าผู้ใหญ่ จึงทำให้เกิดอาการความเป็นพิษมากโดยเฉพาะในทารกและเด็กเล็ก ซึ่งอาจมีผลทำให้สมองพิการ เด็กจะมีอาการปัญญาอ่อนได้ ยกตัวอย่าง เด็กเล็กที่ได้รับตะกั่วเข้าสู่ร่างกายในปริมาณน้อยแต่เป็นเวลานานจะมีผลทำให้ระดับสติปัญญา หรือมี IQ ต่ำกว่าเด็กปกติ และพบว่า IQ จะลดลง 2-4 จุด ทุกๆ 10 มิลลิกรัมต่อลิตรของตะกั่วที่เพิ่มขึ้น

#### ผลของการรับสัมผัสสารเคมีขณะตั้งครรภ์

- หญิงตั้งครรภ์เสี่ยงต่อการแท้ง และ/หรือเด็กตายก่อนคลอด
- ระบบประสาท และสมองเด็กถูกทำลาย
- เด็กที่เกิดมาอาจปัญญาอ่อนหรือสมองพิการได้
- สารพิษส่งผลกระทบต่อการพัฒนาตัวอ่อน
- ทำให้การสร้างอวัยวะของทารกผิดปกติไป
- เด็กที่เกิดมาอาจพิการแต่กำเนิด
- เด็กที่เกิดมาอาจมีพัฒนาการช้ากว่าเด็กปกติ

องค์การอนามัยโลก ระบุว่า เด็กและทารกตั้งแต่อยู่ในครรภ์จะมีความไวและมีความเสี่ยงสูงมากถึงแม้ว่าจะได้รับสารพิษเพียงเล็กน้อย

### 2.2.3 การบริโภคอาหารทะเลปลอดภัย

อาหารทะเลเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีความหลากหลายและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคโดยทั่วไป แต่หากบริโภคอาหารทะเลบริโภคไม่เหมาะสมอาจมีโทษได้ จากอาหารทะเลที่ปนเปื้อนทั้งเชื้อโรคและสารเคมี ซึ่งการปนเปื้อนในอาหารทะเลนี้เกิดได้ในหลายสาเหตุ ทั้งการปนเปื้อนจากแหล่งน้ำที่อยู่อาศัย ทั้งจากการขนส่ง การจัดเก็บ การจัดเตรียมและ

การปรุงอาหารทะเล ดังนั้นการบริโภคอาหารทะเลให้ปลอดภัย ผู้บริโภคจึงควรคำนึงถึงหลักการต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. อาหารทะเลเป็นอาหารที่เน่าเสียได้ง่าย หลักการสำคัญของการบริโภคอาหารทะเลขั้นพื้นฐาน คือการเก็บในที่เย็นอย่างรวดเร็ว ไม่ควรเก็บไว้นาน รักษาความสะอาด และจัดเตรียมและปรุงให้ถูกหลัก

2. หากไม่บริโภคทันที ควรเก็บไว้ในตู้เย็นในช่องแช่แข็ง หรือเมื่อต้องเดินทางหรือขนส่งต้องเก็บในน้ำแข็ง และควรห่อหรือมัดถุงให้มิดชิดก่อนแช่ตู้เย็น หรือแช่ในน้ำแข็ง แต่อาหารทะเลบางชนิด เช่น ปูสด หอยสด ทั้งเปลือกไม่ควรแช่ในช่องแช่แข็ง เพราะจะทำให้เสียรสชาติ และคุณค่าอาหารลดลง ควรเก็บไว้ในที่ชื้นและเย็น หากต้องการเก็บไว้เป็นเวลานาน ต้องปกปิดเปลือกออกก่อน แช่ช่องแช่แข็ง

3. อาหารทะเลแช่แข็ง ควรละลายน้ำแข็งก่อน โดยนำออกมาแช่ในตู้เย็นช่องธรรมดาข้ามคืน หรืออาจจะละลายโดยใช้เตาไมโครเวฟ

4. การจัดเตรียมอาหารและการปรุง ต้องยึดหลัก “กฎแห่ง 5 ประการ สู้อาหารปลอดภัย” ขององค์การอนามัยโลก (ได้แก่ การรักษาความสะอาด การแยกอาหารที่ปรุงสุกแล้วออกจากอาหารสด การปรุงอาหารให้สุกอย่างทั่วถึง การเก็บอาหารในอุณหภูมิที่เหมาะสม และ การใช้น้ำและวัตถุดิบที่ปลอดภัยในการปรุงอาหาร) ควรหลีกเลี่ยงการบริโภคอาหารสุกๆดิบ ๆ โดยเฉพาะ เด็ก ผู้สูงอายุ หญิงตั้งครรภ์ และผู้ป่วย เนื่องจากร่างกายอ่อนแอ ความสามารถในการต้านทานเชื้อโรคและสารพิษลดลง

### กฎแห่งหลัก 5 ประการ สู้อาหารปลอดภัย (องค์การอนามัยโลก)

#### 1. การรักษาความสะอาด (Keep Clean)

- 1.1 ล้างมือทุกครั้งก่อนรับประทานอาหารและในระหว่างการเตรียมอาหาร
- 1.2 ล้างมือทุกครั้งหลังเข้าห้องน้ำ
- 1.3 ทำความสะอาดบริเวณที่ประกอบอาหาร และอุปกรณ์ที่ใช้ในการประกอบอาหารทุกครั้ง
- 1.4 ดูแลรักษาความสะอาดห้องครัว ไม่ให้เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของแมลงและสัตว์สี่ขา นำโรคต่างๆ

ทำไมต้องรักษาความสะอาด เชื้อโรคมีอยู่ทั่วไปในสิ่งแวดล้อม ทั้งในดิน น้ำ อุปกรณ์เครื่องใช้ต่างๆ ดังนั้นการรักษาความสะอาดจึงเป็นการลดความเสี่ยงต่อการเจ็บป่วยจากเชื้อโรคได้

## 2. แยกอาหารที่ปรุงสุกแล้วออกจากอาหารสด (Separate raw and cooked)

- 2.1 ควรแยกอาหารประเภทเนื้อสด (อาหารทะเล เนื้อหมู เนื้อ ไก่ ฯ) ออกจากอาหารประเภทอื่น
- 2.2 ควรแยกอุปกรณ์และภาชนะประกอบอาหารในการเตรียมอาหารสด (มีด และเขียง) กับอาหารพร้อมทาน
- 2.3 เก็บอาหารในภาชนะที่มีการปิดสนิท และแยกเก็บอาหารที่ปรุงสุก กับอาหารสด  
 ทำให้ไม่ต้องแยกอาหารที่ปรุงสุกแล้วออกจากอาหารสด อาหารสดโดยเฉพาะอย่างยิ่งเนื้อสัตว์และอาหารทะเล อาจมีเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนอยู่และยังไม่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน เชื้อโรคจึงอาจแพร่กระจายไปสู่อาหารอื่นๆ ในขณะที่ปรุงอาหารหรือเก็บอาหารได้

## 3. ปรุงอาหารให้สุกอย่างทั่วถึง (Cook thoroughly)

- 3.1 ปรุงอาหารให้สุกทั่วถึง โดยเฉพาะอาหารประเภทเนื้อสัตว์ และอาหารทะเล
- 3.2 การปรุงอาหารประเภทต้มและตุ๋น ต้องต้มให้เดือดและสุก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเนื้อสัตว์ต่างๆ ซอต่อสัตว์ และสัตว์ปีกทั้งตัว
- 3.3 เวลาอุ่นอาหารที่ปรุงสุกแล้ว จะต้องอุ่นให้ร้อนจัดอย่างทั่วถึง  
 ทำให้ไม่ต้องปรุงอาหารให้สุก การปรุงอาหารที่ถูกวิธีและสุกอย่างทั่วถึง สามารถทำลายเชื้อโรคได้เกือบทั้งหมด

## 4. เก็บอาหารในอุณหภูมิที่เหมาะสม (Keep food at safe temperatures)

- 4.1 ไม่ควรทิ้งอาหารที่ปรุงสุกแล้วไว้ นอกตู้เย็นเกินกว่า 2 ชั่วโมง โดยเฉพาะในหน้าร้อน
- 4.2 เก็บอาหารที่ปรุงแล้ว และอาหารที่เน่าเสียง่าย ไว้ในตู้เย็น
- 4.3 ก่อนรับประทานอาหาร ควรนำไปอุ่นให้ร้อนจัด ก่อนนำมารับประทานทุกครั้ง
- 4.4 ไม่ควรเก็บอาหารในตู้เย็นนานจนเกินไป
- 4.5 ไม่ควรละลายอาหารแช่แข็ง โดยการนำออกมาวางนอกตู้เย็น  
 ทำให้ไม่ต้องเก็บอาหารในอุณหภูมิที่เหมาะสม การเก็บอาหารไว้ในตู้เย็น จะทำให้เชื้อโรคเพิ่มจำนวนได้ช้าลง (จุลินทรีย์จะหยุดเจริญหรือเพิ่มจำนวนช้าลง ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสูงกว่า 60 องศาเซลเซียส แต่อย่างไรก็ตามเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายบางชนิด จะยังคง เจริญและเพิ่มจำนวนได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส)

## 5. ใช้น้ำและวัตถุดิบที่ปลอดภัยในการปรุงอาหาร (Use safe water and raw materials)

5.1 ใช้น้ำสะอาดในการปรุงอาหาร

5.2 เลือกว่าวัตถุดิบที่สด ใหม่ในการปรุงอาหารทุกครั้ง

5.3 หากจะบริโภคอาหารสำเร็จรูป อาหารกระป๋อง ต้องเลือกอาหารที่ผ่านการรับรองมาตรฐาน อย.

5.4 ล้างผักและผลไม้ให้สะอาด ก่อนรับประทานทุกครั้ง

5.5 ไม่นำวัตถุดิบที่หมดอายุแล้วมาใช้ในการปรุงอาหาร

ทำไมต้องใช้น้ำและวัตถุดิบที่ปลอดภัย วัตถุดิบในการปรุงอาหาร รวมไปถึงน้ำและน้ำแข็งอาจจะมีเชื้อโรคและสารเคมีปนเปื้อน ดังนั้นการเลือกว่าวัตถุดิบในการปรุงอาหารอย่างถูกวิธี และปฏิบัติตามหลักสุขอนามัยเบื้องต้นจะลดความเสี่ยงจากการบริโภคสารปนเปื้อนในอาหารได้

### การป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากสารเคมีที่ปนเปื้อนในอาหารทะเล

1. ในช่วงตั้งครรภ์ไม่ควรรับประทานอาหารทะเลบ่อย เพราะพื้นที่ชายฝั่งทะเล มักเป็นที่ตั้งของอุตสาหกรรม จึงมีโอกาสมันจะปนเปื้อนสารพิษมาทางห่วงโซ่อาหารได้มาก

2. ไม่ซื้อและไม่บริโภคสัตว์ทะเลที่ตายในบริเวณที่มีน้ำมันรั่วไหลลงทะเลหรือช่วงน้ำทะเลเปลี่ยนสี เพราะเป็นช่วงเวลาที่สารพิษมีโอกาสปนเปื้อนในอาหารทะเลได้มาก

1. ในช่วงฤดูฝนควรหลีกเลี่ยงการบริโภค หอย ปลาซีกเดียว ปลากระเบน ปลากระบาง เนื่องจากน้ำฝนจะมีการชะล้างสารพิษที่อยู่บนพื้นดินลงสู่ทะเลเป็นปริมาณสูง

2. ปลาบางชนิดสามารถผลิตหรือเก็บสารสะสมสารพิษจากอาหารได้ เช่น ปลาปักเป้า ปลาฉลาม ปลากระเบน และแมงดาทะเล โดยจะเก็บสะสมสารพิษไว้ที่ตับ ไต ลำไส้ ไข่ และผิวหนัง เช่น ปลาปักเป้า ทั้งนี้ขึ้นกับสายพันธุ์ และฤดูกาล ดังนั้นจึงควรหลีกเลี่ยงการบริโภคอวัยวะภายในที่เก็บสารพิษ หรือหลีกเลี่ยงการบริโภคสัตว์น้ำเหล่านี้ โดยเฉพาะปลาปักเป้า เนื่องจากมีพิษความรุนแรงถึงแก่ชีวิตได้

3. ควรหลีกเลี่ยงการบริโภค เครื่องใน ตับ ไต ลำไส้ และไข่ ของสัตว์ทะเลโดยเฉพาะสัตว์ที่มีขนาดใหญ่ เนื่องจากจะมีสารพิษสะสมสูงกว่าในเนื้อ ดังนั้นควรบริโภคเฉพาะส่วนที่เป็นเนื้อจะปลอดภัยกว่า

4. **ไม่รับประทานอาหารดิบหรือสุกๆ ดิบๆ** แม้ว่าสารพิษจะไม่ถูกทำลายโดยความร้อน การต้ม ทอด นึ่ง ปิ้งสุก แต่อาจเสี่ยงต่อเชื้อโรคที่ปนเปื้อนมากับอาหารทะเล อาจทำให้เกิดอาหารเป็นพิษ หรืออุจจาระร่วงได้

5. **เลือกซื้ออาหารทะเลที่สด ใหม่** ปราศจากฟอร์มาลินหรือยาที่ใช้ดองศพ

6. **ควรหลีกเลี่ยงการบริโภคอาหารทะเลแห้ง หรือไม่ควรบริโภคเป็นประจำ** เพราะอาหารทะเลแห้งมักพบการปนเปื้อนสารพิษสูง จากกระบวนการแปรรูป การเก็บรักษา ซึ่งสารพิษที่พบส่วนใหญ่คือกลุ่มโลหะหนัก และยาฆ่าแมลง

#### เกร็ดความรู้เกี่ยวกับสารเคมีที่ปนเปื้อนในอาหารทะเล

- สัตว์ทะเลตัวใหญ่ มีการสะสมสารพิษมากกว่าสัตว์ทะเลตัวเล็ก
- ปลาทะเลที่อาศัยอยู่ในน้ำตื้นใกล้ชายฝั่ง (เช่น ปลาลิ้นหมา ปลากระเบน) เสี่ยงต่อการปนเปื้อนสารโลหะหนัก มากกว่าปลาทะเลที่อาศัยในน้ำลึก เช่น ปลาอินทรี ปลาทู ปลาซาก ปลาสีกุน
- หอยและปู (เช่น หอยแมลงภู่ หอยนางรม หอยแครง ปูดำ ปูแสม ปูม้า) มีโอกาสเสี่ยงต่อการรับสัมผัสสารพิษสะสมจำพวกโลหะหนักมากกว่าปลาทะเล เพราะหอยกรองกินตะกอนในน้ำ และปูกินโคลนและสัตว์เล็กๆ ตามชายฝั่งเป็นอาหาร

### 2.3 โภชนาการสำหรับหญิงตั้งครรภ์

หญิงที่มีการตั้งครรภ์ร่างกายจะมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีรวิทยา มีการสร้างเนื้อเยื่อต่างๆ มากขึ้นสำหรับรองรับการเจริญเติบโตของทารกวมทั้งมีการทำงานของอวัยวะต่างๆ ภายในร่างกาย ได้แก่ ตับ ไต หัวใจ รวมทั้งการทำงานต่อมไร้ท่อต่างๆ เพิ่มขึ้น มีผลทำให้หญิงที่อยู่ในภาวะตั้งครรภ์ ต้องการสารอาหารเพิ่มมากขึ้นตั้งแต่ก่อนตั้งครรภ์ ในระหว่างตั้งครรภ์ และหลังการคลอดบุตร การได้รับอาหารในปริมาณที่ไม่เพียงพอมีโอกาสเสี่ยงต่อการขาดสารอาหารและอาจมีปัญหาด้านสุขภาพอื่นๆ ตามมา ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อเจริญเติบโตของทารกในครรภ์ หากแต่การเอาใจใส่ดูแลด้านอาหารและโภชนาการที่ดีจะช่วยส่งเสริมให้สุขภาพของแม่และทารกมีสุขภาพที่สมบูรณ์แข็งแรง

หญิงตั้งครรภ์ควรรับประทานอาหารให้ครบ 5 หมู่ คือ หมูข้าว แป้งและธัญพืช หมูผักผลไม้ หมูเนื้อสัตว์ และหมูไขมัน ในปริมาณที่จะให้ได้รับสารอาหาร คือ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต วิตามิน เกลือแร่และน้ำ อย่างเพียงพอต่อความต้องการของร่างกายในขณะนั้น สารอาหารในอาหาร ทั้ง 5 หมู่นี้ มีปริมาณมากน้อยแตกต่างกันออกไป บางหมู่ต้องรับประทานเพิ่มขึ้น บางหมู่น้อยลง จึงต้องกินอาหารให้หลากหลาย เพื่อให้ได้สารอาหารบางชนิดเพิ่มขึ้นดังนี้

**ความต้องการพลังงาน** ในขณะที่ตั้งครรภ์มีความจำเป็นที่แม่ต้องได้รับพลังงานเพิ่มมากขึ้น เพื่อการเสริมสร้างอวัยวะต่างๆ ของทารก เนื้อเยื่อของแม่ ปริมาณพลังงานที่ต้องการเพิ่มมากขึ้นจากปกติ 300 กิโลแคลอรี ในไตรมาสที่ 2 และ 3 ของการตั้งครรภ์ ทั้งนี้เนื่องจากทารกในครรภ์เติบโตเร็วมากในระยะนี้ ทำให้อวัยวะต่างๆ ในร่างกายต้องทำงานเพิ่มขึ้น เป็นผลให้ความต้องการพลังงานเพิ่มขึ้นด้วย อาหารที่ให้พลังงานที่หญิงตั้งครรภ์ได้รับควรมาจาก คาร์โบไฮเดรตจากข้าว แป้ง ผัก ไขมัน ธัญพืช โปรตีนจากเนื้อสัตว์ ปลา ถั่วต่างๆ ไขมันจากพืชและสัตว์ สำหรับวิตามินและเกลือแร่ได้จากการกินผักและผลไม้รวม ซึ่งการใช้พลังงานของร่างกายสำหรับหญิงตั้งครรภ์ควรใช้พลังงานจากการเผาผลาญกรดไขมันและกลูโคส สำหรับโปรตีนไม่ควรนำมาเป็นแหล่งพลังงานแต่ควรใช้เพื่อการเสริมสร้างกล้ามเนื้อ เอนไซม์ และฮอร์โมน เป็นต้น

**โปรตีน** หญิงตั้งครรภ์ต้องการโปรตีนเพิ่มมากกว่าปกติทั่วไป เพื่อนำไปสร้างความเจริญเติบโตให้แก่ลูก ความต้องการโปรตีนจะสูงที่สุดในระยะ 3 เดือนก่อนคลอด เพราะเป็นระยะที่ทารกเจริญเติบโตเร็วมาก จึงต้องการโปรตีนเพื่อสร้างเนื้อเยื่อต่างๆ ปริมาณโปรตีนและพลังงานที่แม่ได้รับในระยะตั้งครรภ์มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของสมองทารกเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะในระยะ 3 เดือนก่อนคลอดจนถึง 6 เดือนหลังคลอด เป็นระยะที่เซลล์สมองมีการแบ่งตัวและเจริญเติบโตเร็วที่สุด ดังนั้นถ้าแม่ได้รับโปรตีนและพลังงานไม่เพียงพอในระยะนี้ทารกจะมีจำนวนเซลล์สมองน้อย และเซลล์สมองมีขนาดเล็ก ทำให้ทารกมีสมองเล็กกว่าปกติ สติปัญญาต่ำ เรียนรู้ช้า เป็นผลเสียต่อสติปัญญาของเด็กตลอดไป หญิงตั้งครรภ์ต้องการปริมาณโปรตีนเพิ่มจากปกติประมาณวันละ 20-30 กรัม ถ้าคิดเป็นเนื้อสัตว์ที่เพิ่มขึ้นประมาณ 1 ชีด หรือถ้าเป็นนมสดประมาณ 2-3 แก้ว อาหารที่ให้โปรตีนที่ดี มีคุณภาพสูงเป็นอาหารที่มาจากหมูเนื้อสัตว์ ปลา ซึ่งรวมถึงนม ไข่ และถั่วเมล็ดแห้ง

**แคลเซียม** เด็กในครรภ์ต้องการแคลเซียมเพื่อสร้างกระดูกและฟัน ซึ่งเป็นโครงสร้างของร่างกาย แม่จึงต้องเลือกรับประทานอาหารที่มีแคลเซียมสูง ถ้าแม่ได้รับแคลเซียมไม่เพียงพอ ลูกจะดึง

เอาแคลเซียม ที่สะสมในตัวแม่ออกมาใช้ ทำให้แม่มีปัญหาเกี่ยวกับฟันระหว่างตั้งครรภ์ และลูกที่เกิดมาอาจมีปัญหาเป็นโรคกระดูกอ่อนได้ อาหารที่มีแคลเซียมสูงคือ อาหารในหมู่เนื้อสัตว์ โดยเฉพาะอาหารทะเล ปลาเล็กปลาน้อย หรือปลาทอดกรอบ และสามารถกินได้ทั้งก้างด้วย นมและไข่ก็มีแคลเซียมสูง และยังให้โปรตีนสูงด้วย หมูผัก โดยเฉพาะผักใบเขียวเข้มให้แคลเซียมสูง เช่น คะน้า ชะพลู ยอดแค ผักกระเฉด

**เหล็ก** ร่างกายต้องการเหล็กเพื่อนำไปสร้างเม็ดเลือดของแม่และลูก ประกอบกับแม่ต้องเสียเลือดมากขณะที่คลอด จึงจำเป็นที่แม่ต้องได้รับเหล็กอย่างเพียงพอมีฉะนั้นแม่อาจมีปัญหาโลหิตจางได้ อาหารที่มีเหล็กสูงเป็นอาหารในหมู่เนื้อสัตว์ โดยเฉพาะตับ เลือดหมู เลือดไก่ กุ้งฝอยหรือกุ้งตัวเล็ก หมูข้าว แป้งและธัญพืช มีมากในถั่วเมล็ดแห้ง ส่วนหมูผัก มีมากในผักที่มีสีเขียวเข้ม เช่น คะน้า ผักโขม ตำลึง เป็นต้น แพทย์อาจจะเสริมในรูปของยาเม็ดเมื่อไปฝากครรภ์ เพื่อให้ได้รับเหล็กอย่างเพียงพอ

**ไอโอดีน** ระหว่างตั้งครรภ์ แม่ต้องการไอโอดีนสูงขึ้น อาหารที่มีไอโอดีนสูง ได้แก่ อาหารทะเล เช่น กุ้ง หอย ปู และปลาทะเล ควรใช้เกลือที่เติมไอโอดีนในการประกอบอาหารเพื่อเสริมให้ได้รับไอโอดีนเพิ่มมากขึ้น เพื่อใช้ในการดูดซึมแคลเซียมและฟอสฟอรัสในการสร้างกระดูกและฟัน แสงแดดสามารถเปลี่ยนสาร ที่อยู่ใต้ผิวหนังของคนให้เป็นวิตามิน ดี ได้ หญิงตั้งครรภ์จึงควรได้รับแสงแดดอ่อนๆ ในตอนเช้า-เย็นบ้าง ปัญหาการขาดวิตามิน ดี ในบ้านเราไม่ค่อยพบ เพราะมีแสงแดดมากเกินพอ แต่พบมากในประเทศที่มีแสงแดดน้อย และรับประทานอาหารที่มีวิตามิน ดี ไม่เพียงพอ ส่วนวิตามินชนิดอื่นๆ นั้น จะได้รับอย่างเหมาะสมถ้ารับประทานอาหารให้ถูกต้องครบทั้ง 5 หมู่ ในปริมาณที่เพียงพอ

นอกจากหญิงตั้งครรภ์จะต้องเลือกรับประทานอาหาร เพื่อให้ได้รับสารอาหารครบตามที่ร่างกายต้องการแล้ว ยังต้องระวังเกี่ยวกับน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นด้วย หญิงตั้งครรภ์บางคนมีความอยากรับประทานอาหารมากขึ้น ประกอบกับรู้สึกว่าจะต้องรับประทานสำหรับสองคน จึงเพิ่มทั้งปริมาณและจำนวนครั้งให้มากกว่าปกติ ทำให้มีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นมาก น้ำหนักของแม่ที่เพิ่มมากขึ้นตั้งแต่แรกตั้งครรภ์จนถึงก่อนคลอดไม่ควรเกิน 9-10 กิโลกรัม

ระยะ 1-3 เดือนแรกของการตั้งครรภ์ น้ำหนักแม่ไม่ควรเพิ่มมาก และอาหารก็ไม่ควรรับประทานมากกว่าปกติ เพราะในระยะนี้เด็กเพิ่งจะเริ่มก่อตัว ความเจริญยังมีไม่มาก ถ้าแม่มีน้ำหนัก

เพิ่มมากในระยะนี้ จะเป็นน้ำหนักของแม่มากกว่าของลูก ซึ่งจะเป็นปัญหาแก่แม่หลังคลอดแล้ว คือ อ้วนและลดน้ำหนักลงได้ยาก จึงต้องระวังในการรับประทานอาหาร หลีกเลี่ยงอาหารประเภทแป้ง ขนมหวานและไขมัน เพราะจะทำให้อ้วนได้ง่าย

ระยะ 3 เดือนก่อนคลอด แม่ควรได้รับอาหารและบำรุงร่างกายเต็มที่ เพราะเป็นระยะที่เด็ก กำลังเติบโต น้ำหนักจะเพิ่มขึ้นเร็วและน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นก็มักจะเป็นน้ำหนักของลูกมากกว่าของแม่ การลดน้ำหนักหลังคลอดของแม่จึงทำได้ไม่มากนัก

### หลักการประเมินการรับประทานอาหารของหญิงตั้งครรภ์อย่างง่าย

คุณรับประทานอาหารเหล่านี้ครบหรือไม่	
น้ำนม	2-3 แก้ว/วัน
ไข่	2-3 ฟอง/สัปดาห์
เนื้อสัตว์	1-1 1/2 ชีด/วัน
ผักสด	อย่างน้อย 1-1 1/2 ทัพพีทุกมื้อโดยเฉพาะผักใบเขียว
ผลไม้	2-3 ครั้ง/วัน (ครั้งละ 8-10 คำ)
ข้าว	รับประทานเท่าเดิมเหมือนก่อนตั้งครรภ์ และควรเป็นข้าวซ้อมมือและถั่วเมล็ดแห้ง
ไขมัน น้ำมัน	2-3 ช้อนชา/วัน และควรเป็นน้ำมันพืช

### ข้อควรจำ

1. กินอาหารครบ 5 หมู่
2. ควรกินอาหารระหว่างมื้อที่มีคุณค่าทางโภชนาการ เช่น นมจืด ผลไม้ ขนมไทยที่หวานน้อย
3. กินอาหารที่ธาตุเหล็กสูง เช่น ตับหมู เลือด เนื้อแดง และผลไม้ที่มีวิตามินสูง เช่น ฝรั่ง มะขามป้อม มะละกอสุก เพื่อช่วยในการดูดซึมธาตุเหล็ก
4. กินอาหารที่เสริมสร้างกระดูก เช่น นม ปลาเล็กปลาน้อย เต้าหู้
5. นมเป็นอาหารที่มีคุณค่าโภชนาการสูง หากดื่มแล้วท้องอืดหรือท้องเสีย ให้ดื่มทีละน้อยและค่อยๆเพิ่มปริมาณ แต่ไม่ควรดื่ม ขณะท้องว่าง
6. ควรหลีกเลี่ยงอาหารอาหารหวาน มัน เค็ม
7. ออกกำลังกายเป็นประจำ เช่น การเดิน การว่ายน้ำ



ถ้าแม่รับประทานอาหารได้ในปริมาณนี้ ก็เชื่อแน่ว่าทั้งแม่และลูกจะสมบูรณ์แข็งแรงดี ทั้งใน ระหว่าง ตั้งครรภ์ และหลังคลอด ลูกที่เกิดมาจะแข็งแรง มีพัฒนาการดี และแม่ก็สามารถดื่มน้ำหนักลงได้ เข้าสู่สภาพเดิมก่อนการตั้งครรภ์ได้ง่าย จึงไม่ควรลังเลที่จะปฏิบัติตนและเลือกรับประทานอาหารที่ดี มีประโยชน์ต่อทั้งแม่และลูกในภาวะตั้งครรภ์

### บทที่ 3 วิธีการวิจัย

- เก็บรวบรวมปลาทะเลและหอยแมลงภู่ตามแนวชายฝั่งทะเลจังหวัดระยองและชลบุรี ดังภาพที่ 5 จำแนกตัวอย่างชนิดของปลาทะเล ที่เป็นตัวแทนของปลากินพืชและปลากินสัตว์ และเก็บตัวอย่าง หอยแมลงภู่ 2 ขนาด คือ เปลือกความยาวน้อยและมากกว่า 6 เซนติเมตร ซึ่งน้ำหนักวัดความยาวโดยเก็บตัวอย่างจากพื้นที่ตำบลอ่างศิลา และมาบตาพุด เก็บเนื้อเยื่อปลาและตับ และเนื้อหอยแมลงภู่ที่แกะเปลือก ลงในถุงพลาสติกที่สะอาดแล้วแช่แข็งจนกว่าจะทำการวิเคราะห์ ตัวอย่างทั้งปลาทะเลและหอยแมลงภู่ ในแต่ละตัวอย่างจะใช้วิเคราะห์ทั้งโลหะหนัก (แคดเมียม) สารพีเอเอชและตัวชี้วัดชีวภาพ โปรตีน CYP1A และ metal-binding protein

- วิเคราะห์หาปริมาณสารพีเอเอช ที่สุ่มจากปลาทะเล เนื้อ (30 ตัวอย่าง) และตับ (30 ตัวอย่าง) และหอยแมลงภู่ (20 ตัวอย่าง เปลือกความยาวน้อยกว่า 6 เซนติเมตร และ 20 ตัวอย่าง เปลือกความยาวมากกว่า 6 เซนติเมตร) การสกัดเนื้อเยื่อตัวอย่าง (Extraction) แบ่งซั่งตัวอย่างประมาณ 5 กรัม ใน Thimble ใส่ลงในชุดสกัดตัวอย่างแบบต่อเนื่อง (continuous extraction) ในชุดสกัด Soxhlet extractor สกัดด้วยสาร Hexane, Dichloromethane(1:1 v/v) 250 มิลลิลิตร สกัดแบบต่อเนื่อง อย่างน้อย 6 ชั่วโมงเปิดสิ่งที่สกัดได้มา 10 มิลลิลิตร เพื่อนำไปหาปริมาณพีเอเอชรวม ด้วยเครื่อง GC/MS ทำการตรวจสอบที่ห้องปฏิบัติการ สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา

- วิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย (Analysis of variance, ANOVA) ของปริมาณสารพีเอเอช ระหว่าง เนื้อและตับปลาทะเล และ เนื้อหอยแมลงภู่ 2 ขนาด ตามแหล่งเก็บตัวอย่างจังหวัดระยองและชลบุรี

- การหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, r) ระหว่างสารพีเอเอชและการแสดงออกของโปรตีน CYP1A ในปลาทะเลและหอยแมลงภู่

- วิเคราะห์หาปริมาณ แคดเมียม ที่สุ่มจากปลาทะเล และหอยแมลงภู่ (20 ตัวอย่าง เปลือกความยาวมากกว่า 6 เซนติเมตร) การวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียม โดยทำการย่อยตัวอย่างเนื้อเยื่อสัตว์น้ำด้วยกรดไนตริก (Suprapure Nitric acid) และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในเครื่องย่อยสลายตัวอย่างด้วยคลื่นสั้น (Microwave Digester) ทำการปรับปริมาตรแล้วนำไปตรวจวัดปริมาณ แคดเมียมด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer ทำการตรวจสอบที่ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาวาริชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

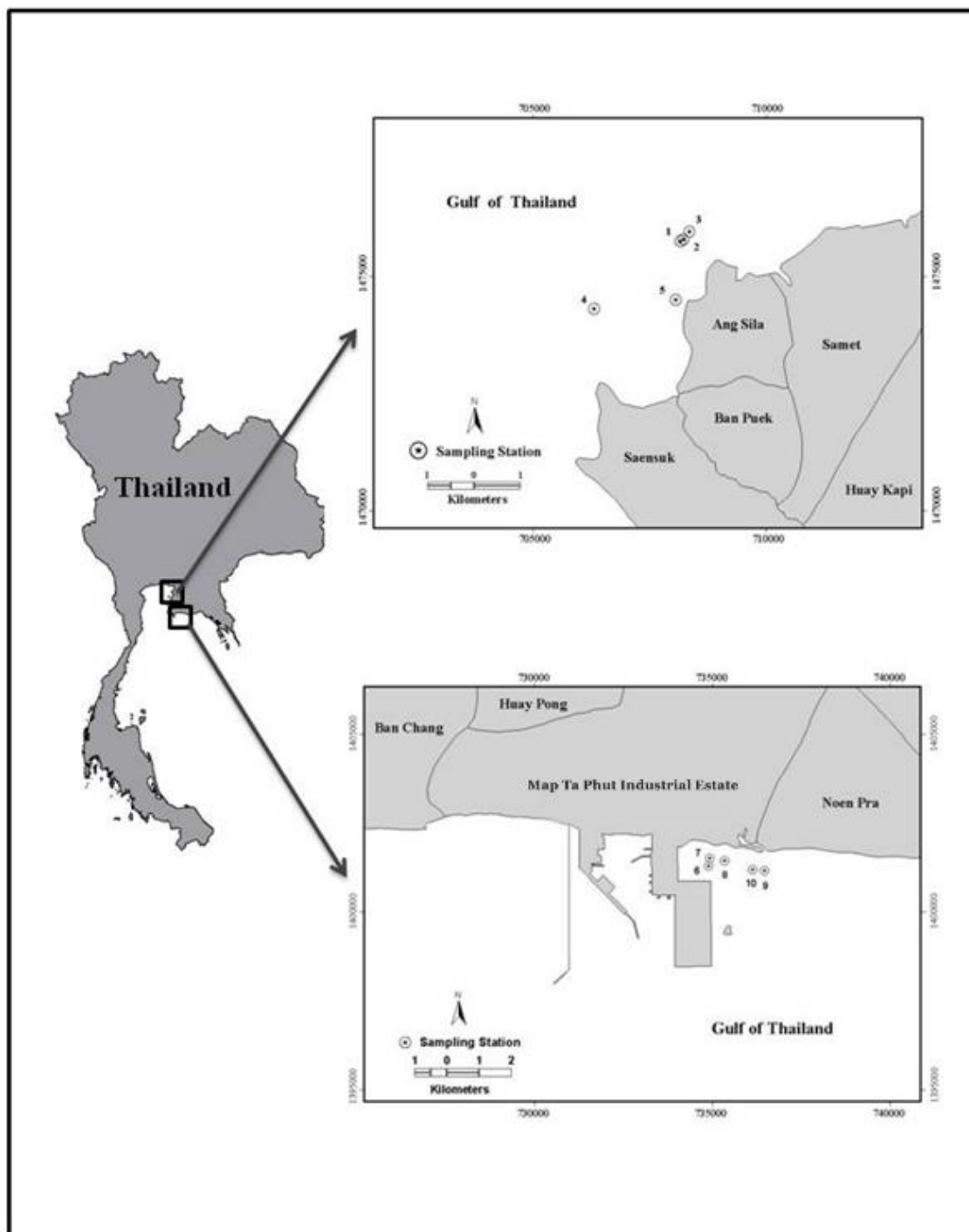
- วิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย (Analysis of variance, ANOVA) ของปริมาณสารแคดเมียม ในเนื้อและตับปลา และ เนื้อหอยแมลงภู่ ตามแหล่งเก็บตัวอย่างจังหวัดระยองและชลบุรี

- การหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, r) ระหว่างสารแคดเมียม และการแสดงออกของโปรตีน metal-binding protein ในปลาทะเล

- การสกัด crude CYP1A (เตรียมตัวอย่างการปั่นโปรตีนในเครื่องตกตะกอนต่ำที่ ภาควิชาวาริชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ส่วนปั่นเครื่องตกตะกอนสูงที่ศูนย์เครื่องมือมหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพฯ) สำหรับ Western blot และ ELISA ทำการตรวจสอบที่ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาวาริชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

- การทดสอบ โปรตีน CYP1A โดย Western blot Analysis เพื่อทราบขนาดน้ำหนักโมเลกุลทำการแยกสารสกัด CYP1A ใน 12 % SDS-PAGE จากนั้นนำเจลที่แยกโปรตีนแล้วถ่ายโปรตีนจากแผ่นเจลลงสู่กระดาษไนโตรเซลลูโลส นำไปบ่มใน PAb หรือ MAbs แต่ละตัว ล้างด้วย 0.5% blotto บ่มใน GAM-HRP (1:1000) 3 ชั่วโมง ล้างด้วย 0.5% blotto และบ่มในสารละลาย 0.03% DAB, 0.006% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 0.05% CoCl<sub>2</sub> 5 นาที ล้างด้วยน้ำหลาย ๆ ครั้ง ตรวจสอบแถบโปรตีนที่ให้ผลบวกกับแอนติบอดีแต่ละตัว คำนวณหาปริมาณโมเลกุลโดยเทียบกับโปรตีนมาตรฐาน prestain น้ำหนักโมเลกุล 31.4-126 kDa (Sigma)

- การวิเคราะห์ metal-binding protein จากตับปลาทะเล นำตับปลาทะเลมาสกัด โดย homogenized (35% w/v) 50 mM Tris-HCl ใน pH 7.4 สกัด (35 % w/v) ที่บรรจุด้วย 0.1 mM PMSF, 0.5 mM DTT และ 150 mM NaCl จากนั้นนำมา centrifuge ที่ 15,000 X g นาน 90 นาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเก็บโปรตีนส่วนบน supernatant นำส่วน supernatant ที่เป็นของเหลวเก็บใส่ตู้เย็น -80 องศาเซลเซียสรอการทดสอบการหาปริมาณโปรตีน ทำการหาปริมาณโปรตีนในตัวอย่าง เพื่อนำค่าความเข้มข้นโปรตีนมาคำนวณ ตรวจสอบการแสดงออกของ metal-binding protein ในปลาทะเล ด้วยวิธี Western blot (ดังที่กล่าวไว้แล้วข้างต้น)



ภาพที่ 5 แผนที่ประเทศไทยและสถานที่เก็บตัวอย่าง แนวชายฝั่งทะเล อ่างศิลา จังหวัดชลบุรี (จุดเก็บตัวอย่างหอยแมลงภู่ จุดที่ 1-3 และตัวอย่างปลาทะเล จุดที่ 4-5) และแนวชายฝั่งทะเล มาบตาพุด จังหวัดระยอง (จุดเก็บตัวอย่างหอยแมลงภู่ จุดที่ 6-8 และตัวอย่างปลาทะเล จุดที่ 9-10)

## วิธีการวิเคราะห์ PAHs ด้วยวิธี Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS)

วิเคราะห์หาปริมาณสาร PAHs โดยในตัวอย่างปลาทะเลทำการสุ่มตัวอย่างเนื้อสองข้างและตัด ส่วนหอยแมลงภู่ใช้เนื้อทั้งตัว นำตัวอย่างมาทำให้แห้งด้วยเครื่อง Freeze dryer บดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดปั่น แล้วสกัดตัวอย่างด้วยตัวทำละลาย Dichloromethane ในชุดสกัด Soxhlet extractor โดยเติมสาร 2-Fluoro-1, 10-biphenyl ซึ่งเป็น internal standard ทำการสกัดต่อเนื่องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปสกัดแยกเฉพาะส่วนของสาร PAHs ด้วยวิธี column chromatography และนำไปตรวจวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณสาร PAHs จำนวน 16 ชนิด ได้แก่ naphthalene (NAP), acenaphthylene (ACY), acenaphthene (ACE), fluorene (FLO), phenanthrene (PHE), anthracene (ANT), fluoranthene (FLA), pyrene (PYR), benz[a]anthracene (BaA), chrysene (CHR), benzo[b]-fluoranthene (BbF), benzo[k]fluoranthene (BkF), benzo[a]pyrene (BaP), indeno[1,2,3-cd]pyrene (IcdP), dibenzo[a,h]anthracene (DahA) และ benzo[ghi]perylene (BghiP) โดยทำการตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Gas Chromatograph-Mass Spectrometer (GC-MS) ของบริษัท Agilent รุ่น Agilent 6890N Gas Chromatograph/5970 inert Mass Selective Detector ดังภาพที่ 6 ซึ่งมีสภาวะการทำงานของเครื่อง ดังนี้

### Instrument setting

Injection volume	1 µl	Injection technique	
Splitless		Initial temperature	270 °c
Transfer line temperature	280 °c		
Injection temperature	270 °c		
Carrier gas	Helium	Linear gas velocity	43 cm/sec
Carrier gas flow	1.4 ml/min		

### Temperature program

Initial temperature	0.50 min at 50 °c	
Rate (°c/min)	Final temperature	Final time (min)
17	200	0
9	250	0
10	280	7

### Column

Type	Capillary column, HP-5MS (0.25 cm x 30 m x 0.25	
µmMode	Constant flow	Detection Mass Selective
Detector (MSD)	<b>Acquisition mode</b>	SIM mode



ภาพที่ 6 เครื่อง Gas Chromatograph-Mass Spectrometer (GC-MS) ของบริษัท Agilent รุ่น Agilent 6890N Gas Chromatograph/5970 inert Mass Selective Detector ปริมาณสารต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้

PAHs	LOD (ug/ml)
Naphthalene (NAP)	0.0009
Acenaphthylene (ACY)	0.0017
Acenaphthene (ACE)	0.0011
Fluorene (FLO)	0.0026
Phenanthrene (PHE)	0.0176
Anthracene (ANT)	0.0011
Fluoranthene (FLA)	0.0153
Pyrene (PYR)	0.0132
Benz[a]anthracene (BaA)	0.0016
Chrysene (CHR)	0.0037
Benzo[b]-fluoranthene (BbF)	0.0018
Benzo[k]fluoranthene (BkF)	0.0017
Benzo[a]pyrene (BaP)	0.0012
Indeno[1,2,3-cd]pyrene (IcdP)	0.0003

PAHs	LOD (ug/ml)
Dibenzo[a,h]anthracene (Dah)	0.0009
Benzo[ghi]perylene (BghiP)	0.0026

การศึกษาวิจัยการให้สุขศึกษาเพื่อส่งเสริมพฤติกรรมบริโภคอาหารทะเลของหญิงตั้งครรภ์

### 1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

หญิงตั้งครรภ์ในพื้นที่มาบตาพุดมีอายุเฉลี่ยประมาณ 26 ปี ส่วนใหญ่ ( $\approx$  ร้อยละ 44) จบการศึกษาระดับมัธยมต้น และประกอบอาชีพรับจ้าง ประมาณร้อยละ 40 ของกลุ่มตัวอย่าง เป็นการตั้งครรภ์ครั้งที่ 1 ซึ่งปัจจุบันมีอายุครรภ์ได้ 2 เดือน หญิงตั้งครรภ์ที่ให้ข้อมูลส่วนใหญ่ (ร้อยละ 28) มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 10,001-15,000 บาท มีเพียงร้อยละ 10 ของหญิงตั้งครรภ์ที่แพ้อาหารทะเล ซึ่งส่วนใหญ่แพ้กุ้ง รongลงมาคือ หมึก และปลาทะเล รายละเอียดข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามลักษณะทางประชากรและสังคม

ลักษณะทางประชากรและสังคม	จำนวน (ร้อยละ)
1. อายุ (ปี)	
< 20	12 (12.9)
20-24	37 (39.8)
25-29	19 (20.4)
30-34	14 (15.1)
$\geq$ 35	11 (11.8)
รวม	93 (100)
ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	26.18 $\pm$ 7.15
ค่าสูงสุด - ค่าต่ำสุด	18 - 50
2. อาชีพ	
เกษตรกร	2 (2.2)
รับจ้าง	41 (44.1)
ค้าขาย	7 (7.5)
แม่บ้าน	39 (41.9)
อื่นๆ	4 (4.3)

ตารางที่ 3 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามลักษณะทางประชากรและสังคม (ต่อ)

ลักษณะทางประชากรและสังคม	จำนวน (ร้อยละ)
3. ระดับการศึกษา	
ไม่ได้เรียน	5 (5.4)
ประถมศึกษา	17 (18.3)
มัธยมศึกษาตอนต้น	41 (44.1)
มัธยมศึกษาตอนปลาย	28 (30.1)
ปริญญาตรี	2 (2.2)
4. รายได้เฉลี่ยต่อเดือน (บาท)	
≤ 5,000	7 (7.5)
5,001-10,000	24 (25.8)
10,001-15,000	26 (28.0)
15,001-20,000	10 (10.8)
>20,000	13 (14.0)
ไม่ต้องการเปิดเผย	13 (14.0)
5. ครั้งที่ของการตั้งครรภ์	
1	38 (40.9)
2	28 (30.1)
3	20 (21.5)
4	5 (5.4)
5	2 (2.2)
6. อายุครรภ์ปัจจุบัน	
≤ 3 เดือน	65 (69.9)
> 3 เดือน	28 (30.1)
7. ประวัติการแพ้อาหารทะเล	
ไม่แพ้	83 (89.2)
แพ้	10 (10.8)



## 2. ข้อมูลพฤติกรรมการบริโภคอาหารทะเล

ตารางที่ 4 แสดงพฤติกรรมการบริโภคอาหารทะเลของหญิงตั้งครรภ์ พบว่า โดยใน 1 สัปดาห์ หญิงตั้งครรภ์ในพื้นที่มาบตาพุด มีความถี่ในการรับประทานอาหารทะเลสดมากกว่าอาหารทะเลแห้ง ประมาณร้อยละ 60 รับประทานอาหารทะเลสด 1-2 ครั้ง/สัปดาห์ หญิงตั้งครรภ์ร้อยละ 40 รับประทานอาหารทะเลแห้ง 1-2 ครั้ง/สัปดาห์ และหากปรุงอาหารเองส่วนใหญ่ (~ร้อยละ 90) จะซื้อจากตลาดสดใกล้บ้าน และมากกว่าร้อยละ 95 รับประทานอาหารทะเลแบบปรุงสุก ส่วนต่างๆ ของสัตว์ทะเลที่รับประทาน พบว่า ส่วนใหญ่ (ร้อยละ 70) รับประทานส่วนที่เป็นเนื้อ รองลงมาคือ ไข่ หัวและพุง ตามลำดับ

ตารางที่ 4 จำนวน (ร้อยละ) ของหญิงตั้งครรภ์จำแนกตามพฤติกรรมการบริโภคอาหารทะเล

พฤติกรรมการบริโภคอาหารทะเล	จำนวน (ร้อยละ)
<b>การรับประทานอาหารทะเล(สด) ใน 1 สัปดาห์</b>	
ไม่เคย $\leq$ 1 ครั้ง/สัปดาห์	23 (24.7)
>1-2 ครั้ง/สัปดาห์	56 (60.2)
3-5 ครั้ง/สัปดาห์	9 (9.7)
6-7 ครั้ง/สัปดาห์	5 (5.4)
<b>การรับประทานอาหารทะเล(แห้ง) ใน 1 สัปดาห์</b>	
ไม่เคย $\leq$ 1 ครั้ง/สัปดาห์	45 (48.4)
>1-2 ครั้ง/สัปดาห์	39 (41.9)
3-5 ครั้ง/สัปดาห์	7 (7.5)
6-7 ครั้ง/สัปดาห์	2 (2.2)
<b>การประกอบอาหารเองที่บ้าน</b>	
ไม่เคย $\leq$ 1 ครั้ง/สัปดาห์	5 (5.4)
>1-2 ครั้ง/สัปดาห์	31 (33.3)
3-5 ครั้ง/สัปดาห์	27 (29.0)
6-7 ครั้ง/สัปดาห์	30 (32.3)
<b>ส่วนของอาหารทะเลที่รับประทาน</b>	
หัว	10 (8.6)
พุง	5 (4.3)
ไข่	20 (17.3)
เนื้อ	81 (69.8)

ตารางที่ 4 จำนวน (ร้อยละ) ของหญิงตั้งครรภ์จำแนกตามพฤติกรรมการบริโภคอาหารทะเล (ต่อ)

พฤติกรรมการบริโภคอาหารทะเล	จำนวน (ร้อยละ)
<b>แหล่งซื้ออาหารทะเลสด เมื่อปรุงอาหารเอง</b>	
ตลาดสดใกล้บ้าน	86 (92.5)
สะพานปลา	5 (5.4)
ห้างสรรพสินค้า	2 (2.2)
<b>การปรุงสุก อาหารทะเล</b>	
ดิบ	0
สุกๆดิบๆ	4 (4.3)
สุก	89 (95.7)

เกี่ยวกับความถี่ในการบริโภคอาหารทะเลในหญิงตั้งครรภ์ในรอบ 1 สัปดาห์ที่ผ่านมาในพื้นที่มาบตาพุด พบว่า หญิงตั้งครรภ์มีความถี่ในการบริโภคอาหารทะเลในระดับบ่อยครั้งถึงประจำ เรียงลำดับจากมากไปน้อย 5 อันดับแรก ได้แก่ ปลาหู หมึก กุ้ง ปู และหอยแมลงภู่ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 จำนวน (ร้อยละ) ของความถี่ในการบริโภคอาหารทะเลในหญิงตั้งครรภ์ในรอบ 1 สัปดาห์ที่ผ่านมา

การรับประทานอาหารทะเล	ความถี่ในการบริโภค			
	ไม่เคยเลย	นานๆ ครั้ง	บ่อยครั้ง	เป็นประจำ
1. กุ้ง	10 (10.8)	54 (58.1)	25 (26.9)	4 (4.3)
2. ปู	22 (23.7)	51 (54.8)	18 (19.4)	2 (2.2)
3. หอยแมลงภู่	28 (30.1)	47 (50.5)	16 (17.2)	2 (2.2)
4. หอยนางรม	47 (50.6)	36 (38.7)	9 (9.7)	1 (1.1)
5. หอยแครง	27 (29.1)	49 (52.7)	16 (17.2)	1 (1.1)

