

การปนเปื้อนสารชีวพิษกรดโดโมอิก ในสัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนมเกยตื้นในน่านน้ำไทย Contamination of Biotoxin, Domoic Acid in Stranded Marine Mammals in Thai Water

ฐิติมา นิยมศิลป์ชัย^{1*}, นฤมล กรคนิตนันท์², สุภาน้อย ทรัพย์สินเสริม³ และ ราชาวดี จันทรา²

Thitima Niyomsilpchai^{1*}, Narumol Kornkanitnan², Supanoi Subsinserm³ and Rachawadee Chantra²

¹สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง

²ศูนย์วิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง

³กองตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมง กรมประมง

¹ Marine and Coastal Resources Research and Development Institute, Department of Marine and Coastal Resources

² Marine and Coastal Resources Research and Development Center, The Upper Gulf of Thailand,
Department of Marine and Coastal Resources

³ Fish Inspection and Quality Control Division, Department of Fisheries

Received : 25 November 2018

Revised : 4 March 2019

Accepted : 26 March 2019

บทคัดย่อ

ศึกษาการปนเปื้อนสารชีวพิษกรดโดโมอิกในชั้นเนื้อตัวอย่างสัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนม ที่เกยตื้นเสียชีวิตในน่านน้ำไทย ระหว่างเดือนตุลาคม 2559 ถึงกันยายน 2561 จำนวน 9 ชนิด 20 ตัว ได้แก่ วาฬหัวทุยเล็ก (*Kogia breviceps*) วาฬหัวทุยแคระ (*Kogia sima*) วาฬน้ำร่องครีบสั้น (*Globicephala macrorhynchus*) โลมาหลังโหนก (*Sousa chinensis*) โลมาปากขวด (*Tursiops aduncus*) โลมาลายแถบ (*Stenella coeruleoalba*) โลมาอิรวดี (*Orcaella brevirostris*) โลมาหัวบาตรหลังเรียบ (*Neophocaena phocaenoides*) และพะยูน (*Dugong dugon*) พบมีการปนเปื้อนสารชีวพิษกรดโดโมอิกจำนวนทั้งสิ้น 13 ตัว คิดเป็นร้อยละ 65 ของจำนวนตัวที่ศึกษาทั้งหมด มีค่าการปนเปื้อนอยู่ระหว่าง nd-68.61 µg/g โดยอาหารในกระเพาะมีค่าเฉลี่ยการปนเปื้อนกรดโดโมอิกสูงสุด รองลงมาได้แก่ อาหารในลำไส้ ไต ตับ และอุจจาระ ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม การทำการศึกษาเพิ่มเติมโดยมีจำนวนซากสดเกยตื้นมากขึ้น ยังมีความจำเป็นเพื่อให้มีความเข้าใจถึงสถานการณ์การปนเปื้อนของกรดโดโมอิกในสัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนมของประเทศไทยได้ดียิ่งขึ้นต่อไป

คำสำคัญ: กรดโดโมอิก, สัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนม, สารชีวพิษ

*Corresponding author. E-mail : titima_022@yahoo.com

Abstract

Study of Contamination of biotoxin, Domoic acid in stranded marine mammals in Thai water was conducted during October 2016 - September 2018. A total of 9 species of 20 marine mammals was investigated, which were Pygmy sperm whale (*Kogia breviceps*), Dwarf sperm whale (*Kogia sima*), Shot-finned pilot whale (*Globicephala macrorhynchus*), Indo-Pacific humpback dolphin (*Sousa chinensis*), Indo-Pacific bottlenose dolphin (*Tursiops aduncus*), Striped dolphin (*Stenella coeruleoalba*), Irrawaddy dolphin (*Orcaella brevirostris*), Finless porpoise (*Neophocaena phocaenoides*) and Dugong (*Dugong dugon*). The results reveal that 65% of marine mammals were positively detected by domoic acid (13 of 20 individuals) with the concentration ranged between nd - 68.61 µg/g. The highest average concentration detected in stomach content, followed by intestinal contents, kidney, liver and feces, respectively. However, further study and more number of fresh stranded marine mammals are still needed for the better understanding of status of contamination of domoic acid in Thai marine mammals.

Keywords : domoic acid, marine mammals, biotoxin

บทนำ

สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมในทะเล (Marine mammal) เป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมและใกล้สูญพันธุ์ โดยในน่านน้ำไทยประกอบด้วย กลุ่มโลมาและวาฬ (Cetaceae) มีจำนวน 27 ชนิด และพะยูน (Dugong) มีเพียง 1 ชนิด ซึ่งทั้งหมดถูกจัดเป็นสัตว์ป่าสงวนและคุ้มครอง ตามพระราชบัญญัติสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ.2535 และยังคงจัดให้อยู่ในบัญชีรายชื่อของอนุสัญญาว่าด้วยการค้าระหว่างประเทศ ซึ่งพันธุ์ป่าและสัตว์ป่าที่ใกล้สูญพันธุ์ (CITES) โดยพะยูนและโลมาอิรวดีอยู่ในภาวะใกล้สูญพันธุ์อย่างยิ่งจัดอยู่ในรายชื่อ CITES บัญชีที่ 1 ส่วนโลมาและวาฬชนิดอื่นๆ จัดอยู่ใน CITES บัญชีที่ 2 (Adulyanukosol *et al.*, 2014)

ปัจจุบันประชากรสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมในประเทศไทยมีแนวโน้มลดลง (Marine and Coastal Resources Research and Development Institute, 2015) โดยจากสถิติการเกยตื้นของโลมาและวาฬในช่วง 13 ปี (พ.ศ.2546-2558) บริเวณพื้นที่อ่าวไทยตอนบน พบในแต่ละปีมีแนวโน้มของการเกยตื้นเพิ่มสูงขึ้น โดยการเกยตื้นในกลุ่มโลมาและวาฬชนิดเด่นที่พบในแต่ละปี ได้แก่ โลมาหัวบาตรหลังเรียบ (คิดเป็น 47% ของโลมาและวาฬที่เกยตื้นทั้งหมด) รองลงมาคือ โลมาอิรวดี (43%) และวาฬบรูด้า (8%) ทั้งนี้พบว่า 68% ของสาเหตุการตายทั้งหมดนั้น ยังไม่สามารถระบุสาเหตุการตายได้ (Prempree *et al.*, 2015) ดังนั้น การศึกษาหาสาเหตุและปัจจัยที่ส่งผลต่อการตายของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมเป็นเรื่องที่ควรตระหนักและให้ความสำคัญ

Domoic Acid (DA) ผลิตโดยสิ่งมีชีวิตกลุ่มแพลงก์ตอนพืชไดอะตอม สกุล *Nitzschia* และ *Pseudo-nitzschia* สำหรับในประเทศไทย มีรายงานพบการสะสมของ *Nitzschia* ในเดือนกันยายน ปี พ.ศ. 2524 ที่บริเวณศรีราชา ถึงเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี ส่วนในปี พ.ศ. 2526 พบการสะสมที่บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา

ถึงจังหวัดชลบุรี และในปี พ.ศ. 2533 พบการสะสมที่บริเวณชายฝั่งมาตาพุต จังหวัดชลบุรี (Rungsupa *et al.*, 2003) นอกจากนี้ การศึกษาแพลงก์ตอนพืชที่เป็นสาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีที่บริเวณชายฝั่งทะเลจังหวัดสมุทรสาคร และจังหวัดสมุทรสงคราม โดย Rungsupa *et al.* (2003); Chumnantana (2006) ระหว่างปี พ.ศ. 2500 - 2544 ยังพบว่า *Pseudo-nitzschia* spp. เป็นแพลงก์ตอนที่เป็นสาเหตุของปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี โดยแพลงก์ตอนพืชสกุลดังกล่าว จะถูกถ่ายทอดผ่านระบบห่วงโซ่อาหารมายังผู้บริโภคลำดับสุดท้าย อันได้แก่ สัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนม ตลอดจนมนุษย์ ที่บริโภคสิ่งมีชีวิตที่สะสมสารพิษดังกล่าวเข้าไป โดย DA เป็นพิษต่อระบบประสาทและทางเดินอาหาร (Amnesic Shellfish Poisoning: ASP) ทำให้สัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนมมีอาการชัก สูญเสียความทรงจำ สับสน มึนงง แท้งหรือตายในทันที หากสัตว์ตายจะสามารถพบการมีช่องว่างแทรกในสมองส่วนฮิปโปแคมปัส (Hippocampus) พบเนื้อตายที่ระบบประสาท หัวใจและรก ตาอักเสบ และพบทารกในครรภ์มีสมองบวม (Silvagni *et al.*, 2005; Ramsdell and Zabka, 2008) นอกจากนี้ยังพบว่าอุบัติการณ์เกิดสารชีวพิษ DA มีความสัมพันธ์กับการสะสมของแพลงก์ตอนพืชสกุล *Pseudo-nitzschia* spp. และ *Nitzschia* spp. (Fire *et al.*, 2010; Fire *et al.*, 2011; Twiner *et al.*, 2011 ; Bargu *et al.*, 2012) โดยปัจจุบันต่างประเทศได้มีการศึกษาการปนเปื้อน DA ในสัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนมอย่างแพร่หลาย แต่ในประเทศไทย ยังไม่มีผู้ใดทำการศึกษา จึงถือว่าเป็นเรื่องใหม่ที่น่าสนใจและมีความสำคัญอย่างยิ่ง วัตถุประสงค์ของการศึกษาค้นคว้านี้ เพื่อให้ทราบถึงสถานการณ์การปนเปื้อน DA สามารถนำข้อมูลที่ได้มาใช้เป็นแนวทางในการจัดการ ป้องกัน ฝ้าระวัง และลดผลกระทบจากการปนเปื้อน DA ในสัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนม

วิธีดำเนินการวิจัย

1. พื้นที่ศึกษา ชายฝั่งทะเลอ่าวไทย และอันดามัน ของประเทศไทย
2. การเก็บตัวอย่าง มีแผนการเก็บรวบรวมชิ้นเนื้อตัวอย่างสัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนมที่เกยตื้น และมีสภาพสด ได้แก่ ใต้ อาหารในลำไส้ อาหารในกระเพาะ ไช้กระดุก และอุจจาระ แต่ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับข้อจำกัดในเรื่องของสภาพความสมบูรณ์ของชิ้นเนื้อตัวอย่างที่จะสามารถเก็บนำมาวิเคราะห์ได้ โดยรักษาสภาพตัวอย่างที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส
3. การวิเคราะห์หาปริมาณ DA ในชิ้นเนื้อตัวอย่าง ตามวิธีการของ Quilliam (2003)
 - 3.1 การคำนวณปริมาณ DA จากสารละลายมาตรฐาน
 - 3.1.1 นำสารละลายมาตรฐานของ DA ความเข้มข้น 0, 0.258, 0.517, 2.066, 10.33, 20.66 และ 30.8 µg/ml ฉีด เข้า เครื่อง HPLC (High Performance Liquid Chromatography) ยี่ห้อ WATERS รุ่น Alliance 2695 ปริมาณ 20 µl ขนาดของ column ยาว 150 ml กว้าง 2.1 mm บรรจุด้วย C18 ขนาดอนุภาค 3 µm จากนั้นสร้างกราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพื้นที่ Peak ของ DA ที่ความยาวคลื่น 242 nm กับความเข้มข้นสารละลายมาตรฐานของ DA ที่ความเข้มข้น 0, 5, 20 และ 50 µg/ml
 - 3.1.2 ใช้ mobile phase คือ Acetonitrile: Deionized water: Trifluoroacetic acid (10:89:1) เครื่องตรวจวัด UV, ความยาวคลื่นคงที่ 242 nm อัตราการไหลของ mobile phase เท่ากับ 1ml/min อุณหภูมิ 40°C
 - 3.1.3 ค่า Method Detection Limit (MDL) = 0.03 µg/g

3.2 การคำนวณปริมาณ DA จากชิ้นเนื้อตัวอย่าง

3.2.1 การเตรียมตัวอย่างชิ้นเนื้อเพื่อทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC ซึ่งตัวอย่างที่บดละเอียด 4 กรัม ในปิเกตอร์ หลังจากนั้นเติม 50% เมธานอล 16 มิลลิลิตร นำไปปั่นให้ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกันนาน 1 นาที และนำไป Centrifuge ที่ 3,500 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 10 นาที กรองด้วยแผ่นกรองไนลอนขนาด 0.2 ไมครอน

3.2.2 นำตัวอย่างสารละลายที่สกัดได้จากชิ้นเนื้อตัวอย่าง ฉีดเข้าเครื่อง HPCL ซึ่งประกอบด้วยชุดตรวจวัดสารชนิด UV Detector ความยาวคลื่น 242 นาโนเมตร เวลาในการฉีดสารละลาย คือ 15 นาที กำหนดอัตราการไหลของสารที่ 1 มิลลิลิตร/นาที และสำหรับสารละลายเฟสเคลื่อนที่ คือ 10% Acetonitrile: 0.1 % Trichloro acetic acid

3.2.3 นำค่าพื้นที่ใต้กราฟของตัวอย่างสารละลายที่สกัดได้จากชิ้นเนื้อตัวอย่าง มาเทียบหาปริมาณ DA โดยใช้กราฟมาตรฐาน

4. วิธีการควบคุมคุณภาพของการทดสอบ

4.1 การทดสอบ System Suitability ทุกครั้งที่ทดสอบ % RSD ของ Peak Area และ Retention time, % RSD $\leq 1\%$ ($n \geq 5$)

4.2 การสร้าง Standard Calibration curve ทุกครั้งที่ทดสอบ ค่า $r \geq 0.995$

4.3 การทดสอบ fortified sample ทุก 5% ของตัวอย่าง % recovery จะต้องอยู่ในช่วง 80 -110 %

4.4 การทดสอบ Reagent Blank อย่างน้อย 1 ตัวอย่างใน 1 ชุดทดสอบ ค่า Reagent Blank น้อยกว่า LOD

4.5 การทดสอบซ้ำ (Duplicate) ทุก 5% ของตัวอย่าง % RPD จะต้อง $\leq 10\%$ โดยทำการ Duplicate ตัวอย่างเดียวกัน โดยทำตัวอย่างละ 2 ซ้ำ

4.6 การทดสอบ Blank (Mobile Phase) ก่อนการทดสอบ Standard 0.517 $\mu\text{g/ml}$ ปิดท้าย ไม่พบสัญญาณ Peak ที่สนใจ

4.7 การทดสอบ Standard 0.517 $\mu\text{g/ml}$ ปิดท้ายหลังฉีดตัวอย่าง ทุกครั้งที่ทดสอบ Retention time อยู่ในช่วง ± 0.5 min และความเข้มข้นของสารมาตรฐาน % RPD $\leq 10\%$

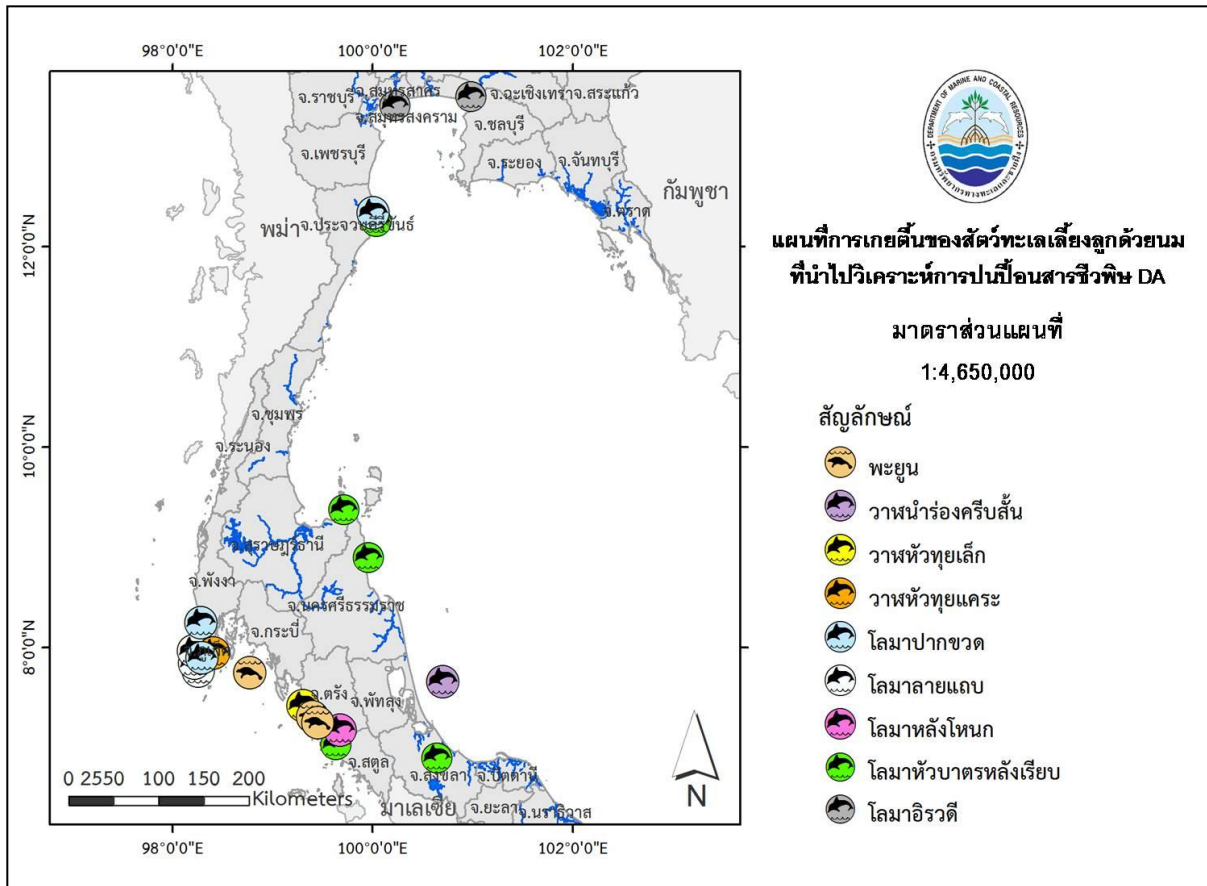
5. การวิเคราะห์ข้อมูล โดยวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณการปนเปื้อนของ DA ในแต่ละประเภทชิ้นเนื้อตัวอย่าง