ตารางที่ 5 จำนวน (ร้อยละ) ของความถี่ในการบริโภคอาหารทะเลในหญิงตั้งครรภ์ในรอบ 1 สัปดาห์ที่ผ่านมา (ต่อ)

การรับประทานอาหารทะเล	ความถี่ในการบริโภค			
	ไม่เคยเลย	นานๆ ครั้ง	บ่อยครั้ง	เป็นประจำ
6. ปลาหมึกชนิดต่างๆ	5 (5.4)	47 (50.5)	33 (35.5)	8 (8.6)
7. ปลาลิ้นหมา	87 (93.6)	4 (4.3)	2 (2.2)	0
8. ปลาข้างเหยียบ	89 (95.7)	3 (3.2)	1 (1.1)	0
9. ปลากระเบน/ปลากระ บาง	82 (88.1)	8 (8.6)	3 (3.2)	0
10. ปลาทะเลอื่นๆ (เช่น ปลาทุ ปลากระพง)	8 (20.0)	13 (32.5)	16 (40.0)	3 (7.5)
11. แมงดาทะเล	84 (90.3)	8 (8.6)	1 (1.1)	0
12. อื่นๆ (หอยตลับ, หอย หวาน, ปูแสม)	10 (62.5)	4 (25.0)	1 (6.25)	1 (6.25)

## บทที่ 4 ผลการวิจัย

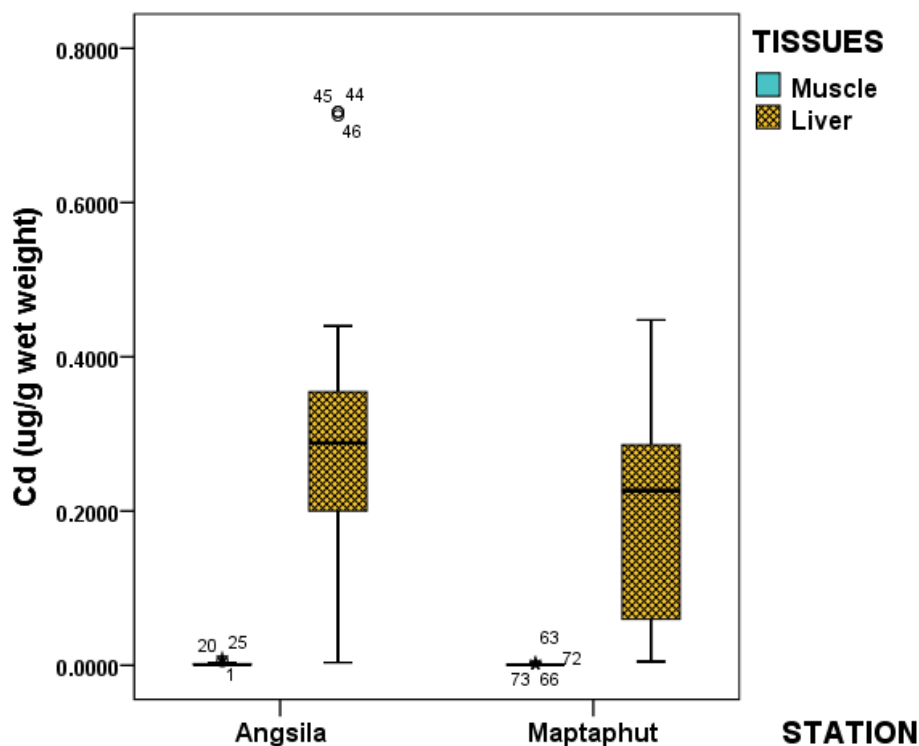
การวิเคราะห์โลหะหนัก (แคดเมียม) ในปลาทะเล และ หอยแมลงภู่ตามแนวชายฝั่งทะเล

1. ปริมาณแคดเมียมพบในปลาทะเลชนิดต่างๆ จับตามแนวชายฝั่งทะเลมาบตาพุด และ อ่างศิลาในปีพ.ศ.2556

ชายฝั่งทะเลนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยองมีการจับสัตว์น้ำ เช่น ปลา กุ้ง ปู ปลาหมึก เป็นต้น ขึ้นมาเป็นอาหารทะเล ทำให้สัตว์ทะเลจากแหล่งนี้อาจได้รับการปนเปื้อนจากสารไม่พึงประสงค์ที่ถูกปล่อยทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและโรงไฟฟ้าถ่านหิน มีคลองเล็กๆ เช่น คลองชาก-หมาก คลองตากวน เป็นต้น ซึ่งเป็นคลองที่รับน้ำทิ้งจากโรงงานและบ้านเรือนที่อยู่เหนือคลองลงสู่อ่าวประดู่ ส่วนชายฝั่งทะเลอ่างศิลา จังหวัดชลบุรี ก็เป็นแหล่งการประมงและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งมีคลองเล็กๆ หลายแห่งที่รับน้ำทิ้งส่วนใหญ่จากบ้านเรือน ร้านค้า และร้านอาหาร และทั้งได้รับอิทธิพลจากแม่น้ำบางปะกงที่ต้นน้ำมีแหล่งอุตสาหกรรม และมีเรือประมงมากมายจอดเทียบท่า รวมทั้งเรือขนส่งสินค้าในอ่าวไทย ดังนั้นชายฝั่งทะเลทั้งสองแห่งได้ถูกเปรียบเทียบหาค่าปริมาณแคดเมียม สารอินทรีย์ PAHs ในปลาทะเลและหอยแมลงภู่เลี้ยงจากฟาร์ม ปลาทะเลและหอยแมลงภู่จากชายฝั่งทะเลทั้งสองแห่งได้นำมาเป็นอาหารมนุษย์ทั้งสิ้น

1. ปริมาณแคดเมียมพบในปลาทะเลจับชายฝั่งทะเลอ่างศิลา และมาบตาพุด

ผลการศึกษาพบว่าปริมาณแคดเมียมในตับปลาทะเลจากอ่างศิลาปี พ.ศ.2557 พบว่าปริมาณแคดเมียมทั้งในตับและกล้ามเนื้อปลาทะเลจากอ่างศิลา ค่าเฉลี่ย  $0.2960 \pm 0.1793$  ug/g wet wt. (n=30) สูงกว่า 6 เท่ากว่าจากตับปลาทะเลจับจากมาบตาพุด ค่าเฉลี่ย  $0.1859 \pm 0.1329$  ug/g wet wt. (n=30) และแตกต่างกันมีนัยสำคัญด้วยสถิติ ANOVA ( $p < 0.01$ ) ส่วนในเนื้อปลาทะเลอ่างศิลามีค่าแคดเมียมเฉลี่ย  $0.0016 \pm 0.0022$  ug/g wet wt. (n=30) มาบตาพุด ค่าเฉลี่ย  $0.0007 \pm 0.0008$  ug/g wet wt. แสดงดังภาพที่ 7 จากอ่างศิลาที่ค่าปริมาณแคดเมียมในตับข้างสูง (>0.2 ถึง ~ 1.0 ug/g wet wt.) ของปลาทะเล 6 ชนิด (ปลาลิ้นหมา ปลาทุ ปลาจวด ปลาสีกุน ปลาใบปอ ปลาไหลทะเล) ส่วนปลาทะเลจากมาบตาพุดที่ค่าปริมาณแคดเมียมในตับค่อนข้างสูง มีเพียงชนิดเดียวคือ ปลาทุ (เฉลี่ย  $0.3081 \pm 0.0607$  ug/g wet wt.) จากการจับได้ 7 ชนิด โดยชนิดของปลาทะเลจับจากอ่างศิลาในปี พ.ศ. 2557 และปริมาณแคดเมียมที่วิเคราะห์พบในกล้ามเนื้อและตับจากปลาทะเลจากอ่างศิลาและมาบตาพุด แสดงดังตารางในภาคผนวก



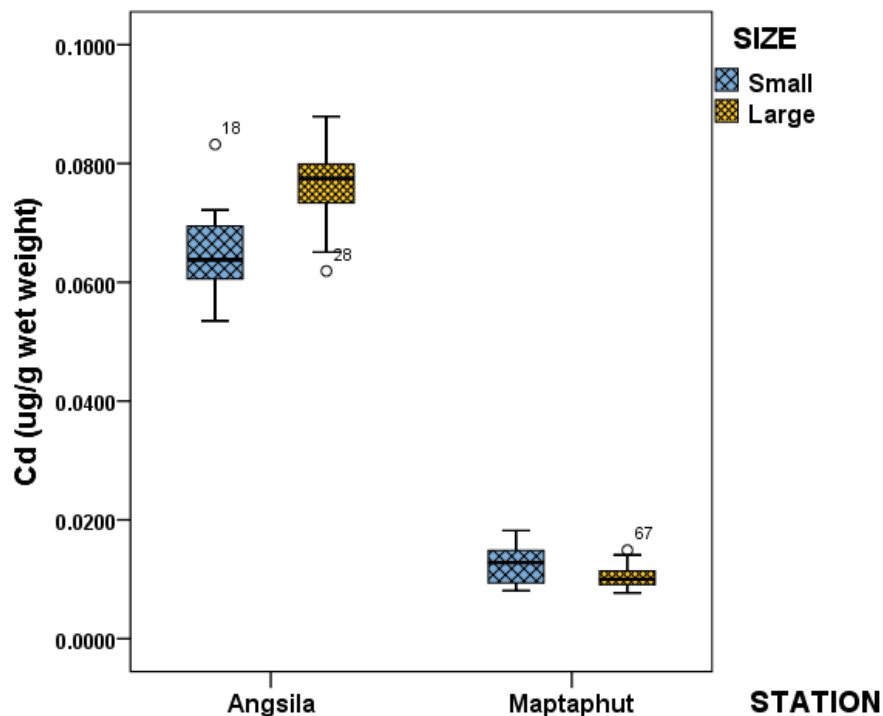
ภาพที่ 7 Box plot ของความเข้มข้นของ Cadmium ในกล้ามเนื้อและตับของปลาที่อาศัยบริเวณ มาบตาพุดและอ่างศิลา (ปี พ.ศ. 2557)

2. ปริมาณแคดเมียมพบในหอยแมลงภู่อำเภอเมืองมาบตาพุด และ อ่างศิลาตามขนาดเล็ก และ ขนาดใหญ่ (ชายสู่ตลาด) พ.ศ. 2556

ในปี พ.ศ. 2555-2557 หอยแมลงภู่อำเภอเมืองมาบตาพุดมีทั้งแบบไม่เปิดปากให้ หอยแมลงภู่อำเภอเมืองมาบตาพุดและแบบเชือกแขวนบนไม้ไผ่ซึ่งเป็นราว มีการเลี้ยงกันในบริเวณวงกว้าง ห่างจาก ชายฝั่งทะเลระหว่าง 500 เมตร ไปจนถึงไกลขึ้นถึง 1 กิโลเมตร มีจำนวนฟาร์มมากมายประมาณ ฟาร์ม โดยแต่ละฟาร์มจะมีการเลี้ยงหอยหลายแปลง แต่ละแปลง มีความกว้างยาว เฉลี่ยขนาด 6-7 X 70-100 เมตร (สำรวจจริง) ส่วนการเลี้ยงหอยแมลงภู่อำเภอเมืองมาบตาพุดเป็นหอยแมลงภู่อำเภอเมืองมาบตาพุดชนิดเชือกแขวนบนแพ ห่างจากชายฝั่งทะเลระหว่าง 300 เมตร ไปจนถึงไกลขึ้นถึง 1 กิโลเมตร และเลี้ยงกันตลอดแนวชายฝั่ง มีจำนวนฟาร์มในปี 2555 เพียง 300 แพร่ จากชาวประมง 159 ราย แต่ละราย มีแพหอย 3-4 แพ ในปัจจุบันทางจังหวัดระยองไม่ให้มีการสร้างแพเพิ่มขึ้นอีก เนื่องจาก ปัญหาการเลี้ยงหนาแน่นเกินไปและหอยมีการตายส่วนมากทั้งอำเภอประจวบในปี พ.ศ. 2553 โดยเริ่มแรก มีชาวประมงได้รับการสนับสนุนให้เลี้ยงหอยจากนิคมอุตสาหกรรม ระยะแรกปี พ.ศ. 2548

จำนวน 2-3 แพ โดยการรวมตัวกันของชาวประมงร่วมกันดูแลรับผิดชอบ ต่อมาปี พ.ศ. 2549 เพิ่มจำนวนเป็น 14 แพ และขยายการเลี้ยงแพเรื่อยๆจนถึงปัจจุบัน ลักษณะแพมีความกว้างเฉลี่ยขนาด 100X200 เมตร (สำรวจจริง) ส่วนในปี พ.ศ. 2556 การเลี้ยงหอยแมลงภู่มิมีปริมาณแพเลี้ยงเท่าเดิม ไม่มีการขยายพื้นที่ ทั้งนี้ได้ถูกควบคุมไม่ให้มีการขยายจำนวนแพอีกต่อไป

จากผลการทดสอบในปี พ.ศ. 2557 พบว่าปริมาณแคดเมียมในหอยแมลงภู่งู บริเวณอ่างศิลา ค่าความเข้มข้นของปริมาณแคดเมียมในหอยแมลงภู่งูขนาดเล็กมีค่าเฉลี่ย  $0.0644 \pm 0.0071$  ug/g wet wt. (n=20) ใกล้เคียงกับหอยแมลงภู่งูขนาดใหญ่มีค่าเฉลี่ย  $0.0764 \pm 0.0064$  ug/g wet wt. (n=20) และมีค่าสูงกว่าบริเวณมาบตาพุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.01$ ) ทั้งในหอยแมลงภู่งูขนาดใหญ่ (เฉลี่ย  $0.0103 \pm 0.0019$  ug/g wet wt.) และหอยแมลงภู่งูขนาดเล็ก (เฉลี่ย  $0.0123 \pm 0.0031$  ug/g wet wt.) แสดงดังภาพที่ 8 และหอยแมลงภู่งูขนาดใหญ่จากชายฝั่งจังหวัดตราด เป็นชุดควบคุม พบความเข้มข้นของ แคดเมียมมีค่าเฉลี่ย  $0.1171 \pm 0.0098$  ug/g wet wt. (n=10)

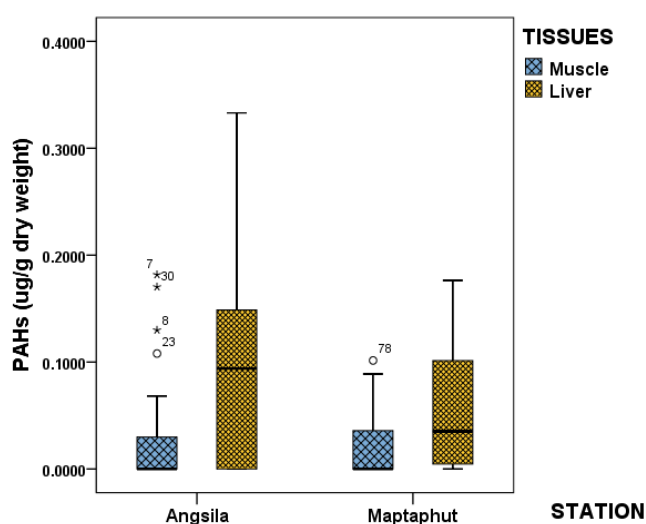


ภาพที่ 8 Box plot ของความเข้มข้นของ Cadmium ในหอยแมลงภู่งูขนาดเล็กและใหญ่ ที่อาศัยบริเวณมาบตาพุดและอ่างศิลา (ปี พ.ศ. 2557)

การวิเคราะห์สารโพลีไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน (พีเอเอช)รวม ในปลาทะเล และ หอยแมลงภู่นิวตามแนวชายฝั่งทะเล

### 1. การวิเคราะห์สารโพลีไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน (พีเอเอช) รวม ในปลาทะเล ในปี พ.ศ. 2557

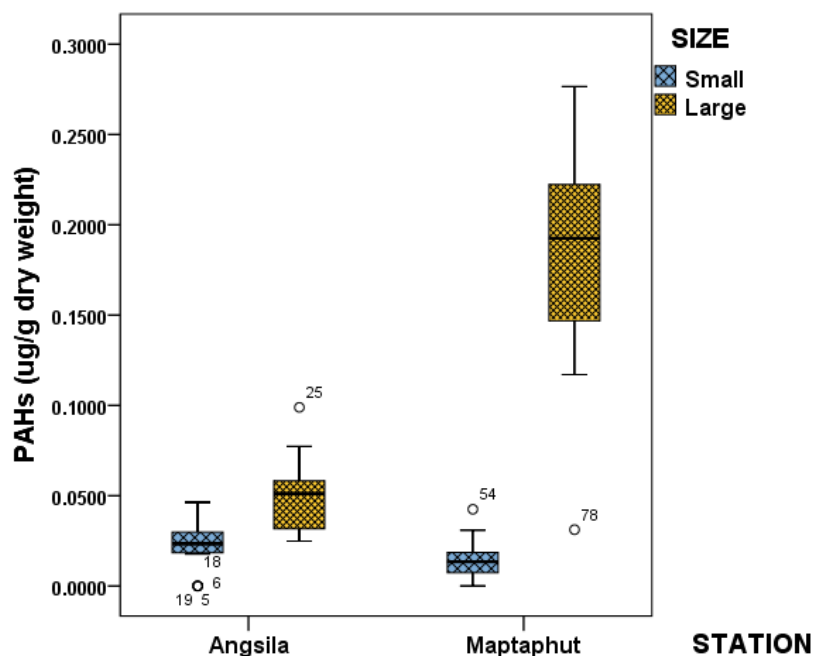
ผลการวิเคราะห์ พีเอเอช ในปี พ.ศ. 2557 ความเข้มข้นของ PAHs รวมในตับปลาจาก อ่างศิลา มีค่าเฉลี่ย  $0.1041 \pm 0.1026$  ug/g dry wt. (n=30) สูงกว่า 4 เท่า ในกล้ามเนื้อค่าเฉลี่ย  $0.0270 \pm 0.0519$  ug/g dry wt. (n=30) และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยสถิติ ANOVA ( $p < 0.01$ ) ส่วนมาบตาพุด ความเข้มข้นของ PAHs ในตับปลามีค่าเฉลี่ย  $0.0546 \pm 0.0547$  ug/g dry wt. (n=30) สูงกว่า 2.7 เท่า ในกล้ามเนื้อเฉลี่ย  $0.0201 \pm 0.0278$  ug/g dry wt. (n=30) และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.01$ ) แสดงดังภาพที่ 9 โดยความเข้มข้นในตับปลาจาก อ่างศิลา สูงประมาณ 2 เท่า จากมาบตาพุดและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ส่วนความเข้มข้นในกล้ามเนื้อปลาจากทั้งสองสถานที่มีค่าใกล้เคียงกัน



ภาพที่ 9 Box plot ของความเข้มข้นของ PAHs ในกล้ามเนื้อและตับของปลาที่อาศัยบริเวณมาบตาพุด และอ่างศิลา (ปี พ.ศ. 2557)

## 2. การวิเคราะห์สารโพลีไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน (พีเอเอช) รวม ในหอยแมลงภู่นอกชายฝั่ง ในปี พ.ศ. 2557

ในปี พ.ศ. 2557 ความเข้มข้นของ PAHs รวม ของหอยแมลงภู่นอกชายฝั่งขนาดใหญ่จากอ่างศิลา มีค่าเฉลี่ย  $0.0500 \pm 0.0194$  ug/g dry wt. (n=20) สูงกว่า 2 เท่าในหอยขนาดเล็กมีค่าเฉลี่ย  $0.0225 \pm 0.0225$  ug/g dry wt. (n=30) และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยสถิติ ANOVA ( $p < 0.01$ ) ส่วนมาบตาพุด ความเข้มข้นของ PAHs ในหอยขนาดใหญ่มีค่าเฉลี่ย  $0.1834 \pm 0.0567$  ug/g dry wt. (n=20) สูงกว่า 13 เท่าในหอยขนาดเล็กมีค่าเฉลี่ย  $0.0142 \pm 0.1004$  ug/g dry wt. (n=20) และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.01$ ) แสดงดังภาพที่ 10 ความเข้มข้นของ PAHs รวมในหอยแมลงภู่นอกชายฝั่งขนาดใหญ่จากมาบตาพุดมีค่าสูง 3.6 เท่าจากอ่างศิลา และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยสถิติ ANOVA ( $p < 0.01$ ) และหอยแมลงภู่นอกชายฝั่งจังหวัดเป็นชุดควบคุม ไม่พบความเข้มข้นของ PAHs รวม (n=10)



ภาพที่ 10 Box plot ของความเข้มข้นของ PAHs ในหอยแมลงภู่นอกชายฝั่งขนาดเล็กและใหญ่ ที่อาศัยบริเวณมาบตาพุดและอ่างศิลา (ปี พ.ศ. 2557)

ชนิดของ PAHs ที่พบในระดับปลาทะเลจากอ่างศิลาและมาบตาพุดมี 4 ชนิด คือ Phenanthrene (PHE), Pyrene (PYR), Fluoranthene (FLA), และ Chrysene (CHR) และพบ Benz[a]anthracene (BaA) ในระดับปลาทะเลจากอ่างศิลา ในปลาตัวอย่างเดียวกันทั้งหมดนี้ไม่พบ



Chrysene (CHR) สะสมในกล้ามเนื้อ ส่วนหอยแมลงภู่นานใหญ่ทั้งจากอ่างศิลาและมาบตาพุด จะพบเหมือนกัน 3 ชนิดของ PAHs คือ PHE, FLA และ PYR และมาบตาพุดยังพบเพิ่มอีก 3 ชนิด คือ Acenaphthylene (ACY), Acenaphthene (ACE) และ CHR ส่วนหอยแมลงภู่นานเล็ก จากอ่างศิลาพบ 2 ชนิด คือ PHE และ FLA ส่วนจากมาบตาพุด พบได้ 3 ชนิด คือ ,PYR และ CHR ซึ่ง BaA และ CHR

ตารางที่ 6 ชนิดของ PAHS ที่พบในเนื้อเยื่อปลาทะเลและหอยแมลงภู่นานในปี พ.ศ. 2557

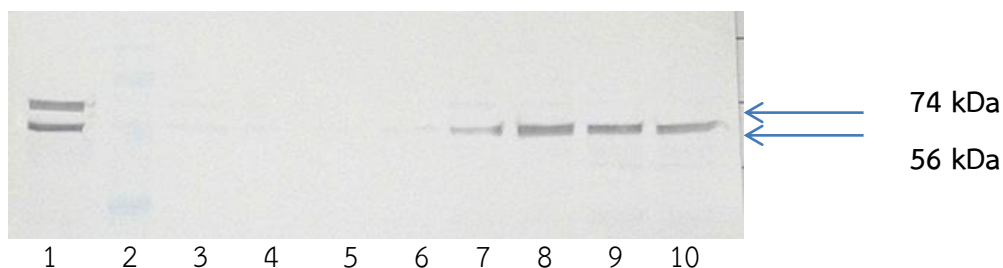
ชนิดของ PAHS	ปลาทะเล		หอยแมลงภู่นาน	
	ตับ	กล้ามเนื้อ	ขนาดใหญ่	ขนาดเล็ก
อ่างศิลา	PHE	PHE	PHE	PHE
	FLA	FLA	FLA	FLA
	PYR	PYR	PYR	ไม่พบ PYR
	BaA	BaA		
	CHR	ไม่พบ CHR		
มาบตาพุด	PHE	PHE	ACY	ไม่พบ ACY
	FLA	FLA	ACE	ไม่พบ ACE
	PYR	PYR	PHE	PHE
	CHR	ไม่พบ CHR	FLA	FLA
			PYR	PYR
		CHR	CHR	

การสำรวจการแสดงออกของตัวชี้วัดชีวภาพ Cytochrome P450 (CYP1A) และ metal-binding protein (Metallothionein) ในปลาทะเล และ หอยแมลงภู่นานตามแนวชายฝั่งทะเล

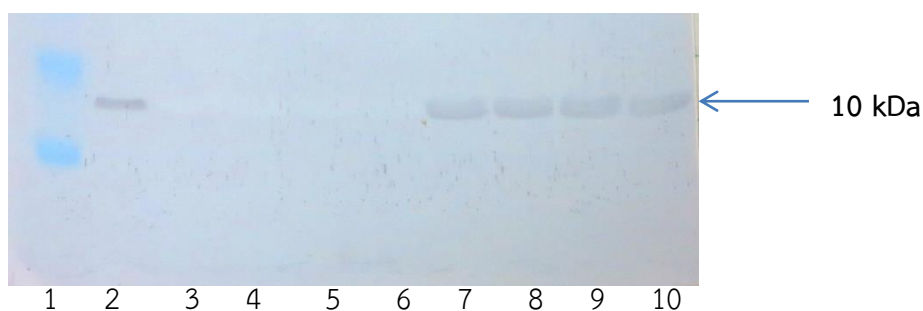
#### 1. การแสดงออกของตัวชี้วัดชีวภาพ Cytochrome P450 (CYP1A) และ metal-binding protein (Metallothionein, MT) ในปลาทะเลในปี พ.ศ. 2557

ในปี พ.ศ. 2557 การแสดงออกของตัวชี้วัดชีวภาพ อ่างศิลาจากปลาทะเล 12 ชนิด มาบตาพุด จากปลาทะเล 12 ชนิด ด้วยเทคนิคแอนติบอดี พบการแสดงออกของ CYP1A (ขนาด 76/54 kDa) ในปลาทะเล แสดงดังภาพที่ 11 จากอ่างศิลาพบมีผลบวกจำนวน 60% จาก 60 ตัวอย่าง ส่วนมาบตาพุด พบมี 100% จาก 60 ตัวอย่าง การแสดงออกของ MT (ขนาด 10 kDa)

แสดงดังภาพที่ 12 จากอ่างศิลาพบ 33.3% จาก 60 ตัวอย่าง ส่วนมาบตาพุด พบมี 73.3% จาก 60 ตัวอย่าง โดยประเภทปลาทะเลชนิดการกินอาหาร (กินเนื้อ กินพืช และ กินทั้งพืชและเนื้อ) ไม่มีผลนัยยะต่อการแสดงออกของ CYP1A และ MT



ภาพที่ 11 การแสดงออกของ CYP1A ในตับปลาทะเลจากอ่างศิลา ถูกจับจำเพาะด้วยโมโนโคลนอลแอนติบอดีบนกระดาษไนโตรเซลลูโลสเมมเบรน ให้ผลบวกทุกเลนที่ 74 หรือ/และ 56 kDa เลนที่ 1 = seabass CYP1A เลน 2 = โปรตีนมาตรฐานเลน 3-4 = ปลาหัวหางพัด (ผลเป็น ลบ) เลน 5-6 = ปลากระทุงเหว (ผลเป็น ลบ) เลน 7-10 = ปลากระทุงเหว (ผลเป็น บวก)



ภาพที่ 12 การแสดงออกของ MT ในตับปลาทะเลจากมาบตาพุด ถูกจับจำเพาะด้วยโพลีโคลนอลแอนติบอดีบนกระดาษไนโตรเซลลูโลสเมมเบรน ให้ผลบวกเลน 7-10 ที่ 10 kDa เลนที่ 1 = โปรตีนมาตรฐานเลน 2 = seabass MT เลน 3-6 = ปลาทุเลน 7-8 = ปลาตะเพียนน้ำเค็ม เลน 9-10 = ปลาหางแข็ง

## 2. การแสดงออกของตัวชี้วัดชีวภาพ Cytochrome P450 (CYP1A) ในหอยแมลงภู่

ในปี พ.ศ. 2557 ผลการตรวจการแสดงออกของ CYP1A (56 kDa) ด้วยเทคนิคแอนติบอดีแสดงดังภาพที่ 13 ในหอยแมลงภู่ทั้งอ่างศิลาและมาบตาพุดพบ 100% ทั้งสองสถานี แต่ความเข้มของแบนตัวชี้วัดชีวภาพมีการจับด้วยความเข้มต่างกันในตัวอย่าง โดยอ่างศิลาหอยขนาดทั้งใหญ่และขนาดเล็กมีการจับของแอนติบอดีกับแอนติเจนความเข้มบาง (+) และความเข้มปานกลาง (++) เท่านั้น ส่วนมาบตาพุดหอยขนาดทั้งใหญ่มีความเข้มปานกลางและเข้มมาก (+++) เท่านั้น และหอยขนาดเล็กมีความเข้มได้ทั้งสามแบบ ส่วนหอยแมลงภู่จากชายฝั่งจังหวัดตราดสามารถพบ CYP1A ได้ทุกตัวอย่าง (n=10)



ภาพที่ 13 การแสดงออกของ CYP1A ในต่อมย่อยอาหารของหอยแมลงภู่ ถูกจับจำเพาะด้วยโพลีโคลอนอลแอนติบอดีบนกระดาษไนโตรเซลลูโลสเมมเบรน ให้ผลบวกทุกเลนที่ 56 kDa  
เลน 1 = seabass CYP1A เลน 2 = โปรตีนมาตรฐาน เลน 3-6 = หอยแมลงภู่ขนาดใหญ่ (ผลความเข้มระดับ+++)  
เลน 7-10 = หอยแมลงภู่ขนาดเล็ก (ผลความเข้มระดับ+)

ตารางที่ 7 การแสดงออกของตัวชี้วัดชีวภาพ Cytochrome P450 (CYP1A) ในหอยแมลงภู่เก็บจากอ่างศิลาและมาบตาพุดเดือนเมษายน ปี 2557 เทคนิคทางแอนติบอดีสังเกตด้วยสายตาบนกระดาษ

	sample	sample	sample	
Angsila	(+)	(++)	(+++)	Total
Large size	5	14	1	20
small size	5	14	1	20
Total	10	28	2	40

ตารางที่ 7 การแสดงออกของตัวชี้วัดชีวภาพ Cytochrome P450 (CYP1A) ในหอยแมลงภู่มัดเก็บจากอ่างศิลาและมาบตาพุดเดือนเมษายน ปี 2557 เทคนิคทางแอนติบอดีสังเกตรด้วยสายตาบนกระดาษ (ต่อ)

	sample	sample	sample	
Maptaphut	(+)	(++)	(+++)	Total
Large size	5	14	1	20
small size	4	15	1	20
Total	9	29	2	40

	sample	sample	sample	
Trat	(+)	(++)	(+++)	Total
Large size	10	0	0	10

หมายเหตุ + มีการจับแอนติบอดีกับแอนติเจนความเข้มข้นบาง  
 ++ มีการจับแอนติบอดีกับแอนติเจนแบบความเข้มข้นปานกลาง  
 +++ มีการจับแอนติบอดีกับแอนติเจนแบบความเข้มข้นมาก

**ประเมินความสัมพันธ์ของโลหะหนัก และสารพีเอเอชรวม และ ตัวชี้วัดชีวภาพ ในเนื้อและตับปลาทะเล และหอยแมลงภู่มัดตามแนวชายฝั่งทะเล**

สรุปผลในระยะสามปีการศึกษาในปี พ.ศ. 2555-2557 มีดังนี้

**การติดตามแคดเมียมปนเปื้อนในปลาทะเลและหอยแมลงภู่มัด**

ปริมาณแคดเมียมในปลาทะเลสัมพันธ์กับการพบสะสมในตับที่สูงกว่าในกล้ามเนื้อปลาทะเล ถึง 100 เท่า ปริมาณแคดเมียมในตับ (n=30) พบได้ ทั้งสามปี ทั้งจากอ่างศิลาและมาบตาพุด โดยค่าแคดเมียมในตับปลาจากอ่างศิลาสูงที่สุดคือ ในปี พ.ศ.2556 ค่าเฉลี่ย  $0.4490 \pm 0.6753 \text{ ug/g wet wt.}$  และปี พ.ศ. 2557 ค่าเฉลี่ย  $0.2960 \pm 0.1793 \text{ ug/g wet wt.}$  ปี พ.ศ. 2555 ค่าเฉลี่ย  $0.196 \pm 0.202 \text{ ug/g wet wt.}$  สูงกว่ามาบตาพุด ในช่วงมาบตาพุดปี พ.ศ. 2557 ค่าเฉลี่ย  $0.1859 \pm 0.1329 \text{ ug/g wet wt.}$  ปี พ.ศ. 2556 ค่าเฉลี่ย  $0.3252 \pm 0.3441 \text{ ug/g wet wt.}$  ปี พ.ศ. 2555 ค่าเฉลี่ย  $0.071 \pm 0.135 \text{ ug/g wet wt.}$  แสดงดังภาพที่ 14

ปริมาณแคดเมียมในปลาทะเลสะสมในกล้ามเนื้อปลาทะเล ในปริมาณน้อยมากทั้งอ่างศิลาและมาบตาพุดปริมาณพบได้สูงสุดมีค่า  $0.0033 \pm 0.0024 \text{ ug/g wet wt}$  แสดงดังภาพที่ 15 ส่วนชนิดของปลาทะเล

เศรษฐกิจจากอ่างศิลาและมาบตาพุด คือ ปลาหู พบปริมาณแคดเมียมในระดับค่อนข้างสูงเกือบทุกตัวอย่าง และพบในกล้ามเนื้อด้วย แต่ในปริมาณยอมรับได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน การพบสะสมในกล้ามเนื้อปลาต่ำกว่า ในตับปลาทะเล ถึง 100 เท่า แสดงให้เห็นถึงปลาทะเลลดความเป็นพิษของแคดเมียมที่ดับด้วยการสร้าง เอ็มไซม์โปรตีน MT ทำให้โลหะหนักมีการสะสมน้อยในกล้ามเนื้อ

ผลการเปรียบเทียบแคดเมียมสามปีในแหล่งเลี้ยง พบว่า การสะสมปริมาณแคดเมียมในหอยแมลงภู่น้อยกว่าขนาดเล็กและขนาดใหญ่มีความผันแปร ปี แสดงดังภาพที่ 16 แต่ขนาดใหญ่มีความสำคัญในการบริโภค เมื่อเปรียบเทียบปริมาณค่าแคดเมียมในหอยทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่มีค่า ระหว่างอ่างศิลา และมาบตาพุด พบค่าสูงที่สุด ชายฝั่งอ่างศิลาในปี 2555 (2012) ค่าเฉลี่ย  $0.1086 \text{ ug/g wet wt. (n=20)}$  เมื่อเปรียบเทียบกับปีพ.ศ. 2555 และ 2556 และมีค่าสูงกว่าจากมาบตาพุดทั้งสามปี แสดงดังภาพที่ 17 ซึ่งชุดควบคุมหอยแมลงภู่นอกชายฝั่งจังหวัดตราด ในปี พ.ศ. 2557 พบความเข้มข้นของ แคดเมียมมีค่าเฉลี่ย  $0.1171 \pm 0.0098 \text{ ug/g wet wt. (n=10)}$  ซึ่งระดับค่าแคดเมียมเฉลี่ยสูงสุดในตับปลาทะเล สูงกว่าประมาณหกเท่า ในหอยแมลงภู่นอกชายฝั่งที่ตรวจได้ค่าแคดเมียมสูงสุด และระดับค่าแคดเมียมเฉลี่ยสูงสุดในหอยแมลงภู่นอกชายฝั่งที่ตรวจได้ค่าแคดเมียมสูงสุด อย่างไรก็ตาม ระดับค่าแคดเมียมเฉลี่ยใน ตับปลาทะเล > หอยแมลงภู่นอกชายฝั่ง > กล้ามเนื้อปลาทะเล

#### การติดตามสารพีเอเอชรวมปนเปื้อนในปลาทะเลและหอยแมลงภู่นอกชายฝั่ง

ผลการวิเคราะห์ พีเอเอช ในปลาทะเลช่วงปี พ.ศ. 2555 – 2557 พบว่า พีเอเอชรวม ในตับปลาทะเลสูงกว่ากล้ามเนื้อ โดยจากอ่างศิลา จำนวนปลา (n=30) ปี พ.ศ. 2557 มีค่าเฉลี่ยที่  $0.1041 \pm 0.1026 \text{ ug/g dry wt.}$  ปี พ.ศ. 2556 ค่าเฉลี่ยที่  $0.1698 \pm 0.1650 \text{ ug/g dry wt.}$  ปี พ.ศ. 2555 ค่าเฉลี่ยที่  $0.1173 \pm 0.0739 \text{ ug/g dry wt.}$  สูงกว่ากล้ามเนื้อปลาทะเล ช่วง 2.7-4.5 เท่าตัว และ พีเอเอชรวม ในตับปลาทะเลจับจากอ่างศิลาสูงกว่าตับปลาทะเลจับจากมาบตาพุด ปี พ.ศ. 2557 มีค่าเฉลี่ยที่  $0.0546 \pm 0.0547 \text{ ug/g dry wt.}$  ปี พ.ศ. 2556 ค่าเฉลี่ยที่  $0.1314 \pm 0.0699 \text{ ug/g dry wt.}$  ปี พ.ศ. 2555 ค่าเฉลี่ยที่  $0.1054 \pm 0.0393 \text{ ug/g dry wt.}$  ซึ่งสูงกว่าในกล้ามเนื้อช่วง 2.4-3.7 เท่าตัว แสดงดังภาพที่ 18 และ ภาพที่ 19

ผลการวิเคราะห์ พีเอเอช ในหอยแมลงภู่นอกชายฝั่งช่วงปีพ.ศ. 2555 – 2557 พบว่า พีเอเอชรวม ในหอยแมลงภู่นอกชายฝั่งขนาดใหญ่สูงกว่าหอยแมลงภู่นอกชายฝั่งขนาดเล็ก จากจำนวนการสุ่มหอย n=20 โดยจากแหล่งเลี้ยง อ่างศิลา ในปี พ.ศ. 2557 มีค่าเฉลี่ย  $0.0500 \pm 0.0194 \text{ ug/g dry wt.}$  ในปี พ.ศ. 2556 มีค่าเฉลี่ย  $0.1190 \pm 0.0959 \text{ ug/g dry wt.}$  ในปี พ.ศ. 2555 มีค่าเฉลี่ย  $0.5435 \pm 0.1992 \text{ ug/g dry wt.}$  ซึ่งสูงกว่าในหอยแมลงภู่นอกชายฝั่งขนาดเล็กช่วง 2-2.3 เท่าตัว แหล่งเลี้ยงจากมาบตาพุด ปี พ.ศ. 2557 มีค่าเฉลี่ยที่  $0.1834 \pm 0.0567 \text{ ug/g dry wt.}$  ปี พ.ศ. 2556 ค่าเฉลี่ยที่  $0.2542 \pm 0.1301 \text{ ug/g dry wt.}$  ปี พ.ศ. 2555

ค่าเฉลี่ยที่  $0.4389 \pm 0.0886$  ug/g dry wt. ซึ่งสูงกว่าในหอยแมลงภู่น้ำจืด ช่วง 1.6-13 เท่าตัว แสดงดังภาพที่ 20

ชนิดของพีเอเอชที่พบทั้งในปลาทะเลและหอยแมลงภู่น้ำจืดจากทั้งแหล่งเลี้ยงอ่างศิลา และมาบตาพุดมีทั้งชนิดก่อมลภาวะ 5 ชนิด ได้แก่ Acenaphthylene (ACY), Phenanthrene (PHE), Fluoranthene (FLA), Pyrene (PYR), Fluorene (FLO) และ 2 ชนิดที่อาจก่อมะเร็งได้แก่ Benz[a]anthracene (BaA), Chrysene (CHR) โดยตับปลาทะเลสามารถลดความเป็นพิษของสารพีเอเอชทำให้ไม่พบสะสมในกล้ามเนื้อปลาทะเล

### การแสดงออกของ CYP1A ในปลาทะเลและหอยแมลงภู่น้ำจืดตลอด 3 ปี

การแสดงออกของ CYP1A ในตับปลาทะเลรวมทุกชนิด พบเปอร์เซ็นต์ในปลาทะเล จากทุก 30 ตัวอย่าง จากอ่างศิลาตลอด 3 ปี มีการพบครั้งที่ ปี พ.ศ. 2555 จำนวน 60% ปี พ.ศ. 2556 จำนวน 73% พ.ศ. 2557 พบมีผลบวกจำนวน 63% ส่วนมาบตาพุด มีการพบเพิ่มขึ้น ปี พ.ศ. 2555 จำนวน 60% ปี พ.ศ. 2556 และ พ.ศ. 2557 พบมี 100% จำนวน 80% แสดงดังตารางที่ และภาพที่ 21

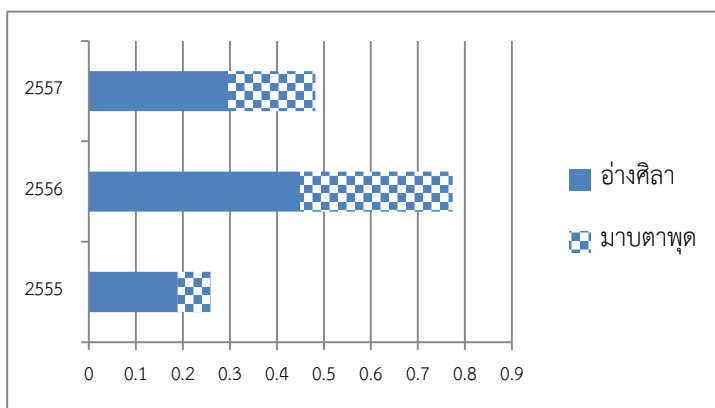
ตารางที่ 8 เปอร์เซ็นต์การพบ CYP1A แสดงออกในปลาทะเลรวม (n = 30) จากอ่างศิลาและมาบตาพุดตลอด 3 ปี

ปี	2555	2556	2557
อ่างศิลา	60	73	63
มาบตาพุด	60	80	100

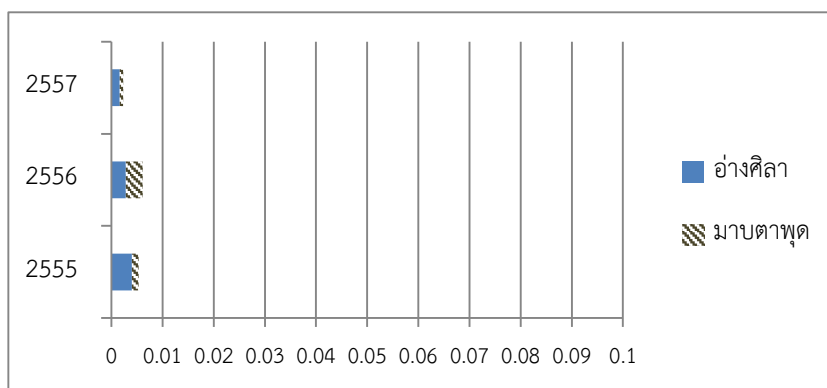
การแสดงออกของ CYP1A พบเปอร์เซ็นต์ในหอยแมลงภู่น้ำจืดสามปี 2555-2557 พบ 100% ทั้งสองสถานี อ่างศิลาและมาบตาพุด แต่ความเข้มของแบนด์ชีวิตชีวภาพมีการจับด้วยความเข้มต่างกัน ในตัวอย่าง เนื่องจากมีการจับของแอนติบอดีกับแอนติเจนความเข้มบาง (+) และความเข้มปานกลาง (++) และเข้มมาก (+++) เท่านั้น

### การแสดงออกของ MT ในปลาทะเล

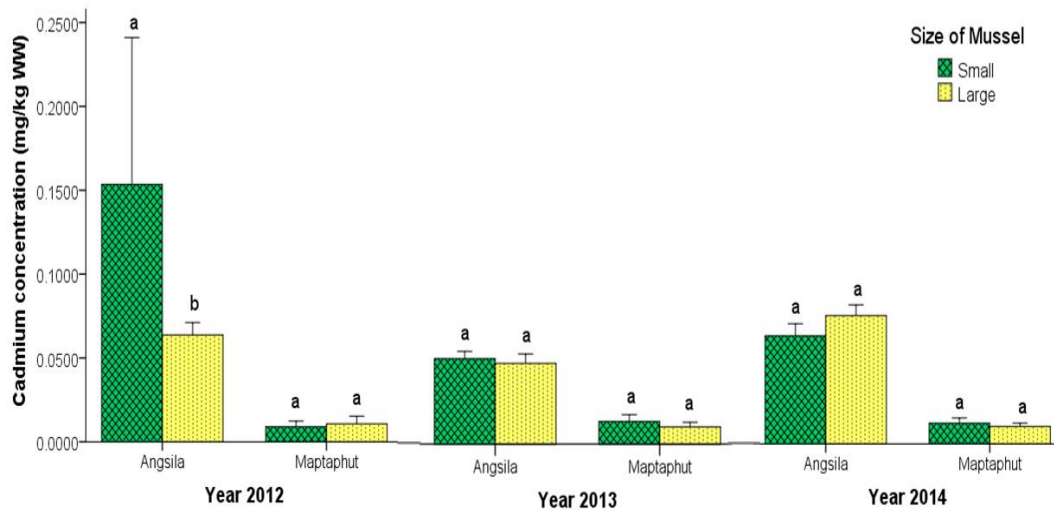
การแสดงออกของ MT จากปลาตับทะเล 60 ตัวอย่าง จากอ่างศิลาพบเปอร์เซ็นต์ของ ปี พ.ศ. 2557 จำนวน MT (ขนาด 10 kDa) 33.3 % ปี พ.ศ. 2556 จำนวน 16.6% ปี พ.ศ. 2555 จำนวน 26.6% ส่วนมาบตาพุด ปี พ.ศ. 2557 พบมี 73.3 % ปี พ.ศ. 2556 จำนวน 56.7% ปี พ.ศ. 2555 จำนวน 36.6% แสดงดังภาพที่ 14

ค่าเฉลี่ยแคดเมียม ( $\mu\text{g}/\text{dw.}$ )

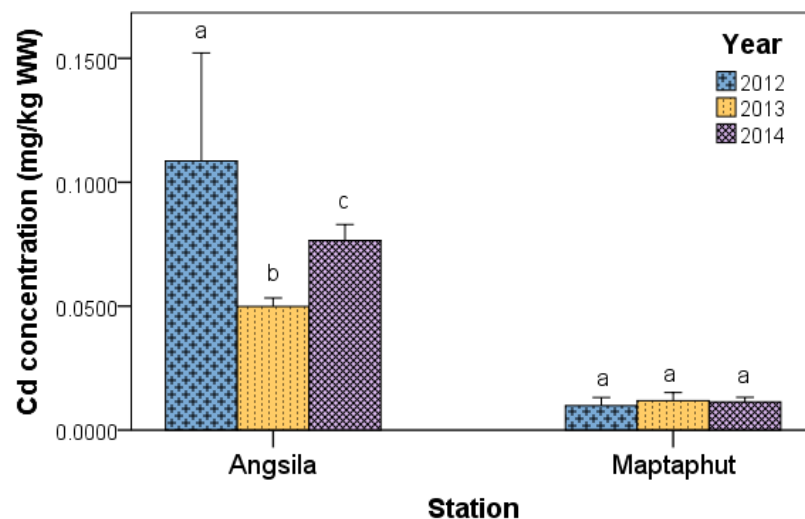
ภาพที่ 14 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแคดเมียม ( $\mu\text{g}/\text{g}, \text{ww.}$ ) ในตัวของปลาทะเลที่จับจากบริเวณ มาบตาพุดและอ่าวศิลา (ปี พ.ศ. 2555 - 2557)

ค่าเฉลี่ยแคดเมียม ( $\mu\text{g}/\text{ww.}$ )

ภาพที่ 15 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแคดเมียม ( $\mu\text{g}/\text{g}, \text{ww.}$ ) ในกล้ามเนื้อของปลาทะเลที่จับจาก บริเวณมาบตาพุดและอ่าวศิลา (ปี พ.ศ. 2555 - 2557)

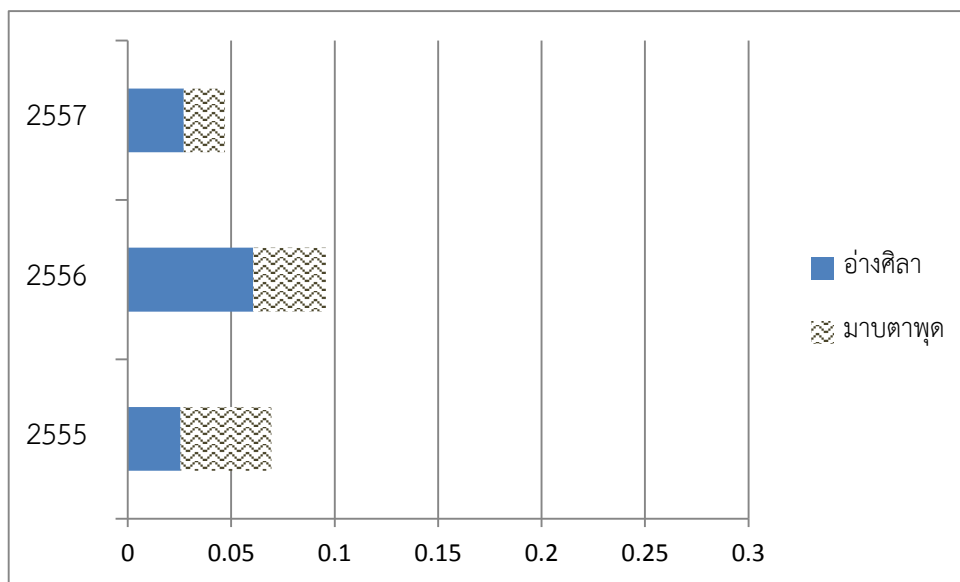


ภาพที่ 16 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแคดเมียม ( $\mu\text{g/g}$ , dw.) ในหอยแมลงภู่นขนาดเล็กและขนาดใหญ่ จากแหล่งเลี้ยงบริเวณมาตาพุดและอ่างศิลา ตามรายปี พ.ศ. 2555-2557) Error bars represent one standard deviation from the mean (n=20). For each context (each set of two bars), bars which do not have a common letter are statistical significantly difference (p<0.01) from each other.



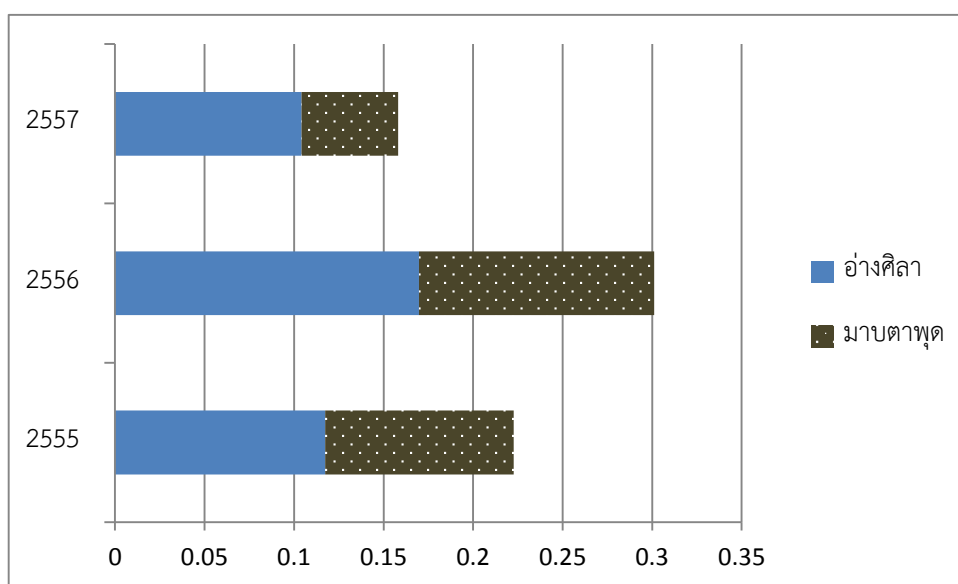
ภาพที่ 17 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแคดเมียม ( $\mu\text{g/g}$ , dw.) ในหอยแมลงภู่น (เฉลี่ยจากทั้งขนาดเล็ก และ ขนาดใหญ่) ปี พ.ศ. 2555-2557 ในแหล่งเลี้ยงบริเวณอ่างศิลาและมาตาพุด Error bars represent one standard deviation from the mean (n=20). For each context (each set of three bars), bars which do not have a common letter are statistical significantly difference (p<0.01) from each other.





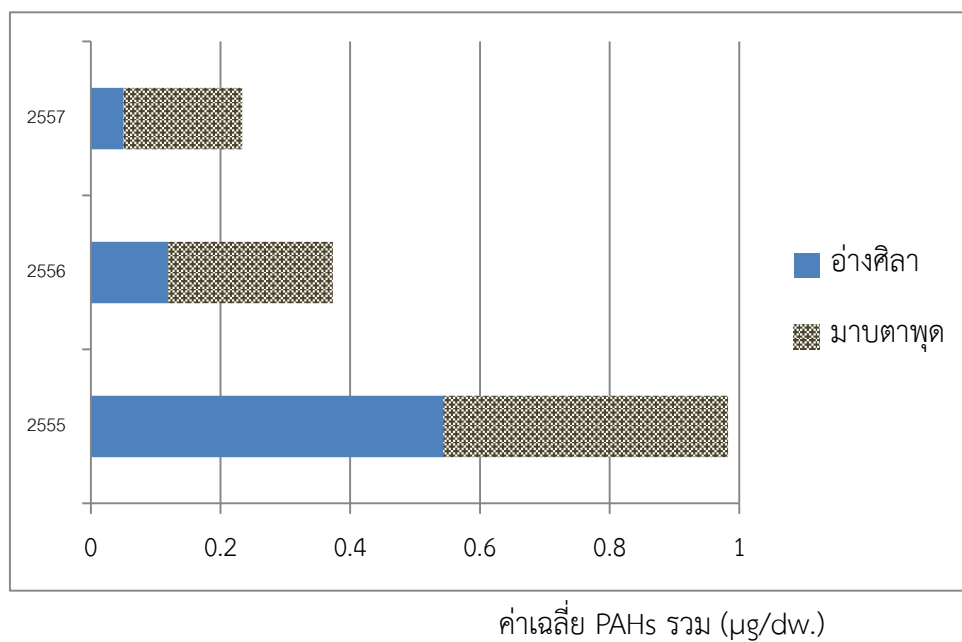
ค่าเฉลี่ย PAHs รวม (µg/dw.)

ภาพที่ 18 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของพีเอเอชรวม (µg/dw.) ในกล้ามเนื้อปลาทะเลจืดจากบริเวณอ่างศิลาและมาบตาพุด

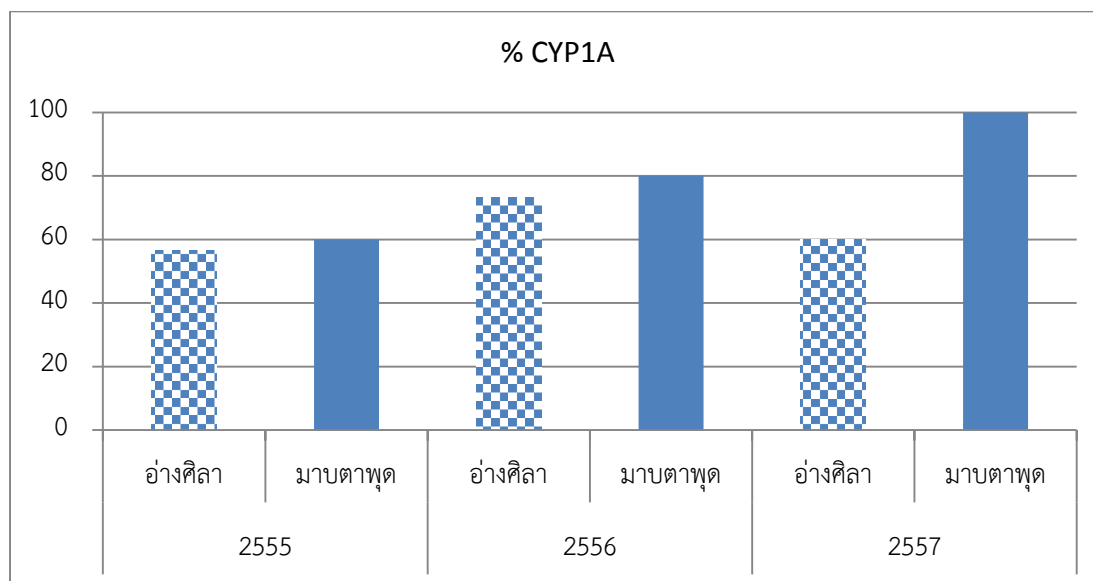


ค่าเฉลี่ย PAHs รวม (µg/dw.)

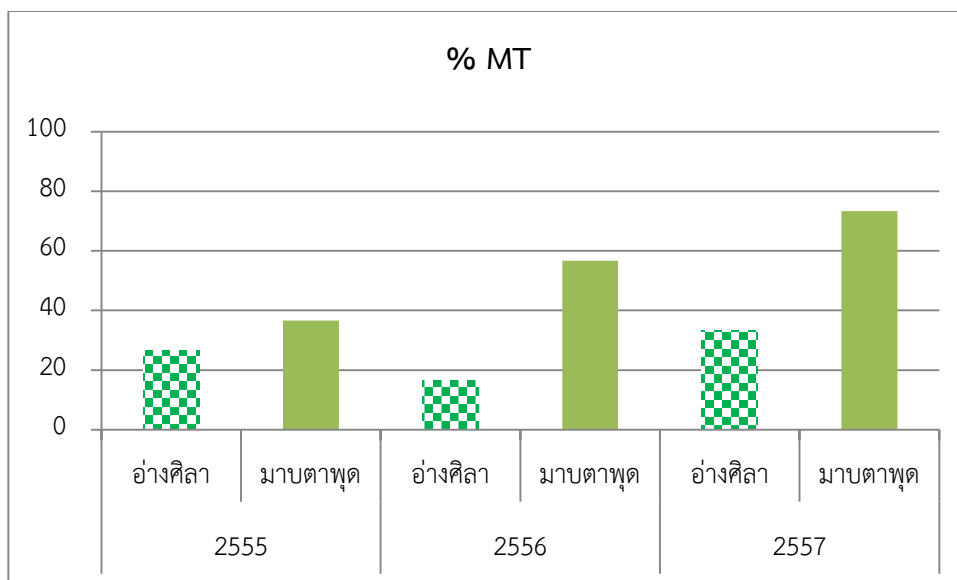
ภาพที่ 19 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของพีเอเอชรวม (µg/dw.) ในตับปลาทะเลจืดจากบริเวณอ่างศิลาและมาบตาพุด



ภาพที่ 20 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของพีเอเอชรวม (µg/dw.) ในหอยแมลงภู่น้ำจืดขนาดใหญ่จากแหล่งเลี้ยงบริเวณ อ่างศิลาและมาบตาพุด



ภาพที่ 21 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของพีเอเอชรวม (µg/dw.) ในหอยแมลงภู่น้ำจืดขนาดใหญ่จากแหล่งเลี้ยงบริเวณ อ่างศิลาและมาบตาพุด



ภาพที่ 22 เปอร์เซนต์การแสดงผลของ MT ในตำบลทะเลจากอ่างศิลาและมาบตาพุด เปรียบเทียบปี พ.ศ. 2555-2557

การศึกษาพฤติกรรมการบริโภคอาหารทะเลและการรับรู้ความเสี่ยงจากการบริโภคอาหารทะเลของหญิงตั้งครรภ์และเด็กนักเรียน ในปี 2557

#### 4.1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

หญิงตั้งครรภ์ในพื้นที่มาบตาพุดมีอายุเฉลี่ยประมาณ 26 ปี ส่วนใหญ่ (~ร้อยละ 44) จบการศึกษาระดับมัธยมต้น และประกอบอาชีพรับจ้าง ประมาณร้อยละ 40 ของกลุ่มตัวอย่างเป็นการตั้งครรภ์ครั้งที่ 1 ซึ่งปัจจุบันมีอายุครรภ์ได้ 2 เดือน หญิงตั้งครรภ์ที่ให้ข้อมูลส่วนใหญ่ (ร้อยละ 28) มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 10,001-15,000 บาท มีเพียงร้อยละ 10 ของหญิงตั้งครรภ์ที่แพ้อาหารทะเล ซึ่งส่วนใหญ่แพ้กุ้ง รองลงมาคือ หมึก และปลาทะเล รายละเอียดข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามลักษณะทางประชากรและสังคม

ลักษณะทางประชากรและสังคม	จำนวน (ร้อยละ)
1. อายุ (ปี)	
< 20	12 (12.9)
20-24	37 (39.8)
25-29	19 (20.4)
30-34	14 (15.1)
≥ 35	11 (11.8)
รวม	93 (100)
ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	26.18± 7.15
ค่าสูงสุด - ค่าต่ำสุด	18 - 50
2. อาชีพ	
เกษตรกรกรรม	2 (2.2)
รับจ้าง	41 (44.1)
ค้าขาย	7 (7.5)
แม่บ้าน	39 (41.9)
อื่นๆ	4 (4.3)
3. ระดับการศึกษา	
ไม่ได้เรียน	5 (5.4)
ประถมศึกษา	17 (18.3)
มัธยมศึกษาตอนต้น	41 (44.1)
มัธยมศึกษาตอนปลาย	28 (30.1)
ปริญญาตรี	2 (2.2)
4. รายได้เฉลี่ยต่อเดือน (บาท)	
≤ 5,000	7 (7.5)
5,001-10,000	24 (25.8)
10,001-15,000	26 (28.0)
15,001-20,000	10 (10.8)
>20,000	13 (14.0)
ไม่ต้องการเปิดเผย	13 (14.0)

ตารางที่ 9 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามลักษณะทางประชากรและสังคม (ต่อ)

ลักษณะทางประชากรและสังคม	จำนวน (ร้อยละ)
5. ครั้งที่ของการตั้งครรภ์	
1	38 (40.9)
2	28 (30.1)
3	20 (21.5)
4	5 (5.4)
5	2 (2.2)
6. อายุครรภ์ปัจจุบัน	
≤ 3 เดือน	65 (69.9)
> 3 เดือน	28 (30.1)
7. ประวัติการแพ้อาหารทะเล	
ไม่แพ้	83 (89.2)
แพ้	10 (10.8)

#### 4.2 ข้อมูลพฤติกรรมการบริโภคอาหารทะเล

ตารางที่ 10 แสดงพฤติกรรมการบริโภคอาหารทะเลของหญิงตั้งครรภ์ พบว่า โดยใน 1 สัปดาห์ หญิงตั้งครรภ์ในพื้นที่มาบตาพุด มีความถี่ในการรับประทานอาหารทะเลสดมากกว่าอาหารทะเลแห้ง ประมาณร้อยละ 60 รับประทานอาหารทะเลสด 1-2 ครั้ง/สัปดาห์ หญิงตั้งครรภ์ร้อยละ 40 รับประทานอาหารทะเลแห้ง 1-2 ครั้ง/สัปดาห์ และหากปรุงอาหารเองส่วนใหญ่ (~ร้อยละ 90) จะซื้อจากตลาดสดใกล้บ้าน และมากกว่าร้อยละ 95 รับประทานอาหารทะเลแบบปรุงสุก ส่วนต่างๆ ของสัตว์ทะเลที่รับประทาน พบว่า ส่วนใหญ่ (ร้อยละ 70) รับประทานส่วนที่เป็นเนื้อ รองลงมาคือ ไข่ หัวและพุง ตามลำดับ

ตารางที่ 10 จำนวน (ร้อยละ) ของหญิงตั้งครรภ์จำแนกตามพฤติกรรมการบริโภคอาหารทะเล

พฤติกรรมการบริโภคอาหารทะเล	จำนวน (ร้อยละ)
<b>การรับประทานอาหารทะเล(สด) ใน 1 สัปดาห์</b>	
ไม่เคย ≤ 1 ครั้ง/สัปดาห์	23 (24.7)
>1-2 ครั้ง/สัปดาห์	56 (60.2)
3-5 ครั้ง/สัปดาห์	9 (9.7)
6-7 ครั้ง/สัปดาห์	5 (5.4)
<b>การรับประทานอาหารทะเล(แห้ง) ใน 1 สัปดาห์</b>	
ไม่เคย ≤ 1 ครั้ง/สัปดาห์	45 (48.4)
>1-2 ครั้ง/สัปดาห์	39 (41.9)
3-5 ครั้ง/สัปดาห์	7 (7.5)
6-7 ครั้ง/สัปดาห์	2 (2.2)
<b>การประกอบอาหารเองที่บ้าน</b>	
ไม่เคย ≤ 1 ครั้ง/สัปดาห์	5 (5.4)
>1-2 ครั้ง/สัปดาห์	31 (33.3)
3-5 ครั้ง/สัปดาห์	27 (29.0)
6-7 ครั้ง/สัปดาห์	30 (32.3)
<b>ส่วนของอาหารทะเลที่รับประทาน</b>	
หัว	10 (8.6)
พุง	5 (4.3)
ไข่	20 (17.3)
เนื้อ	81 (69.8)
<b>แหล่งซื้ออาหารทะเลสด เมื่อปรุงอาหารเอง</b>	
ตลาดสดใกล้บ้าน	86 (92.5)
สะพานปลา	5 (5.4)
ห้างสรรพสินค้า	2 (2.2)
<b>การปรุงสุก อาหารทะเล</b>	
ดิบ	0
สุกๆดิบๆ	4 (4.3)
สุก	89 (95.7)

เกี่ยวกับความถี่ในการบริโภคอาหารทะเลในหญิงตั้งครรภ์ในรอบ 1 สัปดาห์ที่ผ่านมาในพื้นที่ มาบตาพุด พบว่า หญิงตั้งครรภ์มีความถี่ในการบริโภคอาหารทะเลในระดับบ่อยครั้งถึงประจำ เรียงลำดับจากมากไปน้อย 5 อันดับแรก ได้แก่ ปลาหู หมึก กุ้ง ปู และหอยแมลงภู่ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 จำนวน (ร้อยละ) ของความถี่ในการบริโภคอาหารทะเลในหญิงตั้งครรภ์ในรอบ 1 สัปดาห์ที่ผ่านมา

การรับประทานอาหารทะเล	ความถี่ในการบริโภค			
	ไม่เคยเลย	นานๆ ครั้ง	บ่อยครั้ง	เป็นประจำ
1. กุ้ง	10 (10.8)	54 (58.1)	25 (26.9)	4 (4.3)
2. ปู	22 (23.7)	51 (54.8)	18 (19.4)	2 (2.2)
3. หอยแมลงภู่	28 (30.1)	47 (50.5)	16 (17.2)	2 (2.2)
4. หอยนางรม	47 (50.6)	36 (38.7)	9 (9.7)	1 (1.1)
5. หอยแครง	27 (29.1)	49 (52.7)	16 (17.2)	1 (1.1)
6. ปลาหมึกชนิดต่างๆ	5 (5.4)	47 (50.5)	33 (35.5)	8 (8.6)
7. ปลาลิ้นหมา	87 (93.6)	4 (4.3)	2 (2.2)	0
8. ปลาข้างเหยียบ	89 (95.7)	3 (3.2)	1 (1.1)	0
9. ปลากระเบน/ปลากระบาง	82 (88.1)	8 (8.6)	3 (3.2)	0
10. ปลาทะเลอื่นๆ (เช่น ปลาหู ปลากระพง)	8 (20.0)	13 (32.5)	16 (40.0)	3 (7.5)
11. แมงดาทะเล	84 (90.3)	8 (8.6)	1 (1.1)	0
12. อื่นๆ (หอยตลับ, หอยหวาน, ปูแสม)	10 (62.5)	4 (25.0)	1 (6.25)	1 (6.25)

#### 4.3 พฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพต่อการบริโภคอาหารทะเลของหญิงตั้งครรภ์ก่อนและหลังการให้โปรแกรมสุขศึกษา

ภายหลังการให้สุขศึกษา พบว่า หญิงตั้งครรภ์ส่วนใหญ่ (มากกว่าร้อยละ 85) มีการรับรู้ประโยชน์ของการบริโภคอาหารทะเลปลอดภัย กล่าวคือ ทราบว่าอาหารทะเลสุกๆ ดิบๆ มีพยาธิ, หอยมีสารพิษปนเปื้อนมากกว่าปลา, เนื้อปลามีสารพิษปนเปื้อนน้อยกว่าไข่หรือเครื่องในปลา, ในช่วงที่มีการรั่วไหลของน้ำมัน/ สารเคมีลงทะเล จะทำให้มีสารพิษปนเปื้อนในอาหารทะเลได้ และร้อยละ 78 ของหญิงตั้งครรภ์ภายหลังการให้สุขศึกษา ทราบว่า การรับประทานอาหารทะเลมีประโยชน์ต่อสุขภาพของแม่และเด็ก

เกี่ยวกับการรับรู้อุปสรรคต่อการบริโภคอาหารทะเลปลอดภัย พบว่า ภายหลังการให้สุขศึกษา หญิงตั้งครรภ์ส่วนใหญ่มีความคิดเห็นในระดับมากถึงมากที่สุดว่า ช่วงที่มีน้ำมัน/สารเคมีรั่วไหลลงทะเล มักหาซื้ออาหารทะเลปลอดภัยยากร้อยละ 76, อาหารทะเลมักมีราคาแพงร้อยละ 73, ไข่ปลาหรือพุงปลามักมีรสชาติดีกว่าเนื้อปลาร้อยละ 45, หอยมักมีราคาถูกกว่าปลาทะเลร้อยละ 65, และอาหารทะเลปรุงสุกมักไม่อร่อยร้อยละ 14

ด้านการรับรู้ความสามารถของตนเองในการบริโภคอาหารทะเลปลอดภัย พบว่า เพียงร้อยละ 70 ทั้งก่อนและหลังการให้สุขศึกษาที่ หญิงตั้งครรภ์มั่นใจว่าจะสามารถหลีกเลี่ยงการรับประทานอาหารทะเลสุกๆ ดิบๆ ได้ และเพียงร้อยละ 60 ทั้งก่อนและหลังการให้สุขศึกษาที่ หญิงตั้งครรภ์มั่นใจว่าจะไม่บริโภคอาหารทะเลในช่วง 1 เดือนหลังจากที่มีการรั่วไหลของน้ำมัน/สารเคมีลงทะเล ภายหลังการให้สุขศึกษา หญิงตั้งครรภ์มากกว่าร้อยละ 75 มั่นใจว่าจะสามารถรับประทานอาหารทะเลสดได้เป็นประจำ และจะรับประทานส่วนที่เป็นเนื้อมากกว่าไข่หรือเครื่องในของสัตว์ทะเล มากถึงร้อยละ 84 มั่นใจว่าจะสามารถรับประทานปลามากกว่าหอย

เกี่ยวกับการรับรู้ความรู้สึกที่มีต่อพฤติกรรมการบริโภคอาหารทะเลปลอดภัย พบว่า ประมาณร้อยละ 10 ทั้งก่อนและหลังการให้โปรแกรมสุขศึกษา ที่หญิงตั้งครรภ์รู้สึกเสียดายเมื่อต้องทิ้งไข่หรือเครื่องในสัตว์ทะเล และส่วนใหญ่มีความคิดเห็นในระดับมากถึงมากที่สุดว่า การรับประทานหอยบ่อยๆ ไม่เป็นความเสี่ยง ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 12



ตารางที่ 12 จำนวน (ร้อยละ) ของพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพของหญิงตั้งครรภ์ก่อนและหลังการให้  
โปรแกรมสุขศึกษา

ประเด็นการรับรู้	จำนวน (ร้อยละ)							
	ก่อนทดลอง				หลังทดลอง			
	น้อย	ปาน กลาง	มาก	มากที่สุด	น้อย	ปาน กลาง	มาก	มากที่สุด
การรับรู้ประโยชน์ของการบริโภคอาหารทะเล								
1. การรับประทานอาหารทะเล มีประโยชน์ต่อสุขภาพของแม่ และเด็ก	16 (16.3)	39 (39.8)	36 (36.7)	7 (7.1)	2 (2.2)	18 (19.4)	49 (52.7)	24 (25.8)
2. การรับประทานอาหารทะเล ดิบๆ สุกๆ ปลอดภัยไม่มีพยาธิ เพราะอาหารทะเลอยู่ในน้ำ ทะเล	57 (58.2)	28 (28.6)	9 (9.2)	4 (4.1)	72 (77.4)	14 (15.1)	6 (6.5)	1 (1.1)
3. หญิงตั้งครรภ์ควรเลือก รับประทานอาหารปลามากกว่า หอย เพราะหอยมักมีสารพิษ ปนเปื้อนมากกว่าปลา	15 (15.3)	32 (32.7)	30 (30.6)	21 (21.4)	3 (3.2)	8 (8.6)	29 (31.2)	53 (57.0)
4. หญิงตั้งครรภ์ควรเลือก รับประทานเนื้อปลามากกว่าไข่ ปลาหรือฟองปลา เนื่องจากเนื้อ ปลามีสารพิษปนเปื้อนน้อยกว่า	13 (13.3)	46 (46.9)	27 (27.6)	12 (12.2)	3 (3.2)	9 (9.7)	29 (31.2)	52 (55.9)
5. ช่วงที่น้ำมัน/สารเคมีรั่วไหล ลงทะเล ควรงดบริโภคอาหาร ทะเล เพราะมีสารพิษปนเปื้อน	22 (22.4)	9 (9.2)	16 (16.3)	51 (52.0)	8 (8.6)	7 (7.5)	25 (26.9)	53 (57.0)
การรับรู้อุปสรรคต่อการบริโภคอาหารทะเล								
6. อาหารทะเลสดมักมี ราคาแพง	8 (8.2)	31 (31.6)	34 (34.7)	25 (35.5)	2 (2.2)	23 (24.7)	36 (38.7)	32 (34.4)
7. อาหารทะเลปรุงสุกมักมี รสชาติไม่อร่อย	32 (32.7)	55 (56.1)	5 (5.1)	6 (6.1)	39 (41.9)	41 (44.1)	10 (10.8)	3 (3.2)
8. หอยมักมีราคาถูกกว่าปลา ทะเล	14 (14.3)	48 (49.0)	24 (24.5)	12 (12.2)	6 (6.5)	26 (28.0)	26 (28.0)	35 (37.6)

ตารางที่ 12 จำนวน (ร้อยละ) ของพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพของหญิงตั้งครรภ์ก่อนและหลังการให้โปรแกรมสุขศึกษา (ต่อ)

ประเด็นการรับรู้	จำนวน (ร้อยละ)							
	ก่อนทดลอง				หลังทดลอง			
	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
การรับรู้อุปสรรคต่อการบริโภคอาหารทะเล								
9. ไขปลาหรือฟองปลามักมีรสชาติดีกว่าเนื้อปลา	32 (32.7)	46 (46.9)	13 (13.3)	7 (7.1)	15 (16.1)	36 (38.7)	27 (29.0)	15 (16.1)
10. ช่วงที่มีน้ำมัน/สารเคมีรั่วไหลลงทะเล มักหาซื้ออาหารทะเลปลอดภัยยาก	18 (18.4)	16 (16.3)	22 (22.4)	42 (42.9)	5 (5.4)	16 (17.2)	35 (37.6)	37 (39.8)
การรับรู้ความสามารถของตนเองในการบริโภคอาหารทะเลปลอดภัย								
11. ท่านมั่นใจว่า ท่านสามารถรับประทานอาหารทะเลสดได้เป็นประจำ	11 (11.2)	26 (26.5)	42 (42.9)	19 (19.4)	3 (3.23)	16 (17.20)	56 (60.22)	18 (19.35)
12. ท่านมั่นใจว่า จะสามารถหลีกเลี่ยงการรับประทานอาหารทะเลสุกๆดิบๆ	15 (15.3)	14 (14.3)	34 (34.7)	35 (35.7)	7 (7.5)	19 (20.4)	29 (31.2)	38 (40.9)
13. ท่านมั่นใจว่า จะรับประทานปลามากกว่าหอย	11 (11.2)	24 (24.5)	33 (33.7)	30 (30.6)	1 (1.1)	14 (15.1)	27 (29.0)	51 (54.8)
14. ท่านมั่นใจว่า จะเลือกรับประทานเนื้อปลามากกว่าไขปลาหรือฟองปลา	9 (9.2)	29 (29.6)	36 (36.7)	24 (24.5)	3 (3.2)	18 (19.4)	24 (25.8)	48 (51.6)
15. ท่านมั่นใจว่า จะไม่บริโภคอาหารทะเลในช่วง 1 เดือนหลังจากที่มีการรั่วไหลของน้ำมัน/สารเคมีลงทะเล	18 (18.4)	21 (21.4)	26 (26.5)	33 (33.7)	9 (9.7)	29 (31.2)	28 (30.1)	27 (29.0)

ตารางที่ 12 จำนวน (ร้อยละ) ของพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพของหญิงตั้งครรภ์ก่อนและหลังการให้โปรแกรมสุขศึกษา (ต่อ)

ประเด็นการรับรู้	จำนวน (ร้อยละ)							
	ก่อนทดลอง				หลังทดลอง			
	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
การรับรู้ความรู้สึกที่มีต่อพฤติกรรมการบริโภคอาหารทะเลปลอดภัย								
16. การเลือกรับประทานอาหารทะเลปลอดภัยจะทำให้เด็กในครรภ์มีสุขภาพดี	6 (6.1)	20 (20.4)	31 (31.6)	41 (41.8)	1 (1.1)	7 (7.5)	45 (48.4)	40 (43.0)
17. หญิงตั้งครรภ์ส่วนใหญ่นิยมรับประทานอาหารทะเลสุกๆดิบๆ	61 (62.2)	34 (34.7)	3 (3.1)	0	55 (59.1)	28 (30.1)	9 (9.7)	1 (1.1)
18. หญิงตั้งครรภ์สามารถรับประทานหอยได้บ่อยเหมือนคนอื่นๆ	29 (29.6)	60 (61.2)	8 (8.2)	1 (1.0)	48 (51.61)	35 (37.64)	10 (10.75)	0
19. ท่านรู้สึกเสียดายเมื่อต้องทิ้งไข่ปลาหรือฟองปลา	57 (58.2)	33 (33.7)	4 (4.1)	4 (4.1)	45 (48.4)	35 (37.6)	12 (12.9)	1 (1.1)
20. ในช่วงที่มีน้ำมัน/สารเคมีรั่วไหลลงทะเล ท่านก็ยังสามารถบริโภคอาหารทะเลได้ตามปกติ เพราะสารเคมีถูกเจือจางด้วยน้ำทะเลปริมาณมากแล้ว	66 (67.3)	26 (26.5)	5 (5.1)	1 (1.0)	49 (52.7)	28 (30.1)	14 (15.1)	2 (2.2)

ผลการเปลี่ยนแปลงการรับรู้ประโยชน์จากการบริโภคอาหารทะเลในหญิงตั้งครรภ์ก่อนและหลังการให้โปรแกรมสุขศึกษา พบว่า หลังทดลองหญิงตั้งครรภ์มีคะแนนเฉลี่ยการรับรู้ประโยชน์จากการบริโภคอาหารทะเลที่มากกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ ( $p < 0.01$ ) โดยหลังทดลองมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 14.44 และก่อนทดลองมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 11.88

ผลการเปลี่ยนแปลงการรับรู้อุปสรรคจากการบริโภคอาหารทะเลในหญิงตั้งครรภ์ก่อนและหลังการให้โปรแกรมสุขศึกษา พบว่า หลังทดลองหญิงตั้งครรภ์มีคะแนนเฉลี่ยการรับรู้อุปสรรคจาก

การบริโภคอาหารทะเลที่มากกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ ( $p < 0.01$ ) โดยหลังทดลองมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 13.33 และก่อนทดลองมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 11.86

ผลการเปลี่ยนแปลงการรับรู้ความสามารถตนเองในการบริโภคอาหารทะเลของหญิงตั้งครรภ์ ก่อนและหลังการให้โปรแกรมสุขศึกษา พบว่า หลังทดลองหญิงตั้งครรภ์มีคะแนนเฉลี่ยการรับรู้ความสามารถตนเองในการบริโภคอาหารทะเลมากกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่  $P = 0.003$  โดยหลังทดลองมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 15.31 และก่อนทดลองมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 14.02

ผลการเปลี่ยนแปลงการรับรู้ความรู้สึกที่มีต่อพฤติกรรมการบริโภคอาหารทะเลของหญิงตั้งครรภ์ ก่อนและหลังการให้โปรแกรมสุขศึกษา พบว่า หลังทดลองหญิงตั้งครรภ์มีคะแนนเฉลี่ยการรับรู้ความรู้สึกที่มีต่อพฤติกรรมการบริโภคอาหารทะเลไม่แตกต่างจากก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่  $P = 0.069$  โดยหลังทดลองมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 9.71 และก่อนทดลองมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 9.20

อย่างไรก็ตาม ผลการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพโดยรวมของหญิงตั้งครรภ์ ก่อนและหลังการให้โปรแกรมสุขศึกษา พบว่า หลังทดลองหญิงตั้งครรภ์ มีคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพโดยรวมในการบริโภคอาหารทะเล มากกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ ( $p < 0.01$ ) โดยหลังทดลองมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 52.80 และก่อนทดลองมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 46.97 ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 เปรียบเทียบผลต่างของพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพในการบริโภคอาหารทะเลของหญิงตั้งครรภ์ ก่อนและหลังการให้โปรแกรมสุขศึกษา

ตัวแปร	$\bar{X}$	SD.	$\bar{D}$	SD. $_{\bar{d}}$	t	P
การรับรู้ประโยชน์ของการบริโภคอาหารทะเล						
ก่อนทดลอง	11.88	2.38	2.56	3.04	8.12	< 0.01
หลังทดลอง	14.44	2.50				
การรับรู้อุปสรรคต่อการบริโภคอาหารทะเล						
ก่อนทดลอง	11.86	2.56	1.47	3.36	4.22	< 0.01
หลังทดลอง	13.33	2.67				

ตารางที่ 13 เปรียบเทียบผลต่างของพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพในการบริโภคอาหารทะเลของหญิงตั้งครรภ์ก่อนและหลังการให้โปรแกรมสุขศึกษา (ต่อ)

ตัวแปร	$\bar{X}$	SD.	$\bar{D}$	SD. <sub>d</sub>	t	P
การรับรู้ความสามารถของตนเองในการบริโภคอาหารทะเลปลอดภัย						
ก่อนทดลอง	14.02	3.24	1.29	4.07	3.06	0.003
หลังทดลอง	15.31	3.14				
การรับรู้ความรู้สึกที่มีต่อพฤติกรรมการบริโภคอาหารทะเลปลอดภัย						
ก่อนทดลอง	9.20	2.05	0.51	2.65	1.84	0.069
หลังทดลอง	9.71	2.07				
พฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพโดยรวมในการบริโภคอาหารทะเล						
ก่อนทดลอง	46.97	6.71	5.83	9.22	6.10	< 0.01
หลังทดลอง	52.80	7.96				

## บทที่ 5 วิจารณ์ผลการวิจัย

การศึกษาวินิจฉัยเป็นการตรวจสอบการปนเปื้อนของแคดเมียมและสาร PAHs รวมในปลาทะเลธรรมชาติและหอยแมลงภู่เลี้ยงในฟาร์มทะเลจากชายฝั่งทะเลอ่างศิลา จังหวัดชลบุรีและนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง รวมทั้งตรวจสอบการตัวชี้วัดชีวภาพ Cytochrome P450 (CYP1A) และ Metallothionein (MT) บ่งชี้การรับสัมผัสสารดังกล่าว ทำการเก็บตัวอย่างเพียงครั้งเดียวแต่ละปี รวม 3 ปีระหว่างปีพ.ศ. 2555-2557 และ ศึกษาพฤติกรรมกรรมการบริโภคอาหารทะเลและการรับรู้ความเสี่ยงจากการบริโภคอาหารทะเลของหญิงตั้งครรภ์และเด็กนักเรียน

ผลการศึกษาวินิจฉัยแคดเมียมและสาร PAHs รวม พบมีการปนเปื้อนทั้งในระดับและกล้ำมเนื้อปลาทะเลธรรมชาติและหอยแมลงภู่เลี้ยงทั้งจากชายฝั่งทะเลอ่างศิลา จังหวัดชลบุรีและนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง ตลอดสามปีทำการศึกษาทั้งใน ปีพ.ศ. 2557 ปี พ.ศ. 2556 และปี พ.ศ. 2555 โดยถูกยืนยันว่าปลาทะเลและหอยแมลงภู่มีการรับสัมผัสจริงต่อสาร PAHs รวม และได้ผลการยืนยันบ่งชี้ในการศึกษาครั้งนี้ เมื่อใช้ตัวชี้วัดชีวภาพการแสดงออกของ CYP1A ในตับปลาทะเลและหอยแมลงภู่ และตัวชี้วัดชีวภาพการแสดงออกของ MT ในตับปลาทะเล ทำให้ทราบระดับการสัมผัสสารกลุ่มพีเอเอชและโลหะหนัก เนื่องจากเป็นที่ยอมรับกันทั่วโลกในการนำ CYP1A ติดตาม ตรวจสอบในสัตว์น้ำ เช่นหอยแมลงภู่ *Mytilus edulis* จากบริเวณแหล่งน้ำที่มีการปนเปื้อนจาก Venice Lagoon ในประเทศอิตาลี (Peter et al.,1998) และการนำ CYP1A (K-B Barnette et. al., 2010) และ MT (Thanomsit et. al., 2013) ติดตามการบ่งชี้การสัมผัสสารอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอนและโลหะหนักในปลาทะเลชนิดต่างๆ ในอ่าวไทยของประเทศไทย

ปริมาณการปนเปื้อนของแคดเมียมในตับปลาทะเลจากอ่างศิลาในปี พ.ศ. 2556 สูงสุด รองลงมาคือปี พ.ศ. 2557 และน้อยที่สุดในปี พ.ศ. 2555 ได้ผลในทำนองเดียวกับการปนเปื้อนในตับปลาทะเลจากมาบตาพุด ปริมาณแคดเมียมสูงสุดที่พบในปลาทะเลเปรียบเทียบกับตลอดสามปีจากทั้งสองสถานี พบว่า จากอ่างศิลา คือ ค่าเฉลี่ยแคดเมียมจากปลาทะเลทั้งหมดที่สุ่มจับคือ  $0.4490 \pm 0.6753$  ug/g wet wt. ส่วนในกล้ำมเนื้อปลาทะเลปริมาณแคดเมียมสูงสุดที่พบ จากอ่างศิลา คือ ค่าเฉลี่ยแคดเมียมที่  $0.004$  ug/g wet wt. การปนเปื้อนแคดเมียมจากปลาทะเลในการศึกษานี้ยังไม่เกินค่ามาตรฐานอาหารจากประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 (พ.ศ. 2529) เรื่องมาตรฐานอาหารที่มีสารแคดเมียมปนเปื้อนในปลาห้ามเกิน  $5$  ug/g wet wt. (หรือ  $0.05$  mg/Kg wet wt.) แม้ปริมาณแคดเมียมสูง ในตับปลา (เฉลี่ย  $0.8777 \pm 0.6479$  ug/g wet wt.) ก็ยังต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดประมาณ 6 เท่า สอดคล้องกับตรวจพบปริมาณการปนเปื้อนของแคดเมียมในหอยแมลงภู่ทั้งสองแหล่งเลี้ยง แต่ยังต่ำกว่าตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 (พ.ศ. 2529) เรื่องมาตรฐานอาหารที่มีสารแคดเมียมปนเปื้อนในหอยห้ามเกิน  $200$  ug/g wet wt. ( $2.0$  mg/Kg wet wt.) การที่พบ

การปนเปื้อนแคดเมียมได้ทั้งชายฝั่งทะเลจังหวัดชลบุรีและชายฝั่งนิคมมาบตาพุด เนื่องจากอ่างศิลาได้รับผลกระทบจากแม่น้ำบางปะกงไหลลงสู่ทะเล ที่มีโลหะหนักปนเปื้อน ส่วนมาบตาพุดเป็นชายฝั่งที่ตั้งของนิคมอุตสาหกรรม ที่ได้รับน้ำทิ้งจากโรงงานปล่อยลงสู่ทะเล ผลการศึกษาทั้งสามปีบ่งชี้ว่า อ่างศิลาเป็นแหล่งการเพาะเลี้ยงและการประมง แต่ได้รับผลกระทบจากมลพิษทางน้ำที่ปนเปื้อนจากแคดเมียม จากผลการศึกษาของอิทธิ เมืองเดช (2545) วิเคราะห์ปริมาณโลหะตะกั่ว แคดเมียม สังกะสีและปรอท ในหอยแครง (*Anadara granosa*) บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง และบริเวณชายฝั่งทะเล ตั้งแต่บางทรายถึงตำบลคลองตำหรุ ชลบุรี โดยทำการเก็บตัวอย่าง 6 ครั้ง ตั้งแต่เดือน ธันวาคม 2542 มกราคม มีนาคม เมษายน มิถุนายน กรกฎาคม 2543 พบว่า ค่าเฉลี่ยสูงสุดของโลหะตะกั่วและแคดเมียมพบในเดือนธันวาคม 2542 และมกราคม 2543 โดยมีค่าเท่ากับ 0.435 และ 0.835  $\mu\text{g/g}$  wet weight ส่วนความเข้มข้นของปริมาณแคดเมียมในหอยแมลงภู่ในการศึกษานี้มีค่าช่วง 0.05–0.01  $\mu\text{g/g}$  wet wt. ซึ่งค่าแคดเมียมในหอยแมลงภู่ทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่มีค่าน้อยกว่าในหอยแครง 5.4 เท่า ทั้งนี้เพราะการอาศัยของหอยแครงบริเวณหน้าดินในทะเลจะมีโอกาสสัมผัสแคดเมียมจากตะกอนดินสูงกว่าหอยแมลงภู่ที่อาศัยในน้ำทะเล ผลการศึกษายังชี้ชายฝั่งทะเลอ่างศิลามีการปนเปื้อนโลหะหนักอย่างแน่นอนและสูงกว่าชายฝั่งทะเลมาบตาพุด อย่างไรก็ตามควรให้ทราบแหล่งกำเนิดของการปนเปื้อน เพราะอ่างศิลาเป็นแหล่งการเพาะเลี้ยงปลากะพงขาว หอยนางรม หอยแครง และหอยแมลงภู่ ลักษณะชายฝั่งทะเลมีชุมชนอาศัยอยู่จำนวนมาก และมีคลองต่างๆ ที่รับน้ำทิ้งลงสู่ชายทะเล รวมทั้งน้ำจากแม่น้ำบางปะกงที่ต้นน้ำมีโรงงาน และเกษตรกรรมยังมีความน่ากังวลในการพบแคดเมียมปนเปื้อนในตับปลาหามีค่าค่อนข้างสูงจากมาบตาพุดในปี พ.ศ. 2556 มีค่าเฉลี่ย 0.8777  $\mu\text{g/g}$  wet wt. ในปี พ.ศ. 2555 มีค่าเฉลี่ย 0.7626  $\mu\text{g/g}$  wet wt. แต่ปี พ.ศ. 2557 มีค่าต่ำกว่า ซึ่งปลาที่จับเป็นปลานิยมบริโภคกันมาก จึงมีความเสี่ยงต่อผู้บริโภคในการรับแคดเมียมที่ปนเปื้อนแม้ค่าในตับจะสูงกว่าพบในกล้ามเนื้อก็ตาม

ปริมาณการปนเปื้อนของสารฟิเอเอชรวมในปลาทะเลตลอด 3 ปี ผลการวิเคราะห์ ฟิเอเอช ในปลาทะเลช่วงปี พ.ศ. 2555–2557 พบว่า ฟิเอเอชรวม ในตับปลาทะเลสูงกว่ากล้ามเนื้อ โดยจากอ่างศิลา ปี พ.ศ. 2556 ค่าสูงสุดเฉลี่ยที่  $0.1698 \pm 0.1650$   $\mu\text{g/g}$  dry wt. รองลงมาคือปี พ.ศ. 2555 และค่าน้อยที่สุดในปี พ.ศ. 2557 ทุกค่าในตับปลาที่พบในทุกปี จะสูงกว่ากล้ามเนื้อปลาทะเล ช่วง 2.7–4.5 เท่าตัว และฟิเอเอช รวม ในตับปลาทะเลจับจากอ่างศิลาสูงกว่าตับปลาทะเลจับจากมาบตาพุด ปี พ.ศ. 2556 ค่าสูงสุดเฉลี่ยที่  $0.1314 \pm 0.0699$   $\mu\text{g/g}$  dry wt. รองลงมาคือ ปี พ.ศ. 2555 และปี พ.ศ. 2557 ที่มีค่าน้อยสุด ซึ่งในทุกปีสูงกว่าในกล้ามเนื้อช่วง 2.4–3.7 เท่าตัว ส่วนผลการวิเคราะห์ ฟิเอเอช ในหอยแมลงภู่ช่วงปีพ.ศ. 2555–2557 พบว่า ฟิเอเอชรวม ในหอยแมลงภู่ขนาดใหญ่สูงกว่าหอยแมลงภู่ขนาดเล็ก โดยจากแหล่งเลี้ยงอ่างศิลา ในปีพ.ศ. 2557 มีค่าน้อยสุดเฉลี่ย  $0.0500 \pm 0.0194$   $\mu\text{g/g}$  dry wt. ในปีพ.ศ. 2556 มีค่าเฉลี่ย  $0.1190 \pm 0.0959$   $\mu\text{g/g}$  dry wt. ในปี พ.ศ. 2555 มีค่าสูงสุดเฉลี่ย  $0.5435 \pm 0.1992$   $\mu\text{g/g}$  dry wt. ซึ่งสูงกว่าในหอยแมลงภู่ขนาดเล็กช่วง 2–2.3 เท่าตัว แหล่งเลี้ยงจาก

มาบตาพุด ปี พ.ศ. 2557 มีค่าเฉลี่ยที่  $0.1834 \pm 0.0567$  ug/g dry wt. ปี พ.ศ. 2556 ค่าเฉลี่ยที่  $0.2542 \pm 0.1301$  ug/g dry wt ปี พ.ศ. 2555 ค่าเฉลี่ยที่  $0.4389 \pm 0.0886$  ug/g dry wt. ซึ่งสูงกว่าในหอยแมลงภู่นขนาดเล็ก ช่วง 1.6-13 เท่าตัว เมื่อเปรียบเทียบระหว่างปลาทะเลและหอยแมลงภู่นแล้ว การปนเปื้อนของสารพีเอเอชรวมในหอยแมลงภู่นจะสูงกว่าปลาทะเล ชนิดของสารPAHsรวมจาก 16 ชนิดซึ่ง US-EPA มีการกำหนดให้ตรวจวัดผลการศึกษาทั้งปี พ.ศ. 2556 จากทั้งสองแหล่งตรวจพบเป็นสารขนาดมวโมเลกุลเล็ก 3 ชนิดน้อยกว่าในปี พ.ศ. 2555 ตรวจพบเป็นสารขนาดมวโมเลกุลเล็กหลายชนิดทั้งจากอ่าวตลิ่ง และมาบตาพุด ทั้งในปลาทะเลและหอยแมลงภู่นผลวิเคราะห์ยังบ่งชี้เป็นการปนเปื้อนจากสารน้ำมันต่างๆ ที่ปนเปื้อนในทะเล แหล่งการปนเปื้อนจากอ่าวตลิ่งน่าจะมาจากเรือประมงและเรือขนส่งสินค้า ส่วนจากมาบตาพุดน่าจะมาจากน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและมลพิษทางอากาศที่สารน้ำมันตกลงในทะเล โดย  $\Sigma 16$ PAHs ในปลาทะเล (เฉลี่ยทั้งตัวและกล้ามเนื้อ) ในปี พ.ศ. 2556 สูงกว่า ในปี พ.ศ. 2555 จากอ่าวตลิ่งมีค่าเฉลี่ย  $0.0715 \pm 0.0698$  ug/g dry wt. จากมาบตาพุดเฉลี่ย  $0.0746 \pm 0.0435$  ug/g dry wt. ซึ่งมีค่าน้อยกว่าพบในหอยแมลงภู่น (เฉลี่ยทั้งขนาดใหญ่และขนาดเล็ก) จากอ่าวตลิ่งมีค่าเฉลี่ย  $0.3676 \pm 0.2287$  ug/g dry wt. จากมาบตาพุดเฉลี่ย  $0.2967 \pm 0.1874$  ug/g dry wt. ทั้งนี้การสลายและขับออกจากร่างกายของสารPAHs ในหอยจะมีอัตราต่ำกว่าสัตว์กระดูกสันหลัง (Albers, 2003; Short, & Springman, 2006) เมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งมลพิษทางน้ำมันจากทะเลเมดิเตอร์เรเนียน ประเทศอิตาลี ที่มีค่า  $\Sigma 16$ PAHs ในตะกอนดิน และ กล้ามเนื้อปลาทะเลมีค่าเฉลี่ย 75, 85 และ 3.93 ng/g dry wt. ตามลำดับ โดย EPA กำหนดค่าปนเปื้อนค่า  $\Sigma 16$ PAHs ในตะกอนดิน และ กล้ามเนื้อปลาทะเลที่ 138.50 และ 3.24 ng/g dry wt. (หรือ 0.1385 และ 0.0032 ug/g dry wt.) ตามลำดับซึ่งผลการศึกษารั้งนี้พบการปนเปื้อนทั้งในปลาทะเลและหอยแมลงภู่นจากอ่าวตลิ่งและมาบตาพุดสูงกว่ามลพิษทางน้ำมันที่ทะเลเมดิเตอร์เรเนียนและที่EPA กำหนดค่าไว้สูงมาก (Trisciani et al., 2011) อย่างไรก็ตามในประเทศไทยยังไม่มีกำหนดค่า PAHs ปนเปื้อนในอาหารทะเล

ชนิดของ PAHs ที่พบในดับปลาทะเลจากอ่าวตลิ่งและมาบตาพุดมี 4 ชนิด คือ Phenanthrene (PHE), Pyrene (PYR), Fluoranthene (FLA), และ Chrysene (CHR) และพบ Benz[a]anthracene (BaA) ในดับปลาทะเลจากอ่าวตลิ่ง ในปลาตัวอย่างเดียวกันทั้งหมดนี้ไม่พบ Chrysene (CHR) สะสมในกล้ามเนื้อ ส่วนหอยแมลงภู่นขนาดใหญ่ทั้งจากอ่าวตลิ่งและมาบตาพุด จะพบเหมือนกัน 3 ชนิดของ PAHs คือ PHE, FLA และ PYR และมาบตาพุดยังพบเพิ่มอีก 3 ชนิด คือ Acenaphthylene (ACY), Acenaphthene (ACE) และ CHR ส่วนหอยแมลงภู่นขนาดเล็ก จากอ่าวตลิ่งพบ 2 ชนิด คือ PHE และ FLA ส่วนจากมาบตาพุด พบได้ 3 ชนิด คือ ,PYR และ CHR ซึ่ง BaA และ CHR จัดเป็นชนิดที่มีความเป็นไปได้ในการก่อมะเร็งในมนุษย์ (IARC 2012) ดังนั้นจึงมีความเสี่ยงในการบริโภคหอยแมลงภู่นเลี้ยง และปลาทะเลที่จับจากทั้งชายฝั่งทะเลนิคมมาบตาพุดและอ่าวตลิ่ง แม้พบในปลาทะเลและหอยแมลงภู่นบางตัวอย่างและบางปีก็ตาม ในต่างประเทศก็มีรายงานการพบ carcinogenic PAHs



(benzo[a]anthracene, chrysene, benzo[a]pyrene and benzo[k]fluoranthene) พบใน mussels (*Mytilus galloprovincialis*) ในคลองของเมือง Venice, Italy (Wetzel and Van Vleet, 2004).