6. ระยะเวลาที่ศึกษา 2 ปี ระหว่างเดือนตุลาคม 2559 ถึงกันยายน 2561

ผลการวิจัย

เก็บรวบรวมชิ้นเนื้อตัวอย่างสัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนมที่เกยตื้นและมีสภาพสด ระหว่างเดือนตุลาคม 2559 ถึงกันยายน 2561 จำนวนทั้งสิ้น 9 ชนิด 20 ตัว แสดงดังภาพที่ 1 จากการศึกษพบสัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนมมีการปนเปื้อน DA จำนวนทั้งสิ้น 13 ตัว คิดเป็นร้อยละ 65 ของจำนวนสัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนมที่ทำการศึกษาทั้งหมด มีค่าการปนเปื้อน DA อยู่ระหว่าง $nd-68.61 \mu\text{g/g}$ โดยวาฬหัวทุยเล็ก (*Kogia breviceps*) โลมาหลังโหนก (*Sousa chinensis*) โลมาปากขวด (*Tursiops aduncus*) และพะยูน (*Dugong dugon*) มีอัตราการตรวจพบการปนเปื้อน DA มากที่สุด (คิดเป็นร้อยละ 100 จากจำนวนที่ได้ทำการศึกษา) ตารางที่ 1

สำหรับขึ้นเนื้อตัวอย่างที่ทำการตรวจหาค่าการปนเปื้อน DA ในครั้งนี้ มีจำนวนทั้งสิ้น 51 ตัวอย่าง ได้แก่
 ด้บ จำนวน 14 ตัวอย่าง พบการปนเปื้อน DA จำนวนทั้งสิ้น 6 ตัวอย่าง (คิดเป็นร้อยละ 43) ไต จำนวน 13 ตัวอย่าง พบการ
 ปนเปื้อน DA จำนวนทั้งสิ้น 5 ตัวอย่าง (คิดเป็นร้อยละ 38) อาหารในลำไส้ จำนวน 10 ตัวอย่าง พบการปนเปื้อน DA จำนวน
 ทั้งสิ้น 5 ตัวอย่าง (คิดเป็นร้อยละ 50) อาหารในกระเพาะ จำนวน 9 ตัวอย่าง พบการปนเปื้อน DA จำนวนทั้งสิ้น 8 ตัวอย่าง
 (คิดเป็นร้อยละ 89) ไชกระดูก จำนวน 1 ตัวอย่าง ไม่พบการปนเปื้อน DA และอุจจาระ จำนวน 4 ตัวอย่าง พบการปนเปื้อน
 DA จำนวนทั้งสิ้น 1 ตัวอย่าง (คิดเป็นร้อยละ 25) ตารางที่ 2



ภาพที่ 1 แผนที่การเกยตื้นของสัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนมที่นำไปวิเคราะห์การปนเปื้อนสารชีวพิษ Domoic acid (DA) ระหว่างเดือนตุลาคม 2559 ถึงกันยายน 2561

ตารางที่ 1 Percent positive for DA ในสัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนม จำนวน 9 ชนิด 20 ตัว

Name/Species	Number (n)	Number positive for Domoic acid	% Positive	Concentration of DA ($\mu\text{g/g}$)
วาฬหัวทุยเล็ก (<i>Kogia breviceps</i>)	1	1	100	nd - 8.97
วาฬหัวทุยแคระ (<i>Kogia sima</i>)	1	0	0	nd
วาฬนาร์องครีบสั้น (<i>Globicephala macrorhynchus</i>)	1	0	0	nd
โลมาหลังโหนก (<i>Sousa chinensis</i>)	1	1	100	19.16 - 42.85
โลมาปากขวด (<i>Tursiops aduncus</i>)	3	3	100	nd - 68.61
โลมาลายแถบ (<i>Stenella coeruleoalba</i>)	3	1	33	nd - 8.09
โลมาอิรวดี (<i>Orcaella brevirostris</i>)	2	1	50	nd - 16.83
โลมาหัวบาตรหลังเรียบ (<i>Neophocaena phocaenoides</i>)	5	3	60	nd - 4.86
พะยูน (<i>Dugong dugon</i>)	3	3	100	nd - 7.26
Total	20	13	65	nd - 68.61

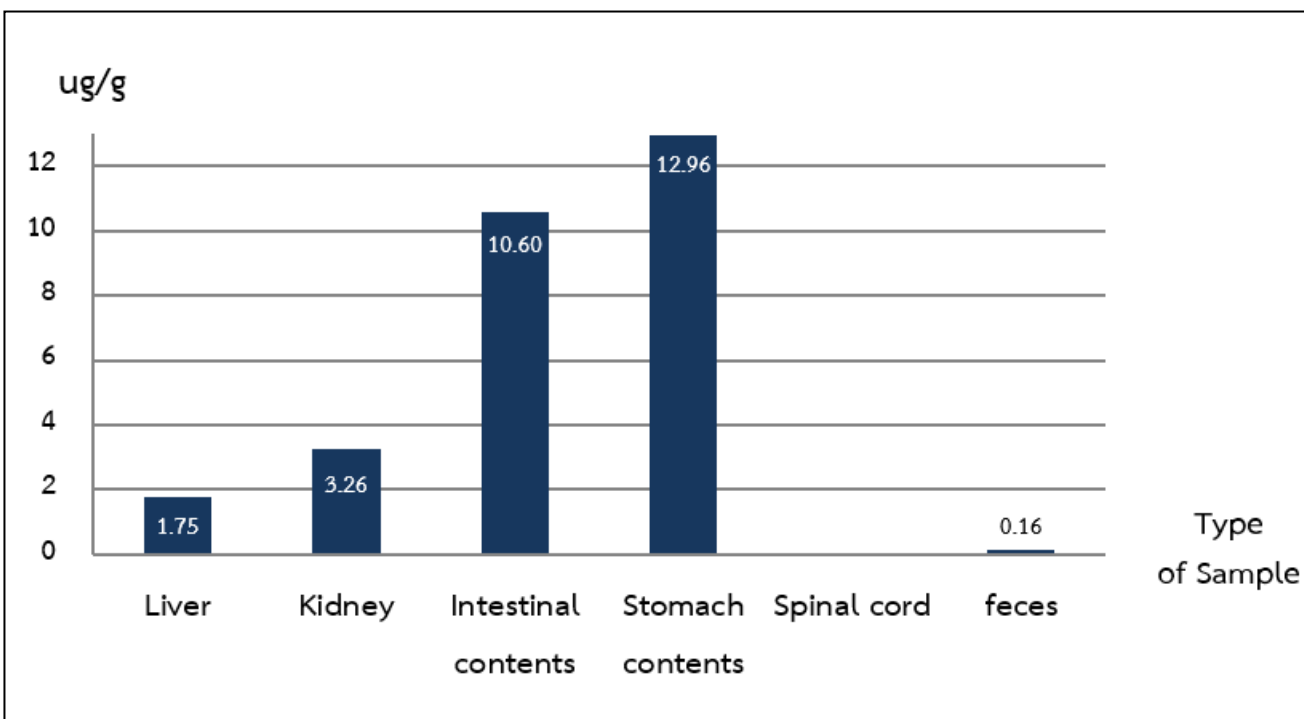
หมายเหตุ "nd" = not detected หรือ ตรวจไม่พบ

ตารางที่ 2 Percent positive for DA ในชิ้นเนื้อตัวอย่างของสัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนมแต่ละประเภท (51 ตัวอย่าง)

Type of Sample	Number (n)	Number positive for Domoic acid	% Positive	Concentration of DA ($\mu\text{g/g}$)
ตับ (Liver)	14	6	43	nd - 6.86
ไต (Kidney)	13	5	38	nd - 16.83
อาหารในลำไส้ (Intestinal contents)	10	5	50	nd - 68.61
อาหารในกระเพาะ (Stomach contents)	9	8	89	nd - 55.47
ไขกระดูก (Spinal cord)	1	0	0	nd
อุจจาระ (Feces)	4	1	25	nd - 0.62
Total	51	25	49	nd - 68.61

หมายเหตุ "nd" = not detected หรือ ตรวจไม่พบ

จากการศึกษาพบว่า อาหารในกระเพาะ มีค่าเฉลี่ยการปนเปื้อน DA สูงสุด มีค่า $12.96 \pm 20.88 \mu\text{g/g}$ (nd-55.47 $\mu\text{g/g}$) รองลงมาคือ อาหารในลำไส้ มีค่า $10.60 \pm 21.33 \mu\text{g/g}$ (nd-68.61 $\mu\text{g/g}$) ไต มีค่า $3.26 \pm 5.42 \mu\text{g/g}$ (nd-16.83 $\mu\text{g/g}$) ตับ มีค่า $1.75 \pm 2.81 \mu\text{g/g}$ (nd - 6.86 $\mu\text{g/g}$) และ อุจจาระ มีค่า $0.16 \pm 0.31 \mu\text{g/g}$ (nd-0.62 $\mu\text{g/g}$) ตามลำดับ โดยที่ไขกระดูก ตรวจไม่พบค่าการปนเปื้อน DA แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ค่าเฉลี่ยระดับการปนเปื้อน DA ในชิ้นเนื้อตัวอย่างสัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนมในน่านน้ำไทย