ตัวชี้วัดชีวภาพประเภทเอ็มไซม์โปรตีน ที่ถูกสร้างขึ้นในร่างกายสัตว์น้ำ หลังการสัมผัสสารมลพิษ จำพวก ไฮโดรคาร์บอน การตัวพบโปรตีนเพิ่มมากขึ้นเป็นสิ่งบ่งชี้ว่าสิ่งมีชีวิตมีการขับออกสารนั้นออกจากร่างกาย ซึ่งการตรวจพบจะใช้ เป็นสัญญาณการเตือน (early warning parameter) ในสิ่งมีชีวิตบ่งชี้สิ่งมีชีวิตกำลังถูกคุกคาม (Sarkar, et al., 2006) โดยเฉพาะการพบการแสดงออกของตัวชี้วัดชีวภาพ CYP1A ในปลาทะเล จากมาตาพุดมีแนวโน้มสูงขึ้น ซึ่งในปี พ.ศ. 2557 พบ 100% จากปลาทุกตัวอย่าง ผลวิจัยยังได้ชี้อีกว่า ได้พบ CYP1A แสดงในปลาหินสัตว์น้ำน้อยกว่า ปลาหินพีช เช่นปลาทุ ปลากระบอง ปลาข้างตะเกียบ ปลาหางแข็ง และปลาแป้น โดยทั่วไปสารพีเอเอชจะเกาะกับแพลงตอนพีชได้ดี ดังนั้นปลาที่กินแพลงตอน จึงรับสารพีเอเอชเข้าสู่ร่างกาย และถูกกำจัดออกที่ตับอย่างสม่ำเสมอ (Oost, et.al, 2003) ดังนั้นการสำรวจใช้ตัวชี้วัดชีวภาพ CYP1A บ่งชี้ว่าปลาที่มีการสัมผัสสารไฮโดรคาร์บอน ควรเลือกสุ่มตรวจจากปลาหินพีช ตัวชี้วัดชีวภาพประเภทเอ็มไซม์โปรตีน Cytochrome P450 (CYP1A) ที่ถูกสร้างขึ้นในร่างกายสัตว์น้ำ หลังการสัมผัสสารมลพิษ จำพวก ไฮโดรคาร์บอน การตรวจได้ใช้เทคนิคทางแอนติบอดีจำเพาะ CYP1A ที่สร้างจากปลากะพงขาว Asian sea bass (*Lates calcarifer*, Bloch) (พอจิตร และคณะ 2558) และปลา Rainbow Trout (Celander and Förlin, 1991) การแสดงออกของตัวชี้วัดชีวภาพ CYP1A ทั้งในปลาทะเลและหอยแมลงภู่ สอดคล้องกับผลปริมาณการวิเคราะห์สารพีเอเอช ซึ่งคาด CYP1A inducers พบได้ทั้งสองสถานี อ่างศิลาและมาตาพุด ส่วนผล CYP1A ในหอยแมลงภู่ทั้งในตลอดทั้ง 3 ปีที่ศึกษา พบ 100% จึงถือว่าเป็นสัตว์ทะเลที่ไม่เคลื่อนที่และมีการสร้าง CYP1A ประสิทธิภาพต่ำกว่าในปลาทะเลชนิดต่างๆ สิ่งมีชีวิตที่มีการนำมาใช้ในการตรวจติดตามมลพิษสิ่งแวดล้อมทางน้ำ และมีรายงานบริเวณ Southeast Asia ในใช้หอยแมลงภู่ mytilid mussel, *Perna viridis* (Nicholson & Lam, 2005)

ตัวชี้วัดชีวภาพประเภทเอ็มไซม์โปรตีน metallothionein (MT) ที่ถูกสร้างขึ้นในร่างกายสัตว์น้ำ เช่นปลา หลังการสัมผัสสารมลพิษ จำพวก โลหะหนัก โปรตีน MT สามารถถูกวัดได้ทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพ ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ ได้ใช้เทคนิคทางแอนติบอดีจำเพาะ MT ที่สร้างจากปลากะพงขาว Asian sea bass (*Lates calcarifer*, Bloch) (Thanomsit et. al, 2013) มีใช้แอนติบอดีทางการค้าที่จำเพาะต่อ cod MT และ mammalian actin และแอนติบอดีที่จำเพาะต่อ *Lithognathus mormyrus* MT (ที่ผลิตขึ้น) ตรวจสอบการแสดงออกของ MT ในปลา *L. mormyrus* ที่สัมผัสสารแคดเมียม ด้วยวิธี ELISA พบว่าแอนติบอดีที่จำเพาะต่อ *Lithognathus mormyrus* MT (ที่ผลิตขึ้น) สามารถตรวจปริมาณของ MT ในปลา *L. mormyrus* ได้เช่นเดียวกัน

(Yudkovski et. al, 2008) การแสดงออกของ MT จากปลาทะเล ชายฝั่งมาบตาพุด พบเปอร์เซ็นต์สูง กว่า จากอ่างศิลา ตลอด ทั้ง 3 ปี ปั้งชี้ ปลาทะเลได้รับโลหะหนักเข้าสู่ร่างกาย แม้ว่าแคดเมียมที่ศึกษา พบในปริมาณที่ไม่สูง แต่คาดว่าน่าจะมีโลหะหนักตัวอื่นปนเปื้อนในบริเวณศึกษา จึงนับว่ามีความเสี่ยง ของการปนเปื้อนโลหะหนัก ที่สะสมในห่วงโซ่อาหารในระบบนิเวศน์ทางทะเลชายฝั่งจังหวัดระยอง มากกว่าชายฝั่งจังหวัดชลบุรี และความสัมพันธ์ชนิดของปลาที่ให้ผลบวกต่อ MT ได้แก่ ปลากินสัตว์ เป็นอาหาร ได้แก่ ปลาอินทรีขี้ขี้ ปลาสีกุน ปลาตะเพียนน้ำเค็ม ปลาตะกรับเสือดาว ปลาหางแข็ง ปลาแมว ปลาสากดำ โดยปลาทะเลที่เด่นให้ผลบวกทั้ง CYP1A และ MT คือปลากะบอก

ผลการส่งเสริมพฤติกรรมการบริโภคอาหารทะเล พบว่า หลังทดลองหญิงตั้งครรภ์มีคะแนน เฉลี่ยการรับรู้ประโยชน์ การรับรู้อุปสรรคจากการบริโภคอาหารทะเล และการรับรู้ความสามารถ ตนเองในการบริโภคอาหารทะเลที่มากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่กิจกรรมการ ให้สุขศึกษาในครั้งนี้ไม่สามารถปรับเปลี่ยนการรับรู้ความรู้สึกที่มีต่อพฤติกรรมการบริโภคอาหารทะเล ได้ อาจเป็นเพราะในการปรับเปลี่ยนความคิดและอารมณ์ซึ่งมีผลต่อพฤติกรรมสุขภาพนั้น ขึ้นอยู่กับ หลายปัจจัยและองค์ประกอบ ได้แก่ ปัจจัยส่วนบุคคลทางด้านจิตวิทยา ชีววิทยา และปัจจัยที่ เกี่ยวข้องกับบริบททางสังคม วัฒนธรรม และความเชื่อของหญิงตั้งครรภ์ ซึ่งจะมีผลต่อความมุ่งมั่นที่ จะปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพนั้นๆ นอกจากนั้นอิทธิพลของบุคคลในครอบครัว เพื่อน และอิทธิพลจาก สถานการณ์หรือเหตุการณ์ต่างๆ รอบตัว ก็อาจมีผลต่อการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพได้ด้วย เช่นกัน (Pender et al., 2006)

อย่างไรก็ตาม ผลการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพโดยรวม พบว่า หลังการให้สุข ศึกษาหญิงตั้งครรภ์ที่ทำงานและ/หรือพักอาศัยในพื้นที่มาบตาพุด มีการรับรู้ความเสี่ยงจากการบริโภค อาหารทะเลที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้น โรงพยาบาลในพื้นที่ดังกล่าว จึงควรมีการปรับ เพิ่มการให้สุขศึกษาแก่หญิงตั้งครรภ์ในเรื่อง การรับรู้ความเสี่ยงจากการบริโภคอาหารทะเล ควบคู่ไป กับการให้สุขศึกษาเกี่ยวกับอนามัยแม่และเด็กด้วย เนื่องจากพื้นที่มาบตาพุดเป็นที่ตั้งของโรงงาน อุตสาหกรรมหนักเป็นจำนวนมาก หรืออาจเรียกได้ว่าเป็น มาบตาพุดคอมเพล็กซ์ (ศสอ, 2552) ซึ่ง เป็นพื้นที่ซึ่งมีการปนเปื้อนสารเคมีในสิ่งแวดล้อมในปริมาณสูง ซึ่งมีแนวโน้มที่ร้ายแรงถึงขนาดเป็น อันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน และยังถูกประกาศกำหนดให้เป็นเขตควบคุมมลพิษด้วย

## สรุปผลวิจัย

1. การปนเปื้อนของแคดเมียมในสัตว์น้ำที่สำรวจทั้งจากอ่างศิลาและมาบตาพุด ให้ผล เหมือนกันคือ ระดับค่าแคดเมียมเฉลี่ยใน ตับปลาทะเล > หอยแมลงภู่> กล้ามเนื้อปลาทะเล
2. ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแคดเมียมระหว่างบริเวณแหล่ง อาศัยและขนาดของหอยแมลงภู่ พบว่าในทั้งสองสถานี Cadmium ในหอยแมลงภู่ขนาดเล็กมีค่าสูง

กว่าหอยแมลงภู่น้ำจืดขนาดใหญ่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.01$ ) และความเข้มข้นของแคดเมียมในหอยแมลงภู่น้ำจืดขนาดใหญ่และหอยแมลงภู่น้ำจืดเล็กที่อาศัยบริเวณอ่างศิลาสูงกว่าบริเวณมาบตาพุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.01$ )

3. ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของ PAHs ระหว่างบริเวณแหล่งอาศัยและชนิดเนื้อเยื่อของปลาด้วยสถิติ ANOVA พบว่าในทั้งสองสถานี่ความแตกต่างระหว่างค่าความเข้มข้นของ PAHs ในตับปลามีค่าสูงกว่ากล้ามเนื้อปลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.01$ ) แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างค่าความเข้มข้นของ PAHs ในเนื้อเยื่อตับและกล้ามเนื้อปลาที่อาศัยบริเวณอ่างศิลาและบริเวณมาบตาพุด ( $p > 0.05$ )

4. ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของ PAHs ระหว่างบริเวณแหล่งอาศัยและขนาดของหอยแมลงภู่น้ำจืดด้วยสถิติ ANOVA พบว่าในทั้งสองสถานี่ความแตกต่างระหว่างค่าความเข้มข้นของ PAHs ในหอยแมลงภู่น้ำจืดใหญ่มีค่าสูงกว่าหอยแมลงภู่น้ำจืดเล็กอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.01$ ) และพบความแตกต่างระหว่างค่าความเข้มข้นของ PAHs ในหอยแมลงภู่น้ำจืดใหญ่และหอยแมลงภู่น้ำจืดเล็กที่อาศัยบริเวณมาบตาพุดมีค่าสูงกว่าอ่างศิลา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.01$ )

5. การแสดงออกของ CYP1A และ MT ในปลาทะเลด้วยเทคนิคแอนติบอดี จากมาบตาพุด พบมีเปอร์เซ็นต์ผลบวก มากกว่าจากอ่างศิลา โดยประเภทปลาทะเลชนิดกับการกินอาหารสัมพันธ์กับผลบวกของ CYP1A คือกลุ่มปลากินพืช ผลบวกของ MT คือกลุ่มปลากินเนื้อ และปลากระดูก

6. ผลการตรวจการแสดงออกของ CYP1A ด้วยเทคนิคแอนติบอดี ในหอยแมลงภู่น้ำจืดอ่างศิลาและมาบตาพุดพบ 100% ทั้งสองสถานี่ ตลอดทั้ง 3 ปี

7. ชนิดของ PAHs จาก 16 ตัวที่เป็นพิษสามารถตรวจพบจากทั้งปลาทะเลพบเป็นสารขนาดมวล์โมเลกุลเล็กมีชนิดที่พบในปลา 3 ชนิดเท่านั้นคือ Phenanthrene (PHE), Pyrene (PYR), Fluoranthene (FLA) ส่วนชนิดของ PAHs จาก 16 ตัวที่เป็นพิษสามารถตรวจพบหอยแมลงภู่น้ำจืดเป็นสารขนาดมวล์โมเลกุลเล็กมีชนิดที่พบในหอยแมลงภู่น้ำจืดใหญ่คือ Acenaphthylene (ACY), Phenanthrene (PHE), Fluoranthene (FLA), Pyrene (PYR), Chrysene (CHR) ในหอยแมลงภู่น้ำจืดเล็กคือ Phenanthrene (PHE), Fluoranthene (FLA), Pyrene (PYR), Chrysene (CHR)

8. หญิงตั้งครรภ์จากอ่างศิลาและมาบตาพุดมีพฤติกรรมการบริโภค มีความแตกต่างกันแต่ความรู้ ความเข้าใจและการรับรู้ความเสี่ยงจากการบริโภคอาหารทะเล พบว่า หญิงตั้งครรภ์ในมาบตาพุดและอ่างศิลามีความรู้ ความเข้าใจและมีการรับรู้ความเสี่ยงเกี่ยวกับอาหารทะเลและโลหะหนักอยู่ในระดับน้อยและไม่แตกต่างจากหญิงตั้งครรภ์ในอ่างศิลาส่วนเด็กนักเรียนในพื้นที่มาบตาพุด มีความรู้

และมีการรับรู้ความเสี่ยงเกี่ยวกับอาหารทะเลและโลหะหนักสูงกว่าเด็กนักเรียนในอ่างศิลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างไรก็ตามการได้รับข่าวสารข้อมูลเกี่ยวกับการบริโภคอาหารทะเล ก็มีได้มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการบริโภคอาหารทะเลแต่อย่างใด โดยจะเห็นได้ว่า เด็กนักเรียนในมาบตาพุด มีความถี่ในการรับประทานอาหารทะเลมากกว่าเด็กนักเรียนในอ่างศิลา

9. หญิงตั้งครรภ์ส่วนใหญ่มีการบริโภคปลามากกว่าสัตว์ทะเลชนิดอื่น และมีหญิงตั้งครรภ์อีกร้อยละ 11 ที่แพ้อาหารทะเล ประมาณร้อยละ 10-20 ของหญิงตั้งครรภ์บริโภคปูและหอยชนิดต่างๆ ในความถี่บ่อยครั้งถึงเป็นประจำ มีหญิงตั้งครรภ์ประมาณร้อยละ 20 ที่บริโภคเครื่องในสัตว์ทะเล และมีประมาณร้อยละ 4 ที่บริโภคอาหารทะเลสุกๆ ดิบๆ

10. พฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพต่อการบริโภคอาหารทะเลปลอดภัยของหญิงตั้งครรภ์ ก่อนและหลังการให้สุขศึกษา พบว่า หลังการทดลองหญิงตั้งครรภ์มีคะแนนเฉลี่ยการรับรู้ประโยชน์ การรับรู้อุปสรรคจากการบริโภคอาหารทะเล และการรับรู้ความสามารถตนเองในการบริโภคอาหารทะเลที่มากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ( $p < 0.01$ ) ส่วนคะแนนเฉลี่ยการรับรู้ความรู้สึกที่มีต่อพฤติกรรมการบริโภคอาหารทะเล พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างก่อนและหลังการทดลองที่ ( $P = 0.069$ ) อย่างไรก็ตามหญิงตั้งครรภ์ มีผลการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพในการบริโภคอาหารทะเลโดยรวมเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการให้โปรแกรมสุขศึกษาที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ( $p < 0.01$ ) โดยหลังทดลองมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 52.80 และก่อนทดลองมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 46.97

## บทที่ 6 เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. (2545). *โครงการประเมินความสามารถในการรองรับมลพิษและการประเมินความเสี่ยงต่อนิเวศน์ทางทะเล*. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 217 หน้า.

*กองจัดการสารอันตรายและกากของเสีย*. (2543). พีเอเอส. กรุงเทพฯ: กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

พรชัย สิทธิศรีณย์กุล. (2545). *วิทยาการระดับโมเลกุล*. กรุงเทพฯ: กรุงเทพมหานคร.

พอลจิตร นันทนารัตน์, นันทิกา คงเจริญ, วิชุดา ประสาทแก้ว และปภาศิริ การญจโนภาศ-บาร์เนท (2557). *การผลิต และลักษณะสมบัติของโมโนโคบอล แอนติบอดี ต่อไซโตโครม P450 (CYP1A) ในปลากระพงขาว ที่ได้รับสารเบนโซ(เอ)ไพรีน: วารสารวิทยาศาสตร์ บุรพา P(2), กรกฎาคม-ธันวาคม 2557. 1-2*

เพลิน ปุณณามระ. (2544). *ปริมาณแคดเมียม ตะกั่ว ทองแดงและสังกะสีในหอยนางรม (*Crassostrea commercialis*) บริเวณอ่างศิลา*. ปัญหาพิเศษปริญญาวิทยาศาสตร สิ่งแวดล้อม. คณะทรัพยากร และสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา. 66 หน้า.

ไพศาล สิทธิกรกุล. (2548). *วิทยานิพนธ์*. กรุงเทพฯ: ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ.

มนัส สติรจินดา. (2538). *โลหะนอกกลุ่มเหล็ก*. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พิมพ์ครั้งที่ 2. 217 หน้า.

มณี ชะนะมา. (2546). *ไซโตโครม P450*. วารสารวิทยาศาสตร์การแพทย์, 14(1), 67-79.

มนัส สติรจินดา, (2538). *โลหะนอกกลุ่มเหล็ก*. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พิมพ์ครั้งที่ 2. 217 หน้า.

มลิวรรณ บุญเสนอ. (2544). *พิษวิทยาสิ่งแวดล้อม*. นครปฐม: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์.

แหวตาทองระอา, วันชัย วงศ์ดาวรรณ, อาวุธ หมั่นหาผล และฉลวย มุสิกะ. (2548). *การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของโลหะหนักในอาหารทะเลในพื้นที่อุตสาหกรรมมาบตาพุดชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก*. รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยบูรพา. 87 หน้า.

- แหวดตา ทองระอา, ฉลวย มุสิกะ, วันชัย วงสุดาวรรณ, อาวุธ หมั่นหาผล (2552). การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของโลหะหนักในอาหารทะเลในพื้นที่อุตสาหกรรมชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกเฉียงใต้. รายงานฉบับสมบูรณ์. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช).
- ศูนย์ข่าวศรีราชา สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา (2556). บริโภคอาหารทะเลจากจังหวัดระยอง เสี่ยงจริงหรือ สืบค้นจาก <http://www.manager.co.th/local/viewnews.aspx?NewsID=9560000112918> (เข้าถึงวันที่ 7 มกราคม 2558)
- ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม และของเสียอันตราย (ศสอ.) (2552). ศูนย์ข้อมูลมาบตาพุด สืบค้นจาก [http://naffi.trf.or.th/document/algae doc/25y8is/p9.pdf](http://naffi.trf.or.th/document/algae%20doc/25y8is/p9.pdf) (เข้าถึงวันที่ 7 มกราคม 2558)
- ศิริวรรณ ลาภทัพบิมทอง. (2544). การสะสมของโลหะหนักบางชนิดในหอยเศรษฐกิจบริเวณชายฝั่งทะเลของอ่าวไทย. ปรินญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยบูรพา. 130 หน้า
- ศรีกุลกันทาใจ. (2546). การตรวจหาโปรตีนชนิดเซลล์ลาร์พรีออนในสัตว์เศรษฐกิจของประเทศไทย. ปรินญา วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศรีสมบัติ นวนพรัตน์สกุล. (2540). เอนไซม์ไซโตโครม พี 450. วารสารไทยเภสัชสาร, 21(1), 21-31. ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย (ศสอ.) (2552). ศูนย์ข้อมูลมาบตาพุด สืบค้นจาก <http://www.hsm.chula.ac.th/maptaphut/problem.html> (เข้าถึงวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2558)
- สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล. (2545). สภาวะแวดล้อมทางทะเลในบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกเฉียงใต้. รายงานการวิจัย. สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา. 237 หน้า.
- สุชาติ ถิ่นแถบ. (2543). การปนเปื้อนของโลหะแคดเมียมและตะกั่วในหอยแมลงภู่บริเวณอ่างศิลา จังหวัดชลบุรี. ปัญหาพิเศษปรินญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต. ภาควิชาวาริชศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา. 32 หน้า.
- สุวัจน์ ธีรุต. (2549). มลพิษทางทะเลและชายฝั่ง. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- สุวิมล อุทาร์พงศา.(2546). ผลกระทบของแคดเมียมต่อ Metallothionein mRNA (MTmRNA) ในปลาตะเพียนขาว (Puntius gonionotus). ปรินญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาชีววิทยา สภาวะแวดล้อม, มหาวิทยาลัยมหิดล.
- สุวรรณภา ภาณุตระกูล และ ไพฑูรย์ มกกงไผ่. (2543). การสะสมโลหะหนักบางชนิดในตะกอนดินจากปากแม่น้ำบางปะกง. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. ภาควิชาวาริชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. 30 หน้า.

- สิทธิโชค วรานุสันติกุล. (2546). จิตวิทยาสังคม: ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้. บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด (มหาชน).สำนักงานจังหวัดระยอง. (2552). *บรรยายสรุปจังหวัดระยอง*. วันที่ค้นข้อมูล 6 ธันวาคม 2552, [http://www.rayong.go.th/dataPV/general/summary\\_rayong.pdf](http://www.rayong.go.th/dataPV/general/summary_rayong.pdf)
- อภิรดี เมืองเดช. 2545. ปริมาณโลหะหนักในหอยแครง (*Anadara granosa*) บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง. *การประชุมทางวิชาการครั้งที่ 40 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ สาขาการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม 4-7 กุมภาพันธ์ 2545*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ
- Albers, P.H. (2003). Petroleum and individual polycyclic aromatic hydrocarbons. In D.J.
- Al-Arabi, S.A.M., & Goksøyr, A. (2002). Cytochrome P4501A responses in two tropical fish species, riverine catfish (*Rita rita*) and marine mudfish (*Apocryptes bato*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part C*, 131, 61-71.
- Bainy, A.C.D., Woodin, B.R., & Stegeman, J.J. (1999). Elevated levels of multiple cytochrome P450 forms in Tilapia from Billing reservoirSaoPaulo, Brazil. *Aquatic Toxicology*, 44, 289-309.
- Bianchini, A., Gilles, R. (2000). Is the digestive tract an important route for mercury in the Chinese crab *Eriocheir sinensis* (Crustacea, Decapoda) Bull. *Environmental Contamination and Toxicology*. 64,412-417.
- Carlson, E.A., Li, Y., & Zelikoff, J.T. (2004). Benzo[a]pyreneinduced immunotoxicity in Japanese medaka (*Oryzias latipes*): relationshipbetween lymphoid CYP1A activityand humoral immune suppression. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 201, 40-52.
- Celander MC, Förlin L. (1991). Catalytic activity and immunochemical quantification of hepatic cytochrome P-450 in -naphthoflavone and isosafrol treated rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish Physiology and Biochemistry* 1991; 9 : 189-97.
- Costa, P. M., Repolhe, T., Caeiro, S., Diniz., M.E., Moura., I, Moura., & Costa, M.H. (2008). Modelling metallothionein induction in the liver of *Sparus aurata* exposed to metal-contaminated sediments. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 71, 117-124.

- Crooker, P.C., Pozo, P., Castro, H., Dice, M.S., Boutet, I., Tanguy, A., Moraga, D., & Ahearn, G.A. (2003). Cellular localization of calcium, heavy metal, and metallothionein in lobster (*Homarus americanus*) hepatopancreas. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C*. 136, 213-224.
- Dabrio, M., Rodríguez, A. R., Bordin, G., Bebianno, M. J., Ley, M. D., Šestáková, I. Vašák, M., Nordberg, M. (2002). Recent development in quantification methods for metallothionein. *Inorganic Biochemistry*, 88, 123-134.
- Daniel W.W. (1999). Biostatistics: A foundation for analysis in the health sciences. 7th Ed. John Wiley and Sons, Inc.
- Davenport TH., and Prusak L. (1998). Working Knowledge: How Organizations Manage What They Know. Cambridge, MA: Harvard Business School Press.
- Demuyneck, S., Grumiaux, F., Mottier, V., Schikorski, D., Lemiere, S., & Lepretre, A. (2006). *Comparative Biochemistry and Physiology Part C*. 144, 34-46.
- Hoffman, B.A. Ratter, G.A. Burton Jr, & J. Cairns, Jr. (Eds.), Handbook of ecotoxicology (pp. 341-360). Boca Raton: Lewis Publishers.
- Honda, R.T., Araujo, R.M., Horta, B.B., Val, A.L. & Demasi, M. (2005). One- step purification of metallothionein extracted from two different sources. *Journal of Chromatography B*, 820, 205-210.
- Johnsson, H., Schiedek, D., Goksøyr, A., & Grosvik, B.E. (2006). Expression of cytoskeletal protein, cross reacting with anti CYP1A, in *Mytilus* sp. Exposed to organic contaminants. *Aquatic Toxicology*, 78S, S42-S48.
- Minami, T., Ichida, S., & Kubo, K. (2002). Study of metallothionein using capillary zone electrophoresis. *Chromatography*, 781, 303-311.
- Nicholson, S. & Lam, P.K.S. 2005. Pollution monitoring in Southeast Asia using biomarkers in the mytilid mussel *Perna viridis* (Mytilidae: Bivalvia). *Environment International*. 31:121-132.
- Nyman, M., Raunio, H., Pelkonen, O., & Helle, E. (2000). Expression and inducibility of members in the cytochrome P450 (CYP1) family in ringed and grey seals from polluted and less polluted waters. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 8, 217-225.



- Olafson, K.W. & Thompson, J.A.J. (1974). Isolation of heavy metal binding proteins from marine vertebrates. *Marine Biology*. 28: (83-86)
- Oliveira, M., Ahmad, I., Maria, V. L., Serafim, A., Bebianno, M. J., Pacheco, M., & Santos, M. A. (2010). Hepatic metallothionein concentrations in the golden grey mullet (*Liza aurata*)- Relationship with environmental metal concentrations in a metal- contaminated coastal system in a metal- contaminated coastal system in Portugal. *Marine Environmental Research*. 69, 227-233.
- Oost, V.D., R., Beyer, J. & Vermeulen, N.P.E., 2003. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review. *Environmental toxicology and pharmacology*, 13(2), pp.57-149.
- Park, J.S., Chung, S., Park, I.S., Kim, Y., Koh, C.H., & Lee, S. (2002). Purification and characterization of metallothionein-like cadmium binding protein from Asian periwinkle *Littorina brevicula*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C*. 131, 425-431.
- Peakall, D. W., Walker, C.H. (1994). The role of biomarkers in environmental assessment (3). *Ecotoxicology* 3, 173-179.
- Pender NJ, Murdaugh CL, Parsons MA. (2006). Health Promotion in Nursing Practice. 5th (ed). New Jersey: Upper Saddle River.
- Pieniak Z, Verbeke W, Perez-Cueto F, Brunsø K, De Henauw S. (2008). Fish consumption and its motives in households with versus without self-reported medical history of CVD: A consumer survey from five European countries. *BMC Public Health* 8; 306-320.
- Peters, L.D., Nasci, C., & Livingstone, R.D. (1998). Immunochemical investigations of cytochrome P450 forms/epitope (CYP1A, 2B, 2E, 3A and 4A) in digestive of *Mytilus* sp. *Comparative Biochemistry and physiology*, 121, 361-369.
- Rice, C.D., Schlenk, D., Ainsworth, J., & Goksøyr, A. (1998). Cross-reactivity of monoclonal antibodies against peptide 227-249 of rainbow trout CYP1A with hepatic CYP1A among fish. *Marine Environmental Research*, 46(1-5), 87-91.
- Schlenk, D., Brouwer, M. (1993). Introduction of metallothionein mRNA in the blue crab (*Callinectes sapidus*) after treatment with cadmium. *Comparative*

- Biochemistry and Physiology Part C: *Toxicology & Pharmacology*, 104, 317-321.
- Schlezinger, J.J., Parker, C., Zeldin, P.C., & Stegeman, J.J. (1998). Arachidonic acid metabolism in the marine fish *Stenotomus chrysops* (scup) and the effect of cytochrome P450 1A inducers. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 353(2), 265-275.
- Serra, R., Carpené, E., Marcantonio, A.C. and Isani, G. (1995). Cadmium accumulation and Cd-binding proteins in the bivalve *Scapharca inaequivalvis*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Endocrinology*.111: 2, 165-174.
- Tapiro, H., & Tew, K. D. (2003). Trace elements in human physiology and pathology zinc and metallothionein. *Biomedical & Pharmacotherapy*, 57, 399-411.
- Terry PD, Rohan TE and Wolk A (2003). Intakes of fish and marine fatty acids and the risks of cancers of the breast and prostate and of other hormone related cancers: a review of the epidemiological evidence. *Am J Clin Nutr* 77, 532–543.
- Thanomsit, C., Nantanawat, P., Wassmur, B., Gräns,J., Celander.,C.C. and K-B,P. (2013). Characterization of metallothionein from Asian sea bass (*Lateolabrax japonicus*, Bloch) and application as a biomarker for heavy metal exposure in Thailand. *Asian Journal of water, environment and pollution*. 10 (4): 53-64.
- Trisciani, A., Corsi, I., Torre, C.D., Perra, G. and Focardi, S. (2011). Hepatic biotransformation genes and enzymes and PAH metabolites in bile of common sole (*Solea solea*, Linnaeus, 1758) from an oil-contaminated site in the Mediterranean Sea: A field study. *Marine Pollution Bulletin*. 62: 806-814.
- Wetzel DL, Van Vleet Es. Accumulation and distribution of petroleum hydrocarbons found in mussels (*Mytilus galloprovincialis*) in the canal of Venice, Italy. *Marine Pollution Bulletin* 2004; 48: 927-36.

- WHO International Programme on Chemical Safety (IPCS). (1993). Biomarkers and risk assessment: concepts and principles. *Environmental Health Criteria 155*, World Health Organization, Geneva.
- Wu, J.P., & Chen, H.C. (2005). Metallothionein induction and heavy metal accumulation in white shrimp *Litopenaeus vannamei* exposed to cadmium and zinc. *Comparative Biochemistry and physiology Part C. 140*, 383-394.
- Yawetz, A., Woodin, B.R., & Stegeman, J.J. (1998a). Cytochrome P450 in liver of the turtle *Chrysemys picta picta* and the induction and partial purification of CYP1A-like proteins. *Biochemical et Biophysica Acta, 1381*, 12-26.
- Yawetz, A., Zilberman, B., Woodin, B., & Stegeman, J.J. (1998b). Cytochrome P450 1A, P450 3A and P450 2B in liver and heart of *Mugil capito* treated with CYP1A inducers. *Environmental Toxicology and Pharmacology, 6*, 13-25.
- Yudkovski, Y., Wrzesinska, A.R., YanKelevich, I., Shefer, E., Herut, B., & Tom, M. (2008). Quantitative immunochemical evaluation of fish metallothionein upon exposure to cadmium. *Marine Environmental Research. 65*, 427-436.

ภาคผนวก

๒๕๕๗

ของสารานุกรมสุขและภัยชาวกลุ่ม  
เลขที่ ๖๖๒  
วันที่ ๑๕ มีนาคม ๒๕๕๗  
๑๕-๐๓ พ.

เทศบาลเมืองแสนสุข  
เลขที่ ๒๕/๑  
วันที่ ๑๕ มีนาคม ๒๕๕๗  
เลขที่ ๑๕-๐๓  
๑๕-๐๓



ที่ ศธ ๖๖๑๕.๑/ ๐๔๑๑

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา  
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๑

๒๕ เมษายน ๒๕๕๗

เรื่อง ขอแจ้งผลวิเคราะห์ความปลอดภัยของอาหารทะเลจากปัญหาคราบน้ำมันเข้าฝั่งที่หาดบางแสน  
เมื่อวันที่ ๑๕ มีนาคม ๒๕๕๗


เรียน นายกเทศมนตรีเมืองแสนสุข

ตามหนังสือที่ ขบ ๕๒๕๐๔/๖๖๑ ลงวันที่ ๑๗ มีนาคม ๒๕๕๗ เรื่อง ขออนุเคราะห์ให้เฝ้าระวัง  
คุณภาพน้ำทะเลและการปนเปื้อนในอาหารทะเล ระยะหลังเกิดเหตุคราบน้ำมันพัดเข้าหาดบางแสน ความทราบแล้วนั้น  
ในการนี้คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้มอบหมายให้ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปภาศิริ บาร์เนท สังกัดภาควิชา  
วาริชศาสตร์ และทีมงาน เป็นผู้วิเคราะห์ความปลอดภัยของอาหารทะเลจากปัญหาคราบน้ำมันเข้าฝั่งที่หาดบางแสน  
เมื่อวันที่ ๑๕ มีนาคม ๒๕๕๗ โดยจะเก็บตัวอย่างปลาทะเล ๘ ชนิด และหอยแมลงภู่อเลี้ยง (๙ ตัวอย่าง) เพื่อตรวจสอบและ  
เฝ้าระวัง คือวันที่ ๑๙ มีนาคม ๒๕๕๗ และ ๒๑ พฤษภาคม ๒๕๕๗ ซึ่ปลาทะเลจากชาวประมงเรือเล็กหาดวอนนภา และ  
หอยแมลงภู่อจากฟาร์ม ห้างขายฝั่งหาดวอนนภา และเขาสามมุข ผลวิเคราะห์ในวันที่ ๑๙ มีนาคม ๒๕๕๗ ขอรายงาน สรุปผล  
กระทบน้ำมัน ๕ วัน หลังเข้าฝั่งหาดบางแสน พบสาร พีเอเอช ที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมัน และ แคดเมียม จากปลาทะเล  
และหอยแมลงภู่อ แต่ความเข้มข้นยังอยู่ในระดับความเสี่ยงน้อยในการบริโภค (ดังเอกสารแนบต่างๆ)

ทั้งนี้ค่าใช้จ่ายการวิเคราะห์สารปนเปื้อนในครั้งนี้ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปภาศิริ บาร์เนท ได้ใช้เงินสนับสนุน  
วิจัยจากเงินรายได้งบประมาณแผ่นดินประจำปี ๒๕๕๖ - ๒๕๕๗ ในโครงการวิจัยต่อเนื่อง เรื่อง "การประเมินผลกระทบของ  
โลหะหนักและสารอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอนต่อสัตว์ทะเลตามแนวชายฝั่งทะเลอุตสาหกรรมมาตาพุด จังหวัดระยอง" ซึ่งผล  
การวิเคราะห์ ๒ ครั้ง (๓๙ ตัวอย่าง ทั้ง สาร พีเอเอชและแคดเมียม) รวมทั้งสิ้น ๑๖๓,๒๐๐ บาท (หนึ่งแสนหกหมื่นสามพัน  
สองร้อยบาทถ้วน)

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ และจะประสานงานการเก็บตัวอย่างครั้งที่ ๒ ต่อไป

ขอแสดงความนับถือ

  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เอกรัฐ ศรีสุข)  
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์

โทรศัพท์ (๐๓๘) ๑๐๓๐๙๒

โทรสาร (๐๓๘) ๓๙๓๔๙๑

เรียน ผู้อำนวยการศูนย์ส่งเสริมศิลปวัฒนธรรม

เพื่อโปรดทราบ

- คณะวิศวกรรมศาสตร์ ม.บูรพา แจ้งผลการวิเคราะห์ผลการทดลองทางอาหารทะเลจากพิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำจังหวัดชลบุรี เมื่อวันที่ 15 สิงหาคม 2557 ที่ดำเนินการโดย ผศ.ดร.ภาวสิทธิ์ ขวัญไพฑูริย์ ได้รับทราบจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ ม.บูรพา พร้อมทั้งรายงานคืนผู้วิเคราะห์ผลการทดลองทางอาหารทะเลจากพิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำจังหวัดชลบุรี ได้เกิดอาการง่วงกลางคืน 8 ชั่วโมง และของเหลวในช่องท้อง 9 ชั่วโมง เพื่อทราบสาเหตุและแนวทางการแก้ไข

- วันที่ 19 สิงหาคม 2557 ที่มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี ได้เกิดอาการง่วงกลางคืน 8 ชั่วโมง และของเหลวในช่องท้อง 9 ชั่วโมง เพื่อทราบสาเหตุและแนวทางการแก้ไข

- ศก. PAM (ที่เมื่อนำมาใส่ลงในน้ำจืด) และ แคลเซียมฟอสเฟตในปลอกหุ้มและของเหลวในช่องท้อง 2 ตัวอย่างที่เก็บรักษาในตู้เย็นที่ศูนย์ส่งเสริมศิลปวัฒนธรรม มหาวิทยาลัยบูรพา (รายละเอียดปรากฏในเอกสารที่แนบมาพร้อมกัน)

- ในกรณี คณะวิศวกรรมศาสตร์ ม.บูรพา จะประสงค์จะเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ที่ 2 วันที่ 27/8/2557

- ผู้รับผิดชอบโครงการ  
 นายอัครม ยางนอก  
 ผู้ช่วยนักวิชาการสุขาภิบาล

เรียน ปลัดเทศบาลเมืองแสนสุข (นางนิสากร วิจิตรวินัย)  
 นักวิชาการสุขาภิบาล 62

- เพื่อโปรดทราบ  
 - งดการลงมือปฏิบัติงานในพื้นที่ของเขต  
 18:45-19:00 น. ในวันที่ 29 สิงหาคม

(นางรัตนา ชุกคินทร์)  
 ผู้อำนวยการกองสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม

เรียน นายอัครม ยางนอก  
 ผู้ช่วยนักวิชาการสุขาภิบาล  
 (นายอัครม ยางนอก)  
 ปลัดเทศบาลเมืองแสนสุข

ทราบ  
 ตามเสนอ  
 อนุมัติ  
 อนุญาต  
 (นายอัครม ยางนอก)  
 ปลัดเทศบาลเมืองแสนสุข

29 สิงหาคม 2557

รายงานสรุปการพบสารปนเปื้อน พีเอเอช (ตรวจ ๑๖ ชนิด) และแคดเมียม (ตั้งเอกสารแนบต่างๆ) ดังนี้

๑. พบสารประกอบในน้ำมันในกลุ่ม พีเอเอช ชนิด Phenanthrene (ไม่ก่อมะเร็ง) พบได้ทั้งกล้ามเนื้อปลาทะเลและหอยแมลงภู่ทั้งขนาดเล็ก (< ๔ cm.) และขนาดชายสุดลาด (> ๖ cm.) ในปริมาณต่ำและ ช่วงความเข้มข้น ๐.๐๑๗ - ๐.๐๓๙ ug/g (dry wt.) โดยพบความเข้มข้นในหอยสูงกว่าในปลา

๒. พบสารประกอบในน้ำมันในกลุ่ม พีเอเอช ชนิด Benz[a]anthracene (ก่อมะเร็งในระดับต่ำสุด แต่ไม่มีค่ามาตรฐานกำหนดไว้) ในกล้ามเนื้อปลาทะเล ช่วงความเข้มข้น ๐.๑๕ - ๐.๒๓ ug/g (dry wt.) และไม่พบเลยในหอยแมลงภู่

๓. ปริมาณแคดเมียม ในกล้ามเนื้อปลาทะเล ช่วงความเข้มข้น ๐.๐๐๔ - ๐.๐๑๖ mg/Kg (wet wt.) น้อยกว่าในหอยแมลงภู่ ช่วงความเข้มข้น ๐.๐๖ - ๐.๑๓ mg/Kg (wet wt.) หอยจากเขาสามมุขสูงกว่าจากวอนนภาเล็กน้อย อย่างไรก็ตามระดับที่พบ ยังปลอดภัยเพราะค่ายังต่ำกว่ามาตรฐานกำหนดไว้ ที่ห้ามเกินในปลาทะเล แคดเมียม ที่ ๐.๐๕ mg/Kg wet wt. ในหอยที่ ๒.๐ mg/Kg wet wt. (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ ๙๘ (พ.ศ.๒๕๒๙) เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน)

สรุปผลกระทบน้ำมัน ๕ วัน หลังเข้าฝั่งหาดบางแสน เมื่อวิเคราะห์สาร พีเอเอช ที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมัน และแคดเมียม จากปลาทะเลและหอยแมลงภู่ แต่ความเข้มข้นยังอยู่ในระดับความเสี่ยงน้อยในการบริโภค

ค่าใช้จ่ายการวิเคราะห์สารปนเปื้อนในครั้งนี้ ข้าพเจ้าได้ใช้เงินสนับสนุนวิจัยจากเงินรายได้งบประมาณแผ่นดิน ประจำปี ๒๕๕๖ - ๒๕๕๗ ในโครงการวิจัยต่อเนื่อง เรื่อง “การประเมินผลกระทบของโลหะหนักและสารอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอนต่อสัตว์ทะเลตามแนวชายฝั่งทะเลอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง” จำนวนเงินใช้วิเคราะห์ มีดังนี้

- ค่าปลาทะเลและหอยแมลงภู่ รวม ๒ ครั้ง จำนวน ๒.๐๐๐ บาท
- ค่าวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารประกอบน้ำมันกลุ่ม พีเอเอช (๑๖ ชนิด) รวม ๒ ครั้ง ๓๔ ตัวอย่าง จำนวน ๑๓๖.๐๐๐ บาท (๔,๐๐๐ บาท/ตัวอย่าง)
- ค่าวิเคราะห์โลหะหนัก ชนิด แคดเมียม รวม ๒ ครั้ง ๓๔ ตัวอย่าง จำนวน ๒๗.๒๐๐ บาท (๘๐๐ บาท/ตัวอย่าง) รวมทั้งสิ้น ๑๖๓,๒๐๐ บาท (หนึ่งแสนหกหมื่นสามพันสองร้อยบาทถ้วน)

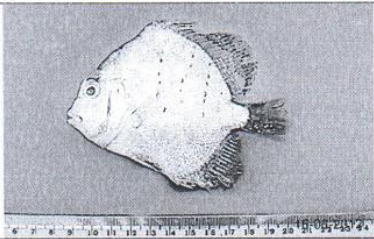
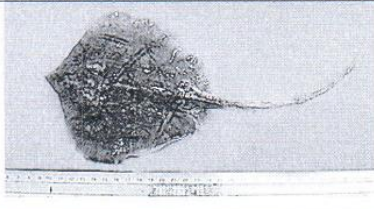
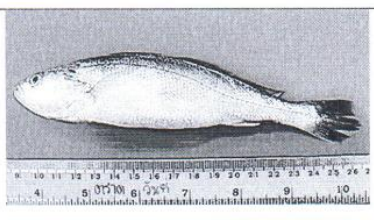
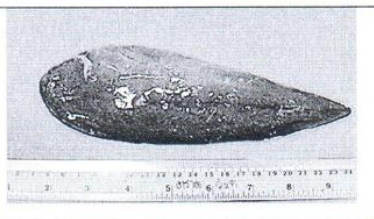
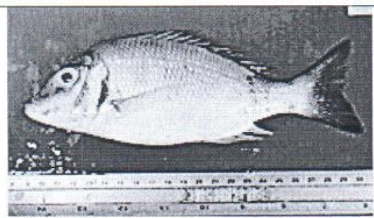
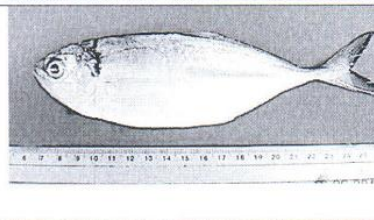
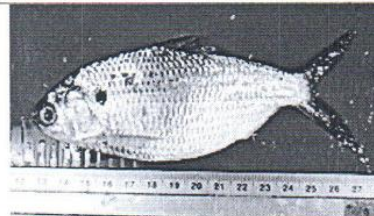
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปภาศิริ บาร์เนท, ภาควิชาวิทยาศาสตร์  
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา (๘ เมษายน ๒๕๕๗)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปภาศิริ บาร์เนท, ภาควิชาวิทยาศาสตร์คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ตารางที่ 1 ปลาทะเลหาดอนนภา วันที่ ๑๕ มีนาคม ๒๕๕๗ หลังเหตุการณ์น้ำมันรั่วหาดบางแสน ๑๕ มีนาคม ๒๕๕๗

ID	Sample	Common Name	Scientific Name	Habitat	Feeding behavior	(n)	Size
B1	ปลาใบปอ	Spotted sicklefish	<i>Depanepunctata</i>	หน้าดิน	กินสัตว์	n=3	80.0-220.0 g. / 14.5-20.0 cm.
B2	ปลากระบาง	Dwarf Ray	<i>Himanturaimbricata</i>	หน้าดิน	กินสัตว์	n=2	95.0-170.0 g. / 31.0-46.0 cm.
B3	ปลาจวด	Caroun croaker	<i>Johniuscarouna</i>	หน้าดิน	กินสัตว์	n=6	45.0-120.0 g. / 15.5-22.5 cm.
B4	ปลาลิ้นหมา	Largescle tongue sole	<i>Cynoglossusmacrolepidotus</i>	หน้าดิน	กินสัตว์	n=4	50.0-210.0 g. / 17.2-31.2 cm.
B5	ปลาหมูสีแก้มแดง	Starry pigface	<i>Lethrinusnebulosus</i>	หน้าดิน	กินสัตว์	n=6	40.0-50.0 g. / 13.0-15.0 cm.
B6	ปลาสิğun	Herring scad	<i>Alepesvari</i>	ผิวน้ำ	กินพืชและสัตว์	n=10	40.0-50.0 g. / 14.5-17.4 cm.
B7	ปลาตะเพียนน้ำเค็ม	Chacunda gizzard shad	<i>Anodontostomachacunda</i>	กลางน้ำ	กินพืชและสัตว์	n=10	35.0-55.0 g. / 13.2-15.5 cm.
B8	ปลาสลิคทะเล	Streaked spinefoot	<i>Siganusjavus</i>	หน้าดิน	กินพืชและสัตว์	n=1	120.0 g. / 19.3 cm.



ตารางที่ 2 ภาพปลาทะเลหาดวอนนภา	
<p>1.ปลาใบปอ</p> <p>Spotted sicklefish</p> <p><i>Depanepunctata</i></p>	
<p>2.ปลากระบาง</p> <p>Dwarf Ray</p> <p><i>Himanturaimbricata</i></p>	
<p>3. ปลาจวด</p> <p>Caroun croaker</p> <p><i>Johniuscarouna</i></p>	
<p>4. ปลาลิ้นหมา</p> <p>Largescle tongue sole</p> <p><i>Cynoglossusmacrolepidotus</i></p>	
<p>5. ปลาหมูสีแก้มแดง</p> <p>Starry pigface</p> <p><i>Lethrinusnebulosus</i></p>	
<p>6. ปลาสีกุน</p> <p>Herring scad</p> <p><i>Alepesvari</i></p>	
<p>7. ปลาตะเพียนน้ำเค็ม</p> <p>Chacunda gizzard shad</p> <p><i>Anodontostomachacunda</i></p>	



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปภาศิริ บาร์เนท, ภาควิชาวิทยาศาสตร์คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ตารางที่ 3 หอยแมลงภู่น้ำจืดวอนนภาและเขาสามมุขแต่ละขนาดใช้จำนวนหอย  $n=20$  ในการวิเคราะห์แต่ละตัวอย่าง เก็บตัวอย่างวันที่ ๑๕ มีนาคม ๒๕๕๗

Site	Sample	ID	Weight/Total length
หาดวอนนภา	Large Size	L1(n= 20)	20.0-50.0 g. / 5.5-7.5 cm.
	(>6 cm.)	L2(n= 20)	10.0-50.0 g. / 5.5-7.5 cm.
		L3(n= 20)	20.0-40.0 g. / 3.5-7.0 cm.
	Small Size	S1(n= 20)	5.0-20.0 g. / 2.5-3.5 cm.
	(<4cm.)	S2(n= 20)	5.0-10.0 g. / 2.8-3.9 cm.
		S3(n= 20)	5.0-10.0 g. / 2.6-3.9cm.
เขาสามมุข	Small Size	S1(n= 20)	5.0-20.0 g. / 2.5-3.9 cm.
	(<4cm.)	S2(n= 20)	5.0-10.0 g. / 2.8-3.9 cm.
		S3(n= 20)	5.0-10.0 g. / 2.6-3.9 cm.

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์สารPolycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) และโลหะหนักแคดเมียมในปลาทะเล ที่ติดมากับบอวนปูบริเวณหาดวอนนภา

PAHs / Cd	LOD (ug/g)	ปลา ใบปอ	ปลา กะบาง	ปลา จวด	ปลา สีนหมา	ปลาหมูสี แก้มแดง	ปลา สีกุน	ปลา ตะเพียน น้ำเค็ม	ปลา สลิด ทะเล
Naphthalene (NAP) / 0	0.0009	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Acenaphthylene (ACY) / 0	0.0017	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Acenaphthene (ACE) / 0	0.0011	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fluorene (FLO) / 0	0.0026	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Phenanthrene (PHE) / 0	0.0176	ND	0.0207	0.0176	0.0185	0.0289	0.0237	ND	0.0392
Anthracene (ANT) / 0	0.0011	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fluoranthene (FLA) / 0/+	0.0153	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Pyrene (PYR) / 0/+	0.0132	0.0391	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Benz[a]anthracene (BaA) / ++	0.0016	ND	0.2321	0.1546	0.1515	ND	0.1514	ND	ND
Chrysene (CHR) / ++/+++	0.0037	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Benzo[b]fluoranthene (BbF) / +++	0.0018	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Benzo[k]fluoranthene (BkF) / ++++	0.0017	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Benzo[a]pyrene (BaP) / +++++	0.0012	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Indeno[1,2,3-cd]pyrene (IcdP) / +++	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Dibenzo[a,h]anthracene (Dah) / +++++	0.0009	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Benzo[ghi]perylene (BghiP) / ?	0.0026	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Total PAHs (ug/g) dry wt.		0.0391	0.2528	0.1722	0.1700	0.0289	0.1751	ND	0.0392
Cd (ug/g) wet wt.	0.001	0.0159	0.0084	0.0047	0.0045	0.0050	0.0048	0.0050	0.0041

หมายเหตุ : ND คือ ค่าความเข้มข้นของตัวอย่างต่ำกว่า LOD

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์สาร Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) และโลหะหนักแคดเมียมใน  
 หอยแมลงภู่น้ำจืดวอนนภาและเขาสามมุข n= 20 ในแต่ละการวิเคราะห์

Site	Sample	ID	Weight/Total length	Total PAHs (ug/g) dry wt.	Cd (ug/g) wet wt.
หาดวอนนภา	Large Size	L1	20.0-50.0 g. / 5.5-7.5 cm.	0.0332	0.0815
	(>6 cm.)	L2	10.0-50.0 g. / 5.5-7.5 cm.	0.0323	0.0775
		L3	20.0-40.0 g. / 3.5-7.0 cm.	0.0292	0.0824
	Small Size	S1	5.0-20.0 g. / 2.5-3.5 cm.	0.0282	0.0832
	(<4cm.)	S2	5.0-10.0 g. / 2.8-3.9 cm.	0.0322	0.0696
		S3	5.0-10.0 g. / 2.6-3.9cm.	0.0314	0.0722
เขาสามมุข	Small Size	S1	5.0-20.0 g. / 2.5-3.9 cm.	รอวิเคราะห์	0.1011
	(<4cm.)	S2	5.0-10.0 g. / 2.8-3.9 cm.	รอวิเคราะห์	0.0984
		S3	5.0-10.0 g. / 2.6-3.9 cm.	รอวิเคราะห์	0.1331

ภาพประกอบ







## บันทึกข้อความ

ส่วนงาน ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ โทร. ๓๐๔๒

ที่ ศธ ๖๖๑๕.๔/๐๕๕๓

วันที่ ๒๖ พฤศจิกายน ๒๕๕๗

เรื่อง ขออนุมัติจัดอบรม ใช้เงินจากงานวิจัยงบประมาณแผ่นดิน (โครงการต่อเนื่องปีที่ ๓)

เรียน คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

เอกสารแนบ โครงการอบรมฯ

ด้วยข้าพเจ้า นางปภาศิริ บาร์เนท ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ระดับ ๘ สังกัดภาควิชาวาริชศาสตร์ ได้รับทุนสนับสนุนวิจัยจากงบประมาณแผ่นดินประจำปี ๒๕๕๗ ในเรื่อง "การประเมินผลกระทบของโลหะหนักและสารอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอนต่อสัตว์ทะเลตามแนวชายฝั่งทะเลอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง" ส่วนหนึ่งของการวิจัยคือการถ่ายทอดองค์ความรู้แก่ผู้เกี่ยวข้องในงานมลภาวะสิ่งแวดล้อมทางน้ำ จึงใคร่ขอจัดอบรมภายใต้หัวข้อเรื่อง "การติดตามตรวจสอบและประเมินมลพิษสารโลหะหนักและสารอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอนทางทะเล กรณีศึกษา ประเทศสวีเดนและประเทศไทย" โดยวิทยากรจากผู้ร่วมวิจัยจากประเทศสวีเดน และวิทยากรในโครงการฯในประเทศไทย เพื่อให้มีการจัดการข้อมูลและเปรียบเทียบผลจากการวิจัยของโครงการฯ ในประเทศไทยสู่สากล ด้านการการปนเปื้อนของ โลหะหนักและสารอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอนในสิ่งแวดล้อมทางทะเล ทั้งนี้ผู้ร่วมการอบรมได้แก่ นักวิทยาศาสตร์ด้านสิ่งแวดล้อม จากหน่วยงานราชการระดับจังหวัด องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น สถาบันการศึกษา ภาคเอกชนอุตสาหกรรม การอบรมครั้งนี้จะจัดดำเนินการภาคบรรยาย ในวันศุกร์ที่ ๑๖ มกราคม ๒๕๕๘ นี้ เวลา ๘.๓๐ - ๑๖.๓๐ น. ณ ห้องประชุมน้ำใจชายัน SD 117 อาคารสิรินธร จำนวนผู้เข้าอบรม ๔๕ ท่าน

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติโครงการฯ โดยเบิกจากเงินงบประมาณแผ่นดินงานวิจัย (โครงการต่อเนื่องปีที่ ๓)

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปภาศิริ บาร์เนท)  
หัวหน้าโครงการวิจัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปภาศิริ บาร์เนท)  
หัวหน้าภาควิชาวาริชศาสตร์

อนุมัติ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เอกรัฐ ศรีสุข)  
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

แบบฟอร์มขอเสนอโครงการ  
โครงการตามแผนปฏิบัติการประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๕๗ มหาวิทยาลัยบูรพา  
หน่วยงาน: ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์

๑. รหัสโครงการ .....QA๐๑/๒๕๕๗.....
๒. ชื่อโครงการ โครงการอบรมบรรยาย เรื่อง "การติดตามตรวจสอบและประเมินผลพิษทางทะเล กรณีศึกษา ประเทศสวีเดนและประเทศไทย".....
๓. ความสอดคล้องกับพันธกิจ
- การผลิตบัณฑิต  การวิจัย
- การบริการวิชาการแก่สังคม  การทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม
- การบริหารจัดการ

๔. ความสอดคล้องกับประเด็นยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัย

๔.๑ ประเด็นยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัย

ประเด็นยุทธศาสตร์ที่.....กลยุทธ์ที่.....มาตรการที่.....

๔.๒ ประเด็นยุทธศาสตร์ของคณะ/หน่วยงาน

ประเด็นยุทธศาสตร์ที่.....๒.....กลยุทธ์ที่.....๒.....แผนงานที่.....

๕. ผู้รับผิดชอบ

๕.๑ หน่วยงานที่รับผิดชอบ .....ภาควิชาวาริชศาสตร์.....

๕.๒ ผู้รับผิดชอบ

ผศ.ดร.ปภาศิริบาร์เนท	ประธานกรรมการ
ผศ.ดร. นันทพร ภัทรพุทธ	กรรมการ
ดร.พอลิต นันทนาวัฒน์	กรรมการ
ดร.นันทิกา คงเจริญพร	กรรมการ
อาจารย์ นิภา มหารัชพงษ์	กรรมการ
ดร.ไพฑูรย์ มกกงไผ่	กรรมการ
นายอาวุธ หมั่นหาผล	กรรมการ
Prof. Dr. Malin Charlotta Celander	กรรมการ

๕.๓ ผู้ประสานงาน นิสิตบัณฑิตศึกษา

นางสาวสุกานดา ทับเมฆา

นางสาวภัทรจิต รักษาชล

ประสานงานโครงการ โทร ๐๙๒-๓๙๘๓๙๔๕, ๐๓๘-๓๐๓๑๘๒

ประสานงานโครงการ โทร ๐๘๖-๙๕๙๙๘๐๓

## ๖. หลักการและเหตุผล

ความรู้ด้านติดตามตรวจสอบมลพิษสิ่งแวดล้อมทางน้ำมีบทบาทต่อการประเมินการปนเปื้อนของสารที่ศึกษาในสิ่งมีชีวิตในทะเล มลพิษการปนเปื้อนของ โลหะหนักและสารอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอนทางทะเล เกิดได้ในระดับที่ยอมรับได้ว่าไม่เสี่ยงต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆ ที่อาศัยในทะเล แล้วเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารจนเป็นอันตรายต่อมนุษย์ที่บริโภคอาหารทะเล หลักการในการติดตามตรวจสอบและประเมินมลพิษการปนเปื้อนคือ สามารถได้ข้อมูลเชิงปริมาณจากการตรวจวิเคราะห์โดยตรงของสารโลหะหนักและสารอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอนที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมในทะเล ได้แก่ น้ำทะเล ตะกอนพื้นทะเล สารแขวนลอย และ สิ่งมีชีวิตพืชและสัตว์ทะเล ทุกระดับ อย่างไรก็ตาม โลหะหนักและสารอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอนอาจมีการสะสมในอวัยวะต่างและกล้ามเนื้อที่ไม่สามารถตรวจพบได้ เนื่องจากข้อจำกัดของเครื่องมือวิเคราะห์ ดังนั้น การศึกษาการประเมินความเสี่ยงในปลาทะเล สามารถใช้เทคนิคการตรวจสอบการแสดงออกของตัวชี้วัดทางชีวภาพเป็นโปรตีนเอ็มไซม์ Cytochrome P450 (CYP1A) ถูกสร้างเพื่อลดความเป็นพิษของสารที่เอเอช และ โปรตีนเอ็มไซม์ Metallothionein ถูกสร้างเพื่อลดความเป็นพิษของสารโลหะหนัก เป็นต้น ด้วยเทคนิคการรับสัมผัสตัวชี้วัดชีวภาพบ่งชี้การรับสัมผัสในปลาทะเลจึงเหมาะสมสามารถช่วยการติดตามเฝ้าระวังและบ่งชี้การปนเปื้อนมลพิษที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางทะเล ผลกระทบต่อมนุษย์ที่บริโภคอาหารทะเล มีความรุนแรงแตกต่างกัน เนื่องจากกายภาพและการสร้างโปรตีนเอ็มไซม์ ผู้ใหญ่ได้รับผลกระทบต่อสารโลหะหนักและสารอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอนได้น้อยกว่าทารกในครรภ์มารดา และ เด็กๆ เป็นต้น

ทั้งนี้ผู้ขออบรมจะมีความเข้าใจ เพิ่มพูนความรู้ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ การติดตามตรวจสอบและประเมินมลพิษการปนเปื้อน ผลกระทบของโลหะหนักและสารอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอนในสิ่งแวดล้อมทางทะเลของประเทศไทยและประเทศสวีเดน การอบรมในครั้งนี้จะใช้งบประมาณจากเงินแผ่นดิน ปี พ.ศ. ๒๕๕๗ งานวิจัยเรื่อง “การประเมินผลกระทบของโลหะหนักและสารอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอนต่อสัตว์ทะเลตามแนวชายฝั่งทะเลอุตสาหกรรมมาตาพุด จังหวัดระยอง”

## ๗. วัตถุประสงค์

๗.๑ เพื่อถ่ายทอดและแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ ด้านการติดตามตรวจสอบและประเมินมลพิษการปนเปื้อนของโลหะหนักและสารอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอนทางทะเล ให้แก่อาจารย์ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา และ นักวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม จากหน่วยงานรัฐบาล องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ภาคเอกชน และผู้สนใจทั่วไป

๗.๒ เพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้งานด้านสิ่งแวดล้อมและสร้างเครือข่ายกับนักวิจัยด้านสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย และระดับสากล

## ๘. เป้าหมายของโครงการ

### ๘.๑. เป้าหมายการดำเนินงาน

จำนวนผู้เข้าร่วมโครงการจำนวนทั้งสิ้น ๔๕ คน ประกอบด้วย

- นิสิตระดับปริญญาตรีและบัณฑิตศึกษา จำนวน ๑๕ คน
- อาจารย์/บุคลากรสถาบันต่างๆ จำนวน ๑๐ คน
- นักวิทยาศาสตร์/นักวิจัย/นักวิชาการจากหน่วยงานราชการ จำนวน ๑๕ คน
- ภาคเอกชนอุตสาหกรรม จำนวน ๒ คน
- วิทยากร จำนวน ๓ คน

### ๘.๒. กิจกรรม/เนื้อหาที่จะดำเนินการ

ภาคบรรยาย ความรู้การติดตามตรวจสอบและประเมินมลพิษทางทะเล กรณีศึกษา ประเทศสวีเดนและประเทศไทย



๔. งบประมาณดำเนินการ

งบประมาณทั้งสิ้น .....๑๔๐,๐๐๐.....บาท (หนึ่งแสนสี่หมื่นบาทถ้วน) ดังนี้

- รายได้.....บาท ระบุรายละเอียด(แหล่งงบประมาณ) แผนงานจัดการศึกษาอุดมศึกษา งานจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กองทุนเพื่อการศึกษา หมดเงินอุดหนุนทั่วไป (เงินอุดหนุนโครงการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์)
- แผ่นดิน.....บาท งานวิจัยเรื่อง การประเมินผลกระทบของโลหะหนักและสารอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอนต่อสัตว์ทะเลตามแนวชายฝั่งทะเลอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยองประจำปี ๒๕๕๗
- หน่วยงานภายนอก.....บาท ระบุรายละเอียด(แหล่งงบประมาณ).....หมดเงิน

ค่าใช้จ่าย	งบประมาณ แผ่นดิน	งบประมาณ รายได้	งบวิจัย วช ๒๕๕๗
๑. ค่าอาหารกลางวันและน้ำดื่มเลี้ยงผู้รับการอบรม ๔๕ คน อัตรา ๒๐๐ บาทต่อคนต่อมื้อ จำนวน ๑ มื้อ			๙,๐๐๐
๒. ค่าอาหารว่าง ๔๕ คน อัตรา ๓๕ บาท ต่อคนต่อมื้อ จำนวน ๑ มื้อ (๒ มื้อ)			๓,๑๕๐
๓. ค่าจัดทำเอกสารประกอบโครงการ			๓,๐๐๐
๔. ค่าวิทยากร ๒.๕ ชั่วโมง ๒ ท่าน ๖๐๐ บาท/ชั่วโมง			๓,๐๐๐
๕. ค่าเดินทางเครื่องบินโดยสารชั้นประหยัด ๑ ท่าน ไปและกลับ ประเทศสวีเดนและประเทศไทยและค่ารถภายในประเทศสวีเดน			๕๐,๐๐๐
๖. ค่าโอนเงินข้ามประเทศ เพื่อจ่ายค่าตัวเครื่องบิน			๑,๐๐๐
๗. ค่าที่พักโรงแรม ๑๓ - ๒๐ มกราคม ๒๕๕๘ วิทยากร ๑ ท่าน (๘ คืน X ๓๐๐๐ บาท)			๒๔,๐๐๐
๘. ค่าเบี้ยเลี้ยง (๘ วัน X ๒๐๐๐ บาท)			๑๖,๐๐๐
๙. ค่าจ้างเหมารถรับส่งวิทยากรสนามบินสุวรรณภูมิ ชลบุรี ไปกลับ (๒ เที่ยว X ๒,๘๐๐ บาท)			๕,๖๐๐
๑๐. ค่าวิทยากรชาวต่างชาติ (๓๐๐๐ บาท X ๓ ชั่วโมง)			๙,๐๐๐
๑๑. ค่าป้ายประชาสัมพันธ์			๒,๐๐๐
๑๒. ค่าของชำร่วย			๓,๐๐๐
๑๓. ค่านิสิตช่วยงาน ๒ ท่าน (๒๑๐ บาท/ท่าน)			๔๒๐
๑๔. ค่าเลี้ยงรับรอง			๕,๐๐๐
๑๕. ค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ด			๓,๖๐๐
<b>รวม</b>			๑๔๐,๐๐๐
<b>รวมประมาณค่าใช้จ่ายทั้งหมด</b>	<b>หนึ่งแสนสี่หมื่นบาทถ้วน</b>		

๑๐. ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน (PDCA)

กิจกรรม	ปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๕๗ และ ๒๕๕๘											
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
<b>ขั้นวางแผนงาน (P)</b> ๑. ประสานงาน ๒. ขออนุมัติโครงการฯ ๓. เตรียมเอกสารประกอบโครงการและวัสดุวิทยาศาสตร์		↔										
<b>ขั้นดำเนินการ(D)</b> ๑. ประชาสัมพันธ์โครงการ ๒. บรรยายเชิงวิชาการ			↔	↔	↔							
<b>ขั้นสรุปและประเมินผล (C)</b> ๑. ประมวลผลแบบสอบถาม ๒. ส่งรายงานโครงการฯ					↔			↔				
<b>ขั้นปรับปรุงตามผลการประเมิน(A)</b>								↔				

๑๑. วัน เวลา และสถานที่ในการดำเนินการ

๑๑.๑ วัน เวลา ในการจัดกิจกรรม

..... : วันศุกร์ที่ ๑๖ มกราคม พ.ศ. ๒๕๕๘ เวลา ๘.๓๐ - ๑๖.๓๐ น.

๑๑.๒ สถานที่จัดกิจกรรม ..... ห้องประชุมน้ำใจจวงษ์ SD๓๑๗ อาคารสิริธร คณะวิทยาศาสตร์.....

๑๒. ผลที่คาดว่าจะได้รับ

๑๒.๑ ผู้เข้าร่วมโครงการได้รับความรู้และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นมลพิษสิ่งแวดล้อมทางทะเล ผลกระทบต่อสุขภาพ จากโลหะหนักและสารอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอนในประเทศไทยและสวีเดน

๑๒.๒ ผู้เข้าร่วมโครงการได้พัฒนาวิธีการประเมินมลพิษสิ่งแวดล้อมทางทะเลในงานที่ปฏิบัติ

๑๒.๓ ผู้เข้าร่วมโครงการได้เอกสารและข้อมูลไปเผยแพร่ต่อไปเข้าร่วมโครงการได้รับความรู้และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันทางมลพิษสิ่งแวดล้อมจากโลหะหนัก

๑๓. ตัวชี้วัดความสำเร็จโครงการ (KPI) ตามประเด็นยุทธศาสตร์ที่ ๒ กลยุทธ์ที่ ๒

ปริมาณ	คุณภาพ	เวลา	ต้นทุน
ผู้เข้าร่วมโครงการฯ อย่างน้อยร้อยละ ๘๐	- ผลรวมระดับความพึงพอใจในการจัดงาน ระดับมาก และมากที่สุด ไม่น้อยกว่าร้อยละ ๗๐ - ผู้เข้าร่วมโครงการ ได้รับเอกสารวิชาการ - ข้อมูลจากการแลกเปลี่ยนความรู้	๗.๐๐ ชั่วโมง	๓,๑๑๑.๑๑ บาท

-๕-

๑๔. (สำหรับโครงการเดิมหรือต่อเนื่องจากปีที่แล้ว) ปัญหา/ อุปสรรคที่พบจากการจัดโครงการปีที่ผ่านมา (ข้อมูลจากผล ประเมินโครงการปีที่แล้ว)

๑๕. (สำหรับโครงการเดิมหรือต่อเนื่องจากปีที่แล้ว) แนวทางแก้ไข และ/หรือ ป้องกันปัญหา/ อุปสรรค ที่อาจเกิดขึ้นในปี

ไม่มี

ปภาศิริ นร-

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปภาศิริ บาร์เนท)

หัวหน้าโครงการอบรม

## กำหนดการโครงการอบรมวิชาการ

เรื่อง “การติดตามตรวจสอบและประเมินมลพิษการปนเปื้อนของโลหะหนักและสารอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอนทางทะเล”  
ณ ห้อง SD ๑๑๗ อาคารสิรินธร คณะวิทยาศาสตร์  
วันศุกร์ที่ ๑๖ มกราคม พ.ศ. ๒๕๕๘

๘.๓๐ - ๙.๐๐ น.	ลงทะเบียน และรับเอกสารการบรรยาย ห้องประชุมน้ำใจชายน์ SD ๑๑๗
๙.๐๐ - ๙.๓๐ น.	พิธีเปิดโดย คณบดี คณะวิทยาศาสตร์ และ ถ้ายรูปหมู่ อาหารว่าง
	การบรรยายทางวิชาการ
๙.๓๐ - ๑๑.๐๐ น.	วิทยากร (ผศ.ดร.ปภาศิริ บาร์เนท) ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์
๑๑.๐๐ - ๑๒.๓๐ น.	วิทยากร (ผศ.ดร.นันทพร ภัทรพุทธ) ภาควิชาสุขศาสตร์อุตสาหกรรม คณะสาธารณสุขศาสตร์
๑๒.๓๐ - ๑๓.๓๐ น.	พักรับประทานอาหารเที่ยง
๑๓.๓๐ - ๑๕.๓๐ น.	วิทยากร (Prof. Dr. Malin Charlotta Celandner) Department of Biological and Environmental Sciences, Gothenberg University, ประเทศสวีเดน
๑๕.๓๐ - ๑๖.๓๐ น.	แลกเปลี่ยนความรู้ (Discussion Group), อาหารว่าง วิทยากร (ผศ.ดร.ปภาศิริ บาร์เนท ผศ.ดร.นันทพร ภัทรพุทธ และ Prof. Dr. Malin)
	1. ข้อมูลมีประโยชน์ต่องานของท่านหรือไม่ อย่างไร และนำไปต่อยอดอย่างไร
	2. การนำไปใช้ในเชิงนโยบายหรือเชิงปฏิบัติ
	3. ความสามารถในการเผยแพร่ข้อมูลครั้งนี้ต่อสาธารณชนได้มากน้อยอย่างไร
๑๖.๓๐ น.	ปิดการอบรม โดย หัวหน้าภาควิชาวาริชศาสตร์

ใบลงทะเบียน โครงการอบรมบรรยาย เรื่อง "การติดตามตรวจสอบและประเมินมลพิษทางทะเล กรณีศึกษา ประเทศสวีเดนและประเทศไทย"

วันที่ 16 มกราคม 2558 ณ ห้องน้ำใจชายด์ SD 117 อาคารสิรินธร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี

ลำดับที่	ชื่อ-สกุล	ตำแหน่ง	หน่วยงาน	E-mail	Mobile phone	Signature
1	ผศ.ดร. ปภาศิริ บาร์เนท (วิทยากร)	อาจารย์ประจำ และหัวหน้า ภาควิชา วาริชศาสตร์	ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ ม.บูรพา	praparsi@buu.ac.th	087-0262612	
2	ผศ. ดร. นันทพร ภัทรพุทธ (วิทยากร)	อาจารย์ประจำ	ภาควิชาสุขศาสตร์อุตสาหกรรม และความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ ม.บูรพา	nantapor@buu.ac.th	038-102740	
3	Prof. Malin Charlotta Celander (วิทยากร)	อาจารย์ประจำ	Department of Biological and Environmental Sciences, GÖTEBORG UNIVERSITY	malin.celander@zool.gu.se		
4	ผศ.ดร. เอกวิฐ ศรีสุข	คณบดี คณะวิทยาศาสตร์	คณะวิทยาศาสตร์ ม.บูรพา			
5	ดร.พอลิต นันทนาวัฒน์	อาจารย์ประจำ	ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ ม.บูรพา	phochit@buu.ac.th		
6	ดร. นิภา มหารัชพงศ์	อาจารย์ประจำ	ภาควิชาสุขศึกษาและพฤติกรรม สุขภาพ คณะสาธารณสุขศาสตร์ ม.บูรพา	nantapor@buu.ac.th	038-102222	

ใบลงทะเบียน โครงการอบรมบรรยาย เรื่อง "การติดตามตรวจสอบและประเมินมลพิษทางทะเล กรณีศึกษา ประเทศสวีเดนและประเทศไทย"

วันที่ 16 มกราคม 2558 ณ ห้องน้ำใจชายด์ SD 117 อาคารสิรินธร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ-สกุล	ตำแหน่ง	หน่วยงาน	E-mail	Mobile phone	Signature
7	ดร. ไพฑูรย์ มกคงไม่	นักวิทยาศาสตร์	สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล ม.บูรพา	mokk_pp@hotmail.com	081-9833429	
8	อาวุธ หมั่นหาผล	นักวิทยาศาสตร์	สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล ม.บูรพา			
9	วันชัย วงสุดาวรรณ	นักวิทยาศาสตร์	สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล ม.บูรพา	wanchai@bims.bur.uft	091209274	
10	วราพร ขอลำไพ	นักวิทยาศาสตร์	ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 6 ชลบุรี กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์	varaporn.cgdmsc.mail.go.th	081-8648301	
11	วีระ ทองประไพ	ผู้อำนวยการ	สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและ สิ่งแวดล้อมจังหวัดชลบุรี	Chonburi.org@mnre.go.th	0 3839 8268-9	
12	นิสاکกร วิเวกวินัย	นักวิชาการสุขาภิบาล	เทศบาลเมืองแสนสุข ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี	nisakom.wg@hotmail.com	081-3571995	
13	นิคม เกษมปุระ	Vice President	Technical and Enhance SHE บริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด (มหาชน)	Nikom.k@pttgcgroup.com	038-971004	
14	สมจิตต์ นิลถนอม	Sr. Environmental Engineer	Technical and Enhance SHE บริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด (มหาชน)	Somchit.ng@pttgcgroup.com	038-971062	

ใบลงทะเบียน โครงการอบรมบรรยาย เรื่อง "การติดตามตรวจสอบและประเมินมลพิษทางทะเล กรณีศึกษา ประเทศสวีเดนและประเทศไทย"

วันที่ 16 มกราคม 2558 ณ ห้องน้ำใจชายด์ SO 117 อาคารสิรินธร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ-สกุล	ตำแหน่ง	หน่วยงาน	E-mail	Mobile phone	Signature
15	สุรจิต สถาพรชัยลักษณ์	Sr. Environmental Engineer	SHE-Refinery บริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด (มหาชน)	Surajit.s@pttgcgroup.com	038-971064	
16	สิรินภา พรหมรักษ์	Environmental Engineer	SHE-Refinery บริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด (มหาชน)	Sirinapa.p@pttgcgroup.com	038-971891	
17	สมภพ สุขพิงอรรัตน์	ผู้จัดการแผนกวิศวกรรมความปลอดภัย	ฝ่ายคลังปิโตรเลียมภาคตะวันออก บริษัท ปตท.จำกัด (มหาชน)	sompob.s@pttplc.com		
18	อารียา นาวาเจริญ	พนักงานบริหารความปลอดภัย	ฝ่ายคลังปิโตรเลียมภาคตะวันออก บริษัท ปตท.จำกัด (มหาชน)	areeya.n@pttplc.com		
19	ภูพิงค์ ทวีทรัพย์	ผู้จัดการด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม	บริษัท ไทยออยล์ จำกัด (มหาชน)	Phuping@thaloilgroup.com	038-408-500 ต่อ 2660	
20	ศุภฤกษ์ สติธรรมจิต	ผู้อำนวยการด้านสิ่งแวดล้อม	บริษัท ไทยออยล์ จำกัด (มหาชน)	Supalerk@thaloilgroup.com	038-408-500 ต่อ 2723	
21	วนิดา ห่อคำ	ผู้อำนวยการด้านสิ่งแวดล้อม	บริษัท ไทยออยล์ จำกัด (มหาชน)	Wanida@thaloilgroup.com	038-408-500 ต่อ 2664	

ใบลงทะเบียน โครงการอบรมบรรยาย เรื่อง "การติดตามตรวจสอบและประเมินมลพิษทางทะเล กรณีศึกษา ประเทศสวีเดนและประเทศไทย"

วันที่ 16 มกราคม 2558 ณ ห้องน้ำใจสายดี SD 117 อาคารสิรินธร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ-สกุล	ตำแหน่ง	หน่วยงาน	E-mail	Mobile phone	Signature
22	Xiaocyan Wang	นักศึกษาปริญญาเอก	ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ ม.บูรพา	wxy3937@gmail.com	0809814320	
23	ภัทรจิต รัชชาชล	นักศึกษาปริญญาโท	ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ ม.บูรพา	pathrajit-deer@ gmail.com	096-459-4600	
24	ภัทรชัย กฤตพิวานนท์	นักศึกษาปริญญาโท	ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ ม.บูรพา		094696446	
25	อศลย์ มีนภา	นักศึกษาปริญญาโท	ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ ม.บูรพา	Asol_bo@grmail.com	092-3212321	
26	ทรงพล สงวนทรัพย์	นักศึกษาปริญญาโท	ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ ม.บูรพา	Mabzra-nob@gmail.com	087-3186221	
27	ปวีตกร พรหมโคตร	นักศึกษาปริญญาโท	ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ ม.บูรพา		081-4435712	
28	ภาวิณี ชวนบุญกุล	นักศึกษาปริญญาโท	ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ ม.บูรพา	Beem-p@hotmail.com	084-6254213	
29	รัชดาภรณ์ อาจพงษ์	นักศึกษาปริญญาโท	ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ ม.บูรพา	Sineais@hotmail.com	083-5492172	
30	ศุภชัย ชินยอง	นักศึกษาปริญญาโท	ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ ม.บูรพา			



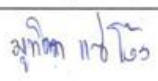



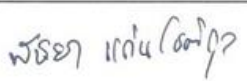
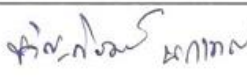
ใบลงทะเบียน โครงการอบรมบรรยาย เรื่อง “การติดตามตรวจสอบและประเมินมลพิษทางทะเล กรณีศึกษา ประเทศสวีเดนและประเทศไทย”

วันที่ 16 มกราคม 2558 ณ ห้องน้ำใจชายด์ SD 117 อาคารสิรินธร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ-สกุล	ตำแหน่ง	หน่วยงาน	E-mail	Mobile phone	Signature
31	สุรินทร์ ทิพย์กองลาศ	นักศึกษาระดับปริญญาโท	ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ ม.บูรพา			
32	ธีรพงษ์ ทิพย์มงคล	นักศึกษาระดับปริญญาโท	ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ ม.บูรพา			
33	ณัฐชา บุญมา	นักศึกษาระดับปริญญาโท	ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ ม.บูรพา	Nattya-ta@gmail.com	081-2012958	ณัฐชา บุญมา
34	ศุภฎี หลินวรัตน์	นักศึกษาระดับปริญญาโท	ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ ม.บูรพา			
35	วิชฐา ขาววิเศษ	นักศึกษาระดับปริญญาโท	ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ ม.บูรพา	varis@hotmail.com	092-4814622	วิชฐา
36	สุทธิพงษ์ เจริญศรี	นักศึกษาระดับปริญญาตรี	ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ ม.บูรพา	Sohong-wis2@hotmail.com	094-6051954	สุทธิพงษ์
37	สุกานตา ทับเมธา	นักศึกษาระดับปริญญาเอก	สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ ม.บูรพา	adnakus@hotmail.com	092-3983945	สุกานตา
38	วิษุตา ประสาทแก้ว	นักศึกษาระดับปริญญาเอก	สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ ม.บูรพา	wichutha_buthy@hotmail.com	081-5900558	วิษุตา ประสาทแก้ว
39	ชนพพล กลิ่นกลบ	นักศึกษาระดับปริญญาโท	สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ ม.บูรพา	Jack-p@hotmail.com	092-2520422	ชนพพล กลิ่นกลบ

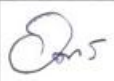
ใบลงทะเบียน โครงการอบรมบรรยาย เรื่อง “การติดตามตรวจสอบและประเมินมลพิษทางทะเล กรณีศึกษา ประเทศสวีเดนและประเทศไทย”

วันที่ 16 มกราคม 2558 ณ ห้องน้ำใจชายด์ SD 117 อาคารสิรินธร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ-สกุล	ตำแหน่ง	หน่วยงาน	E-mail	Mobile phone	Signature
40	มูทิตา แซ่โจ้ว	นักศึกษาปริญญาโท	สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ ม.บูรพา	fantasia@hotmail.com	083-7697524	
41	อาทิตย์ คำแก้ว	นักศึกษาปริญญาโท	สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ ม.บูรพา		092-4816271	
42	พิชญ์สินี สมชัยดี	นักศึกษาปริญญาโท	สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ ม.บูรพา	Pichol_pa@hotmail.com		
43	กาญจนา นีร์ณวงค์	นักศึกษาปริญญาโท	สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ ม.บูรพา	Kib-kib@hotmail.com	083-7697521	
44	พัชญา แก่นโชติกุล	นักศึกษาปริญญาโท	สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ ม.บูรพา	Patchya_216@gmail.com	081-2754877	
45	ขวัญภิรมย์ นกเทศ	นักศึกษาปริญญาโท	สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ ม.บูรพา			

ใบลงทะเบียน โครงการอบรมบรรยาย เรื่อง “การติดตามตรวจสอบและประเมินมลพิษทางทะเล กรณีศึกษา ประเทศสวีเดนและประเทศไทย”

วันที่ 16 มกราคม 2558 ณ ห้องน้ำใจชาyard SD 117 อาคารสิรินธร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ-สกุล	ตำแหน่ง	หน่วยงาน	E-mail	Mobile phone	Signature
55	อรสา นิลประกอบสุข		สำนักงานสิ่งแวดล้อมที่ 13			
56	วิไลวรรณ พวงพันธ์นะ		นิสิตม.ภค วารสารศาสตร์		087-9213944	วิไลวรรณ พวงพันธ์นะ
57						
58						
59						
60						
61						
62						
63						



## โครงการอบรมบรรยาย

เรื่อง การติดตามตรวจสอบและประเมินมลพิษทางทะเล  
กรณีศึกษา ประเทศสวีเดนและประเทศไทย

บรรยายโดย

ผศ.ดร. ปภาศิริ บาร์เนท

ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ ม.บูรพา

ผศ. ดร. นันทพร ภัทรพุทธ

ภาควิชาสุขศาสตร์อุตสาหกรรมและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ ม.บูรพา

Prof. Malin Charlotta Celander

Department of Biological and Environmental Sciences , GÖTEBORG UNIVERSITY

วันที่ 16 มกราคม 2558

ณ ห้องน้ำใจชายด์ SD 117 อาคารสิรินธร คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี

“การติดตามตรวจสอบและประเมินมลพิษทางทะเล กรณีศึกษา ประเทศสวีเดนและประเทศไทย”  
 “Assessments of heavy metals and organic hydrocarbons exposure in fish and Green mussel: case study between Thailand and Sweden”

ผศ.ดร.ปภาศิริ บาร์เนท และคณะ  
 ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์  
 มหาวิทยาลัยบูรพา  
 16 มกราคม 2015  
 ห้องน้ำใจชายน์ SD117 อาคารสิรินธร

การประเมินผลกระทบของโลหะหนักและสารอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอนต่อสัตว์ทะเลตามแนวชายฝั่งทะเลอุตสาหกรรมมาตาพุด จังหวัดระยอง  
 Assessments of heavy metals and organic hydrocarbons exposure in selected marine animals from coastal industrial area at Map Ta Phut, Rayong Province

- 2012
- 2013
- 2014 (วิเคราะห์ข้อมูลได้บางส่วน)
- ทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนจากรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) สภาวิจัยแห่งชาติ



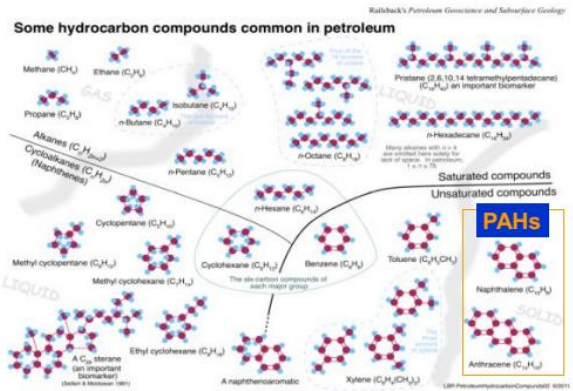
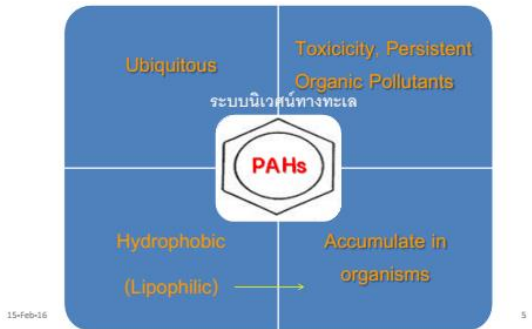
**ความสำคัญ**

- นิคมอุตสาหกรรมขนาดใหญ่เพื่อเป็นการผลิตก๊าซธรรมชาติและผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้อง เช่น อุตสาหกรรมปิโตรเคมี อุตสาหกรรมเคมี โรงงานผลิตกระแสไฟฟ้า เป็นต้น
- มลพิษทางน้ำ คือ ผลภาวะการปนเปื้อนของสารจากโรงงานที่ปล่อยมาสู่ทางทะเล ประกอบด้วย นิคมอุตสาหกรรมทั้งหมด 4 แห่ง มีขนาดพื้นที่รวม 21,241 ไร่ มีจำนวนโรงงานทั้งหมด 130 โรงงาน (เฉพาะนิคมอุตสาหกรรมมาตาพุดมีพื้นที่ประมาณ 10,000 ไร่ จำนวน 65 โรงงาน) (สำนักงานจังหวัดระยอง, 2552)
- ประกาศกำหนดนิคมอุตสาหกรรมมาตาพุด จังหวัดระยองให้เป็นเขตควบคุมมลพิษ (คำสั่งศาลปกครองพิพากษาวันที่ 3 มีนาคม 2552) เพื่อดำเนินการควบคุม อด และขจัดมลพิษ ตามที่กำหนดไว้ในกฎหมาย
- ชายฝั่งทะเลมีการประมงและการเลี้ยงหอยแมลงภู่
- จึงควรมีงานวิจัยในการติดตามตรวจสอบชั้นแหล่งทางวิทยาศาสตร์ ว่าตามแนวชายฝั่งทะเลยังมีปัญหาผลกระทบจากน้ำ ค่าสอบบางส่วนจากงานวิจัยครั้งนี้ คือจะทราบผลกระทบของโลหะหนักและสารอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอน กลุ่มที่เอเอช สะสมอยู่ในสัตว์ทะเล และนั่นคือป็นเป็นในระบบนิเวศน์ทางทะเล

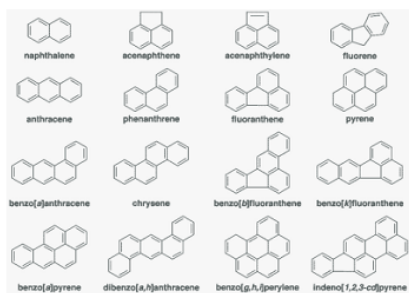
**วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย**

1. การวิเคราะห์โลหะหนัก (แคดเมียม) ในปลาทะเล และ หอยแมลงภู่ตามแนวชายฝั่งทะเล
2. การวิเคราะห์สารโพลีไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน (พีเอเอช) รวม ในปลาทะเล และ หอยแมลงภู่ตามแนวชายฝั่งทะเล
3. การสำรวจการแสดงออกของตัวชี้วัดชีวภาพ Cytochrome P450 (CYP1A) และ metal-binding protein (Metallothionein) ในปลาทะเล และ หอยแมลงภู่ตามแนวชายฝั่งทะเล
4. ประเมินความสัมพันธ์ของโลหะหนัก และ สารพีเอเอช และ ตัวชี้วัดชีวภาพ ในเนื้อและตับปลาทะเล และหอยแมลงภู่ตามแนวชายฝั่งทะเล
5. การศึกษาพฤติกรรมการบริโภคอาหารทะเลและการรับรู้ความเสี่ยงจากการบริโภคอาหารทะเลของประชาชน
  - 5.1 ศึกษาพฤติกรรมการบริโภคอาหารทะเล ความรู้ ความเข้าใจ และการรับรู้ความเสี่ยงจากการบริโภคอาหารทะเลของประชาชนในเขตตำบลมาตาพุด จ.ระยอง และตำบลอ่างศิลา จ.ชลบุรี
  - 5.2 เปรียบเทียบความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับอันตรายจากการปนเปื้อนสารเคมีในอาหารทะเล ตลอดจนการรับรู้ความเสี่ยงจากการบริโภคอาหารทะเล

Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) is partial component of TPH



## PAHs (aromatic hydrocarbons)



- Chemical structure of the EPA selected 16 PAHs (Keith & Telliard 1979; Pampanin and Sydnes, 2013)

## Carcinogenic classification of selected PAHs by the International Agency for Research on Cancer (IARC, 2012)

Carcinogenic Classification	PAHs Compound
1 Carcinogenic to humans	Benzo(a)pyrene
2A Probably carcinogenic to humans	Dibenzo(a,h)anthracene
2B Possibly carcinogenic to humans	Benzo(a)anthracene
	Benzo(b)fluoranthene
	Benzo(k)fluoranthene
	Chrysene
3 Not classifiable as to its carcinogenicity to humans	Indeno(1,2,3-c,d)pyrene
	Naphthalene
	Acenaphthene
	Anthracene
	Benzo(g,h,i)perylene
	Fluoranthene
	Fluorene
	Phenanthrene
	Pyrene

### Mechanisms of detoxification and elimination of metals

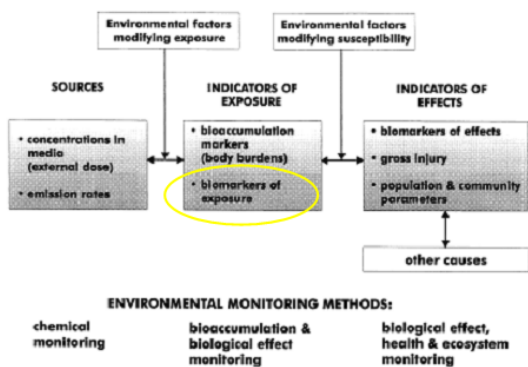
- The role of metal binding in detoxification
- Biotransformation
  - Not possible for most metals
  - Biotransformation (methylation) can make it more toxic
- Binding to intracellular ligands
  - Reduces the amount of biologically active form (free ion)
- Deposition of insoluble metal granules (invertebrate only) eg. Cu, Hg, Se, Ag, Cd, Pb, Se

### Metals are persistent contaminants

- Bioaccumulation (bioconcentration) in organisms
- Biomagnification in food chain

### ประเมินการปนเปื้อนมลพิษสิ่งแวดล้อมทางน้ำ จาก การติดตามตรวจสอบสารที่สนใจในสิ่งมีชีวิตในทะเล

1. ตรวจวิเคราะห์ปริมาณโดยตรงของสารโลหะหนักและสารอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอนที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมในทะเล ได้แก่ น้ำทะเล ตะกอนดิน สารแขวนลอย และ สิ่งมีชีวิตพืชและสัตว์ทะเล ทุกระดับ
  2. เทคนิคการตรวจสอบการรับสัมผัสสารในสัตว์น้ำ หรือไม่ จากการตรวจโปรตีนเอ็มไซม์ (ตัวชี้วัดทางชีวภาพ) ถูกสร้างเพื่อลดความเป็นพิษของสารและขับออกนอกร่างกาย
- มลพิษการปนเปื้อนของ โลหะหนักและสารอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอนทางทะเล เกิดได้ในระดับที่ยอมรับได้ว่าไม่เสี่ยงต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆ ที่อาศัยในทะเล
  - เข้าสู่ห่วงโซ่อาหารจนเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ และ มนุษย์ที่บริโภคอาหารทะเล



Van der Oost et al., 2003

## Biomarkers

- การนำตัวชี้วัดทางชีวภาพ (biomarker) ได้แก่ Cytochrome P450 (CYP1A), Metal-Binding Protein ซึ่งถูกชักนำให้สร้างขึ้นเมื่อสัตว์น้ำได้รับและสัมผัสกับโลหะหนัก เพื่อลดความเป็นพิษและขับออกนอกร่างกาย ถ้าขับออกนอกร่างกายไม่หมดจะมีการสะสมภายในตัวสัตว์
- จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ใช้ตรวจการรับสัมผัสสารในตัวสัตว์ และประเมินสถานการณ์มลพิษ การปนเปื้อนของโลหะหนักและอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอน

### The PAH and PAH-like inducers of CYP1A


**Polycyclic aromatic hydrocarbons**  
 3-methylcholanthrene  
 benzo(a)pyrene  
 benz(a)anthracene  
 dibenz(a,h)anthracene

**Phenothiazines**  
 $\beta$ -Naphthoflavone and other flavones

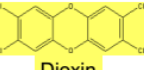
**Plant indoles**  
 indole-3-acetonitrile  
 indole-3-carbinol

**Ellipticine**  
 Charcoal-broiled beef  
 Cigarette smoke  
 Crude petroleum

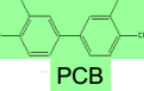
**Polychlorinated biphenyls**  
 Polybrominated biphenyls  
 Halogenated dibenzo-p-dioxins  
 Halogenated dibenzofurans



**Benzo[a]pyrene**

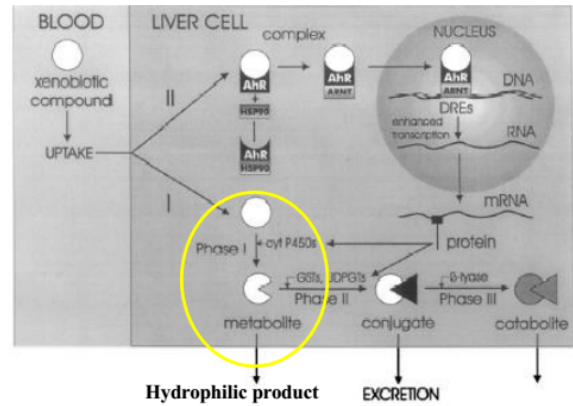


**Dioxin**



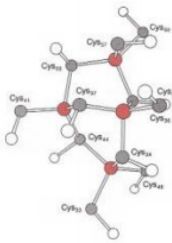
**PCB**

Derived from Okey, A.B. (1990) *Pharmacol. Therapeut.* **45**, 241-298.