การปนเปื้อน DA ในตัวอย่างสัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนม 9 ชนิด

1) วาฬหัวทุยเล็ก (*Kogia breviceps*) จำนวน 1 ตัว (3 ตัวอย่าง) ได้แก่ ตับ (1 ตัวอย่าง) ไต (1 ตัวอย่าง) และไขกระดูก (1 ตัวอย่าง) พบมีค่าระหว่าง nd-8.97 $\mu\text{g/g}$ โดยพบสูงสุดที่ไต (8.97 $\mu\text{g/g}$) รองลงมาคือ ตับ (6.09 $\mu\text{g/g}$) สำหรับไขกระดูก ไม่พบการปนเปื้อน DA

2) วาฬหัวทุยแคระ (*Kogia sima*) จำนวน 1 ตัว (1 ตัวอย่าง) ได้แก่ อูจจระ ไม่พบการปนเปื้อน DA

3) วาฬน้ำร่องครีบสั้น (*Globicephala macrorhynchus*) จำนวน 1 ตัว (2 ตัวอย่าง) ได้แก่ ตับ (1 ตัวอย่าง) และไต (1 ตัวอย่าง) ไม่พบการปนเปื้อน DA

4) โลมาหลังโหนก (*Sousa chinensis*) จำนวน 1 ตัว (2 ตัวอย่าง) ได้แก่ อาหารในลำไส้ (1 ตัวอย่าง) และอาหารในกระเพาะ (1 ตัวอย่าง) พบมีค่าระหว่าง 19.16-42.85 $\mu\text{g/g}$ โดยพบสูงสุดที่อาหารในกระเพาะ (42.85 $\mu\text{g/g}$) รองลงมาคือ อาหารในลำไส้ (19.16 $\mu\text{g/g}$)

5) โลมาปากขวด (*Tursiops aduncus*) จำนวน 3 ตัว (9 ตัวอย่าง) ได้แก่ ตับ (2 ตัวอย่าง) ไต (2 ตัวอย่าง) อาหารในลำไส้ (2 ตัวอย่าง) อาหารในกระเพาะ (2 ตัวอย่าง) และอูจจระ (1 ตัวอย่าง) พบมีค่าระหว่าง nd-68.1 $\mu\text{g/g}$

6) โลมาลายแถบ (*Stenella coeruleoalba*) จำนวน 3 ตัว (6 ตัวอย่าง) ได้แก่ ตับ (2 ตัวอย่าง) ไต (2 ตัวอย่าง) และอาหารในลำไส้ (2 ตัวอย่าง) พบมีค่าระหว่าง nd-8.09 $\mu\text{g/g}$ โดยพบสูงสุดที่ไต (8.09 $\mu\text{g/g}$) รองลงมาคือ ตับ (6.86 $\mu\text{g/g}$) และอาหารในลำไส้ (2.71 $\mu\text{g/g}$) ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ผลการศึกษาการปนเปื้อน DA ในชิ้นเนื้อตัวอย่างสัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนม จำนวน 9 ชนิด

Name/Species	Code	Date	Stranded province	Concentration of DA($\mu\text{g/g}$)					
				Liver	Kidney	Intestinal contents	Stomach contents	Spinal cord	Feces
วาฬหัวทุยเล็ก <i>Kogia breviceps</i>	END 1735	10 October 2016	Trang	6.09	8.97	-	-	nd	-
วาฬหัวทุยแคระ <i>Kogia sima</i>	END 2274	9 June 2018	Phuket	-	-	-	-	-	nd
วาฬน้ำร่องศรีปลิ้น <i>Globicephala macrorhynchus</i>	SKCE 367	28 May 2018	Songkhla	nd	nd	-	-	-	-
โลมาหลังโหนด <i>Sousa chinensis</i>	END 2172	8 May 2018	Trang	-	-	19.16	42.85	-	-
โลมาปากขวด <i>Tursiops aduncus</i>	END 1991	10 March 2017	Phuket	3.25	7.87	68.61	2.68	-	nd
	END 2019	28 April 2017	Prachuap Khiri Khan	0.54	0.66	nd	-	-	-
	END 2156	18 February 2018	Phang nga	-	-	-	55.47	-	-
โลมาลายแถบ <i>Stenella coeruleoalba</i>	END 1987	11 Janury 2017	Phuket	6.86	8.09	2.71	-	-	-
	END 2036	31 July 2017	Phuket	nd	nd	-	-	-	-
	END 2273	10 June 2018	Phuket	-	-	nd	-	-	-
โลมาอิรวดี <i>Orcaella brevirostris</i>	SSCE 326	28 February 2018	Chachoengsao	nd	nd	-	-	-	-
	SSCE 299	14 March 2017	Samut Sakhon	7.10	16.83	10.69	-	-	-
โลมาหัวบาตรหลังเรียบ <i>Neophocaena phocaenoides</i>	CHCE 384	9 February 2017	Surat Thani	0.69	-	-	0.31	-	-
	SKCE 328	31 March 2017	Nakhon Si Thammarat	nd	nd	4.86	nd	-	-
	CHCE 435	6 November 2017	Prachuap Khiri Khan	nd	nd	-	-	-	-
	SKCE 366	3 May 2018	Songkhla	nd	nd	-	-	-	-
	END 2292	24 June 2018	Trang	-	-	nd	4.65	-	-
พะยูน <i>Dugong dugon</i>	DU 401	18 June 2017	Krabi	nd	nd	nd	7.26	-	-
	DU 416	11 April 2018	Trang	-	-	-	1.20	-	0.62
	DU 417	13 May 2018	Trang	nd	nd	nd	2.26	-	nd
Average				1.75	3.26	10.60	12.96	nd	0.16
SD				2.81	5.42	21.33	20.88	nd	0.31
Total				51 samples					

หมายเหตุ “nd” = not detected หรือ ตรวจไม่พบ ; เครื่องหมาย “-” = ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

7) โลมาอิรวดี (*Orcaella brevirostris*) จำนวน 2 ตัว (5 ตัวอย่าง) ได้แก่ ตับ (2 ตัวอย่าง) และอาหารในลำไส้ (1 ตัวอย่าง) พบมีค่าระหว่าง 7.10-16.83 $\mu\text{g/g}$

8) โลมาหัวบาตรหลังเรียบ (*Neophocaena phocaenoides*) จำนวน 5 ตัว (12 ตัวอย่าง) ได้แก่ ตับ (4 ตัวอย่าง) ไต (3 ตัวอย่าง) อาหารในลำไส้ (2 ตัวอย่าง) และอาหารในกระเพาะ (3 ตัวอย่าง) พบมีค่าระหว่าง nd-4.86 $\mu\text{g/g}$ โดยไม่พบการปนเปื้อนในตัวอย่างไต

9) พะยูน (*Dugong dugon*) จำนวน 3 ตัว (11 ตัวอย่าง) ได้แก่ ตับ (2 ตัวอย่าง) ไต (2 ตัวอย่าง) อาหารในลำไส้ (2 ตัวอย่าง) อาหารในกระเพาะ (3 ตัวอย่าง) และอุจจาระ (2 ตัวอย่าง) พบมีค่าระหว่าง $nd-7.26 \mu\text{g/g}$ โดยพบการปนเปื้อน DA ทั้ง 3 ตัว