Van der Oost et al., 2003

### Metal-Binding Protein



ที่มาภาพ : (www.qiagen.com)

- หรือเรียกอีกอย่างว่า Metallothionein (MT)
- ถูกชักนำให้สร้างขึ้นเมื่อสัตว์น้ำได้รับและสัมผัสกับโลหะหนัก
- เป็น cysteine-rich protein มีหน้าที่จับกับโลหะหนัก เช่น  $Cd^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$  เพื่อลดความเป็นพิษต่อเซลล์
- มีหน้าที่สำคัญในการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโลหะหนักที่เป็นพิษต่อร่างกาย เช่น แคดเมียม (Cd) , ปรอท ( $Hg^{2+}$ ) และ สังกะสี ( $Zn^{2+}$ ) เป็นต้น

### การเลือกสัตว์ทดลอง

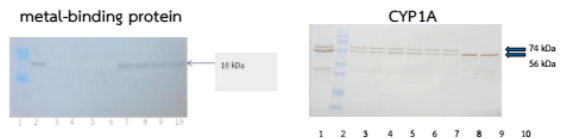
ปลาทะเล	หอยแมลงภู่
<ul style="list-style-type: none"> <li>• เคลื่อนที่ได้</li> <li>• ความหลากหลายของชนิด</li> <li>• อาศัยในระบบนิเวศน์ต่างกัน(หน้าดิน กลางน้ำ ผิวน้ำ / กินพืช กินสัตว์</li> <li>• Metabolism ต่อสารพิษสูง (มีการสร้างโปรตีน CYP1A, MT)</li> <li>• นำมาบริโภค</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• เคลื่อนที่ไม่ได้</li> <li>• ชนิดเดียว</li> <li>• กรองกินอาหารแพลงค์ตอน</li> <li>• Metabolism ต่อสารพิษต่ำ (มีการสร้างโปรตีน CYP1A, MT)</li> <li>• นำมาบริโภค</li> </ul>

### วิธีการศึกษา

- เก็บรวบรวมปลาทะเลและหอยแมลงภู่ตามแนวชายฝั่งทะเลมาบดทำตุ๋น จังหวัดระยอง และตำบลอ่างศิลา จังหวัดชลบุรี (แหล่งเปรียบเทียบกับ)
- จำแนกตัวอย่างชนิดของปลาทะเล ที่เป็นตัวแทนของปลากินพืชและปลากินสัตว์ ซึ่งน้ำหนัก วิตความยาว
- เก็บตัวอย่าง หอยแมลงภู่ แยกสองขนาด คือ ความยาวเปลือก <6 เซนติเมตร และขนาดชายสุดลาด >6 เซนติเมตร
- เนื้อเยื่อปลาและตับ และเนื้อหอยแมลงภู่ที่แกะเปลือกสุ่มจากปลาทะเลหลายชนิด แต่ละชนิดหลายขนาด เนื้อ (30 ตัวอย่าง) และตับ (30 ตัวอย่าง) และหอยแมลงภู่ ขนาดละ 20 ตัวอย่าง (แต่ละตัวอย่างจากรวมหอย 20 ตัว)

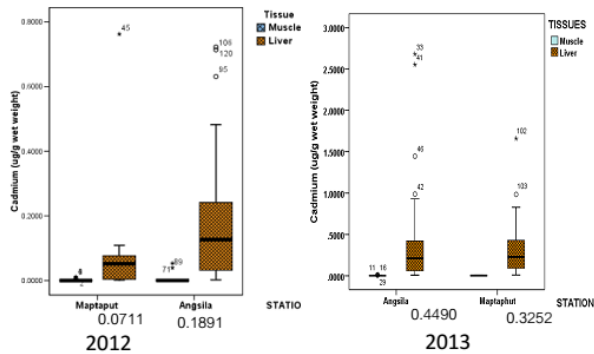


- วิเคราะห์หาปริมาณสารฟิเออซ (16 ชนิด และ 8 ชนิด carcinogenic PAHs) ที่สุ่มจากปลาทะเล เนื้อ และตับ จากเนื้อหอยแมลงภู่ สกัดเนื้อเยื่อตัวอย่าง แบบต่อเนื่อง (continuous extraction) ในชุดสกัด Soxhlet extractor แยกและหาปริมาณฟิเออซรวม ด้วยเครื่อง GC/MS
- วิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียม ที่สุ่มจากปลาทะเล เนื้อ และตับ จากเนื้อหอยแมลงภู่ ทำการย่อยตัวอย่างเนื้อเยื่อสัตว์น้ำด้วยกรดไนตริก และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในเครื่องย่อยสลายตัวอย่างด้วยคลื่นสั้น (Microwave Digester) แล้วนำไปตรวจวัดปริมาณ แคดเมียม ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer
- การตรวจสอบโปรตีน CYP1A และ digestive gland จากหอยแมลงภู่ และ metal-binding protein จากตับปลาทะเล ทำการสกัดโปรตีนที่ความเร็วต่ำและสูง หาปริมาณโปรตีนในตัวอย่างแล้วแยกโปรตีนด้วยเทคนิค SDS-PAGE และย้ายโปรตีน เทคนิค Western blot รายงานแบนและ ความเข้มที่ปรากฏบนกระดาษแอนติบอดีจับจำเพาะต่อโปรตีน

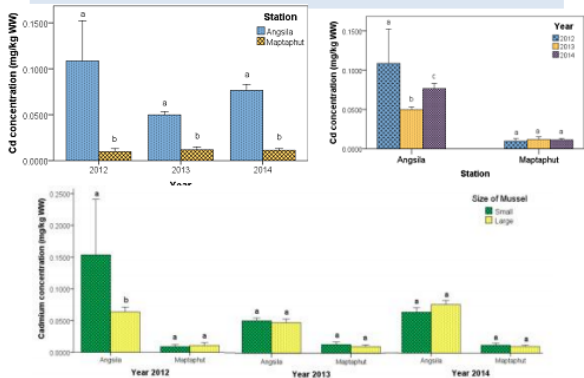




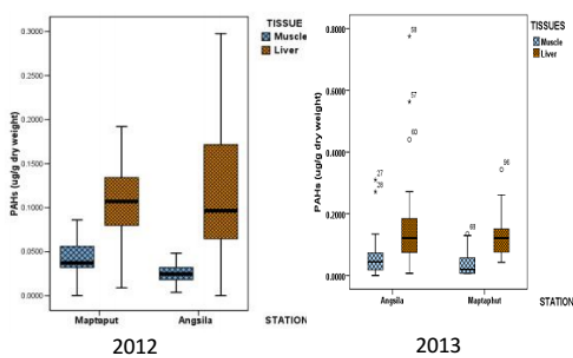
### ผลการวิเคราะห์แคดเมียมในปลา



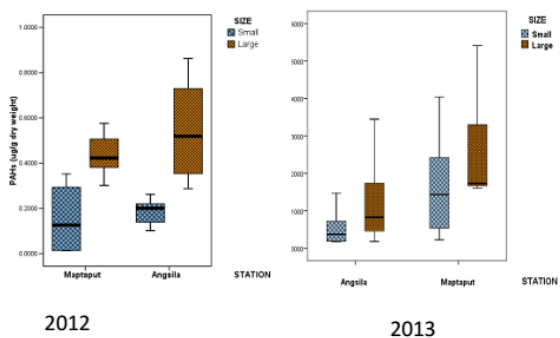
### ผลการวิเคราะห์แคดเมียมในหอยแมลงภู่



### ผลการวิเคราะห์ Total PAHs ในปลา



### ผลการวิเคราะห์ Total PAHs ในหอยแมลงภู่



### PAHs profile in feral fish

2012		2013	
(Mataput)	(Angsila)	(Mataput)	(Angsila)
Naphthalene (NAP) / 0	Naphthalene (NAP) / 0	Naphthalene (NAP) / 0	Naphthalene (NAP) / 0
Acenaphthylene (ACY) / 0	Acenaphthylene (ACY) / 0	Acenaphthylene (ACY) / 0	Acenaphthylene (ACY) / 0
Acenaphthene (ACE) / 0	Acenaphthene (ACE) / 0	Acenaphthene (ACE) / 0	Acenaphthene (ACE) / 0
Fluorene (FLO) / 0	Fluorene (FLO) / 0	Fluorene (FLO) / 0	Fluorene (FLO) / 0
Phenanthrene (PHE) / 0	Phenanthrene (PHE) / 0	Phenanthrene (PHE) / 0	Phenanthrene (PHE) / 0
Anthracene (ANT) / 0	Anthracene (ANT) / 0	Anthracene (ANT) / 0	Anthracene (ANT) / 0
Fluoranthene (FLA) / 0+	Fluoranthene (FLA) / 0+	Fluoranthene (FLA) / 0+	Fluoranthene (FLA) / 0+
Pyrene (PYR) / 0+	Pyrene (PYR) / 0+	Pyrene (PYR) / 0+	Pyrene (PYR) / 0+
Benz[a]anthracene (BaA) / ++	Benz[a]anthracene (BaA) / ++	Benz[a]anthracene (BaA) / ++	Benz[a]anthracene (BaA) / ++
Chrysene (CHR) / +++	Chrysene (CHR) / +++	Chrysene (CHR) / +++	Chrysene (CHR) / +++
Benz[b]-fluoranthene (BbF) / +++	Benz[b]-fluoranthene (BbF) / +++	Benz[b]-fluoranthene (BbF) / +++	Benz[b]-fluoranthene (BbF) / +++
Benz[k]fluoranthene (BkF) / +++	Benz[k]fluoranthene (BkF) / +++	Benz[k]fluoranthene (BkF) / +++	Benz[k]fluoranthene (BkF) / +++
Benz[a]pyrene (BaP) / +++	Benz[a]pyrene (BaP) / +++	Benz[a]pyrene (BaP) / +++	Benz[a]pyrene (BaP) / +++
Indeno[1,2,3-cd]pyrene (IcdP) / +++	Indeno[1,2,3-cd]pyrene (IcdP) / +++	Indeno[1,2,3-cd]pyrene (IcdP) / +++	Indeno[1,2,3-cd]pyrene (IcdP) / +++
Dibenz[a,h]anthracene (Dah) / +++	Dibenz[a,h]anthracene (Dah) / +++	Dibenz[a,h]anthracene (Dah) / +++	Dibenz[a,h]anthracene (Dah) / +++
Benz[ghi]perylene (BghiP) / ?	Benz[ghi]perylene (BghiP) / ?	Benz[ghi]perylene (BghiP) / ?	Benz[ghi]perylene (BghiP) / ?
Mean Total PAHs (µg/g) 0.8744	Mean Total PAHs (µg/g) 0.9712	Mean Total PAHs (µg/g) 0.1824	Mean Total PAHs (µg/g) 0.1321



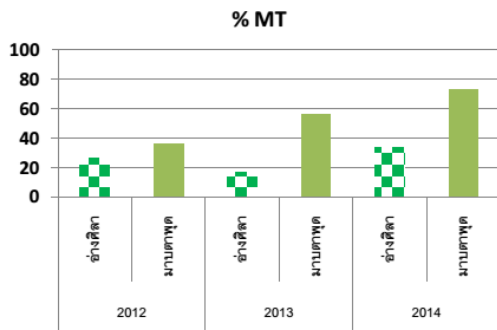
PAHs profile in Green mussel 2012

Mataput		Angsila	
Small size	Large size	Small size	Large size
Naphthalene (NAP)/0	Naphthalene (NAP)/0	Naphthalene (NAP)/0	Naphthalene (NAP)/0
Acenaphthylene (ACY)/0	Acenaphthylene (ACY)/0	Acenaphthylene (ACY)/0	Acenaphthylene (ACY)/0
Acenaphthene (ACE)/0	Acenaphthene (ACE)/0	Acenaphthene (ACE)/0	Acenaphthene (ACE)/0
Fluorene (FLO)/0	Fluorene (FLO)/0	Fluorene (FLO)/0	Fluorene (FLO)/0
Phenanthrene (PHE)/0	Phenanthrene (PHE)/0	Phenanthrene (PHE)/0	Phenanthrene (PHE)/0
Anthracene (ANT)/0	Anthracene (ANT)/0	Anthracene (ANT)/0	Anthracene (ANT)/0
Fluoranthene (FLA)/0+	Fluoranthene (FLA)/0+	Fluoranthene (FLA)/0+	Fluoranthene (FLA)/0+
Pyrene (PYR)/0+	Pyrene (PYR)/0+	Pyrene (PYR)/0+	Pyrene (PYR)/0+
Benz[a]anthracene (BaA)/++	Benz[a]anthracene (BaA)/++	Benz[a]anthracene (BaA)/++	Benz[a]anthracene (BaA)/++
Chrysene (CHR)/++++	Chrysene (CHR)/++++	Chrysene (CHR)/++++	Chrysene (CHR)/++++
Benz[b]fluoranthene (BbF)/+++	Benz[b]fluoranthene (BbF)/+++	Benz[b]fluoranthene (BbF)/+++	Benz[b]fluoranthene (BbF)/+++
Benz[k]fluoranthene (BkF)/++++	Benz[k]fluoranthene (BkF)/++++	Benz[k]fluoranthene (BkF)/++++	Benz[k]fluoranthene (BkF)/++++
Benz[a]pyrene (BaP)/++++	Benz[a]pyrene (BaP)/++++	Benz[a]pyrene (BaP)/++++	Benz[a]pyrene (BaP)/++++
Indeno[1,2,3-cd]pyrene (IcdP)/+++	Indeno[1,2,3-cd]pyrene (IcdP)/+++	Indeno[1,2,3-cd]pyrene (IcdP)/+++	Indeno[1,2,3-cd]pyrene (IcdP)/+++
Dibenz[a,h]anthracene (Dab)/++++	Dibenz[a,h]anthracene (Dab)/++++	Dibenz[a,h]anthracene (Dab)/++++	Dibenz[a,h]anthracene (Dab)/++++
Benz[ghi]perylene (GhP)/??	Benz[ghi]perylene (GhP)/??	Benz[ghi]perylene (GhP)/??	Benz[ghi]perylene (GhP)/??
Mean Total PAHs (ng/g) 0.815	Mean Total PAHs (ng/g) 0.8309	Mean Total PAHs (ng/g) 0.9198	Mean Total PAHs (ng/g) 0.5435

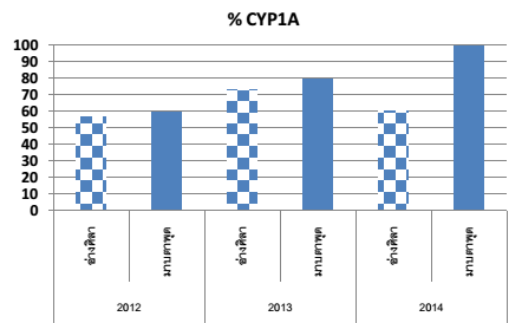
PAHs profile in Green mussel 2013

Mataput		Angsila	
Small size	Large size	Small size	Large size
Naphthalene (NAP)/0	Naphthalene (NAP)/0	Naphthalene (NAP)/0	Naphthalene (NAP)/0
Acenaphthylene (ACY)/0	Acenaphthylene (ACY)/0	Acenaphthylene (ACY)/0	Acenaphthylene (ACY)/0
Acenaphthene (ACE)/0	Acenaphthene (ACE)/0	Acenaphthene (ACE)/0	Acenaphthene (ACE)/0
Fluorene (FLO)/0	Fluorene (FLO)/0	Fluorene (FLO)/0	Fluorene (FLO)/0
Phenanthrene (PHE)/0	Phenanthrene (PHE)/0	Phenanthrene (PHE)/0	Phenanthrene (PHE)/0
Anthracene (ANT)/0	Anthracene (ANT)/0	Anthracene (ANT)/0	Anthracene (ANT)/0
Fluoranthene (FLA)/0+	Fluoranthene (FLA)/0+	Fluoranthene (FLA)/0+	Fluoranthene (FLA)/0+
Pyrene (PYR)/0+	Pyrene (PYR)/0+	Pyrene (PYR)/0+	Pyrene (PYR)/0+
Benz[a]anthracene (BaA)/++	Benz[a]anthracene (BaA)/++	Benz[a]anthracene (BaA)/++	Benz[a]anthracene (BaA)/++
Chrysene (CHR)/++++	Chrysene (CHR)/++++	Chrysene (CHR)/++++	Chrysene (CHR)/++++
Benz[b]fluoranthene (BbF)/+++	Benz[b]fluoranthene (BbF)/+++	Benz[b]fluoranthene (BbF)/+++	Benz[b]fluoranthene (BbF)/+++
Benz[k]fluoranthene (BkF)/++++	Benz[k]fluoranthene (BkF)/++++	Benz[k]fluoranthene (BkF)/++++	Benz[k]fluoranthene (BkF)/++++
Benz[a]pyrene (BaP)/++++	Benz[a]pyrene (BaP)/++++	Benz[a]pyrene (BaP)/++++	Benz[a]pyrene (BaP)/++++
Indeno[1,2,3-cd]pyrene (IcdP)/+++	Indeno[1,2,3-cd]pyrene (IcdP)/+++	Indeno[1,2,3-cd]pyrene (IcdP)/+++	Indeno[1,2,3-cd]pyrene (IcdP)/+++
Dibenz[a,h]anthracene (Dab)/++++	Dibenz[a,h]anthracene (Dab)/++++	Dibenz[a,h]anthracene (Dab)/++++	Dibenz[a,h]anthracene (Dab)/++++
Benz[ghi]perylene (GhP)/??	Benz[ghi]perylene (GhP)/??	Benz[ghi]perylene (GhP)/??	Benz[ghi]perylene (GhP)/??
Mean Total PAHs (ng/g) 0.1509	Mean Total PAHs (ng/g) 0.2542	Mean Total PAHs (ng/g) 0.6907	Mean Total PAHs (ng/g) 0.1190

ผลของ MT ในปลา



ผลของ CYP1A ในปลา



ผลของ CYP1A ในหอยแมลงภู่

2012					2013				
Angsila	sample (+)	sample (++)	sample (+++)	Total	Angsila	sample (+)	sample (++)	sample (+++)	Total
Large size	12	8	0	20	Large size	16	4	0	20
small size	14	6	0	20	small size	16	4	0	20
Total	26	14	0	40	Total	32	8	0	40
Mataput	sample (+)	sample (++)	sample (+++)	Total	Mataput	sample (+)	sample (++)	sample (+++)	Total
Large size	0	8	12	20	Large size	0	18	2	20
small size	8	10	2	20	small size	8	16	4	20
Total	8	18	14	40	Total	8	34	6	40

วิจารณ์ผลการศึกษา

แหล่งศึกษากับความเสี่ยงจาก cadmium

- พบมีการปนเปื้อนแคดเมียมทั้งในตับและกล้ามเนื้อปลาทะเลธรรมชาติและหอยแมลงภู่เสี่ยงทั้งจากทั้งสองแหล่ง ทั้งปี 2012 และ 2013
- การสะสมแคดเมียมในตับสูงกว่า (ร้อยละเท่า) กล้ามเนื้อปลา
- ปริมาณแคดเมียมในปลาทะเล สูงกว่า (1.3-2.6 เท่า) มานตาพูดและหอยแมลงภู่ จากอ่างศิลาสูงกว่า (5 เท่า) มานตาพูด
- จากประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 (พ.ศ.2529) เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน ปริมาณแคดเมียมที่พบในกล้ามเนื้อปลาทะเลเต้า (10-70 เท่า) กว่าเกณฑ์มาตรฐานในเนื้อเยื่อปลา (0.05 มิลลิกรัม / กิโลกรัม น้ำหนักเปียก) และต่ำกว่า (4000 เท่า อ่างศิลา) ค่ากำหนดในหอย (2.0 มิลลิกรัม / กิโลกรัม น้ำหนักเปียก)
- สรุป ผู้บริโภคมีความเสี่ยงน้อยจากผลกรทบแคดเมียมต่อสุขภาพเมื่อทานอาหารทะเลจากทั้งมานตาพูดและอ่างศิลา

- พบ PAHs ปนเปื้อนทั้งในปลาทะเลและหอยแมลงภู่
- ชนิด PAHs ปนเปื้อน 3-6 ชนิด ทั้งในปลาและหอยแมลงภู่ เป็นสาร PAHs ชนิด two-, three- and four-ring PAHs
- ปี 2012 พบ carcinogenic PAHs (Chrysene, Benzo[a]anthracene) ทั้งที่มาจากพัดและอ่างศิลา ในปลาทะเล แต่ไม่พบในหอยแมลงภู่(ทั้งขนาดเล็กและใหญ่) จากสองแหล่ง
- ปี 2013 พบ carcinogenic PAHs (Chrysene) ที่มาจากพัด ในหอยแมลงภู่ (ทั้งขนาดเล็กและใหญ่) แต่ไม่พบในปลาทะเล จากสองแหล่ง
- ผู้บริโภคมีความเสี่ยงจากผลกระทบ carcinogenic PAHs ต่อสุขภาพ เมื่อกินอาหารทะเลจากที่มาจากพัดและอ่างศิลาในบางปี

- ปลาทะเลและหอยแมลงภู่มีการรับสัมผัสจริงต่อสาร PAHs รวม ด้วยพบ % สูงของ CYP1A ในตับปลาทะเลและหอยแมลงภู่ ทั้งในปี 2012 และ 2013
- ได้ตรวจพบ CYP1A ในปลาทะเลธรรมชาติชายฝั่งมาคาทุคมาก่อน (Barnette et al., 2010)
- มีการนำ CYP1A ติดตาม ตรวจสอบในหอยแมลงภู่ *Mytilus edulis* จากบริเวณแหล่งน้ำที่มีการปนเปื้อนจาก Venice Lagoon ในประเทศอิตาลี (Peter et al., 1998)
- ปลาทะเลมีการรับสัมผัสจริงต่อสารโลหะหนัก ทั้งปี 2012 และ 2013 จาก % ของ MT สอดคล้องกับได้ตรวจพบ MT ในปลาทะเลจับจากชายฝั่งทะเลนิคมอุตสาหกรรมมาคาทุค (Thanomsit et al., 2013)
- เทคนิคทางแอนติบอดีนิยมในการศึกษาตัวชี้วัดชีวภาพโปรตีน เช่น Yudkovski, et al. (2008) ใช้แอนติบอดีทางอ้อมที่จำเพาะต่อ cod MT และ mammalian actin และแอนติบอดีที่จำเพาะต่อ *Lithognathus mormyrus* MT (ที่ยังผลิตขึ้น) ตรวจสอบการ แสดงออกของ MT ในปลา *L. mormyrus* ที่สัมผัสสารแคดเมียม
- การใช้ตัวชี้วัดชีวภาพมีประโยชน์ใช้ประเมินควบคุมการวิเคราะห์สาร เนื่องจากบ่งชี้การรับสัมผัสสารหลากหลายได้ แม้ที่ความเข้มข้นต่ำๆ แต่ประสิทธิภาพเครื่องมือไม่สามารถวิเคราะห์ในสัตว์น้ำ



## แหล่งศึกษากับความเสี่ยงจาก PAHs

- เนื่องจาก the European Commission Regulation, 208/2005 กำหนดค่า Benzo[a]pyrene ที่ 0.0100 ug/g wet weight ในหอยสองฝา ซึ่งเทียบเท่ากับ 0.0714 ug/g dry weight และ the US EPA พิจารณาว่าที่ 6 ug/g wet weight ซึ่งเทียบเท่ากับ 44.4 ug/g dry weight, as the limit of total PAHs that may present risks to human consumer of fish and shellfish (Yoshimine & Carreira, 2012).
- ระดับ total PAHs ในหอยแมลงภู่ มีค่าต่ำกว่า the threshold values ใน the guidelines ที่กล่าวข้างบน

## สรุป แหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกับชายฝั่งทะเลอุตสาหกรรม

- มลพิษทางน้ำ เป็นงานที่ต้องติดตามตรวจสอบการปนเปื้อนตลอดไม่ว่าจะเป็นแหล่งน้ำใดก็ตาม
- เทคนิคที่ใช้ศึกษาต้องเหมาะสมในการประเมินมลพิษทางน้ำ
- ประเมินจากรับสัมผัส (exposure biomarkers) และการวิเคราะห์ร่วมของสารที่ต้องสงสัย
- ผล biomarkers น่าจะมีการปนเปื้อนของสารมลพิษตัวอื่นๆร่วมด้วย ทั้งในปลาทะเลและหอยแมลงภู่
- อาหารทะเล จึงมีความเสี่ยงต่อการรับประทาน จึงต้องรู้จักเลือกทาน
- มาตรการ ควบคุม ไข่ให้เข้มงวด ควบคุมกับการ ติดตามตรวจสอบ ตลอดเวลาในแหล่งปล่อยน้ำทิ้งและระบบนิเวศทางทะเล



## พฤติกรรมกรบริโภคอาหารทะเล ความรู้และการรับรู้ความเสี่ยง จากการบริโภคอาหารทะเล



ผศ. ดร. นันทพร กัทรพุทธ  
คณะสาธารณสุขศาสตร์  
มหาวิทยาลัยบูรพา



### หัวข้อนำเสนอ

- สารเคมีปนเปื้อนในอาหารทะเล
- พฤติกรรมกรบริโภคอาหารทะเล
- การรับรู้ความเสี่ยงจากการบริโภคอาหารทะเล
- ผลการประเมินความเสี่ยงจากการบริโภคอาหารทะเล



มีสารอะไรบ้าง  
ที่ปนเปื้อน  
ในอาหาร  
ทะเล???

### สารเคมีเข้าไปอยู่ในอาหารทะเลได้อย่างไร???



สารเคมีที่ปนเปื้อน  
ในอาหารทะเล  
เข้าสู่ร่างกาย  
ได้อย่างไร??



### สารเคมีเข้าไปอยู่ในอาหารทะเลได้อย่างไร???

สารเคมีใน อาหารทะเล	โลหะหนัก			โรคจากพิษของ สัตว์น้ำพิษ
	แคดเมียม	ตะกั่ว	ปรอท	
แหล่งปนเปื้อน	น้ำเสียจากโรงงานผลิต แบตเตอรี่ปรอทให้สาร โลหะและโลหะหนักปนเปื้อน ไปจนถึงที่รีไซเคิลของ ทะเล	น้ำเสียจากโรงงานผลิต สีและแบตเตอรี่, โรงงานผลิต ยามีฤทธิ์ในตะกั่วและสาร โรงงานผลิตสี, โรงงานผลิตสาร กำจัดศัตรูพืช น้ำมันดิบที่รั่วไหลลงทะเล	น้ำเสียจากโรงงานผลิต ยาฆ่าเชื้อ, โรงงานผลิต พลาสติก, โรงงานผลิต อำนาจ, โรงงานผลิตปุ๋ยเคมี น้ำมันดิบที่รั่วไหลลงทะเล	- ไข้หวัดจากการปนเปื้อนที่มี สาเหตุจากพิษของสัตว์น้ำ - อุตสาหกรรมปิโตรเคมี - น้ำมันดิบที่รั่วไหลลงทะเล
ทางที่ปนเปื้อน เข้าสู่ ร่างกาย	-กับอาหารทะเลที่ปนเปื้อน อินทรีย์ (ประชาชนทั่วไป) -อุตสาหกรรมเคมีอินทรีย์ (คนงานในโรงงาน) -สัมผัสกับน้ำที่ปนเปื้อน น้ำมัน (ประชาชนทั่วไปและผู้ ประกอบอาชีพต่างๆ)	-กับอาหารทะเลที่ปนเปื้อน อินทรีย์ (ประชาชนทั่วไป) -อุตสาหกรรมตะกั่ว (นักถลุง โรงงาน) -สัมผัสกับน้ำที่ปนเปื้อน น้ำมัน (ประชาชนทั่วไปและผู้ ประกอบอาชีพต่างๆ)	-กับอาหารทะเลที่ปนเปื้อน อินทรีย์ (ประชาชนทั่วไป) -อุตสาหกรรมยาฆ่าเชื้อ (คนงานในโรงงาน) -สัมผัสกับน้ำที่ปนเปื้อน น้ำมัน (ประชาชนทั่วไป และผู้ประกอบอาชีพต่างๆ)	- กับอาหารทะเลที่ปนเปื้อน อินทรีย์ (ประชาชนทั่วไป) - อุตสาหกรรมเกษตร (คน สวน เช่น กล้วย ฝรั่ง ประชาชนทั่วไป) - อุตสาหกรรมพลาสติก (คนงานในโรงงาน) - สัมผัสกับน้ำที่ปนเปื้อน น้ำมัน (ประชาชนทั่วไปและผู้ ประกอบอาชีพต่างๆ)





## ผลกระทบต่อระบบนิเวศซึ่งเป็นที่อาศัยของสิ่งมีชีวิตในทะเล

ผลกระทบต่อระบบนิเวศซึ่งเป็นที่อาศัยของสิ่งมีชีวิตในทะเล



## ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในทะเล

ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในทะเล



## ผลกระทบต่อประชาชน

ผลกระทบต่อประชาชน

ความเป็นพิษ	โลหะหนัก			ไฮโดรคาร์บอน เช่น PAHs
	แคดเมียม	ตะกั่ว	ปรอท	
ความเป็นพิษเฉียบพลัน	อาหารเป็นพิษ อุจจาระร่วง โรคบิด	อาหารเป็นพิษ อุจจาระร่วง โรคบิด	อาหารเป็นพิษ อุจจาระร่วง โรคบิด	พิษเฉียบพลัน สำไส้ใหญ่ จะพบความเป็นพิษเรื้อรัง
ความเป็นพิษเรื้อรัง	ทำให้เกิดโรคไต โรคฮีโมโกลิน	ทำให้เกิดโรคพิษตะกั่ว	ทำให้เกิดโรคไต มีภาวะมากตะ	โรคปอด
พิษต่อระบบประสาท ตับ ไต	พิษต่อระบบประสาท ตับ ไต	พิษต่อระบบประสาท ตับ ไต	พิษต่อระบบประสาท ตับ ไต	
การก่อมะเร็ง	เป็นสารก่อมะเร็งในคน	• ตะกั่วเป็นพิษ จึงมีส่วนร่วมในการก่อมะเร็งในคน • ตะกั่วในพิษ • ตะกั่วในพิษ ไม่เป็นการก่อมะเร็งในคน	ไม่เป็นการก่อมะเร็งในคน	เป็นการก่อมะเร็งปอด ในคน



## ผลกระทบต่อสารเคมีที่เป็นพิษ ในอาหารทะเล ต่อ หญิงตั้งครรภ์และทารก

### ผลของการรับสัมผัสสารเคมีขณะตั้งครรภ์

- หญิงตั้งครรภ์เสี่ยงต่อการแท้ง และ/หรือเด็กตายก่อนคลอด
- ระบบประสาท และสมองเด็กถูกทำลาย
- เด็กที่เกิดมาอาจปัญญาอ่อนหรือสมองพิการได้
- สภาวะพิษส่งผลกระทบต่อการพัฒนาตัวอ่อน ทำให้การสร้างอวัยวะของทารกผิดปกติไป
- เด็กที่เกิดมาอาจพิการแต่กำเนิด
- เด็กที่เกิดมาอาจมีพัฒนาการช้ากว่าเด็กปกติ



## การบริโภคอาหารทะเลปลอดภัย

1. การรักษาความสะอาด
2. แยกอาหารที่ปรุงสุกแล้วออกจากอาหารสด
3. ปรุงอาหารให้สุกอย่างทั่วถึง
4. เก็บอาหารในอุณหภูมิที่เหมาะสม
5. ใช้ผ้าและวัสดุที่ปลอดภัยในการปรุงอาหาร



สด ใหม่ ไม่หมดอายุ มีอยู่



## ข้อควรระวัง !!! ในการบริโภคอาหารทะเล

1. ในช่วงฤดูร้อน หากมีน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งเปลี่ยนเป็นสีแดงเนื่องจากแพลงก์ตอนสีแดงชนิดหนึ่งมีการเจริญเติบโตมากผิดปกติ ดังนั้นจึงต้องหลีกเลี่ยงการรับประทานอาหารทะเลจากทะเลบริเวณนั้น
2. ในช่วงฤดูฝนควรหลีกเลี่ยงการบริโภค หอย ปลาชี่กเดี่ยว ปลากระเบน ปลาเกะบาง เนื่องจากน้ำฝนจะมีการชะล้างสารพิษที่อยู่บนพื้นดินลงสู่ทะเลเป็นปริมาณสูง



## ข้อควรระวัง !!! ในการบริโภคอาหารทะเล

3. หากมีข่าวอุบัติเหตุมีน้ำมันหรือสารเคมีรั่วไหลลงสู่ทะเล ควรหลีกเลี่ยงการบริโภคอาหารทะเลจากบริเวณนั้นสักระยะหนึ่ง
4. ปลาบางชนิดสามารถผลิตหรือเก็บสารพิษสะสมจากอาหารได้ เช่น ปลาปักเป้า ปลาฉลาม ปลาเกะเบน และแมงดาทะเล โดยจะเก็บสะสมสารพิษไว้ที่ตับไตลำไส้และผิวหนัง เช่น ปลาปักเป้าพิษนี้ขึ้นกับสายพันธุ์ และฤดูกาล ดังนั้นจึงควรหลีกเลี่ยงการบริโภคอวัยวะภายในที่เก็บสารพิษ หรือหลีกเลี่ยงการบริโภคสัตว์น้ำเหล่านี้ โดยเฉพาะปลาปักเป้า





### ข้อควรระวัง !!! ในการบริโภคอาหารทะเล

- 5. อาหารทะเลแห้ง มีพิษจากการปนเปื้อนสารพิษสูงจากกระบวนการแปรรูป การเก็บรักษา ซึ่งสารพิษที่พบส่วนใหญ่คือกลุ่มโมเลกุลหนัก และยาฆ่าแมลง จึงหลีกเลี่ยงการบริโภคหรือไม่ควรบริโภคเป็นประจำ
- 6. ควรหลีกเลี่ยงการบริโภค เครื่องใน ตับ ไต ลำไส้ และไข่ ของสัตว์ทะเลโดยเฉพาะสัตว์ที่มีขนาดใหญ่ เนื่องจากจะมีสารพิษสะสมสูงกว่าในเนื้อ



13



### การศึกษาพฤติกรรมบริโภคอาหารทะเล & การรับรู้ความเสี่ยงจากการบริโภคอาหารทะเล

- สถานที่ศึกษา: มามตาพุดและอ่างศิลา
- กลุ่มตัวอย่าง: ประชาชนทั่วไป 769 คน, เด็กนักเรียน 356 คน, หญิงตั้งครรภ์ 241 คน
- ช่วงเวลาศึกษา: มิถุนายน - ธันวาคม 56
- ประเด็นศึกษา: พฤติกรรมการบริโภคอาหารทะเล ความรู้เกี่ยวกับการปนเปื้อนสารเคมีในอาหารทะเล การรับรู้ความเสี่ยงจากการบริโภคอาหารทะเล

14



### เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ใช้แบบสอบถามแบบมีโครงสร้าง (structured questionnaires) (n = 769) ซึ่งสร้างขึ้นมาจาก การศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนข้อมูลการสัมภาษณ์ รายบุคคล (face to face interviews) แบบปลายเปิดเพื่อหาข้อมูลจากการพูดคุย สอบถาม และ จากข้อเสนอแนะของกลุ่มตัวอย่าง มาจัดสร้างแบบสอบถามแบบมีโครงสร้าง (structured questionnaires) (n = 12) แบบสอบถามประกอบด้วยข้อมูล 5 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป ได้แก่ เพศ อายุ อาชีพ ระดับการศึกษา สมาชิกในครอบครัว รายได้

ส่วนที่ 2 ความรู้เกี่ยวกับอาหารทะเลและสารเคมี ประกอบด้วยข้อคำถาม 10 ข้อ

ส่วนที่ 3 ข้อมูลการรับรู้ความเสี่ยงเกี่ยวกับการบริโภคอาหารทะเลและสารเคมี โดยมีลักษณะ ข้อคำถามเป็นระดับความคิดเห็นแบบการประเมินค่า (rating scale) 4 ระดับ ได้แก่ น้อย ปานกลาง มาก มากที่สุด โดยมีจำนวนข้อคำถาม 10 ข้อ

ส่วนที่ 4 ข้อมูลพฤติกรรมการบริโภคอาหารทะเล แบบการประเมินความถี่การบริโภค 4 ระดับ ได้แก่ ไม่เคยเลย นานๆ ครั้ง บ่อยครั้ง และเป็นประจำ โดยมีจำนวนข้อคำถาม 10 ข้อ

ส่วนที่ 5 แบบประเมินความเข้าใจความหมาย โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน 0-3 โดยมีจำนวน ข้อคำถาม 5 ข้อ

15



### ข้อมูลทั่วไป

มามตาพุด (396 คน)	อ่างศิลา (373 คน)
• อายุเฉลี่ย 35.06 ± 11.17 ปี	• อายุเฉลี่ย 42.82 ± 16.59 ปี
• อาชีพส่วนใหญ่ คือ รับจ้าง	• อาชีพส่วนใหญ่ คือ ค้าขาย
• ศึกษาในระดับมัธยมศึกษา, ป ตรี	• ศึกษาระดับประถม, ป ตรี
• รายได้ 10,000-15,000 บาท/เดือน	• รายได้ 5,000-10,000 บาท/เดือน



16



### ข้อมูลทั่วไป II

<b>หญิงตั้งครรภ์มาตาทุต (200 คน)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• อายุเฉลี่ย 24.88 ± 6.35 ปี</li> <li>• อาชีพส่วนใหญ่ คือ แม่บ้าน</li> <li>• ศึกษาในระดับมัธยมต้น, ประถมศึกษา</li> </ul>	<b>หญิงตั้งครรภ์ที่อ่างศิลา (41 คน)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• อายุเฉลี่ย 28.05 ± 7.50 ปี</li> <li>• อาชีพส่วนใหญ่ คือ แม่บ้าน</li> <li>• ศึกษาระดับประถม, มัธยมต้น</li> </ul>
<b>เด็กนักเรียนมาตาทุต (211 คน)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• อายุเฉลี่ย 11.4 ปี</li> </ul>	<b>เด็กนักเรียนอ่างศิลา (147 คน)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• อายุเฉลี่ย 10.8 ปี</li> </ul>



### ข้อมูลพฤติกรรมกรรมการบริโภคอาหารทะเล

มาตาทุต (396 คน)	อ่างศิลา (373 คน)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 75% บริโภคอาหารทะเล &lt;3ครั้ง/wk</li> <li>• 60% บริโภคอาหารทะเลแห้ง</li> <li>• 14% บริโภคแบบสุกๆ ดิบๆ</li> <li>• 30% ปรุงประกอบอาหารเอง&gt;5วัน</li> <li>• &gt;70% ซื้อจากตลาดสดใกล้บ้าน</li> <li>• บริโภคบ่อย-ประจำ - 1) ปลาทุ</li> <li>2) กุ้งขาว 3) หมึก 4) ปู</li> <li>5) หอยแมลงภู่</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 70% บริโภคอาหารทะเล &gt;5ครั้ง/wk</li> <li>• 30% บริโภคอาหารทะเลแห้ง</li> <li>• 3% บริโภคแบบสุกๆ ดิบๆ</li> <li>• 60% ปรุงประกอบอาหารเอง&gt;5วัน</li> <li>• 40% ซื้อจากตลาดสด+40%สะพานปลา</li> <li>• บริโภคบ่อย-ประจำ - 1) ปลาทุ</li> <li>2) กุ้งขาว 3) ปู 4) หมึก</li> <li>5) ปลาเห็ดโคน</li> </ul>

\*\*\*พฤติกรรมกรรมการบริโภคอาหารทะเลของประชาชนทั้ง 2 พื้นที่มีความแตกต่างกันทั้งในด้านความถี่ของการบริโภคอาหารทะเลสด การปรุงประกอบอาหารเองที่บ้าน แหล่งซื้ออาหารทะเลสด และการปรุงสุกของอาหารทะเล อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่  $P < 0.001$



### ข้อมูลพฤติกรรมกรรมการบริโภคอาหารทะเล

เด็กนักเรียน	หญิงตั้งครรภ์
<ul style="list-style-type: none"> <li>• พฤติกรรมการบริโภคอาหารทะเลของเด็กนักเรียนในพื้นที่มาตาทุตและอ่างศิลา ด้านความถี่ของการบริโภคอาหารทะเลทั้งสดและแห้ง และการปรุงสุกของอาหารทะเล พบว่า <b>ไม่มี</b> ความแตกต่างกัน อย่าง มีนัยสำคัญ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• พฤติกรรมการบริโภคอาหารทะเลของหญิงตั้งครรภ์ในพื้นที่มาตาทุตและอ่างศิลา มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ <math>P &lt; 0.001</math> ทั้งในด้านความถี่ของการบริโภคอาหารทะเลสด การปรุงประกอบอาหารเองที่บ้าน แหล่งซื้ออาหารทะเลสด และการปรุงสุกของอาหารทะเล</li> </ul>

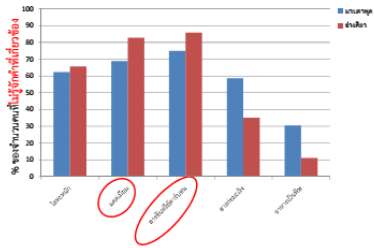


### ข้อมูลระดับความรู้เกี่ยวกับการปนเปื้อนสารเคมีในอาหารทะเล

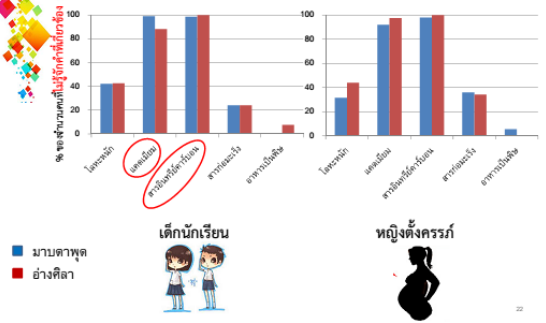
- ส่วนใหญ่ประชาชนทั้งสองพื้นที่มีระดับความรู้ต่ำ ซึ่งประชาชนในพื้นที่มาตาทุตมีระดับความรู้ที่ต่ำกว่า โดยมีค่าเฉลี่ยของระดับความรู้อยู่ที่ 4.20 คะแนน ในขณะที่ประชาชนในอ่างศิลา มีค่าเฉลี่ยของระดับความรู้อยู่ที่ 5.34 คะแนน
- เพียง ~30% ที่ประชาชนของทั้ง 2 พื้นที่ทราบว่า การต้ม นึ่งหรือทำให้สุก ไม่สามารถลดปริมาณการปนเปื้อนโลหะหนักได้
- ~60% ที่ประชาชนของทั้ง 2 พื้นที่ ไม่ทราบว่า การล้างทำความสะอาดอาหารทะเลด้วยน้ำมาก สามารถลดการปนเปื้อนโลหะหนักได้
- ~60% ที่คนมาตาทุต ไม่ทราบว่า สัตว์ทะเลที่อาศัยอยู่ตามหน้าดิน (เช่น หอย) มีโอกาสรับสัมผัสโลหะหนักมากกว่าสัตว์ที่ว่ายอยู่กลาง/ผิวน้ำ



ข้อมูลการตอบสนอง (ไม่รู้) ต่อคำนิยามที่เกี่ยวข้อง  
ของประชาชนทั่วไป



ข้อมูลการตอบสนอง (ไม่รู้) ต่อคำนิยามที่เกี่ยวข้อง



เปรียบเทียบความรู้ ความเข้าใจ และการรับรู้ความเสี่ยง  
ระหว่างประชาชนพื้นที่มาบตาพุด และอ่างศิลา

	พื้นที่	Mean	Mean Difference	95 % CI	P-value
ความรู้	อ่างศิลา	5.34	1.14	0.81 - 1.46	<0.001
	มาบตาพุด	4.20			
ความเข้าใจ	อ่างศิลา	3.08	-0.64	-1.18 - -0.10	0.02
	มาบตาพุด	3.72			
การรับรู้ความเสี่ยง	อ่างศิลา	25.22	-0.62	-1.10 - -0.14	0.01
	มาบตาพุด	25.84			



เปรียบเทียบความรู้ ความเข้าใจ และการรับรู้ความเสี่ยง  
ของเด็กและหญิงตั้งครรภ์ในพื้นที่มาบตาพุด และอ่างศิลา

	กลุ่มตัวอย่าง	พื้นที่	Mean	Mean Difference	95 % CI	P-value
ความรู้	หญิงตั้งครรภ์	มาบตาพุด	4.61	0.73	-1.69 - 0.24	0.14
		อ่างศิลา	3.88			
ความรู้	เด็กนักเรียน	มาบตาพุด	5.03	0.82	0.47 - 1.16	<0.001
		อ่างศิลา	4.21			
ความเข้าใจ	หญิงตั้งครรภ์	มาบตาพุด	2.27	0.28	-0.27 - 0.94	0.28
		อ่างศิลา	4.61			
ความรู้	เด็กนักเรียน	มาบตาพุด	4.21	0.15	-0.47 - 0.17	0.35
		อ่างศิลา	4.06			
การรับรู้ความเสี่ยง	หญิงตั้งครรภ์	มาบตาพุด	24.55	0.38	-1.37 - 0.63	0.46
		อ่างศิลา	24.17			
การรับรู้ความเสี่ยง	เด็กนักเรียน	มาบตาพุด	27.67	2.18	1.45 - 2.92	<0.001
		อ่างศิลา	25.49			





### สรุป

- ประชาชนทั่วไป เด็กนักเรียน และหญิงตั้งครรภ์ส่วนใหญ่ทราบถึงแหล่งที่มาของการปนเปื้อนสารเคมีในอาหารทะเล
- แต่ความรู้ ความเข้าใจและการรับรู้เกี่ยวกับสารเคมี ผลกระทบระยะยาว ตลอดจนการป้องกันลดการปนเปื้อนสารเคมีในอาหารทะเลยังมีอยู่ในระดับ**เกณฑ์ต่ำ**
- **ดังนั้น จึงควรส่งเสริมและสนับสนุนการสื่อสารความเสี่ยงเกี่ยวกับผลกระทบต่อร่างกายและการป้องกันตนเองจากการบริโภคอาหารทะเล**

๒๒

### การประเมินความเสี่ยงการรับสัมผัสสารเคมีที่ปนเปื้อนในอาหารทะเลทางการกิน

$$LADD = \frac{(C \cdot IR \cdot CF \cdot EF \cdot ED)}{(BW \cdot AT)}$$

- LADD = การรับสัมผัสทั้งหมด (มก.กก./วัน)  
 C = ความเข้มข้นของสารเคมีในอาหารทะเล (มก./กก.)  
 IR = อัตราการบริโภคอาหารทะเลเฉลี่ย (กก./วัน)  
 CF = ปัจจัยการเปลี่ยนแปลง (10<sup>-3</sup> กก./กรัม)  
 EF = ความถี่การรับสัมผัส (วัน/ปี)  
 ED = ช่วงเวลาการรับสัมผัส (ปี)  
 BW = น้ำหนักตัว (กก.)  
 AT = ระยะเวลาเฉลี่ยที่รับสัมผัส (วัน)

โดย : IR = 54.5 กก./วัน (กรมอนามัย, 2546); EF = 365 วัน/ปี; ED = 58 ปี;  
 BW = 70 กก; AT = 25,550 วัน ใน 70 ปี



สารเคมี	ที่ตั้ง	ปริมาณการปนเปื้อนสารเคมีในอาหารทะเล (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)				
		ปลากินสัตว์ Carnivorous	ปลากินสัตว์และพืช Omnivorous	ปลากินพืช Herbivores	หอยแมลงภู่ Mussels	รวม
PAHs	อ่างศิลา	0.0241	0.0322	0.0228	0.5435	0.6199
	มาบตาพุด	0.0380	0.0526	0.0003	0.4389	0.5298
B(a)P	อ่างศิลา	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0024
	มาบตาพุด	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0024
Cd	อ่างศิลา	0.0034	0.0096	0.0010	0.0637	0.0777
	มาบตาพุด	0.0008	0.0025	0.0011	0.0108	0.0152

ปลากินสัตว์ (Carnivores) ได้แก่ ปลาอินทรี, ปลาใบปลู, ปลาทุบลา, ปลาช่อน, ปลาจวด, ปลาข้างเหยี่ยว, ปลากระทุงเหว, ปลากระมัง, ปลาไหลทะเล, ปลาอินทรีชนิดอื่น, ปลาอินทรี, ปลามาว  
 ปลากินสัตว์และพืช (Omnivores) ได้แก่ ปลาน้ำจืด, ปลาดู, ปลาตะเพียนบ้าน, ปลาดุกบ้าน, ปลาดุกบ้าน, ปลาช่อน, ปลาอินทรี, ปลานวลจันทร์ทะเล, ปลากระบอก  
 ปลากินพืช (Herbivores) ได้แก่ ปลาชุก, ปลาร่วงหางดี



### ค่าความเสี่ยงจากการรับสัมผัสสารเคมีทางการกินที่ปนเปื้อนในอาหารทะเลของประชาชนทั่วไป

แทนค่าในสูตร

$$LADD = \frac{(0.0241 \text{ mg/kg}) (54.5 \text{ g/day}) (10^{-3} \text{ kg/g}) (1.0) (365 \text{ day/yr}) (58 \text{ yrs})}{(70 \text{ kg}) (25,550 \text{ days})}$$

$$= 1.55 \times 10^{-5} \text{ mg/kg/day}$$



ค่าความเสี่ยงจากการรับสัมผัสสารเคมีทางการกิน  
ที่ปนเปื้อนในอาหารทะเลของประชาชนทั่วไป

สารเคมี/ พื้นที่	แคดเมียม (Cd)				โพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Total PAHs)			
	Carnivors	Omnivors	Herbivors	พหุเมงกู (ใหญ่)	Carnivors	Omnivors	Herbivors	พหุเมงกู (ใหญ่)
มาบตาพุด	$5.16 \times 10^7$	$1.61 \times 10^6$	$7.1 \times 10^7$	$6.97 \times 10^6$	$2.45 \times 10^5$	$3.39 \times 10^6$	$1.94 \times 10^7$	$2.83 \times 10^6$
อ่างศิลา	$2.19 \times 10^6$	$6.19 \times 10^6$	$6.45 \times 10^6$	$4.11 \times 10^5$	$1.55 \times 10^5$	$2.08 \times 10^6$	$1.47 \times 10^5$	$3.51 \times 10^6$



- จากการรับประทานปลาทะเลและหอยแมลงภู่ ส่วนใหญ่มีค่า CDI จากการปนเปื้อน Total PAHs สูงกว่าแคดเมียม ยกเว้นปลาในกลุ่ม Herbivors ซึ่งพบว่าในพื้นที่มาบตาพุดที่มีค่า CDI จากการปนเปื้อนแคดเมียมมากกว่า Total PAHs ส่วนการปนเปื้อนสารเบนโซ(เอ)ไพรีน พบในปริมาณน้อยมาก
- ในพื้นที่มาบตาพุด พบว่า ปลาในกลุ่ม Carnivors และ Omnivors มีค่า CDI ต่อการปนเปื้อน Total PAHs สูงกว่าแคดเมียม ส่วนปลาในกลุ่ม Herbivors มีค่า CDI จากการปนเปื้อนแคดเมียมสูงกว่า Total PAHs

การประเมินความเสี่ยงการรับสัมผัสสารเคมี  
ที่ปนเปื้อนในอาหารทะเลทางการกิน

$$\text{Hazard Quotient (HQ)} = \frac{\text{Chronic Daily Intake (CDI)}}{\text{Reference Dose (RfD)}}$$

Hazard Quotient (HQ) = ดัชนีอันตราย  
Cumulative Daily Intake (CDI) = ขนาดของสารเคมีที่เข้าสู่ร่างกาย (mg/kg.day)  
Reference Dose (RfD) = ค่าปริมาณความเข้มข้นสูงสุดของสารเคมี (มก./กก. น้ำหนักตัว/วัน) ที่สามารถรับสัมผัสและดูดซึมเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ทุกวัน โดยไม่ก่อให้เกิดผลอันไม่พึงประสงค์ใดๆ ต่อร่างกายตลอดช่วงอายุขัย

HQ ≤ 1 .....No significant risk  
HQ > 1 .....A potential risk



ค่าความเสี่ยง Hazard Quotient จากปริมาณแคดเมียมและเบนโซ (เอ) ไพรีน  
ที่ปนเปื้อนในอาหารทะเล

ชนิดของสาร	พื้นที่	ค่าความเข้มข้นอ้างอิง <sup>1/</sup> (Reference Dose, RfD ; มิลลิกรัม/กิโลกรัม-วัน)	ปริมาณการรับสัมผัสตลอดช่วงชีวิต (CDI; มิลลิกรัม/กิโลกรัม-วัน)	ค่า Hazard quotient (HQ)
Cd	มาบตาพุด	$1 \times 10^{-3}$	$9.81 \times 10^{-6}$	$9.81 \times 10^{-3}$
	อ่างศิลา		$5.01 \times 10^{-5}$	$5.01 \times 10^{-2}$
Benzo(a)pyrene	มาบตาพุด	NA	$1.55 \times 10^{-6}$	
	อ่างศิลา		$1.55 \times 10^{-6}$	

<sup>1/</sup> <http://cfpub.epa.gov/ncea/iris/index.cfm>



การประเมินความเสี่ยงจากการสัมผัส  
แคดเมียม & เบนโซไพรีนต่อการเกิดโรคมะเร็ง

**Cancer Risk = Oral slope factor \* CDI**

- ค่าความเสี่ยงของการเกิดมะเร็งจากการสัมผัสเบนโซไพรีน  
ที่เป็นอยู่ในอาหารทะเลทางการกินในพื้นที่มาบตาพุดมีค่าเท่ากับ  
=  $7.3 \text{ (mg/kg/day)}^{-1} \times (1.55 \times 10^{-6} \text{ mg/kg/day})$   
=  $1.13 \times 10^{-5}$
- หมายความว่า ในประชาชน 100,000 คน มีประมาณ 1-2 คน  
ที่เสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งจากการสัมผัสสารเบนโซไพรีน  
ที่เป็นอยู่ในอาหารทะเลทางการกิน

\*ค่า Oral slope factor ของแคดเมียมไม่ได้ถูกประเมินไว้โดย IRIS Program (Not Available; NA)



## Detoxification-Mechanisms and Mixture Effects on Fish Biomarkers

**Professor Malin Celander**

Department of Biological & Environmental Science



UNIVERSITY OF GOTHENBURG

malin.celander@gu.se



City of Göteborg



University of Gothenburg

Department of Biological & Environmental Sciences



Winter

Summer



### My Scientific Background

Dept. Chemistry, Univ. Gothenburg

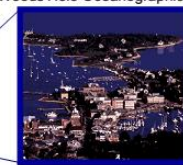
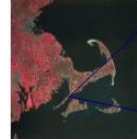


Dept. Biological & Environmental Science  
University of Gothenburg



Woods Hole Oceanographic Inst.