วิจารณ์ผลการวิจัย

การศึกษาการปนเปื้อน DA ในสัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนมในครั้งนี้ ถือเป็นการศึกษาครั้งแรกในประเทศไทย ซึ่งพบสัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนมมีการปนเปื้อน DA จำนวน 7 ชนิด จากทั้งหมด 9 ชนิดที่ทำการศึกษา ได้แก่ วาฬหัวทุยเล็ก (*Kogia breviceps*) โลมาหลังโหนก (*Sousa chinensis*) โลมาปากขวด (*Tursiops aduncus*) โลมาลายแถบ (*Stenella coeruleoalba*) โลมาอิรวดี (*Orcaella brevirostris*) โลมาหัวบาตรหลังเรียบ (*Neophocaena phocaenoides*) และ พะยูน (*Dugong dugon*) โดยสัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนมในกลุ่มของโลมาและวาฬ (Cetaceae) ที่ทำการศึกษานี้ มีจำนวนทั้งสิ้น 17 ตัว ตรวจพบการปนเปื้อนของ DA จำนวนทั้งสิ้น 10 ตัว (ร้อยละ 58) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาของ Lefebvre *et al.* (2016) ที่ศึกษาสถานการณ์การปนเปื้อน DA ในสัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนมบริเวณเขตออสเตรเลีย จำนวนทั้งสิ้น 886 ตัว ซึ่งในบรรดาจำนวนสัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนมทั้งหมดนี้ เป็นสัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนมที่จัดอยู่ในกลุ่มของโลมาและวาฬ (Cetaceae) จำนวน 53 ตัว ซึ่งตรวจพบมีการปนเปื้อนของ DA ทั้งสิ้น 24 ตัว (ร้อยละ 45) อย่างไรก็ตาม ในบรรดาสัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนมทั้งหมด 886 ตัว ที่ Lefebvre *et al.* (2016) นำมาศึกษาการปนเปื้อน DA ในส่วนของอาหารในกระเพาะอาหารในลำไส้ ปัสสาวะ และอุจจาระนั้น พบว่าในกระเพาะอาหารของ วอลรัสแปซิฟิก (*Odobenus rosmarus*) มีค่าความเข้มข้นของการปนเปื้อน DA สูงที่สุด มีค่าเท่ากับ $6.475 \mu\text{g/g}$ โดยที่การศึกษาในครั้งนี้ พบค่าความเข้มข้นของการปนเปื้อน DA สูงสุดอยู่ที่อาหารในลำไส้ของโลมาปากขวด (*Tursiops aduncus*) มีค่าเท่ากับ $68.61 \mu\text{g/g}$ ซึ่งถือว่าสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับศึกษาของ Lefebvre *et al.* (2016) เหตุที่เป็นเช่นนี้ อาจเนื่องมาจากสภาพแวดล้อม แหล่งอาหาร หรือแม้แต่ลักษณะทางสรีระร่างกายของสัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนมแต่ละประเภทมีความแตกต่าง จึงอาจส่งผลต่อการสะสมปริมาณ DA ในร่างกายของสัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนมแต่ละชนิด โดยการศึกษาครั้งนี้ ไม่พบการปนเปื้อน DA ในอุจจาระของวาฬหัวทุยเล็ก (*Kogia breviceps*) และวาฬหัวทุยแคระ (*Kogia sima*) แต่พบการปนเปื้อนในอุจจาระของพะยูน (*Dugong dugon*) มีค่าเท่ากับ $0.62 \mu\text{g/g}$ ซึ่งถือว่าไม่สูงมากเมื่อเทียบกับการศึกษาการปนเปื้อน DA ในวาฬหัวทุยเล็ก (*Kogia breviceps*) และวาฬหัวทุยแคระ (*Kogia sima*) ที่เกยตื้นบริเวณชายฝั่งทะเลแอดแลนติก ของ Fire *et al.* (2009) ซึ่งพบว่าในอุจจาระของวาฬหัวทุยเล็ก และวาฬหัวทุยแคระ มีระดับการปนเปื้อน DA ที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับชิ้นเนื้อตัวอย่างอื่น และยังถือเป็นตัวบ่งชี้สถานะการปนเปื้อนของ DA ในวาฬ 2 ชนิดนี้ โดยพบมีค่าอยู่ระหว่าง $0.020-13.566 \mu\text{g/g}$ นอกจากนี้ Fire *et al.* (2009) ยังพบว่าปริมาณ DA ที่พบในอุจจาระมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณที่พบในปัสสาวะของวาฬทั้ง 2 ชนิดนี้อีกด้วย

การศึกษาครั้งนี้ พบการปนเปื้อน DA ในกระเพาะอาหารของพะยูนทั้ง 3 ตัวที่ตรวจวัด (มีค่าอยู่ระหว่าง $1.20-7.26 \mu\text{g/g}$) ทั้งนี้ พะยูนเป็นสัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนมที่มีพฤติกรรมการกินอาหารแตกต่างจากกลุ่มของโลมาและวาฬ การสะสมสาร DA ที่พบในโลมาและวาฬนั้น เกิดขึ้นเนื่องจากพฤติกรรมการกินที่เป็นแบบผู้ล่าที่ถูกถ่ายทอดผ่านมาตามลำดับขั้นของห่วงโซ่อาหาร แต่พะยูนมีพฤติกรรมการกินแบบสัตว์กินพืช โดยกินหญ้าทะเลเป็นอาหารหลัก ในแหล่งอาหารของพะยูน อาจมีองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิตที่สามารถผลิต DA ร่วมอยู่ ซึ่งก็คือพรางก์ตอนพืชกลุ่มไดอะตอมสกุล *Pseudo-nitzschia* spp.

และ *Nitzschia* spp. โดยบนใบหญ้าทะเลนั้น จะมีสิ่งมีชีวิตหลายชนิดอาศัยอยู่ ที่ถูกเรียกโดยรวมว่า epiphyte เกิดเป็นชั้น สลับซับซ้อนอยู่บนผิวใบของหญ้าทะเล ซึ่งประกอบไปด้วย แบคทีเรีย ฟังไจ ไดอะตอม สาหร่ายขนาดใหญ่ สาหร่ายที่มีโครงสร้าง แข็ง สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง รวมไปถึงเศษซากต่างๆ และตะกอนที่เกาะ (Klumpp *et al.*, 1989 และ Borwizka and Lethbrige, 1989) โดยเฉพาะอย่างยิ่งไดอะตอม ซึ่งถือได้ว่าเป็น epiphyte กลุ่มที่เด่นและพบในปริมาณมากบนใบหญ้าทะเล เมื่อเปรียบเทียบกับ epiphyte กลุ่มอื่นๆ (Suphanthavanich, 1994 and Sand-Jensen, 1977) และจากการศึกษาของ Niyomsilpchai (2010) ซึ่งได้ทำการศึกษาแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดอะตอมที่ดำรงชีพเป็น epiphyte บนใบหญ้าทะเล บริเวณ บ้านป่าคดลอก จังหวัดภูเก็ต พบว่าแพลงก์ตอนพืช *Nitzschia* spp. เป็นสกุลที่พบเด่นบนใบหญ้าทะเลทุกชนิดตลอด ระยะเวลาที่ทำการศึกษา เหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจากไดอะตอมสกุลนี้มีคุณสมบัติในการปรับตัวให้เข้ากับสภาวะแวดล้อม ที่เปลี่ยนแปลงได้ดี และสามารถทนความเค็มได้ในช่วงกว้าง (Chotiyawong, 1994) และจากการศึกษาของ Wisespongpan *et al.* (2002) ยังพบว่า ไดอะตอมสกุล *Nitzschia* มีคุณสมบัติทนทานต่อสารสกัดที่หญ้าทะเลสร้างขึ้นมาเพื่อใช้ในการ ยับยั้งการลงเกาะของสิ่งมีชีวิตได้ดีที่สุด จึงน่าจะเป็นเหตุให้พบไดอะตอมสกุลนี้เด่นบนใบหญ้าทะเลทุกชนิด

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยการปนเปื้อน DA ในชั้นเนื้อตัวอย่างแต่ละประเภทของสัตว์ทะเลเลี้ยงลูก ด้วยนมทุกชนิดจากการศึกษารั้งนี้แล้ว พบว่าอาหารในกระเพาะมีค่าเฉลี่ยการปนเปื้อนสูงสุด เท่ากับ 12.96 ± 20.88 $\mu\text{g/g}$ รองลงมาคือ อาหารในลำไส้ มีค่า 10.60 ± 21.33 $\mu\text{g/g}$ ไต มีค่า 3.26 ± 5.42 $\mu\text{g/g}$ ตับ มีค่า 1.75 ± 2.81 $\mu\text{g/g}$ และ อูจจาละ มีค่า 0.16 ± 0.31 $\mu\text{g/g}$ ตามลำดับ โดยที่ไขกระดูกตรวจไม่พบค่าการปนเปื้อน DA ทั้งนี้ อาจเนื่องจากปริมาณ DA ที่ตรวจพบ ในกระเพาะอาหารของสัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนม นั้น เป็นค่าที่ตรวจวัดได้จากอาหารที่สัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนมบริโภค เข้าไปโดยตรง โดยจากการศึกษาทางชีววิทยาของ WDCS-NA (2018) พบว่าในท้องของโลมา มีอาหารประเภท ปลาตะเพียนทรายเป็นหลัก และยังมีอาหารประเภท กุ้ง หอย ปู ปลา และสัตว์น้ำขนาดเล็กอื่นๆ อีกหลายชนิด และจาก การศึกษาของ Adulyanukosol *et al.* (2014) พบว่า อาหารที่วาฬหัวทุยเล็ก วาฬหัวทุยแคระ และวาฬน้ำร่องครีบสั้น บริโภค ได้แก่ ปลาขนาดเล็ก ปลาหมึก และ Crustacean ซึ่งสัตว์น้ำดังกล่าว นั้น ได้รับการสะสม DA เข้าสู่ร่างกายผ่านทาง ห่วงโซ่อาหารจากการกรองกินแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์เป็นหลัก และเนื่องจากกระเพาะอาหารเป็นระบบย่อย อันดับต้นที่เกิดขึ้นในร่างกายของสัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนม ดังนั้น จึงอาจเป็นเหตุได้ว่าอาหารในกระเพาะจะมีปริมาณ ความเข้มข้นของ DA สูงกว่าในชั้นเนื้อตัวอย่างอื่น ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษารั้งนี้ที่พบว่าอาหารในลำไส้ และอูจจาละ ซึ่งเป็นระบบย่อยลำดับถัดมา มีปริมาณค่าเฉลี่ยการปนเปื้อนของ DA ที่พบลดลงตามลำดับ ในส่วนของตับและไตเป็นอวัยวะ ที่ทำหน้าที่ในการดักกรองของเสียในร่างกาย และโดยปกติอวัยวะทั้งสองส่วนนี้มักจะพบมีการปนเปื้อนของมลสาร ได้มากกว่าอวัยวะอื่นๆ (Law *et al.*, 1991; Kemmper *et al.*, 1994 ; Geraci and Lounsbury, 2005) การศึกษารั้งนี้ พบค่าเฉลี่ยปริมาณการปนเปื้อนของ DA ที่สะสมอยู่ในไตมากกว่าตับ แสดงให้เห็นว่าไตของสัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนม มีความสามารถในการสะสม DA ได้สูงกว่าตับ ซึ่งอาจเป็นปัจจัยหนึ่ง ที่อาจส่งผลให้เกิดความอ่อนแอและป่วยตาย ในสัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนม สำหรับไขกระดูกตรวจไม่พบการปนเปื้อนของ DA แต่เนื่องจากตัวอย่างไขกระดูกที่นำมา ทำการศึกษาในครั้งนี้มีเพียงตัวอย่างเดียว ดังนั้น การสรุปหาสาเหตุความแตกต่างของการปนเปื้อน DA จึงยังไม่สามารถ กระทำได้