Cape Cod, MA, USA

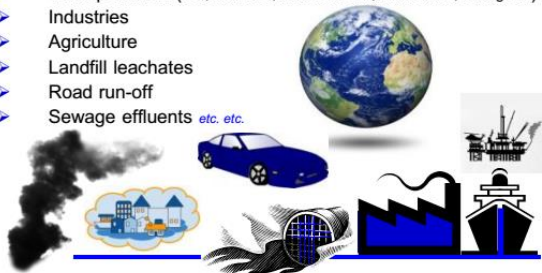


Biology Department

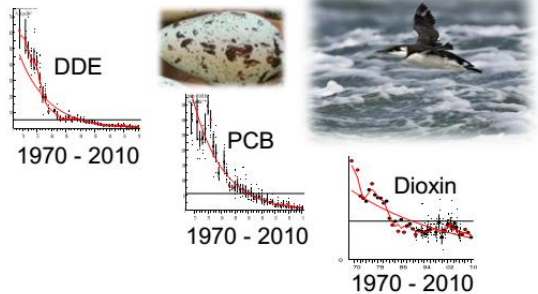


## Sources of Marine Pollutants

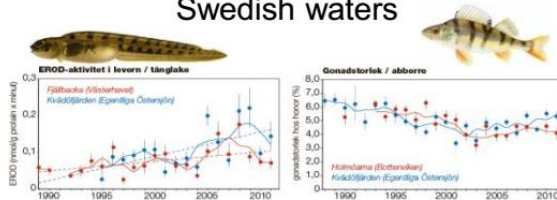
- Oilproduction & Oilspill
- Transportation (fuel, exhausts, lubrication oils, antifoulants, sewage ...)
- Industries
- Agriculture
- Landfill leachates
- Road run-off
- Sewage effluents *etc. etc.*



## Decreasing levels of DDE, PCB and Dioxins in marine bird-eggs in Sweden



## Increasing levels of PAHs in Swedish waters



Why are PAHs increasing in the marine environment ?

## Malin's SKIFF-boat !?!



Cu<sub>2</sub>O (antifouling paint)  
PAHs (fuel & engine lubrication oil)



## Oljespills in the Oceans



### Some Examples:

- 1989 Alaska, USA
- 1990 New Jersey, USA
- 1990 Texas, USA
- 1991-92 Kuwait
- 1993 Florida, USA
- 1994 France
- 2002 Spain
- 2010 Mexican Gulf
- 2011 Sweden



Adsorption, Distribution, **Metabolism**, Excretion(ADME)



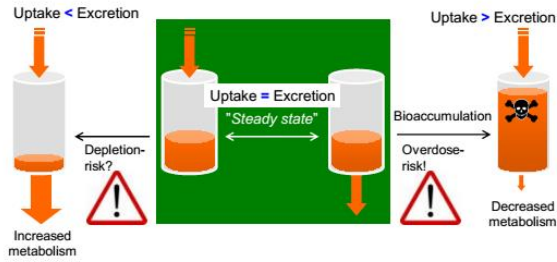
**Uptake**  
Respiratory tract, Digestive tract, Skin

**Metabolism**  
Lungs/gills  
Liver/hepatopancreas  
Kidneys  
Intestine

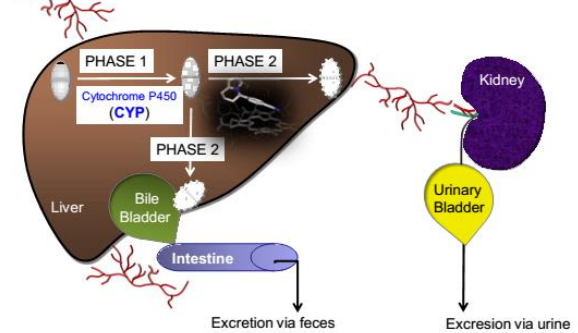


**Excretion**  
Respiration, Bile, Urine

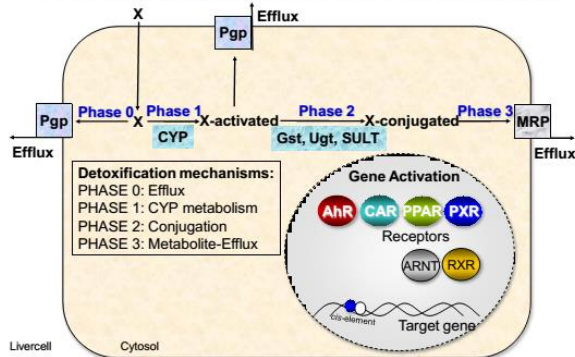
## Uptake vs. Excretion



## Detoxification - Biotransformation



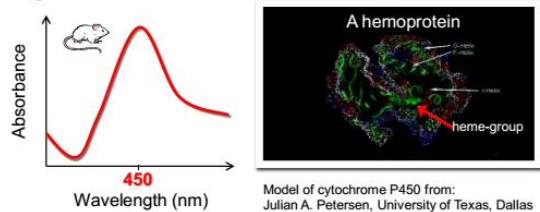
## Detoxification Mechanisms – Efflux & Metabolism



## PHASE 1: 95% Cytochrome P450

Garfinkel 1958; Klingenberg 1958:

Pigment with max absorbance at **450 nm**

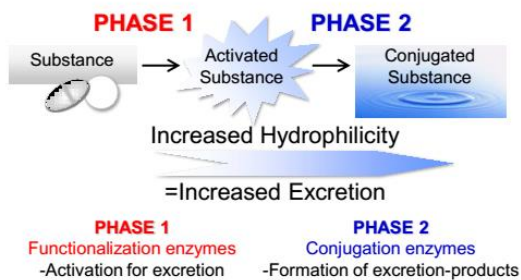


Model of cytochrome P450 from: Julian A. Petersen, University of Texas, Dallas

Omura & Sato 1962:

Belongs to cytochromes=**cytochrome P450 (CYP)**

## Biotransformation of lipophilic substances



## Biotransformation reactions

### PHASE 1 Functionalisation enzyme reactions

"Activation for excretion"  
Cytochrome P450 (CYP)  
Epoxide Hydrolases (EH)

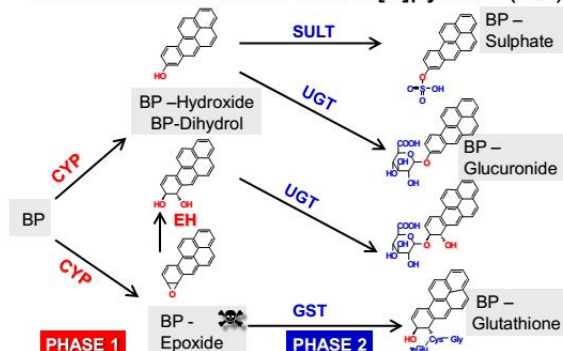
### PHASE 2 Conjugation enzyme reactions

"Formation of excretion-products"  
Glutathione S-Transferases (GST)  
UDP-Glucuronosyl Transferases (UGT)  
Sulfonyltransferases (SULT)

**Example:  
Benzo[a]pyrene**

**A polyaromatic hydrocarbon and a pro-carcinogen**

**Biotransformation of benzo[a]pyrene (BP)**



**CYP Applications**

**CYP**  
**Biomarker in Biomonitoring Programs**

Evolution  
Genetically Modified Organisms  
Pharmaceutical Industry  
Genotoxtest

**Induction of CYP1A  
- A biomarker**

A definition of a **biomarker**:

*"A Biological Response (histopathological, physiological, biochemical) as an indicator of chemical exposure and/or a biological effect of Chemical Exposure on organ and/or organism level."*

**Induction of CYP1A Expression**

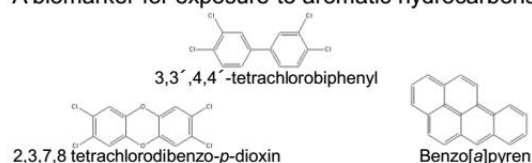
**"An Early Warning Signal"**

- Subcellular Response
- Reversible
- Established biomarker

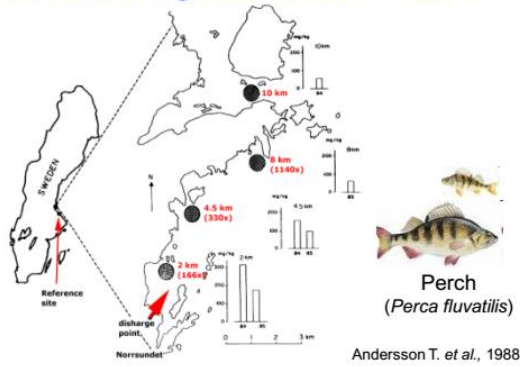
**CYP1A induction is an early warning signal**



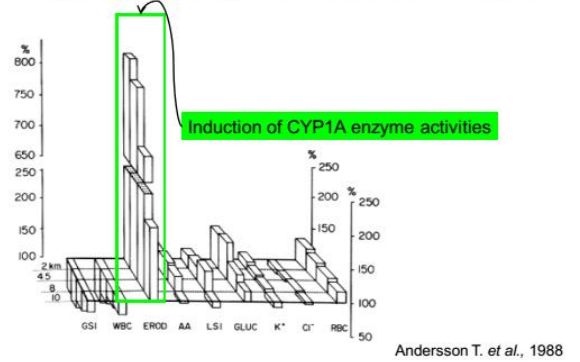
A biomarker for exposure to aromatic hydrocarbons



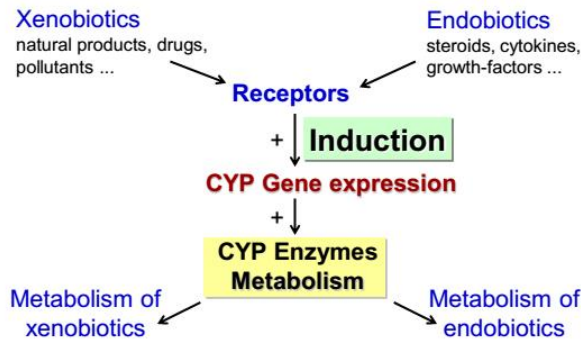
## Biomonitoring in Swedish Waters



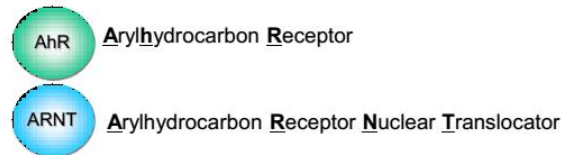
## Physiological Changes in Perch near a Pulp Mill



## Induction of CYP gene expression



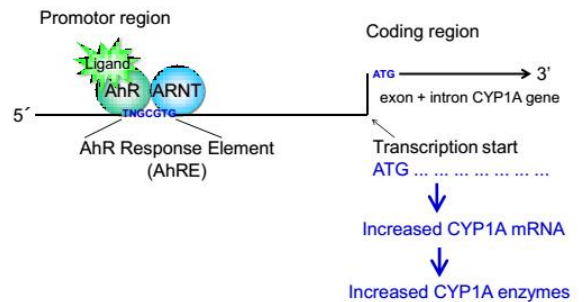
## Receptors Involved in Induction of CYP1A Gene Expression



## Ligands to the AhR

- PAH (polyaromatic hydrocarbons)
- Planar PCBs and Dioxins
- Phytoalexins  
(ex. Carotenoids, Flavonoids, Indoles)
- Metabolites of Benzimidazoles  
(ex. Losec)

## Target gene – CYP1A





## Functions of the CYP1A enzymes

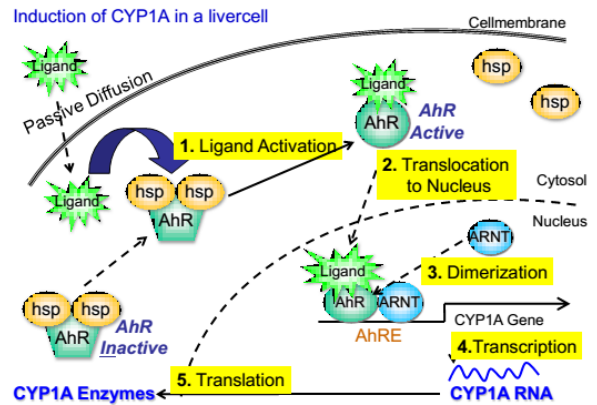
### Metabolism of aromatic hydrocarbons

Polyaromatic hydrocarbons (PAH) and Planar halogenated aromatic hydrocarbons (PHAH)

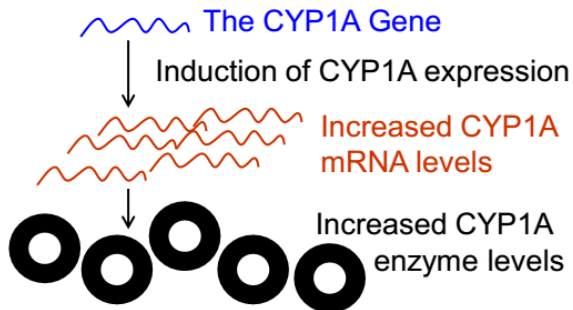
Activation of pro-toxins/pro-carcinogens

Metabolism of estrogens

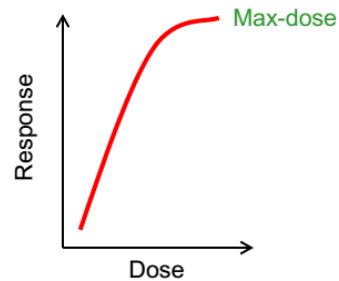
Activation of vasoactive compounds



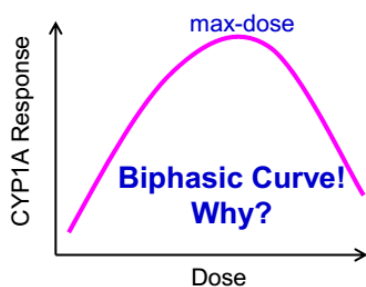
## Induction of CYP1A



## Dose-Response Relationships



## Dose-Response Relationships

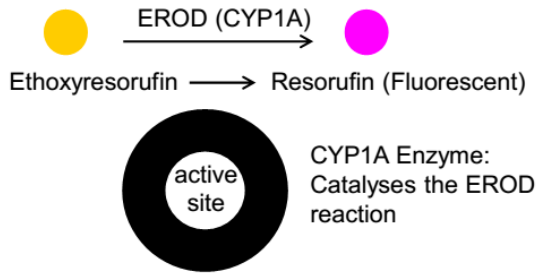


## The CYP1A mediated EROD activity

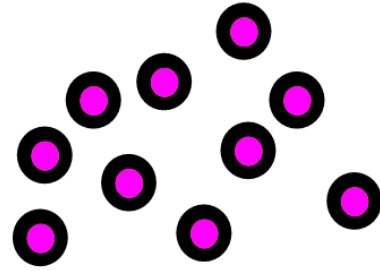
EthoxyResorufin-O-Deethylase (EROD) activity



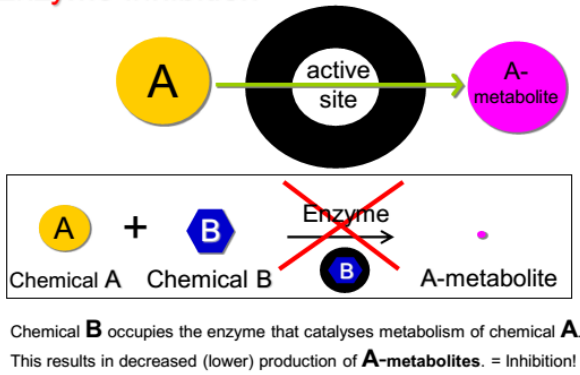
### Biphasic Dose-Response Curve – How?



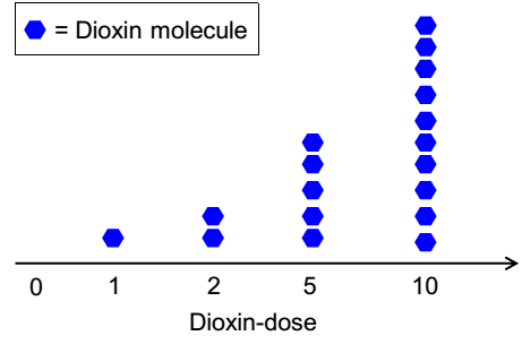
More CYP1A Enzymes - Higher EROD activity



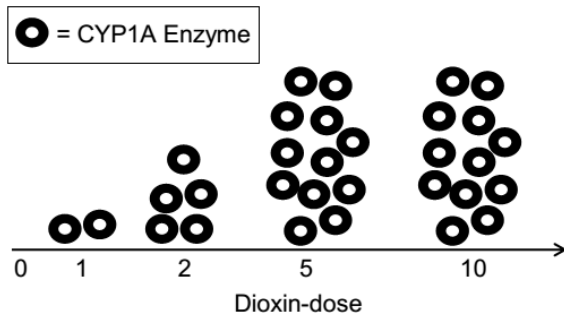
### Enzyme-inhibition



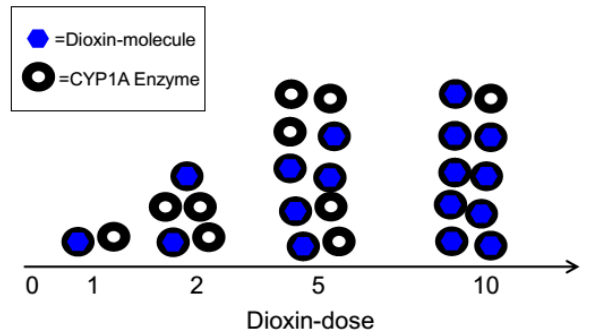
### Dioxin-doses



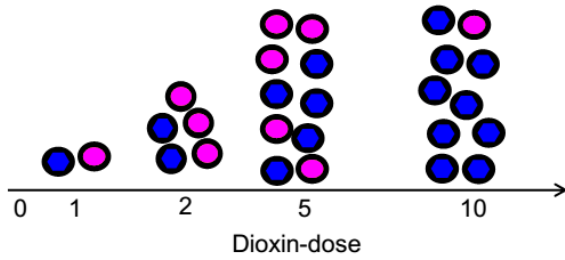
### Induction of CYP1A Enzyme content



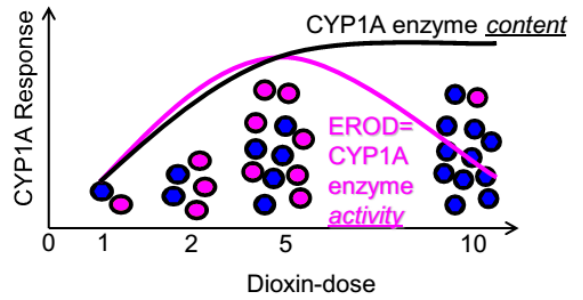
### Induction of CYP1A Enzymes



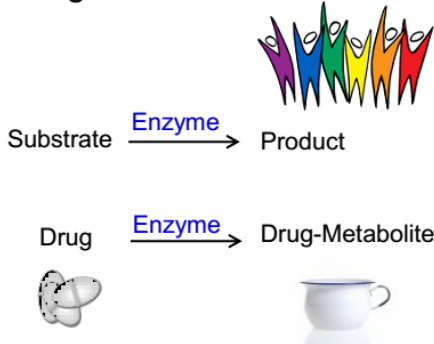
What about the EROD activity?



Dioxin – CYP1A: Dose - Response



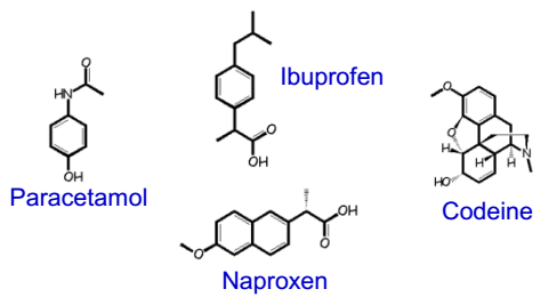
### Drug-Metabolism in humans



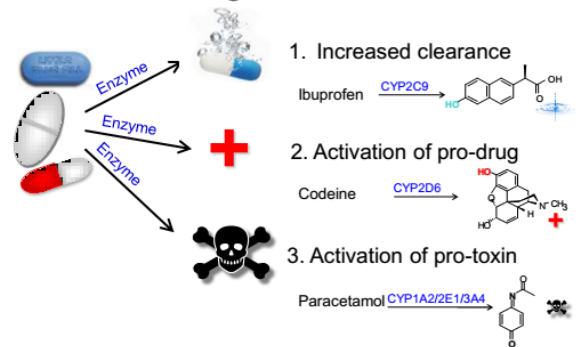
### Major drug-metabolizing CYP enzymes

- [CYP1A2](#)  
ex. naproxen, clozapine, caffeine, paracetamol ...
- [CYP2C9](#)  
ex. ibuprofen, tolbutamide, losartan, warfarin ...
- [CYP2C19](#)  
ex. omeprazole, diazepam, clomipramine, progesterone ...
- [CYP2D6](#)  
ex. metoprolol, desipramine, haloperidol, codeine ...
- [CYP2E1](#)  
ex. ethanol, paracetamol, chlorzoxazone, ...
- [CYP3A4, CYP3A5 & CYP3A7](#)  
ex. erythromycin, paracetamol, cyclosporine, felodipine ...

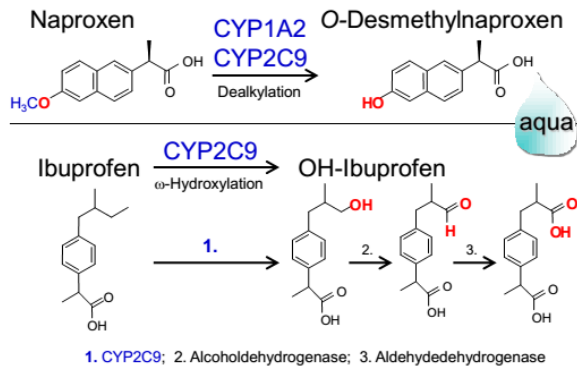
### Common painkillers



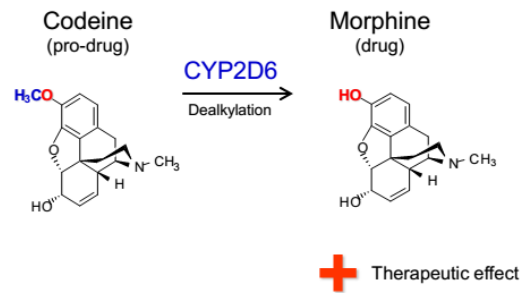
### Drug-metabolism



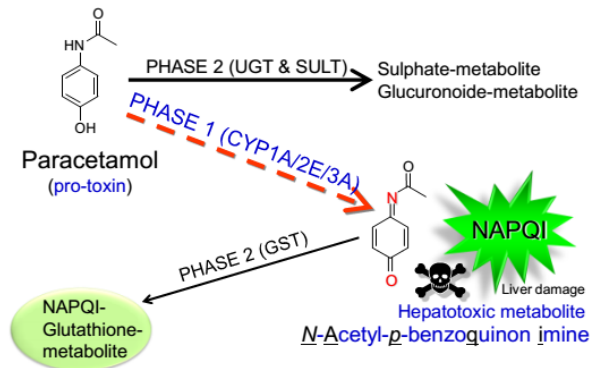
### 1. Increased Clearance



### 2. Activation of pro-drug



### 3. Activation of pro-toxin



### "Cocktail effects"

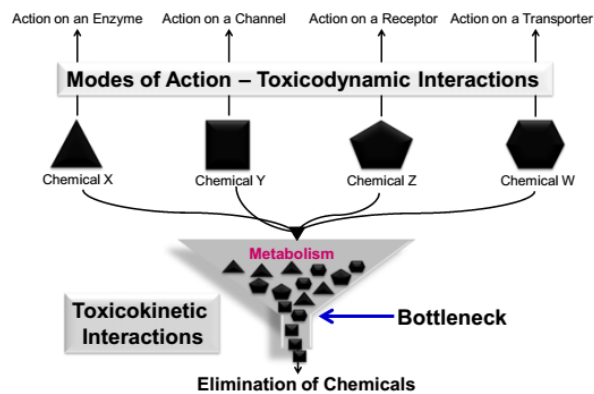


#### Pharmacodynamic interactions

Two chemicals have the same or opposing pharmacological action

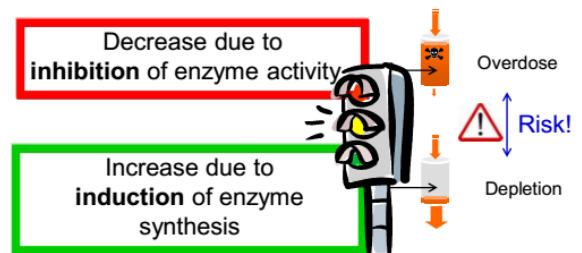
#### Pharmacokinetic interactions

One chemical affects absorption/distribution/metabolism/excretion of another chemical



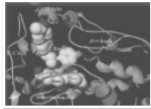
### Drug-interactions

CYP function/activities can be altered

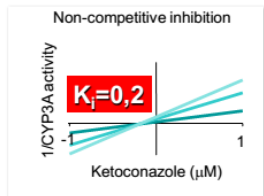
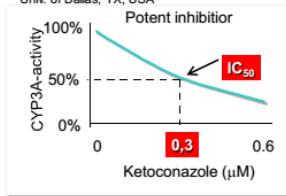
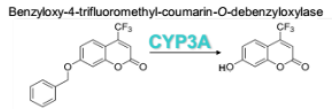




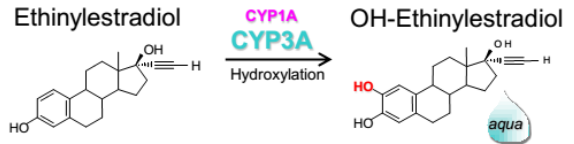
### Ketoconazole inhibits CYP3A metabolism



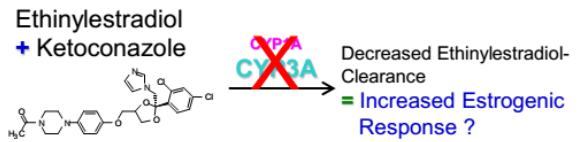
Ketoconazole – CYP3A30  
S Graham & JA Peterson,  
Univ. of Dallas, TX, USA



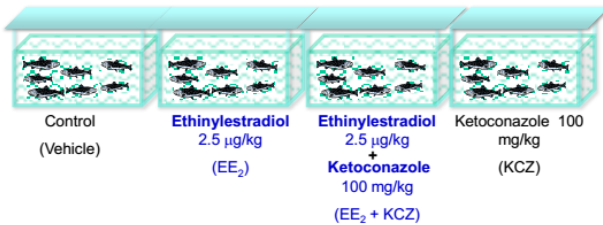
Hegelund et al. 2004. *Environ. Tox. Chem.* 23:1326; Hasselberg et al. 2005. *Comp. Hepatol.* 4:2



### Ketoconazole inhibits CYP1A/3A enzyme activities

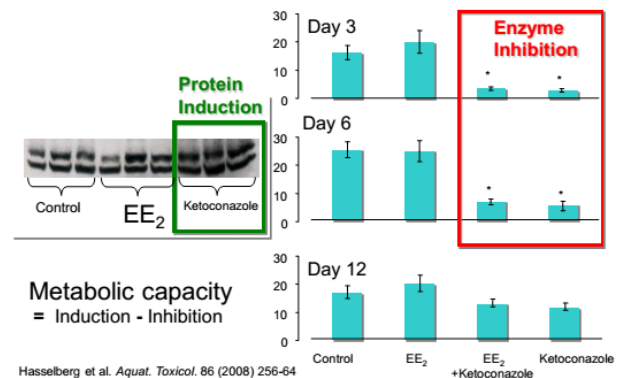


### Experimental design



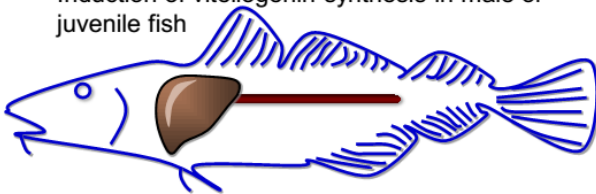
**Fish:** Juvenile rainbow trout  
**Sampling:** 3, 6 and 12 days post injection  
**Analyses:** CYP, vitellogenin & steroids

### CYP3A protein levels vs. CYP3A enzyme activity



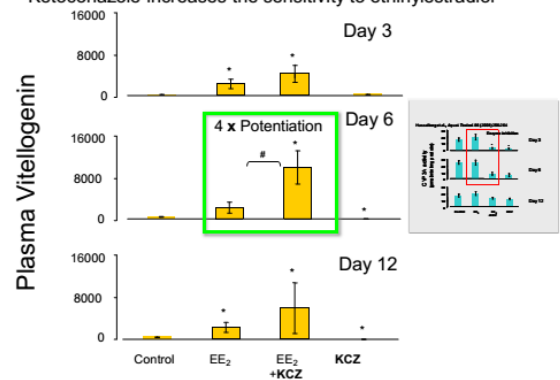
### A biomarker for estrogen response

Induction of vitellogenin synthesis in male or juvenile fish



1. Activation of the estrogen receptor initiates vitellogenin-synthesis in the liver
2. Vitellogenin circulates in the blood

### Ketoconazole increases the sensitivity to ethinylestradiol



**The cocktail-effect:**

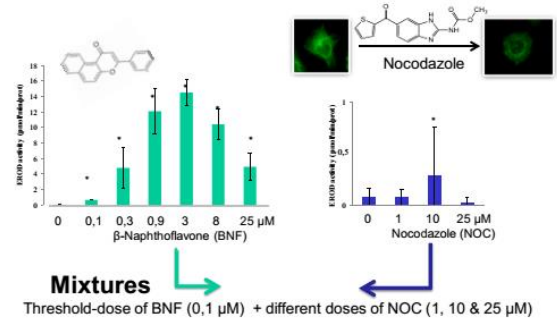
Potential of estrogenic response.

**Possible biomarker consequence:**

Over-estimation of estrogenic exposure in the environment when co-exposed to CYP3A inhibitors.

Gräns, Johansson, Michelová, Wassmur, Norström, Wallin and Celander. submitted

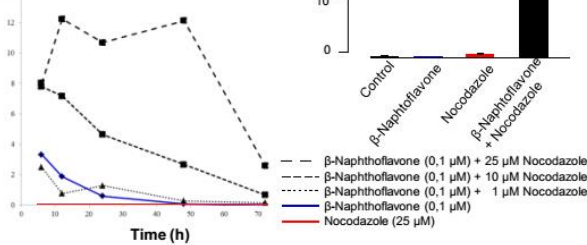
**CYP1A activities – Dose Response (24h)**



Gräns, Johansson, Michelová, Wassmur, Norström, Wallin and Celander. submitted

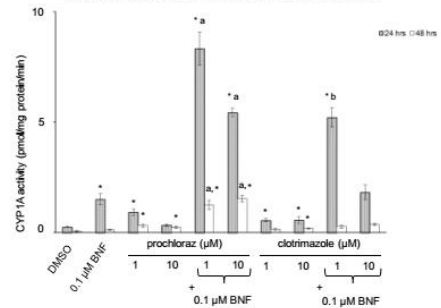
**Synergistic effects on the CYP1A biomarker**

**B) Biomarker Response: CYP1A activity (6-72h)**



Gräns, Johansson, Michelová, Wassmur, Norström, Wallin and Celander. submitted

**Synergistic mixture effects of imidazoles on CYP1A activities**



**Conclusion**

**Proposed Toxicokinetic Mechanism**

- BNF and imidazoles compete for CYP1A enzymes.

**Combination Effects**

- ✓ Delayed BNF elimination
- ✓ Increased efficacy of BNF exposure
- ✓ Increased CYP1A biomarker response

Thank YOU for your kind attention!





## บันทึกข้อความ

ส่วนงาน ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ โทร. ๓๐๙๒

ที่ ศธ ๖๖๑๕.๙/๐๑๐๐

วันที่ ๓๑ มกราคม ๒๕๕๗

เรื่อง ขออนุมัติจัดอบรม ใช้เงินจากงานวิจัยงบประมาณแผ่นดิน (โครงการต่อเนื่องปีที่ ๓)

เรียน คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

ตามที่คณะวิทยาศาสตร์ได้ให้ข้าพเจ้ารับทุนอุดหนุนการวิจัยเงิน งบประมาณแผ่นดินประจำปี พ.ศ. ๒๕๕๗ เพื่อดำเนินการทำวิจัยในเรื่อง "การประเมินผลกระทบของโลหะหนักและสารอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอนต่อสัตว์ทะเลตามแนวชายฝั่งทะเลอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง" ส่วนหนึ่งของการดำเนินงานวิจัย ต้องอบรมเกี่ยวข้องกับการตรวจสอบการปนเปื้อนมลพิษทางสิ่งแวดล้อมทางทะเล รวมทั้งข้อตกลงที่ ผศ.ดร.ปภาศิริ บาร์เนท จะเป็นวิทยากร และสาธิต นำเทคนิคการตรวจสอบการปนเปื้อน ให้แก่ผู้เข้ารับการอบรมชาวไทย ตามข้อตกลงจากองค์กร PEMSEA and UNDP ที่ให้ทุนไปเข้าอบรม หัวข้อเรื่อง Contaminant analysis and monitoring ที่เขตบริหารพิเศษฮ่องกง เมื่อ ๑๕ ตุลาคม ถึง ๑๖ ธันวาคม ๒๕๕๖

ในการนี้จึงใคร่ขออนุมัติจัดการอบรม ในหัวข้อเรื่อง "Artificial Mussel" as a device for environmental monitoring" จะจัดดำเนินการในวันที่ ๗ กุมภาพันธ์ ๒๕๕๗ นี้ ณ ภาควิชาวาริชศาสตร์ จำนวนผู้เข้าอบรมประมาณ ๒๐ ท่าน ด้วยเงินจากงบประมาณแผ่นดินประจำปี พ.ศ. ๒๕๕๗ จำนวน ๗,๖๗๕ บาท (เจ็ดพันหกกร้อยเจ็ดสิบบ้าบาทถ้วน) และได้จัดส่งโครงการมา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและดำเนินการต่อไป จักขอบคุณยิ่ง

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปภาศิริ บาร์เนท)

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปภาศิริ บาร์เนท)

หัวหน้าภาควิชาวาริชศาสตร์

อนุมัติ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อุษาวดี ตันติวรรักษ์)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์



แบบฟอร์มขอเสนอโครงการ  
โครงการตามแผนปฏิบัติการประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๕๗ มหาวิทยาลัยบูรพา  
หน่วยงาน: ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์

๑. รหัสโครงการ .....QA๐๑/๒๕๕๗.....

๒. ชื่อโครงการ โครงการอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่อง "Artificial Mussel" as a device for environmental monitoring".....

๓. ความสอดคล้องกับพันธกิจ

การผลิตบัณฑิต

การวิจัย

การบริการวิชาการแก่สังคม

การทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม

การบริหารจัดการ

๔. ความสอดคล้องกับประเด็นยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัย

๔.๑ ประเด็นยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัย

ประเด็นยุทธศาสตร์ที่.....กลยุทธ์ที่.....มาตรการที่.....

๔.๒ ประเด็นยุทธศาสตร์ของคณะ/หน่วยงาน

ประเด็นยุทธศาสตร์ที่.....๒.....กลยุทธ์ที่.....๒.....แผนงานที่.....

๕. ผู้รับผิดชอบ

๕.๑ หน่วยงานที่รับผิดชอบ .....ภาควิชาวาริชศาสตร์.....

๕.๒ ผู้รับผิดชอบ

- ผศ.ดร.ปภาศิริ	บาร์เนท	หัวหน้าโครงการ
- เพ็ญศรี	สุวรรณมณี	กรรมการ
- สรนนท์	วัฒนพันธุ์	กรรมการ
- มีลักษณ์	ชัยกิตติเจริญวุฒิ	กรรมการ
- นิสิตบัณฑิตศึกษา		ประสานงานโครงการ

๕.๓ ผู้ประสานงาน

- ผศ.ดร.ปภาศิริ	บาร์เนท	โทร	๐ ๓๘๑๐ ๓๐๕๒, ๐๘๗-๐๒๖๒๖๑๒
- เพ็ญศรี	สุวรรณมณี	โทร	๐ ๓๘๑๐ ๓๐๕๒
- สุกานดา	ทับเมฆา	โทร	๐๘๗-๕๗๘๗๕๑๑, ๐๕๒-๓๕๘๓๕๕๕

## ๖. หลักการและเหตุผล

ความรู้ด้านติดตามตรวจสอบมลพิษสิ่งแวดล้อมทางน้ำมีบทบาทต่อการประเมินการปนเปื้อนของสารที่ศึกษาในสิ่งมีชีวิตในทะเล หอยแมลงภู่เป็นสัตว์ที่ถูกเก็บตัวอย่าง และใช้เป็น "Mussel watch program" ในหลายประเทศ การอบรมครั้งนี้จะถ่ายทอดความรู้การเตรียมตัวอย่างที่เป็นตัวแทนหอยแมลงภู่เรียกว่า "Artificial mussel (AM)" เพื่อใช้ตรวจการปนเปื้อนของโลหะหนักในทะเล สามารถใช้เป็นตัวแทนหอยแมลงภู่มีชีวิตในบริเวณที่หอยแมลงภู่ไม่มีหรือไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ซึ่ง AM มีการนำไปใช้เกือบ ๒๐ ประเทศ และถูกเผยแพร่อยู่ในผลงานวิจัยของวารสารนานาชาติ เนื่องจาก AM ยังไม่ได้มีการเผยแพร่ในประเทศไทยมาก่อน การอบรมครั้งนี้เป็นส่วนหนึ่งของข้อตกลงที่ ผศ. ดร.ภาศิริ บาร์เนท จะเป็นวิทยากร และสาธิตแก่ผู้เข้ารับการอบรม ตามข้อตกลงจากองค์กร PEMSEA and UNDP ให้ทุนไปเข้าอบรม หัวข้อเรื่อง Contaminant analysis and monitoring ที่เขตบริหารพิเศษฮ่องกง เมื่อ ๑๕ ตุลาคม ถึง ๑๖ ธันวาคม ๒๕๕๖ และใช้งบประมาณจาก งบประมาณเงินแผ่นดิน ปี พ.ศ. ๒๕๕๗ งานวิจัยเรื่อง "การประเมินผลกระทบของโลหะหนักและสารอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอนต่อสัตว์ทะเลตามแนวชายฝั่งทะเลอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง" ทั้งนี้ผู้เข้าอบรมจะมีความเข้าใจ เพิ่มพูนความรู้ ด้านการเตรียมและใช้ AM ไปศึกษาในงานวิจัยหรือวิทยานิพนธ์ เพื่อประเมินมลพิษโลหะหนักในน้ำต่อไป และถ่ายทอดความรู้ให้แก่ผู้อื่นต่อไป

## ๗. วัตถุประสงค์

๗.๑ เพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้เรื่อง "Artificial Mussel..." as a device for environmental monitoring." และ สาธิตการเตรียม Artificial mussel ให้แก่อาจารย์ และนิสิตระดับบัณฑิตศึกษาตลอดจนผู้สนใจทั่วไป

๗.๒ เพื่อสร้างเครือข่ายกับนักวิจัยด้านสิ่งแวดล้อม ในประเทศไทย

## ๘. เป้าหมายของโครงการ

### ๘.๑. เป้าหมายการดำเนินงาน

จำนวนผู้เข้าร่วมโครงการจำนวนทั้งสิ้น ๒๐ คน ประกอบด้วย

นิสิตบัณฑิตศึกษา จำนวน ๕ คน

อาจารย์/บุคลากร จำนวน ๒ คน

บุคลากรจากภายนอก จำนวน...๑๓...คน

### ๘.๒. กิจกรรม/เนื้อหาที่จะดำเนินการ

๑) ภาควิชาบรรยาย ความรู้ "Artificial Mussel..." as a device for environmental monitoring." วิทยากร จำนวน ๑ ท่าน

๒) ภาคปฏิบัติการ เพื่อสาธิตการประกอบ Artificial Mussel วิทยากร จำนวน ๑ ท่าน

## ๙. งบประมาณดำเนินการ

งบประมาณทั้งสิ้น ...๗,๖๗๕.....บาท (.เจ็ดพันหกกร้อยเจ็ดสิบบห้าบาทถ้วน) ดังนี้

รายได้.....บาท ระบุรายละเอียด(แหล่งงบประมาณ) แผนงานจัดการศึกษาอุดมศึกษา งานจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กองทุนเพื่อการศึกษา หมดเงินอุดหนุนทั่วไป (เงินอุดหนุนโครงการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์)

แผ่นดิน.....บาท งานวิจัยเรื่อง การประเมินผลกระทบของโลหะหนักและสารอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอนต่อสัตว์ทะเลตามแนวชายฝั่งทะเลอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง

หน่วยงานภายนอก.....บาท รายละเอียด(แหล่งงบประมาณ).....หมดเงิน

ค่าใช้จ่าย	งบประมาณแผ่นดิน	งบประมาณรายได้	งบวิจัย วช ๒๕๕๗
๑. ค่าอาหารกลางวันและน้ำดื่มเลี้ยงผู้รับการอบรม ๒๕ คน อัตรา ๒๐๐ บาทต่อคนต่อมื้อ จำนวน ๑ มื้อ			๕,๐๐๐
๒. ค่าอาหารว่าง ๒๕ คน อัตรา ๓๕ บาทต่อคนต่อมื้อ จำนวน ๑ มื้อ			๘๗๕
๓. ค่าจัดทำเอกสารประกอบโครงการ			๑,๐๐๐
๔. ค่าวิทยากร ๓ ชั่วโมง ๓ ท่าน ๖๐๐ บาท/ชั่วโมง			๑,๘๐๐
<b>รวม</b>			<b>๗,๖๗๕</b>
<b>รวมประมาณค่าใช้จ่ายทั้งหมด</b>	<b>เจ็ดพันหกกร้อยเจ็ดสิบบ้าบาทถ้วน</b>		

## ๑๐. ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน (PDCA)

กิจกรรม	ปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๕๗												
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	
<b>ขั้นวางแผนงาน (P)</b> ๑. ประสานงาน ๒. ขออนุมัติโครงการฯ ๓. เตรียมเอกสารประกอบโครงการและวัสดุวิทยาศาสตร์ ๔. ประชุมนิสิตเตรียมงาน				↔									
<b>ขั้นดำเนินการ (D)</b> ๑. ประชาสัมพันธ์โครงการ ๒. บรรยายเชิงวิชาการ						↔							
<b>ขั้นสรุปและประเมินผล (C)</b> ๑. ประมวลผลแบบสอบถาม ๒. ส่งรายงานโครงการฯ						↔							
<b>ขั้นปรับปรุงตามผลการประเมิน (A)</b>						↔							

## ๑๑. วัน เวลา และสถานที่ในการดำเนินการ

๑๑.๑ วัน เวลา ในการจัดกิจกรรม

.....วันศุกร์ที่ ๗ กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๕๗ เวลา ๙.๐๐ - ๑๒.๐๐ น.....

๑๑.๒ สถานที่จัดกิจกรรม.....ห้องบรรยายและห้องปฏิบัติการ ภาควิชาวาริชศาสตร์ อวศวทยาวิทยา

วิทยาเขต.....คณะวิทยาศาสตร์.....

## ๑๒. ผลที่คาดว่าจะได้รับ

๑๒.๑ ผู้เข้าร่วมโครงการได้รับความรู้และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันทางมลพิษสิ่งแวดล้อมจากโลหะหนัก

๑๒.๒ ผู้เข้าร่วมโครงการได้พัฒนาวิธีการเก็บตัวอย่างทางเลือกแบบสากล

๑๒.๓ ผู้เข้าร่วมโครงการได้เอกสารและข้อมูลไปเผยแพร่ต่อไป

-๔-

๑๓. ตัวชี้วัดความสำเร็จโครงการ (KPI)ตามประเด็นยุทธศาสตร์ที่ ๒ กลยุทธ์ที่ ๒

ปริมาณ	คุณภาพ	เวลา	ต้นทุน
ผู้เข้าร่วมโครงการฯ อย่างน้อยร้อยละ ๘๐	- ผลรวมระดับความพึงพอใจในการจัดงาน ระดับมาก และมากที่สุด ไม่น้อยกว่าร้อยละ ๗๐ - ผู้เข้าร่วมโครงการ ได้รับเอกสารวิชาการ	๓.๐๐ ชั่วโมง	๗,๖๗๕ บาท

๑๔. (สำหรับโครงการเดิมหรือต่อเนื่องจากปีที่แล้ว) ปัญหา/ อุปสรรคที่พบจากการจัดโครงการปีที่ผ่านมา (ข้อมูลจากผล ประเมินโครงการปีที่แล้ว)

๑๕. (สำหรับโครงการเดิมหรือต่อเนื่องจากปีที่แล้ว) แนวทางแก้ไข และ/หรือ ป้องกันปัญหา/ อุปสรรค ที่อาจเกิดขึ้นในปี

ไม่มี

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปภาศิริ บาร์เนท)

หัวหน้าโครงการอบรม





Registration of "Artificial Mussel" as a device for environmental monitoring workshop

No.	Name		Institution	Mobile phone	E-mail	Signature
1	TH	ผศ.ดร. ปภาสรี บาร์เน็ต (วิทยากร)	Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University	+66870262612	praparsi@buu.ac.th	
	EN	Asst. Prof. Praparsiri Barnette, Ph.D.(Speaker)				
2	TH	ดร. ไพฑูรย์ มกกงไผ่	Institute of Marine Science, Burapha University	+66819833429	mokk_pp@hotmail.com	
	EN	Dr. Phaithoon Mokkongpai				
3	TH	นายวันชัย วงสุดาวรรณ	Institute of Marine Science, Burapha University	+66812092794	wanchai@bims.buu.ac.th	
	EN	Mr.Wanchai Wongsudawan				
4	TH	นางสาววราพร ชลอำไพ	Regional Medical Sciences Center 6, Chon Buri, Department of Medical Sciences Ministry of PublicHealth	+66818648301	varaporn.c@dmsc.mail.go.th	
	EN	Miss Varaporn Cholumpai				
5	TH	Miss Xiaoyan Wang	Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University	+66809814320	wxy3937@gmail.com	
	EN					
6	TH	นางสาวสุกานดา ทับเมฆา	Environmental Science Program, Faculty of Science, Burapha University	+66879787911	adnakus@hotmail.com	
	EN	Miss Sukanda Tubmeca				
7	TH	นางสาวอมรรัตน์ คุณเขต	Environmental Science Program, Faculty of Science, Burapha University	+66824631277	goong_scin@hotmail.com	
	EN	Miss Amornrat Khunkhet				
8	TH	นางสาวดวงพร เรืองสีอ่อน	Environmental Science Program, Faculty of Science, Burapha University	+66869797249	midseason@hotmail.com	
	EN	Miss Duangphorn Ruangsiorn				

Registration of "Artificial Mussel" as a device for environmental monitoring workshop (continue)

No.	Name		Institution	Mobile phone	E-mail	Signature
9	TH	รศ. ดร. ไทยดาว เลิศวิทยาประสิทธิ์	Department of Marine Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University	+66812541383	lthaiha@chula.ac.th	
	EN	Assoc. Prof. Thaithaworn Lirdwitayaprasit, Ph.D.				
10	TH	ผศ.ดร. เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล	Department of Marine Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University	+66813186053	спенjai@hotmail.com	
	EN	Asst. Prof. Penjai Sompongchaiyakul, Ph.D.				
11	TH	นางสาวนิรินธรณ์ กลิ่นสอน	Department of Marine Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University	+66896597499	nuefaii.n@gmail.com	นุเชอฝ
	EN	Miss Nirin Glinson				
12	TH	นางสาวเบญจวรรณ แสนสิทธิสกุลเลิศ	Department of Marine Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University	+66878603668	benjawans@windowlive.com	เบญจวรรณ
	EN	Miss Benjawan Sansittisakunlird				
14	TH	นางสาวพรพรรณ ศิลารัตน์	Department of Marine Science, Faculty of Fisheries, Kasetsart University	+66848399753	pornpan.s2011@gmail.com	พรพรรณ
	EN	Miss Pornpan Silarat				
15	TH	นางสาวนิศรา ถาวรสอด	Department of Marine Science, Faculty of Fisheries, Kasetsart University	+66866895322	sea_sand_sun_sky@hotmail.com	นิศรา ถาวรสอด
	EN	Miss Nissara Thawonsode				
16	TH	นางสาวอรอิงค์ เวชสิทธิ์	Department of Marine Science, Faculty of Fisheries, Kasetsart University	+66817556242	pai_50@hotmail.com	อรอิงค์
	EN	Miss Oning Veschasit				

Registration of “Artificial Mussel” as a device for environmental monitoring workshop (continue)

No.	Name		Institution	Mobile phone	E-mail	Signature
17	TH	นางนิสากร วิเวกวินช์	Saensuk Municipality	+66813571995	nisakorn.w@hotmail.com	
	EN	Mrs. Nisakorn Wiwekwin				
18	TH	นายอาคม ช่างนอก	Saensuk Municipality	+66876025407	ark_55@hotmail.com	
	EN	Mr. Arkom Yangnok				
19	TH	นางสาวประยูรศรี พรหมมี	Saensuk Municipality	+66828078040	yun_ye_lovc@hotmail.com	ประยูรศรี พรหมมี
	EN	Miss Prayunsri Prommee				
20	TH	นายเจริญ ปานันท์	Provincial Offices for Natural Resources and Environment Chon Buri	+66891083455	possiblecon@gmail.com	
	EN	Mr. Charoen Panant				
21	TH	นางลาวัลย์ เอียวสวัสดิ์	Regional Environment Office 13, Chonburi	+66813052479	lawan_e@hotmail.com	
	EN	Mrs. Lawan Eyosawat				
22	TH	นางสาวชมนุช พิมพ์ทอง	Regional Environment Office 13, Chonburi	+66841241041	babybest01@hotmail.com	
	EN	Miss Chompunuch Pimtong				
23	TH	นางสาวอัจจรวา สูดโต	Regional Environment Office 13, Chonburi	+66894411212	joy2508@hotmail.com	อัจจรวา
	EN	Miss Atchara Soodto				
24	TH					
	EN					

## Accumulation and Clearance of PAHs and CYP1A Levels in Farmed Green Mussels (*Perna viridis* L.) from a Coastal Industrial Area in Thailand

Varaporn Cholumpai<sup>a</sup>, Malin C. Celander<sup>b</sup> and Praparsiri Kanchanopas-Barnette<sup>c,d</sup>

<sup>a</sup> Environmental Science Programme, Faculty of Science, Burapha University, Chonburi 20131, Thailand

<sup>b</sup> University of Gothenburg, Department of Biological and Environmental Sciences, P.O. Box 463, SE 405 30, Göteborg, Sweden

<sup>c</sup> Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University, Chonburi 20131, Thailand

<sup>d</sup> The Center of Excellence on Environmental Health and Toxicology, Bangkok, Thailand

### Abstract

Green mussels (*Perna viridis* L.) that inhabit along coastal areas with established petro-chemical industries are likely to be exposed to petroleum hydrocarbons. In year 2011, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) accumulated (*i.e.* total of 16 PAH congeners) in three different sizes of farmed mussels in the Maptaphut industrial estate which is an industrial park in the Gulf of Thailand. The levels of mean total PAHs ( $0.4303 \pm 0.3067$   $\mu\text{g/g}$  dry weight) in large sized (consumable size) mussels were 16 and 8 times higher than medium and small sized mussels. Levels of total carcinogenic PAHs ( $0.0311 \pm 0.0310$   $\mu\text{g/g}$  dry weight) in consumable size mussels were 15 and 11 times higher compared to medium and small sized mussels. Two carcinogenic PAHs (*i.e.* chrysene and benzo[*a*]anthracene) were detected in all sized mussels. The ratio of high molecular weight versus low molecular weight PAHs in all sized mussels indicated the presence of pyrogenic PAHs contamination over petrogenic PAHs in this coastal area. Further studies were carried out in year 2012 involved depuration in consumable sized mussels and effects on the cytochrome P450 1A (CYP1A) biomarker were analyzed over a 30 day depuration period. The half-life was five days for total PAH burden ( $0.4765 \pm 0.0615$   $\mu\text{g/g}$  dry weight), which included four non-carcinogenic PAHs. After 10, 15 and 30 days depuration in clean water, the mean total PAHs levels decreased gradually but yet significantly ( $0.2501 \pm 0.0186$ ,  $0.1350 \pm 0.0122$  and  $0.1554 \pm 0.0353$   $\mu\text{g/g}$  dry weight, respectively) compared to the PAH levels at day 0. Levels of CYP1A declined accordingly and at 30 days depuration CYP1A protein levels were significantly reduced by almost 3-fold compared the PAH levels in mussels from the Maptaphut industrial estate. The results show that farmed green mussels reared for human consumptions are exposed to PAHs including carcinogenic PAHs and that clearance of these PAHs is evident at 30 days depuration. This study demonstrates the importance of analysing PAHs in mussels and the usefulness of the CYP1A biomarker to assess exposures of PAHs in Thailand coastal waters. Therefore, a continuous monitoring and evaluation of PAHs contamination in marine species is a priority in this area and other petro-chemical estate areas of Thailand in order to reduce the risk of dietary exposures to carcinogenic PAHs from consumption of green mussels as well as to endorse reduced anthropogenic releases of PAHs into the marine ecosystem.