DA เป็นสารชีวพิษซึ่งมีรายงานความสัมพันธ์ต่ออัตราการป่วยและตายของสัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มของโลมา วาฬ แมวน้ำ และสิงโตทะเล (de la Riva *et al.*, 2002 and 2009; Bargu *et al.*, 2010, Lefebvre *et al.*, 2016 ; Fire *et al.*, 2011) เป็นสาเหตุหนึ่งซึ่งส่งผลทำให้สัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนมตายในหลายพื้นที่ (Gulland, 2000; Scholin *et al.*, 2000; Kreuder *et al.*, 2003; Silvagni *et al.*, 2005) ซึ่งจากการศึกษาของ Lefebvre *et al.* (2016) ตลอดช่วงระยะเวลา 9 ปี (ค.ศ. 2004 - 2013) พบว่าสัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนมที่เกยตื้นบริเวณชายฝั่งเขตอลาสก้า จำนวน 13 ชนิด ตรวจพบมีการปนเปื้อน DA ทั้งหมด ได้แก่ วาฬหลังค่อม (*Megaptera novaeangliae*) พบค่าการปนเปื้อนสูงสุดที่อุจจาระเท่ากับ 0.051 µg/g วาฬหัวคันศร (*Balaena mysticetus*) พบค่าการปนเปื้อนสูงสุดที่อุจจาระเท่ากับ 0.359 µg/g วาฬเบลูกา (*Delphinapterus leucas*) พบค่าการปนเปื้อนสูงสุดที่อาหารในกระเพาะเท่ากับ 0.007 µg/g โลมาอ่าว (*Phocoena phocoena*) พบค่าการปนเปื้อนสูงสุดที่อุจจาระเท่ากับ 0.015 µg/g สิงโตทะเล (*Callorhinus ursinus*) พบค่าการปนเปื้อนสูงสุดที่ซีรัม เท่ากับ 0.014 µg/g สิงโตทะเลสเตลลาร์ (*Eumetopias jubatus*) พบค่าการปนเปื้อนสูงสุดที่อาหารในกระเพาะเท่ากับ 0.007 µg/g แมวน้ำฮาร์เบอร์ (*Phoca vitulina*) พบค่าการปนเปื้อนสูงสุดที่อุจจาระเท่ากับ 0.008 µg/g แมวน้ำวงแหวน (*Pusa hispida*) พบค่าการปนเปื้อนสูงสุดที่อุจจาระเท่ากับ 0.127 µg/g แมวน้ำเครา (*Erignathus barbatus*) พบค่าการปนเปื้อนสูงสุดที่อาหารในลำไส้เท่ากับ 0.048 µg/g แมวน้ำลายจุด (*Phoca largha*) พบค่าการปนเปื้อนสูงสุดที่อาหารในกระเพาะเท่ากับ 0.040 µg/g แมวน้ำริบบิ้น (*Histiophoca fasciata*) พบค่าการปนเปื้อนสูงสุดที่อุจจาระเท่ากับ 0.007 µg/g วอลรัสแปซิฟิก (*Odobenus rosmarus*) พบค่าการปนเปื้อนสูงสุดที่อาหารในกระเพาะเท่ากับ 6.457 µg/g และ นากทะเล (*Enhydra lutris*) พบค่าการปนเปื้อนสูงสุดที่ปัสสาวะเท่ากับ 0.162 µg/g และจากการตรวจวัดปริมาณการปนเปื้อน DA ในอุจจาระของสัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนมสิงโตทะเลแคลิฟอร์เนีย (*Zalophus californianus*) ที่เกยตื้นบริเวณชายฝั่งแคลิฟอร์เนีย โดย Goldstein *et al.* (2008) พบว่า ในกลุ่มที่แสดงอาการป่วยแบบเฉียบพลัน มีค่าการปนเปื้อนอยู่ระหว่าง 1-82.02 µg/g และในกลุ่มที่แสดงอาการป่วยแบบเรื้อรัง มีค่าการปนเปื้อนอยู่ระหว่าง 1.6-4.15 µg/g นอกจากนี้ Gulland *et al.* (2018) พบว่าในอุจจาระของกลุ่มของโลมาและวาฬที่เกยตื้นแบบไม่มีชีวิต ตรวจวัดค่าการปนเปื้อน DA อยู่ระหว่าง 0.0079-258.67 µg/g

ผลการศึกษาในครั้งนี้ ส่วนใหญ่มักพบว่าอาหารในกระเพาะของสัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนมเกือบทุกตัว มีปริมาณการปนเปื้อน DA สูงกว่าชิ้นเนื้อตัวอย่างอื่น แต่อย่างไรก็ตาม ยังพบว่าค่า DA ที่ตรวจพบได้ในชิ้นเนื้อตัวอย่างแต่ละประเภทนั้น ยังคงมีความผันแปร เนื่องจากไม่สามารถตรวจวัด (detected) ค่าการปนเปื้อน DA ได้สม่ำเสมอในสัตว์ที่เป็นชนิดเดียวกันทุกตัว ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะการปนเปื้อน DA เกี่ยวเนื่องกับหลายปัจจัย เช่น อายุ เพศ ฤดูกาล แหล่งที่อยู่อาศัย รวมถึงพฤติกรรมการหากินของสัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนม หรือแม้กระทั่งการสะสมของแพลงก์ตอนพืช *Pseudo-nitzschia* และ *Nitzschia* ในช่วงเวลาที่ศึกษา ดังนั้น การสรุปหาสาเหตุการผันแปรของการปนเปื้อน DA ในสัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนมในน่านน้ำไทยยังมีข้อจำกัดหลายประการ ในอนาคตจำเป็นต้องศึกษาเพิ่มเติมทั้งประเด็นเรื่องของจำนวนตัวอย่างสัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนมที่ควรมีมากขึ้น รวมถึงการเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน และปัจจัยที่เกี่ยวข้องอย่างเป็นระบบต่อไป

สำหรับในประเทศไทยพบแพลงก์ตอนพืชสกุล *Pseudo-nitzschia* และ *Nitzschia* แพร่กระจายอยู่บริเวณชายฝั่งทั่วไป (Songroop, 2003; Yoosamran *et al.*, 2006) ซึ่งจากการศึกษาการถ่ายทอดของกรดโดโมอิกจากผู้ผลิตไปสู่ผู้บริโภคตามลำดับขั้นของห่วงโซ่อาหารที่บริเวณชายฝั่งตะวันออกของอ่าวไทย พบร้อยละการถ่ายทอด DA จากแพลงก์ตอนพืช *Pseudo-Nitzschia* spp และ *Nitzschia* spp. ไปสู่แพลงก์ตอนสัตว์ มีค่าร้อยละ 7.15 จากนั้นถูกถ่ายทอดไปสู่หอย และปลา

มีค่าร้อยละ 20.60 และ 6.31 ตามลำดับ (Veschasit, 2017) โดย DA จะเข้าไปสะสมอยู่ในร่างกายของสัตว์น้ำที่กรองกินแพลงก์ตอนพืชนั้นเป็นอาหาร โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสัตว์น้ำที่เป็นผู้บริโภคอันดับหนึ่ง แต่สามารถถ่ายทอดระดับความเป็นพิษที่เพิ่มสูงขึ้นให้กับสิ่งมีชีวิตลำดับถัดไปของห่วงโซ่อาหาร (Landsberg, 2002) สำหรับปริมาณการปนเปื้อน DA ในสัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนมที่ตรวจวัดได้ในครั้งนี้ มีค่าอยู่ระหว่าง $nd-68.61 \mu\text{g/g}$ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับที่ปรากฏในรายงานการศึกษาของต่างประเทศดังที่แสดงในตารางที่ 4 แสดงให้เห็นถึงความผันแปรของระดับการปนเปื้อนที่ควรเฝ้าระวัง เนื่องจากค่าที่ตรวจวัดได้นั้น อยู่ในช่วงที่ส่งผลให้ทำสัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนมในต่างประเทศแสดงอาการป่วยและตายจากการได้รับสารชีวพิษดังกล่าว

กรมประมงได้กำหนดเกณฑ์มาตรฐานสารชีวพิษ เพื่อควบคุมไม่ให้มนุษย์บริโภคหอยสองฝาในน้ำที่จับสัตว์น้ำที่เป็นแหล่งทะเลที่มีการสะสมสารชีวพิษ DA เกินกว่า 20 mg/kg ของน้ำหนักเนื้อหอย (Royal Thai Government Gazette, 2018) เนื่องจากหากมนุษย์บริโภคหอยที่มีการสะสมสารชีวพิษในปริมาณที่มากเกินไป อาจส่งผลให้ร่างกายแสดงอาการป่วยและในขั้นที่รุนแรงอาจมีผลกระทบต่อระบบประสาทส่วนกลางทำให้สูญเสียความทรงจำหรืออาจเสียชีวิตได้ โดย Visciano *et al.* (2016) พบว่าปริมาณ DA ที่เข้าสู่ร่างกายและส่งผลให้มนุษย์ได้รับความเจ็บป่วยแบบเฉียบพลัน (Acute reference dose) มีค่าอยู่ที่ 30 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัวหนึ่งกิโลกรัม ซึ่งหากเปรียบวาฟและโลมาที่มีลักษณะคล้ายกันกับมนุษย์ การบริโภคอาหารซึ่งเป็นสัตว์น้ำที่มีการสะสม DA ในปริมาณที่มากเกินไป หรือได้รับสะสมเป็นระยะเวลานาน ก็อาจส่งผลทำให้สัตว์แสดงอาการป่วยแบบเรื้อรัง เนื่องจาก DA จะเข้าไปทำลายสมองส่วนฮิปโปแคมปัสทำให้สมองฝ่อลีบ จะส่งผลทำให้สัตว์มีอาการผิดปกติของระบบประสาทและทางเดินอาหาร หรือกรณีที่รุนแรงจะพบว่าเซลล์สมองถูกทำลาย อาจมีอาการชัก สูญเสียความทรงจำ สับสน มึนงง แสบ หรือตายได้ในทันที (Scholin *et al.*, 2000, Silvagni *et al.*, 2005; Ramsdell and Zabka 2008 ; Gulland *et al.*, 2018)

จากรายงานการศึกษาหลายแหล่ง พบว่าอุบัติการณ์เกิดสารชีวพิษ DA มีความสัมพันธ์กับการสะสมของแพลงก์ตอนพืชสกุล *Pseudo-nitzschia* spp. และ *Nitzschia* spp. (Fire *et al.*, 2010; Fire *et al.*, 2011; Twiner *et al.*, 2011 ; Bargu *et al.*, 2012) ประกอบกับปัจจุบันมีการขยายตัวของชุมชนเมืองเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว น้ำเสียจากบ้านเรือนชุมชนเกษตรกรรม และอุตสาหกรรมมากขึ้น ส่งผลให้ธาตุอาหารในปริมาณมากถูกปลดปล่อยลงในทะเลและชายฝั่งผ่านทางปากแม่น้ำสายหลัก ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่มีส่วนสนับสนุนให้เกิดการสะสมของแพลงก์ตอนพืชเพิ่มขึ้น จึงแสดงให้เห็นว่าในอนาคตสัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนมรวมถึงมนุษย์อาจมีโอกาสที่จะได้รับผลกระทบจากสารชีวพิษที่ผลิตจากแพลงก์ตอนพืชมากขึ้น จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อศึกษาเรื่องดังกล่าวอย่างต่อเนื่อง

ตารางที่ 4 ระดับการปนเปื้อน DA ในสัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนมจากรายงานการศึกษาต่างๆ

Collection period	Marine Mammal species	Collection status	Collection location	No. of animal	No. positive	% Positive	Conc. of DA (µg/g or ml)	Type of Sample	References
1997-2008	<i>Kogia sima</i> and <i>Kogia breviceps</i>	Stranded	Atlantic coast	41	24	59	0.0004 - 0.0018 0.012 - 13.566	U F	Fire <i>et al.</i> , 2009
1998	<i>Zalophus californianus</i>	Stranded	California coast	20 81 42	9 45 11	45 56 26	1 - 82.02 0.002 - 3.72 0.003 - 0.2	F U S	Goldstein <i>et al.</i> , 2008
Aug-Nov2000	<i>Balaenoptera musculus</i> and <i>Megaptera novaeangliae</i>	Stranded	Monterey Bay California	6	3	50	10 - 207	F	Lefebvre <i>et al.</i> , 2002
2004	<i>Tursiops truncatus</i>	Stranded	Florida	7	5	71	nd - 0.009	SC	Twiner <i>et al.</i> , 2012
Apr 2004-May 2011	<i>Enhydra lutris kenyoni</i>	Stranded & Live Capture	Alaska	172	43	25	0.162 (maximum)	U	Lefebvre <i>et al.</i> , 2016
May2004-Mar 2013	<i>Eumetopias jubatus</i>	Stranded	Alaska	44	12	27	0.007 (maximum)	SC	Lefebvre <i>et al.</i> , 2016
Sep 2005-Oct 2012	<i>Delphinapterus leucas</i>	Stranded & Harvested	Alaska	15	2	13	0.007 (maximum)	SC	Lefebvre <i>et al.</i> , 2016
Jul 2005 and Mar 2009	<i>Callorhinus ursinus</i>	Stranded	Central California coast	16 17 3	13 10 6	83 59 50	0.002 - 18.600 0.001 - 2.784 0.002 - 0.286	F U S	Lefebvre <i>et al.</i> , 2010
Spring and Fall 2006-2011	<i>Balaena mysticetus</i>	Harvested	Alaska	25	17	68	0.359 (maximum)	F	Lefebvre <i>et al.</i> , 2016
Nov2006-Nov2011	<i>Phoca largha</i>	Harvested	Alaska	158	5	3	0.040 (maximum)	SC	Lefebvre <i>et al.</i> , 2016
Nov2006-Nov2012	<i>Pusa hispida</i>	Harvested	Alaska	113	19	17	0.127 (maximum)	f	Lefebvre <i>et al.</i> , 2016
17 Apr 2007	<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	Stranded	Southern California	1	1	100	258 2.35	F SC	Fire <i>et al.</i> , 2010
Jul 2007-Sep 2011	<i>Megaptera novaeangliae</i>	Stranded	Alaska	8	3	38	0.051 (maximum)	F	Lefebvre <i>et al.</i> , 2016
Oct 2007-Jun 2013	<i>Ergnathus barbatus</i>	Harvested	Alaska	55	14	25	0.048 (maximum)	IC	Lefebvre <i>et al.</i> , 2016
Aug 2008-Jul 2011	<i>Phocoena phocoena</i>	Stranded	Alaska	5	2	40	0.015 (maximum)	F	Lefebvre <i>et al.</i> , 2016
May2008- Aug. 2012	<i>Phoca vitulina</i>	Stranded	Alaska	9	6	67	0.008 (maximum)	F	Lefebvre <i>et al.</i> , 2016
Feb-Mar2008	<i>Tursiops truncatus</i>	Stranded	Texas, USA	8	3	38	nd - 0.039	F, IC, SC	Fire <i>et al.</i> , 2011
May2008 and 2009	<i>Tursiops truncatus</i>	Stranded	Sarasota Bay, Florida	28	11	39	nd - 0.0415	F, S, U SC	Twiner <i>et al.</i> , 2011
May2009-Oct 2012	<i>Histiophoca fasciata</i>	Harvested	Alaska	21	5	24	0.007 (maximum)	F	Lefebvre <i>et al.</i> , 2016
2010	<i>Callorhinus ursinus</i>	Harvested & Live Capture	Alaska	179	8	5	0.014 (maximum)	S	Lefebvre <i>et al.</i> , 2016
May and Jun in 2012 and 2013	<i>Odobenus rosmarus</i>	Harvested	Alaska	82	34	41	6.457 (maximum)	SC	Lefebvre <i>et al.</i> , 2016
Range							nd-258 µg/g		

หมายเหตุ F= feces, SC = stomach contents, IC = intestinal contents, S = serum, U = urine, nd = not detected หรือ ตรวจไม่พบ