**Keywords:** green mussel (*Perna viridis* L.); Maptaphut; PAH; CYP1A; tropical waters

### 1. Introduction

Green mussels (*Perna viridis* L.) and other bivalves are commonly used in order to assess water contamination and in environmental monitoring programs. These filter-feeding and sessile organisms are exposed to complex mixture of pollutants in their natural habitat and are therefore ideal species for studies on effects of pollutants in coastal areas. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) represent one of the most common classes of pollutant that are continuously released into coastal waters worldwide. In Thailand, various industrial estates are spread out over the whole country, while others are located along the coast and thereby pose a threat to the marine ecosystem.

Earlier investigations between 1994 and 1999 in five coastal locations (bay, canal, and river) in Thailand reveal industrial contamination of PAHs in green mussels were in the range of 0.1000 - 0.2110  $\mu\text{g/g}$  dry weight, classified as low levels of hydrocarbon pollution (Isobe *et al.*, 2007). On the other hand, levels of total PAHs were much higher in farmed green mussels collected in year 2007 from the Chonburi Province, on the East coast of Thailand. The levels of PAHs ranged between 2.33 to 3.06  $\mu\text{g/g}$  dry weight during the dry season and between 2.49 to 3.15  $\mu\text{g/g}$  dry weight during the rainy season (Mokkongpai *et al.*, 2010).

The Rayong Province, close to the Chonburi province, has petrochemical industries located in



Maptaphut Industrial Estate. The physical conditions of marine sediments around this area appeared to be black sediments (35 cm depth) with a composition of total petroleum hydrocarbons in a wide range of 0-170 mg/kg dry weight and mercury at a range of 0.15 - 1.61 mg/kg dry weight (Water Quality Management Bureau, 2009). However, in this industrial area fishery activities and farming of green mussels for human consumptions are also important. Some of PAHs congeners are known carcinogens or are strongly suspected to act as carcinogens (IARC, 2012). Four substances of carcinogenic PAHs (benzo[*a*]anthracene, chrysene, benzo[*a*]pyrene and benzo[*k*]fluoranthene) were found in mussels (*Mytilus galloprovincialis*) in canals of Venice, Italy (Wetzel and Van Vleet, 2004).

Determination of the cytochrome P450 1A (CYP1A) biomarker is widely used either alone or in combination with chemical analyses to indicate the exposures of PAHs on living organisms. Tropical fish species caught from coastal Chonburi Province had detectable CYP1A protein levels, which is indicative of exposures to PAHs (K-Barnette *et al.*, 2010). Since mussels populations reside and reproduce along the coastal area and are sessile, they are suitable indicator organisms for studies on point source pollution along coastal areas. For instance, Solé *et al.* (1995) found CYP1A expression in blue mussels (*Mytilus edulis* L.) after the oil spill in the Galician coastline in Spain. In addition, levels of PAHs ( $\Sigma$  of 13 PAHs) in these mussels positively correlated with levels of CYP1A in their digestive glands. The integrated analyses of PAHs and CYP1A levels in mussels (*M. galloprovincialis*) from NW Spain proved the existence of petrogenic and pyrogenic hydrocarbons from polluted site (Porte *et al.*, 2001). The main important factor for using the biomarker is the benefits of having it as early warning parameter (Sarkar *et al.*, 2006). In the Mediterranean Sea, CYP1A expression in digestive gland of *M. galloprovincialis* from contaminated sites revealed the highest CYP1A when compared to mussels from intermediate contaminated sites and a reference site by 1.67 and 2.27 times respectively (Shaw *et al.*, 2004).

The purpose of this study was to examine accumulation of total PAHs in relationship to their size of cultured green mussels in the Maptaphut industrial estate. In addition, the impact of depuration over a 30 day time-period on PAH clearance and on CYP1A protein levels in the digestive glands were addressed in green mussels from the polluted Maptaphut industrial estate in the Rayong province transferred to a non-polluted area in the Trat province.

## 2. Materials and methods

### 2.1. Experimental sites

Two experimental sites of coastal water in this study were selected, Maptaphut Industrial Estate, Rayong Province (polluted) and Trat Province (non-polluted) as shown in Fig. 1.

It is well-known that non-polluted area is suitable for green mussel culture. Some of the major chemical environmental data of non-polluted site in 2011 (wet season), obtained from Petsut *et al.* (2012), include salinity (15-27 ppt), total inorganic nitrogen (34.3-280.0  $\mu\text{g/L}$ ) and phosphate (3.0-67.0  $\mu\text{g/L}$ ). On the other hand, data of the polluted site in 2011 (August-December) as obtained from Water Quality Management Office (2013) include salinity (33.50-30.20 ppt), dissolved oxygen (5.6-6.2mg/L), nitrate-nitrogen (0.1-10.7 $\mu\text{g}$  nitrogen/L), phosphate-phosphorous (0.2-70.0  $\mu\text{g}$ - phosphorous/L), ammonia-nitrogen (5.5-3.5  $\mu\text{g}$  nitrogen/L) mercury (0.01-0.01  $\mu\text{g/L}$ ), arsenic (1.6-1.9  $\mu\text{g/L}$ ) and petroleum hydrocarbon (0.1-4.5  $\mu\text{g/L}$ ).

### 2.2. Sample collection and preparation

Three sizes of green mussels were randomly collected from raft-cultured mussels (3 km<sup>2</sup> long) from Maptaphut Industrial Estate in November in 2011 for PAHs analyses. Samples were transported into the laboratory within 1 hour. Mussels were divided into large (consumable size), medium, and small sizes: mean sizes in length were  $6.6186 \pm 0.0910$  cm,  $4.8934 \pm 0.2099$  cm and  $3.4950 \pm 0.1249$  cm respectively. For depuration experiment in year 2012, consumable size in length was  $6.3940 \pm 0.1444$  cm from polluted site (Maptaphut industrial estate) and  $7.3931 \pm 0.1583$  cm from non-polluted site (Trat). For PAHs analysis, the whole mussel tissues from each size were pooled from 20 individuals per sample and wrapped in clean aluminum foil and stored at -20°C. For CYP1A measurement, digestive glands were immediately dissected and stored in liquid nitrogen.

### 2.3. Experimental design for depuration study

Mussels on a rope from polluted site were transferred to hang on raft in non-polluted site. Afterwards, mussel sample in both sites was collected at the same time at 0, 5, 10, 15, and 30 days. PAHs level and CYP1A biomarker were analyzed. Five replicates of samples (20 individuals per replicate) were analyzed for  $\Sigma$ 16 types of PAHs and its level by analyzing its body tissue by using GC-MS. Another five replicates of samples (20 individual per replicate) were analyzed for CYP1A biomarker (CYP1A protein levels) in

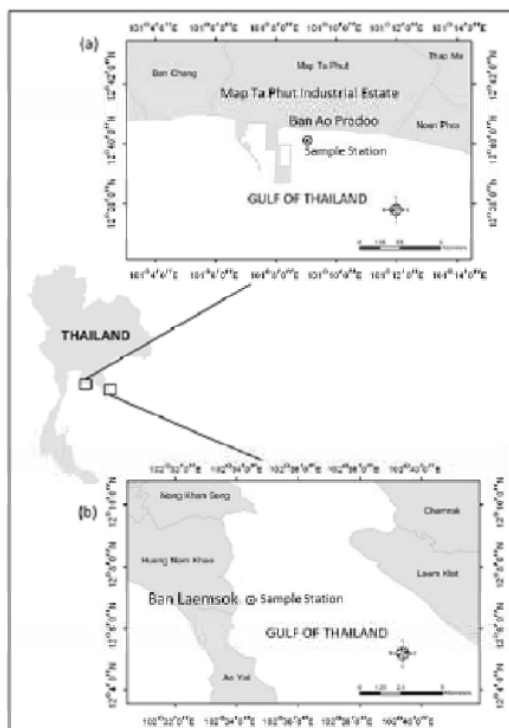


Figure 1. Map of Thailand, showing two coastal water sites: (a) Maptaphut Industrial Estate, Rayong Province and (b) Trat Province.

the digestive gland by using antibody technique and polyclonal antibodies raised against rainbow trout CYP1A with Western blot method (K-Barnette *et al.*, 2010).

#### 2.4. Chemical analysis

The pollutants of  $\Sigma 16$  PAHs were analyzed, as classified into 16 types of PAHs by the US-EPA (2000) as potent chemicals and prioritized in the pollutant list (Ribeiro *et al.*, 2012). Mussel samples were performed extraction, clean-up process and analysis following the method of Kelly *et al.* (2000) with minor modification. Briefly, two grams of homogenised samples (freeze dried) were Soxhlet extracted for 24 hours and saponified with 1 N potassium hydroxide in methanol. Then, the extract was purified and separated by using silica gel-florisil column chromatography. PAHs in the purified samples were analyzed by gas chromatography (HP 6890 N GC equipped with a split/splitless injector) coupled with mass spectrometry. It should be noted that the method detection limits (MDLs) were calculated based on the calibration curves of each PAH. The formula for MDLs is to 3.3 SD/S, where SD corresponds to the standard deviation of the mean value and S to the slope of the calibration curve. The obtained MDLs are presented in Table 1.

#### 2.5. CYP1A protein analyses

Microsomal fractions were prepared from the digestive glands by using differential centrifugation by a modification of the method described in Livingstone (1988). Briefly, the digestive glands samples were homogenized, and then centrifuged at 10,000 and 100,000  $\times$  g (Optima L100 XP Ultracentrifuge, Beckman Coulter, USA). The final microsomal pellets were re-suspended in microsomal buffer (20 mM Tris-HCl pH 7.6, 20% glycerol). All procedures were carried out at 4 °C. Microsomal CYP1A protein levels were electrophoresed by Sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) and determined by Western blot analyses using standard protocols and detected as described in Celander and Förlin (1991), with minor modifications. Here, 20  $\mu$ g microsomal proteins were loaded in each lane and transferred to nitrocellulose membranes. The polyclonal antibodies raised rainbow trout CYP1A in rabbits (Celander and Förlin, 1991) were diluted 1:1000 in blocking solution (5% fat free dry milk (w/v) in TRIS-buffer saline, pH 7.4). As secondary antibodies, goat anti-rabbit IgG conjugated with horseradish peroxidase were used and diluted 1:1000 in blocking solution. The immunoblots were stained with 0.03% 3,3'-diaminobenzidine-4-HCl, 0.006%  $H_2O_2$ , 0.05 %  $CoCl_2$  in phosphate buffer saline, pH 7.4. The CYP1A protein levels are presented as arbitrary units (AU) using the ImageMaster 2D Elite 4.01 analysis software (Amersham Pharmacia Biotech AB, Uppsala, Sweden). It should be noted that these antibodies raised against rainbow trout CYP1A also cross-react with CYP1A proteins in mammals, fish and mussels (Celander, unpublished data).

#### 2.6. Statistical analyses

The results were expressed as mean  $\pm$  SD. Differences of PAHs among green mussel sizes were compared by one-way ANOVA followed by a Tukey post-hoc test. Differences of levels of PAHs and levels of CYP1A proteins among time points at any stations were compared by one-way ANOVA followed by a Tukey post-hoc test. Differences of PAHs and CYP1A among stations at any times were compared by *t*-test. For all statistical tests, differences were considered significant at  $p < 0.01$ . The statistical software IBM SPSS Statistic 20 was used.

### 3. Results

In year 2011, nine PAHs congeners were found in medium and consumable sized mussels namely,

phenanthrene, fluoranthene, pyrene, chrysene, fluorene, acenaphthylene, anthracene, benz[a]anthracene and acenaphthene. Two of these PAHs are classified as possibly carcinogenic (*i.e.* chrysene and benzo[a]anthracene). The mean concentrations of total PAHs in mussels of three different sizes: small, medium and consumable size were  $0.0507 \pm 0.0606$ ,  $0.0263 \pm 0.0345$  and  $0.4303 \pm 0.3067$   $\mu\text{g/g}$  dry weight, respectively. As for the carcinogenic PAHs, the mean concentrations were  $0.0028 \pm 0.0045$ ,  $0.0020 \pm 0.0052$  and  $0.0311 \pm 0.0310$   $\mu\text{g/g}$  dry weight, respectively (Table 1).

Levels of total PAHs in consumable size ( $0.4303 \pm 0.3067$   $\mu\text{g/g}$  dry weight) were 16 times higher than medium size ( $0.0263 \pm 0.0345$   $\mu\text{g/g}$  dry weight) and 8 times higher than that in small size mussels ( $0.0507 \pm 0.0606$   $\mu\text{g/g}$  dry weight). The levels of total PAHs in consumable size mussels were significantly higher than the levels of PAHs in medium and small size mussels with  $p < 0.01$ . Levels of carcinogenic PAHs

in consumable size mussels ( $0.0311 \pm 0.0310$   $\mu\text{g/g}$  dry weight) were 15 times higher than that in medium size ( $0.0020 \pm 0.0052$   $\mu\text{g/g}$  dry weight) and 11 times higher than levels of carcinogenic PAHs in small size mussels ( $0.0028 \pm 0.004$   $\mu\text{g/g}$  dry weight). The levels of carcinogenic PAHs in consumable size mussels were significantly higher than the levels of carcinogenic PAHs in medium and small size mussels with  $p < 0.01$ . However, there were no statistically significant differences in levels of total PAHs or carcinogenic PAHs between medium and small size mussels.

In small size mussels, the distribution between low molecular weight (LMW) PAHs (*i.e.* two- and three-ring PAHs) and high molecular weight (HMW) PAHs (*i.e.* four-ring PAHs) was 83.17% and 16.83% of total PAHs analyzed (=100%) (Fig. 2). The ratio between HMW/LMW in small size mussels was 0.20. In medium size mussels, the distribution between LMW and HMW PAHs was 84.41% and 15.59% (Fig. 2). The

Table 1. Concentrations of low and high molecular weight PAHs ( $\mu\text{g/g}$  dry weight) in whole body tissue and physical characteristics of small, medium and large sized mussels collected from Maptaphut in 2011.

$\Sigma 16$ PAHs	PAHs concentration ( $\mu\text{g/g}$ dry weight)			MDLs ( $\mu\text{g/ml}$ )
	small size	medium size	large size	
Low molecular weight (LMW) PAHs				
Naphthalene (NAP)*	nd	nd	nd	0.0009
Acenaphthylene (ACY)	0.0010	0.0006	0.0056	0.0006
Acenaphthene (ACE)	nd	0.0002	0.0003	0.0002
Fluorene (FLO)	0.0012	0.0006	0.0060	0.0003
Phenanthrene (PHE)	0.0165	0.0097	0.1883	0.0007
Anthracene (ANT)	0.0007	0.0004	0.0047	0.0004
Fluoranthene (FLA)	0.0229	0.0107	0.1247	0.0005
High molecular weight (HMW) PAHs				
Pyrene (PYR)	0.0057	0.0022	0.0695	0.0002
Benzo[a]anthracene (BaA)*	nd	0.0006	0.0046	0.0006
Chrysene (CHR)*	0.0028	0.0014	0.0264	0.0007
Benzo[b]fluoranthene (BbF)*	nd	nd	nd	0.0005
Benzo[k]fluoranthene (BkF)*	nd	nd	nd	0.0004
Benzo[a]pyrene (BaP)*	nd	nd	nd	0.0002
Indeno[1,2,3-cd]pyrene (IcdP)*	nd	nd	nd	0.0003
Dibenzo[a,h]anthracene (DahA)*	nd	nd	nd	0.0009
Benzo[ghi]perylene (BghiP)	nd	nd	nd	0.0006
Number of mussels	14	22	11	
$\Sigma$ Total PAHs ( $\bar{x} \pm \text{SD}$ )	$0.0507 \pm 0.0606$	$0.0263 \pm 0.0345$	$0.4303 \pm 0.3067$	
$\Sigma$ Total carcinogenic PAHs ( $\bar{x} \pm \text{SD}$ )	$0.0028 \pm 0.0045$	$0.0020 \pm 0.0052$	$0.0311 \pm 0.0310$	
Mussel Length, cm. ( $\bar{x} \pm \text{SD}$ )	$3.4950 \pm 0.1249$	$4.8934 \pm 0.2099$	$6.6186 \pm 0.0910$	
Mussel Weight, g. ( $\bar{x} \pm \text{SD}$ )	$3.7997 \pm 0.4356$	$10.0885 \pm 1.4621$	$19.0982 \pm 0.8762$	
HMW PAHs/ LMW PAHs ratio	0.20	0.18	0.31	

\* = carcinogenic PAHs; Data are presented as mean  $\pm$  SD; nd = not detected (below level of detection)

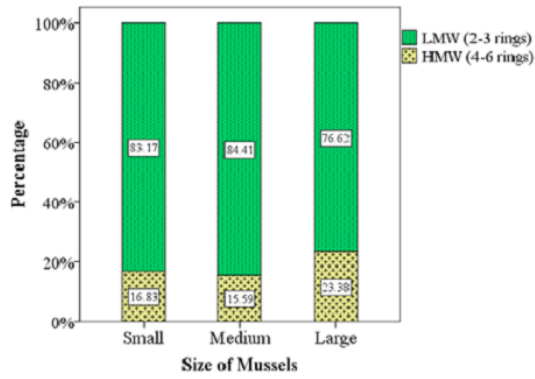


Figure 2. Distribution between HMW/LMW as % of total PAHs analyzed in the whole body tissue of small, medium and large sized mussels collected from bamboo raft farms along the Maptaphut coast in 2011.

ratio between HMW/LMW in medium size mussels was 0.18. In large size, the distribution between LMW and HMW PAHs was 76.62% and 23.38% (Fig. 2). The ratio between HMW/LMW in large size mussels was 0.31.

In year 2012, PAHs were analyzed in consumable size mussels from the polluted Maptaphut industrial estate. Levels of total PAHs were  $0.4765 \pm 0.0615 \mu\text{g/g}$  dry weight. Four different PAH congeners were detected (*i.e.* fluorene, fluranthrene, pyrene, and phenanthrene) with mean concentrations of  $0.0515 \pm 0.0183$ ,  $0.0896 \pm 0.0120$ ,  $0.0985 \pm 0.0159$  and  $0.2369 \pm 0.0311 \mu\text{g/g}$  dry weight, respectively (Table 2). The distribution of HMW and LMW was 79.33% and 20.67% and the HMW/LMW ratio was 0.26. For comparison, levels of PAHs were also analyzed in consumable size mussels from the non-polluted Trat province. No PAHs were detected in these mussels.

Mussels from polluted site of consumable size were next transferred to the non-polluted site and sampled 30 days after transfer to the non-polluted site. Levels of total PAHs and CYP1A protein levels were analyzed 10, 15 and 30 days after transfer. Mean total PAHs

concentrations in depurated mussels had significantly decreased over the 30 day time period (Table 2). The levels of total PAHs (4 congeners) at 0 day ( $0.4765 \pm 0.0615 \mu\text{g/g}$  dry weight) was up to 2 times higher than the mean values at 5, 10, 15, and 30 days ( $0.2383 \pm 0.0231$ ,  $0.2501 \pm 0.0186$ ,  $0.1350 \pm 0.0122$  and  $0.1554 \pm 0.0353 \mu\text{g/g}$  dry weight, respectively) with statistically significance difference of  $p < 0.01$  (Table 2 and Fig. 3(b)). The half-lives ( $t_{1/2}$ ) of phenanthrene, pyrene, fluoranthrene and fluorene were 5.46, 4.98, 5.03 and 4.82 days, respectively (calculated according to Sericano *et al.*, 1996). The concentrations of the four PAHs congeners detected were  $0.2369 \pm 0.0311$ ,  $0.0985 \pm 0.0159$ ,  $0.0896 \pm 0.0120$  and  $0.0515 \pm 0.0183 \mu\text{g/g}$  dry weight, respectively. After 30 days depuration in non-polluted site the corresponding levels had declined to  $0.1180 \pm 0.0175$ ,  $0.0480 \pm 0.0036$ ,  $0.0450 \pm 0.0038$  and  $0.0273 \pm 0.0044 \mu\text{g/g}$  dry weight, respectively (Table 2). On the other hand, the levels of total PAHs can still be detected in consumable size mussels at polluted site within 30 days (Table 2 and Fig. 3(a)).

A comparison between two sites at 5, 10, 15 and 30 days, the mean total PAHs concentration in consumable size at polluted site ( $0.4941 \pm 0.0827$ ,  $0.4324 \pm 0.0725$ ,  $0.4400 \pm 0.0863$  and  $0.6413 \pm 0.0413 \mu\text{g/g}$  dry weight respectively) was higher than mean total PAHs concentration in depurated mussels equivalent to 1, 1, 2, and 3 times higher, respectively with statistically significant difference of  $p < 0.01$  (Fig. 4).

In addition to PAHs chemical analyses, CYP1A protein levels were analyzed in the digestive gland of consumable sizes mussels from both sites using Western blot analyses. A CYP1A immunoreactive band at 56 kDa was detected and the intensities on the protein bands were analyzed using densitometry. A CYP1A immunoreactive protein was detected in all samples analysed. Highest CYP1A levels were detected in mussels collected from the polluted site at day 0 ( $68.26$

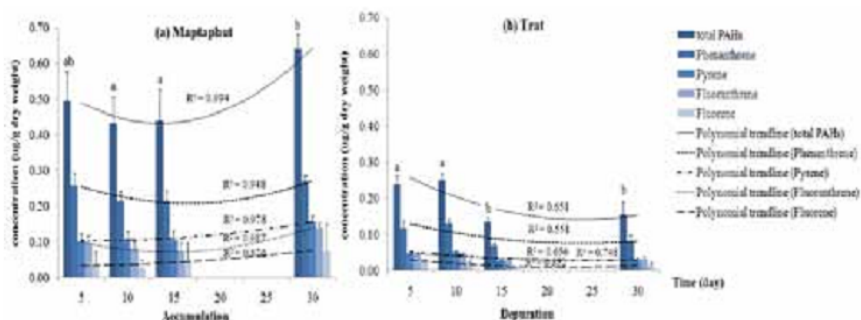


Figure 3. Total PAHs, phenanthrene, pyrene, fluoranthrene and fluorene concentration ( $\mu\text{g/g}$  dry weight) in consumable sized mussel tissues at any times and trend line. Error bars represent one standard deviation from the mean ( $n = 5$ ). A) Consumable sized mussels at Maptaphut and B) consumable sized mussels transferred from Maptaphut to Trat.

Table 2. Mean PAHs concentrations (µg/g dry weight) in whole body tissues and physical characteristics of consumable sized mussels at Maptaphut and depurated mussels (Trat) for up to 30 days.

PAHs	PAH concentration (µg/g dry weight)									
	day 0		day 5		day 10		day 15		day 30	
	Maptaphut	Trat	Maptaphut	Trat	Maptaphut	Trat	Maptaphut	Trat	Maptaphut	Trat
<b>LMW PAHs</b>										
NAP*	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
ACY	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
ACE	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
FLO	0.0515± 0.0183	0.0361± 0.0078	0.0273± 0.0044	0.0249± 0.0130	0.0224± 0.0025	0.0483± 0.0260	0.0095± 0.0019	0.0753± 0.0128	0.0139± 0.0072	
PHE	0.2369± 0.0311	0.2588± 0.0347	0.1180± 0.0175	0.2142± 0.0273	0.1306± 0.0112	0.2149± 0.0291	0.0689± 0.0061	0.2700± 0.0161	0.0819± 0.0154	
ANT	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
FLA	0.0896± 0.0120	0.0979± 0.0186	0.0450± 0.0038	0.0842± 0.0173	0.0451± 0.0034	0.0706± 0.0264	0.0299± 0.0027	0.1400± 0.0120	0.0312± 0.0072	
<b>HMW PAHs</b>										
PYR	0.0985± 0.0159	0.1013± 0.0231	0.0480± 0.0036	0.1090± 0.0201	0.0520± 0.0040	0.1061± 0.0274	0.0267± 0.0026	0.1559± 0.0163	0.0283± 0.0071	
BaA*	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
HR*	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
BbF*	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
BkF*	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
BaP*	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
IcdP*	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
ahA*	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
ghiP	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Σ Total PAHs (x±SD)	0.4765± 0.0615	0.4941± 0.0827	0.2383± 0.0231	0.4324± 0.0725	0.2501± 0.0186	0.4400± 0.0863	0.1350± 0.0122	0.6413± 0.0413	0.1554± 0.0353	
Length (x±SD)	6.3940± 0.1444	6.3330± 0.0936	6.3020± 0.1316	6.5470± 0.4275	6.4420± 0.1217	6.6240± 0.3499	6.4710± 0.2091	6.6560± 0.5132	6.6750± 0.2436	
Weight (x±SD)	17.6535 ±1.8136	17.1581 ±1.5012	13.7500 ±0.9854	17.4670 ±2.5068	14.8450 ±1.2215	19.1083 ±3.4479	16.5150 ±1.2513	18.7658 ±3.0980	17.4840 ±1.2379	

\* = carcinogenic PAHs; Data are presented as mean (n=5) ± SD; nd = not detected (below limit of detection)

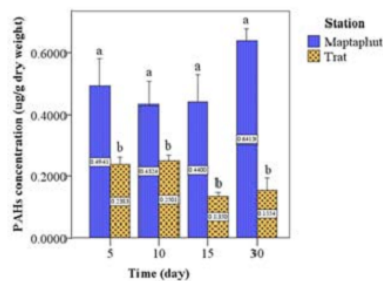


Figure 4. Total PAH concentrations (µg/g dry weight) in consumable size mussel tissues from the polluted site (Maptaphut) and from the non-polluted site (Trat). Error bars represent standard deviation from the mean (n=5). For each context (each set of two bars), bars with the different letters are statistically significantly with  $p < 0.01$ .

± 13.35 AU). After transfer to the clean site, CYP1A levels significantly declined at 5, 10, 15, and 30 days depuration ( $27.64 \pm 13.47$ ,  $27.18 \pm 7.40$ ,  $17.53 \pm 10.79$  and  $8.96 \pm 8.52$  AU, respectively, (Fig. 5) with  $p < 0.01$ . Hence, the mean value of CYP1A protein level in mussels at polluted site ( $26.35 \pm 9.23$  AU) at 30 days was higher than the value in depurated mussels ( $8.96 \pm 8.52$  AU) or equivalent to 2 times higher with statistically significant difference of  $p < 0.01$  (Fig. 6).

#### 4. Discussion

Green mussels farmed for human consumption that were sampled from the Maptaphut industrial estate in year 2011 contained several different PAHs. Two of these PAHs (*i.e.* chrysene and benzo[*a*]anthracene) are

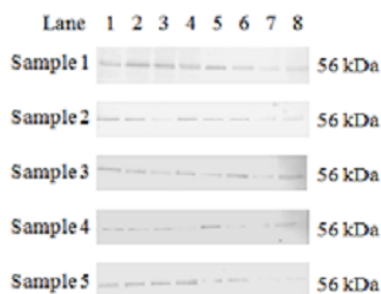


Figure 5. The 56 kDa band represents CYP1A protein levels in consumable size mussels from two different at different time points and detected using polyclonal antibodies raised in rabbits against rainbow trout CYP1A1 and Western blot technique. Lane 1) Maptaphut day 5; Lane 2) Maptaphut day 10; Lane 3) Maptaphut day 15; Lane 4) Maptaphut day 30; Lane 5) Trat day 5; Lane 6) Trat day 10; Lane 7)Trat day 15; Lane 8) Trat day 30.

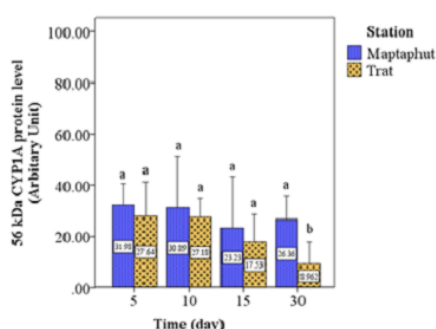


Figure 6. The 56 kDa band, CYP1A protein levels (AU) in digestive gland tissue of consumable sized mussels for two sites at any times within 30 days. See Fig. 4 for details.

classified as group 2B carcinogens or possibly carcinogenic to humans (IARC, 2012). Therefore, consuming mussels from this area would pose a health hazard for humans, especially the consumption of large consumable size mussels that contains significantly higher levels of PAHs including carcinogenic PAHs compared to smaller size mussels. According to the European Commission Regulation 208/2005, the proposed limitation of total PAHs in fish and shellfish that may present risks to consumers is more than 10 ng/g (wet weight) for benzo[a]pyrene in bivalves, while the US EPA (2000) proposed the safety level of 6 ug/g wet weight or equivalent to 44.4000 ug/g dry weight. Fortunately, the maximum levels of total PAHs in mussels at Maptaphut had levels below these safety levels. Mussels were collected from the same area one year later, 2012, and this time a reduced number of PAHs were detected. Besides, no carcinogenic PAHs were detected in these mussels. These results illustrate the importance of regular monitoring of PAHs contamination in mussels exposed to petrogenic

emissions and accidentally oil spills in order to reduce adverse toxic effects of PAHs contamination in the food-web. Consequently, the Pollution Control Department (PCD) of Thailand should be monitoring and evaluating the contamination of PAHs in mussels and other marine organisms regularly. Contaminations of PAHs in mussels from tropical waters have been reported in other studies. For example in Brazil, moderate contamination of 16 different PAHs by petrogenic sources were suggested from farmed mussels (*Perna perna*) in Southern Brazilian Bay and was also below safety levels (Yoshimine and Carreira, 2012).

Mussels have low biotransformation capacities compared to fish and other vertebrates, resulting in bioaccumulation of foreign substances, especially hydrophobic contaminants such as PAHs. Thus, the level of pollutants detected in mussels reflects the pollutants in the surrounding environment where mussels sedentary live. Therefore, mussels are commonly used as a biomonitor to evaluate the quality of the environment (Baumard et al., 1998; Yoshimine and Carreira, 2012). Baumard et al. (1998) proposed to organize levels of aquatic pollution according to PAHs found in mussels or dividing into three groups as: low level of pollution (0 - 0.1 µg/g dry weight), moderate level of pollution (0.1 - 1 µg/g dry weight) and high level of pollution (1 - 5 µg/g dry weight). The large consumable size mussels from Maptaphut contained total PAHs of  $0.4303 \pm 0.3067$  µg/g dry weight, which can be classified as moderate contamination. On the other hand, the medium and small sized mussels contained much lower total PAHs, which can be classified as low level. This finding shows how large sized mussels are more suitable as a biomonitor. The HMW/LMW ratios in small, medium and large sized mussels were 0.2, 0.18 and 0.31, respectively, which is higher than in crude oil samples (0.02-0.13) collected from the Malaysian coasts (Zakaria et al., 2001). Therefore, our results indicate the contribution from pyrogenic PAHs in Maptaphut coastal water.

Interestingly, similar results concerning level of mean total PAHs and HMW/LMW ratio were found in mussels collected from the Maptaphut area in 2012. These mussels had levels of total PAHs considered as moderate level of pollution. The HMW/LMW ratio in consumable sized mussels indicates that there was more contamination of pyrogenic PAHs than petrogenic PAHs in Maptaphut in 2012 similar to in 2011. In the mussels collected in 2012 from the polluted Maptaphut site, the concentrations of four PAHs (fluorene, fluoranthrene, pyrene, and phenanthrene) declined over a 30 day time-period when these mussels were transferred to a clean site. The half-lives of the four detected PAHs was approximately five days. According to another study

on uptake and depuration of four PAHs substances in green mussels, the reported half-lives of anthracene, fluoranthene, pyrene and benzo[a]pyrene were two days (Richardson *et al.*, 2005). In that study, natural water was used, which may does not contain other pollutants that could interfere with PAH clearance. There was another study on accumulation and depuration of PAHs in American oysters (*Crassostrea virginica*) from the Galveston Bay, Texas, where indigenous American oysters were transferred from contaminated area to non-contaminated area. This finding suggest the ability of CYP enzyme to metabolize fluoranthene, pyrene, benzo[a]anthracene, chrysene, benzo[e]pyrene, benzo[a]pyrene and indeno[1,2,3-*cd*]pyrene by 50% or equivalent to 32, 12, 15, 16, 16, 10 and 11 days, respectively (Sericano *et al.*, 1996). The reason for the difference in half-lives for PAHs in bivalves between different species is not clear. It is possible, that the rate of PAH depuration in mussels is increased when the ambient temperature increases as a result of increased respiration and filtration (Meador *et al.*, 1995). Thus, mussels in tropical waters are able to eliminate pollutants including PAHs faster than mussels in cooler waters.

In the present study, levels of PAHs declined during a 30 day depuration period and this was also reflected on the CYP1A biomarker response which declined in mussels following clearance. Hence, the concentrations of PAHs in mussels was 3 times higher mussels sampled directly from the polluted site compared to mussels that had been transferred to a clean site and depurated for up to 30 days. Furthermore, CYP1A protein levels were 2 times higher in mussels sampled directly from the polluted compared to mussels that had been depurated in the clean site. This also illustrates the usefulness of the CYP1A biomarker response in green mussels to assess exposure to PAH in the coastal zone. Our results show that  $0.6413 \pm 0.0413$   $\mu\text{g/g}$  dry weight remarkable induced CYP1A protein levels in green mussels. However, in another study in NW Spain using *M. galloprovincialis* no statistically significant effect on CYP1A protein levels were seen in mussels with PAH concentrations at 0.2028  $\mu\text{g/g}$  wet weight (Porte *et al.*, 2001). In order to use CYP1A protein in mussels as a biomarker to evaluate the quality of the environment appropriately, levels of contamination and types of pollutants should be considered. Ideally, CYP1A analyses should be combined with analyses of concentrations of PAHs, especially in areas with low contamination of PAHs.

## 5. Conclusion

Accumulated PAHs in consumable sized green

mussels (*P. viridis* L.) at Maptaphut coastal water in 2011 and 2012 were found to be lower than the threshold values stated in guidelines of the US-EPA, but PAHs carcinogenic type were found in 2011. The level of accumulated PAHs indicates moderate level of pollution from pyrogenic sources. The induction of CYP1A protein in green mussels can be used as a biomarker for monitoring and evaluation of mussels exposed and clearance to pollutants in the aquatic environment. The induction of CYP1A protein levels declined with declining PAH levels after 30 days depuration. There is considerable risk of contamination of PAHs and other classes of pollutants in Maptaphut coastal water. Therefore, this coastal zone should regularly monitor the contamination of PAHs in consumable green mussels and other marine organisms.

## Acknowledgement

This research work was supported in part by the fund from the Center of Excellence on Environmental Health and Toxicology (EHT), Faculty of Science, Mahidol University and the National Research Council of Thailand (in the Title of Assessments of heavy metals and organic hydrocarbons exposure in selected marine animals from coastal industrial area at Map Ta Phut, Rayong Province) during 2012 to 2014. This study was conducted as part of a Ph.D. dissertation by Ms. Varaporn Cholumpai.

## References

- Baumard P, Budzinski H, Garrigues P, Sorbe JC, Burgeot T, Bellocq J. Concentrations of PAHs (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons) in various marine organisms in relation to those in sediments and to trophic level. *Marine Pollution Bulletin* 1998; 36(12): 951-60.
- Celander MC, Förlin L. Catalytic activity and immunochemical quantification of hepatic cytochrome P-450 in  $\beta$ -naphthoflavone and isosafrol treated rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish Physiology and Biochemistry* 1991; 9(3): 189-97.
- European Union (EU). Commission regulation (EC) No 208/2005 of 4 February 2005 amending regulation (EC) No 466/2001 as regards polycyclic aromatic hydrocarbons. *Official Journal of the European, L 34/3*, 8.2. 2005.
- International Agency for Research on Cancer (IARC). Agents classified by the IARC monographs [monograph on the Internet]. Volumes 1-106, 2012. Available from: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php>.
- Isobe T, Takada H, Kanai M, Tsutsumi S, Isobe KO, Boonyatumanond R, Zakarai MP. Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and phenolic endocrine disrupting chemicals in South and Southeast Asian mussels. *Environmental Monitoring and Assessment* 2007; 135(1-3): 423-40.

- Kachanopas-Barnette P, Mekkongpai P, Wassmur B, Celandier MC, Sawangwong P. Molecular characterization of cytochrome P450 1A (CYP1A) in Asian sea bass (*Lateolabrax japonicus*) and its application as a biomarker in the Gulf of Thailand. *Asian Journal of Water, Environment and Pollution* 2010; 7(2): 43-51.
- Kelly CA, Law RJ, Emerson HS. Methods for analysis for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in marine samples. Science Series, Aquatic Environment Protection, Analytical Methods No.12, Centre for Environment, Fisheries and Aquaculture Science (CEFAS), Lowestoft, United Kingdom, 2000.
- Livingstone DR. Responses of microsomal NADPH cytochrome c reductase activity and cytochrome P450 in digestive glands of *Mytilus edulis* and *Littorina littorea* to environmental and experimental exposure to pollutants. *Marine Ecology Progress Series* 1988; 46: 37-43.
- Meador JP, Stein JE, Reichert WL, Varanasi U. Bioaccumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons by marine organisms. *Review Environmental Contamination and Toxicology* 1995; 143: 79-165.
- Mekkongpai P, Kachanopas-Barnette P, Sawangwong P. Accumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in green mussels (*Perna viridis*) collected from the east coast of Chon Buri province, Thailand. *Journal of Science Technology and Humanities* 2010; 8(1): 13-23.
- Petsut N, Chirapart A, Keawner M. A stability assessment on seasonal variation of seaweed beds in the Trat peninsula of Thailand. *Biodiversity Journal* 2012; 3(3): 229-36.
- Porte C, Biosca X, Sole M, Albaiges J. The integrated use of chemical analysis, cytochrome P450 and stress proteins in mussels to assess pollution along the Galician coast (NW Spain). *Environmental Pollution* 2001; 112(2): 261-68.
- Ribeiro J, Silva T, Filho JGM, Flores D. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in burning and non-burning coal waste piles. *Journal of Hazardous Materials* 2012; 199-200: 105-10.
- Richardson BJ, Tse ESC, Luca-Abbott SB, Martin M, Lam PKS. Uptake and depuration of PAHs and chlorinated pesticides by semi-permeable membrane devices (SPMDs) and green-lipped mussels (*Perna viridis*). *Marine Pollution Bulletin* 2005; 51(8-12): 975-93.
- Sarkar A, Ray D, Shrivastava AN, Sarker S. Molecular biomarkers: their significance and application in marine pollution monitoring. *Ecotoxicology* 2006; 15(4): 333-40.
- Sericano JL, Wade TL, Brooks JM. Accumulation and depuration of organic contaminants by the American oyster (*Crassostrea virginica*). *The Science of the Total Environment* 1996; 179: 149-60.
- Shaw JP, Peters LD, Chipman JK. CYP1A- and CYP3A-immunopositive protein levels in digestive gland of the mussel *Mytilus galloprovincialis* from the Mediterranean Sea. *Marine Environmental Research* 2004; 58(2-5): 649-53.
- Solé M, Porte C, Albaigés J. The use of biomarkers for assessing the effects of organic pollution in mussels. *Science of the Total Environment* 1995; 159(2-3): 147-53.
- United States Environmental Protection Agency (US-EPA). Guidance for assessing chemical contaminant data for use in fish advisories: Risk assessment and fish consumption limits, Office of Water, EPA 823-B-00-008, USA, 2000.
- Water Quality Management Bureau. Annual Report 2009. Pollution Control Department, Ministry of Natural Resources and Environment, Thailand. 2009. [In Thai]
- Water Quality Management Office. The quality of the marine environment at Maptaphut Industrial Estate, Rayong province (2007-2012). Pollution Control Department, Ministry of Natural Resources and Environment, Thailand. 2013. [In Thai]
- Wetzel DL, Van Vleet ES. Accumulation and distribution of petroleum hydrocarbons found in mussels (*Mytilus galloprovincialis*) in the canals of Venice, Italy. *Marine Pollution Bulletin* 2004; 48(9-10): 927-36.
- Yoshimine RV, Carreira RS. PAHs in cultured mussels *Perna perna* from a Southeastern Brazilian Bay. *The Journal of the Brazilian Chemical Society* 2012; 23(8): 1429-36.
- Zakaria MP, Okuda T, Takada H. Polycyclic aromatic hydrocarbon (PAHs) and hopanes in standard tar-balls on the coasts of Peninsular Malaysia: Applications of biomarkers for identifying sources of oil pollution. *Marine Pollution Bulletin* 2001; 42(12): 1357-66.

---

Received 5 February 2015

Accepted 15 May 2015

#### Correspondence to

Dr. Praparsiri Kachanopas-Barnette

Department of Aquatic Science,

Faculty of Science,

Burapha University,

Chonburi 20131

Thailand

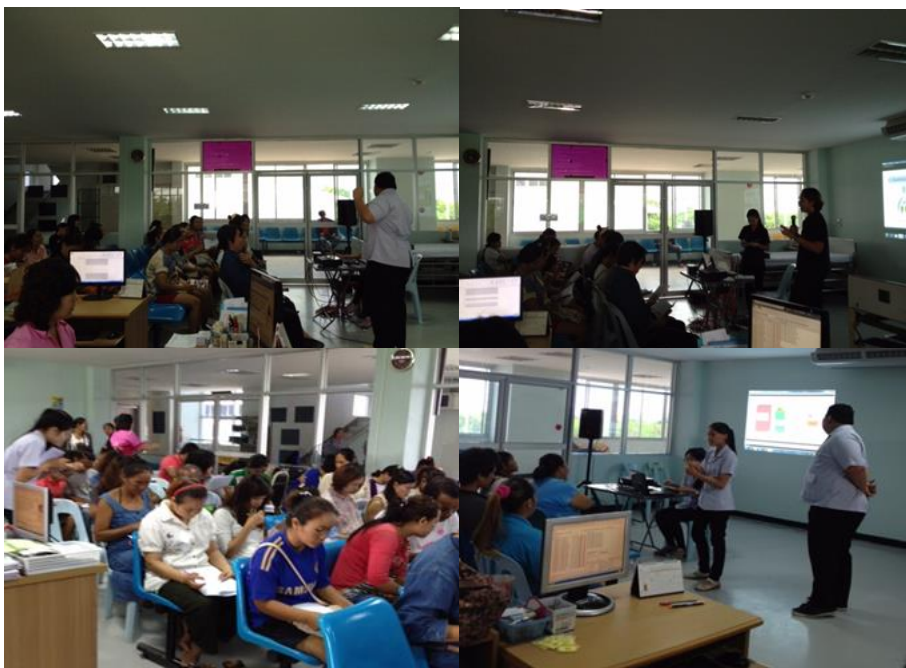
Phone: +668 7026 2612

E-mail: praparsi@buu.ac.th; mayschonnicm@yahoo.com

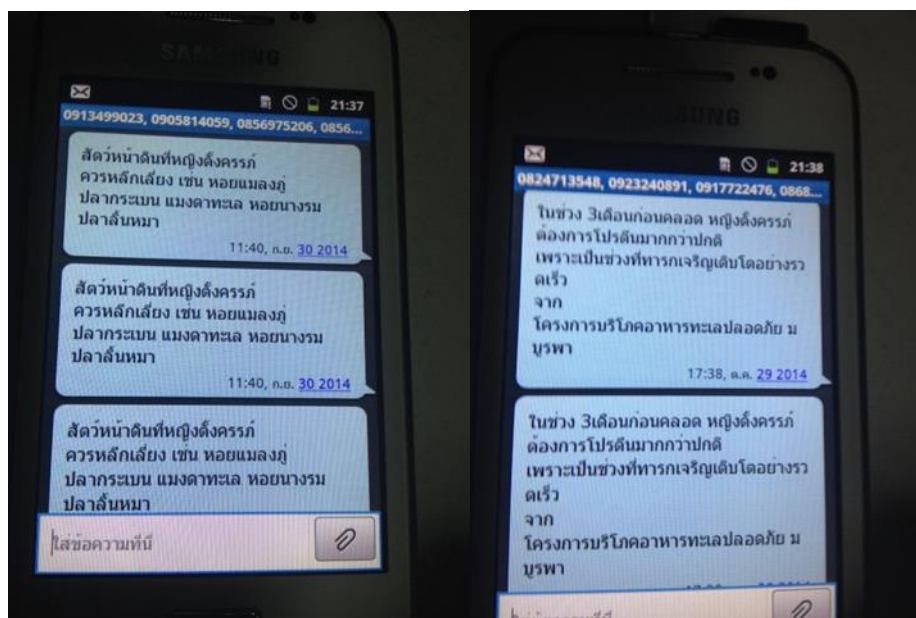




ภาพที่ 1 เก็บตัวอย่างโครงการ วช.



ภาพที่ 2 กิจกรรมให้ความรู้แก่หญิงตั้งครรภ์



ภาพที่ 3 การส่งข้อความกระตุ้นเตือนให้หญิงตั้งครรภ์



ภาพที่ 4 โครงการอบรมเรื่อง “การติดตามตรวจสอบและประเมินผลพิษสารโลหะหนักและสารอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอนทางทะเล กรณีศึกษา ประเทศสวีเดนและประเทศไทย”



ภาพที่ 5 โครงการอบรมเรื่อง “Artificial Mussel as a device for environmental monitoring”