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาการปนเปื้อนสารชีวพิษ DA ในสัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนมครั้งนี้ เป็นการศึกษาครั้งแรกของประเทศไทย ข้อมูลที่ได้มีประโยชน์สำหรับใช้ประกอบในการสืบทราบถึงสาเหตุและปัจจัยที่อาจส่งผลกระทบต่อการเสียชีวิตของสัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนม สำหรับการศึกษาครั้งนี้ พบสัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนมที่มีการปนเปื้อน DA จำนวนทั้งสิ้น 13 ตัว คิดเป็นร้อยละ 65 ของจำนวนสัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนมที่ทำการศึกษาทั้งหมด โดยพบการปนเปื้อนในสัตว์ 7 ชนิด ได้แก่ วาฬหัวทุยเล็ก (*Kogia breviceps*) โลมาหลังโหนก (*Sousa chinensis*) โลมาปากขวด (*Tursiops aduncus*) โลมาลายแถบ (*Stenella oeruleoalba*) โลมาอิรวดี (*Orcaella brevirostris*) โลมาหัวบาตรหลังเรียบ (*Neophocaena phocaenoides*) และพะยูน (*Dugong dugon*) ซึ่งค่าความเข้มข้นของ DA ที่ได้จากการศึกษามีค่าอยู่ระหว่าง $nd-68.61 \mu\text{g/g}$ โดยอาหารในกระเพาะ มีค่าเฉลี่ยการปนเปื้อน DA สูงที่สุด รองลงมาได้แก่ อาหารในลำไส้ ไต ตับ และอุจจาระ ตามลำดับ สำหรับไขกระดูกตรวจไม่พบการปนเปื้อน อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้ ยังคงมีข้อจำกัดในเรื่องจำนวนตัวอย่างที่รวบรวมได้มีจำนวนน้อย เนื่องจากซากสัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนมส่วนใหญ่ที่เกยตื้นจะนำไม่สามารถนำมาวิเคราะห์ได้ จึงมีความจำเป็นต้องทำการศึกษาเพิ่มเติม และรวบรวมตัวอย่างสำหรับทำการศึกษาอย่างต่อเนื่องในอนาคต รวมทั้งควรทำการเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการปนเปื้อนสารชีวพิษ DA อย่างเป็นระบบ หรือแม้แต่การศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับชนิด รวมทั้งปริมาณสารชีวพิษของแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดอะตอมสกุล *Pseudo-nitzschia* spp. และ *Nitzschia* spp. ในน่านน้ำไทย เพื่อสามารถนำมาสรุปถึงสถานการณ์ หรือภัยคุกคามด้านการปนเปื้อนสารชีวพิษ DA ต่อสัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนม รวมทั้งนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการเฝ้าระวัง และจัดทำแนวทางการบริหารจัดการสำหรับอนุรักษ์สัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนมในน่านน้ำไทย อย่างยั่งยืนต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่กลุ่มตรวจสอบคุณภาพทางเคมี กองตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมง กรมประมง ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลืองานในห้องปฏิบัติการอย่างดียิ่ง รวมถึงขอขอบคุณสัตวแพทย์ กลุ่มสัตว์ทะเลหายาก สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งทุกท่าน ที่ช่วยในการเก็บรวบรวมชิ้นเนื้อตัวอย่างสัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนมสำหรับการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Adulyanukosol, K., Thongsukdee. S., Prempre, T., and Cherdsookjai, P., (2014). Field Guide to Marine Mammals and Turtles of Thailand. Department of Marine and Coastal Resources. Bangkok (in Thai)
- Bargu, S., Mary S., Tracey, G., Kathryn, R., Frances, G. (2010). Complexity of domoic acid-related sea lion strandings in Monterey Bay, California: foraging patterns, climate events, and toxic blooms, *Marine Ecology Progress Series*, 418, 213-222.
- Bargu, S., Goldstein, T., Roberts, K., Li, C. and Gulland, F. (2012). *Pseudo-nitzschia* bloom, domoic acid, and related California sea lion stranding in Montrey Bay, California. *Marine Mammal Science*, 28(2), 237 - 253.

- Borwizka, M. A. and Lethbridge R.C. (1989). Seagrass epiphytes. In A.D.W. Larkum, A.J. McComb and S.A. Shepherd. (Eds), *Biology of Seagrass*. (pp. 458-499). Oxford: Elsevier.
- Chotiyawong, N. (1994). Biology and electron microscopic structure of the diatom *Nitzschia* sp. Thesis: Master of Science. Kasetsart University. Bangkok (in Thai)
- Chumnantana, R. (2006). Causative Phytoplankton of Red tide Phenomena in The Upper Gulf of Thailand. *Technical paper no. 1/2006*, Phuket Marine Biological Center, Department of Marine and Coastal Resources, Ministry of Natural Resources and Environment. (in Thai)
- De la Riva, G.T., Christine, K. J., Jonna, A.K. M., Frances, M.D.G., Gregg, L., John, H., Teri, R. (2006). Marine Mammal Strandings Along the Southern California Coast Associated With Domoic Acid Producing Algal Blooms. In *IAAAM Conference Proceeding*. Retrieved Sep 15, 2018, from <https://www.vin.com/apputil/content/defaultadv1.aspx?pld=11215&meta=Generic&catId=31320&id=3981151&ind=117&objTypeID=17>
- De la Riva, G.T., Johnson, C.K., Gulland, F.M.D., Langlois, G.W., Heyning, J.E., Rowles, T.K. and Mazet, J.A.K. (2009). Association of an unusual marine mammal mortality event with *Pseudo-nitzschia* spp. blooms along the Southern California coastline. *Journal of Wildlife Diseases*, 45, 109-121.
- Department of Marine and Coastal Resources. (2018). Central database and standards for marine and coastal resources. Retrieved September 3, 2018. from https://km.dmcrc.go.th/th/c_10/d_935 (in Thai)
- Fire, S.E., Wang, Z., Leighfield, T.A., Morton, S.L., McFee, W.E., McLellan, W.A., Litake, R.W., Tester, P.W., Hohn, A.A., Lovewell, G., Harms, C., Rotstein, D.S., Barco, S.G., Costidis, A., Sheppard, B., Bossart G.D., Stolen, M., Durden, W.N. and Van Dolah, F.M. (2009). Domoic acid exposure in pygmy and dwarf sperm whales (*Kogia* spp.) from southeastern and mid-Atlantic U.S. waters. *Harmful Algae*, 8, 658-664.
- Fire, S.E., Wang, Z., Berman, M., Langlois, G.W., Morton, S.L., Sekula-Wood, E. and Benitez-Nelson, C.R. (2010). Trophic Transfer of the Harmful Algal Toxin Domoic Acid as a Cause of Death in a Minke Whale (*Balaenoptera acutorostrata*) Stranding in Southern California. *Aquatic Mammals*, 36(4), 342-350.
- Fire, S.E., Wang, Z., Byrd, M., Whitehead, H.R., Paternoster, J. and Morton, S.L. (2011). Co-occurrence of multiple classes of harmful algal toxins in bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) stranding during an unusual mortality event in Texas, USA. *Harmful Algae*, 10, 330-336.
- Geraci, J.R. and Lounsbury, V.J. (2005). *Marine Mammals Ashore: A Field Guide for Strandings* (second edition). Sparks, Maryland
- Goldstein, T., Mazet, J.A., Zabka, T.S., Langlois, G., Colegrove, K.M., Silver, M., Bargu, S., Van Dolah, F., Leighfield, T., Conrad, P.A., Barakos, J., Williams, D.C., Dennison, S., Haulena and M., Gulland, F.M. (2008). Novel symptomatology and changing epidemiology of domoic acid toxicosis in California sea lions (*Zalophus californianus*): an increasing risk to marine mammal health. *Proceeding of The Royal Society*, 267-276.

- Gulland, F.M.D. (2000). Domoic Acid Toxicity In California Sea Lions (*Zalophus Californianus*) Stranded Along The Central California Coast, May–October 1998 In *Report to the National Marine Fisheries Service Working Group on Unusual Marine Mammal Mortality Events*. NOAA Technical Memorandum, (pp. 1-48). Washington, DC, USA: US Department of Commerce.
- Gulland, F.M.D., Leslie A.D. and Karyl L.W. (2018). *CRC Handbook of Marine Mammal Medicine*. (pp. 319-327). Boca Raton: Taylor&Francis Group.
- Kempper, C., Gibbs, P., Obendorf, D., Marvanek, S. and Lenghaus, C. (1994). A review of heavy metal and organochlorine levels in marine mammals in Australia. *The Science of the the Total Environment* 154, 129-139
- Klumpp, D.W., Howard, R.K. and Pollard, D.A. (1989). Trophodynamic and nutritional ecology of seagrass communities. In A.D.W. Larkum, A.J. McComb and S.A. Shepherd. (Eds), *Biology of Seagrass*. (pp. 394-457). Oxford: Elsevier.
- Kreuder, C, Miller, M.A. and Jessup, D.A.(2003). Patterns of mortality in southern sea otters (*Enhydra lutris nereis*) from 1998-2001. *J Wild Dis*, 39, 495-509.
- Landsberg, J.H. (2002). The effects of harmful algal blooms on aquatic organisms. *Fisheries Science*, 10, 113-390.
- Lefebvre, K. A., Sibel, B., Tom, K. and Mary, W.S. (2002). From sanddabs to blue whales: the pervasiveness of domoic acid. *Toxicon*, 40, 971 - 977.
- Lefebvre, K. A., Alison, R., Elizabeth, R. F., Kathleen, M. C., Shelly, N., Keri, A. B., Heather, W. and Frances, M.D.G. (2010). Clinical signs and histopathology associated with domoic acid poisoning in northern fur seals (*Callorhinus ursinus*) and comparison of toxin detection methods. *Harmful Algae*, 9, 374-383.
- Lefebvre, K. A., Quakenbush, L., Frame, E., Burek Huntington, K., Sheffield, G., Stimmelmayer, R., Bryan, A., Kendrick, P., Ziel, H., Dickerson, B. and Gill, V. (2016). Prevalence of algal toxin in Alaskan marine mammals foraging in a changing arctic and subarctic environment. *Harmful Algae*, 55, 13 - 24.
- Law, R.J., Fileman, C. F., Hopkins, A.D., Barker, J.R., Harwood, J., Jackson, D.B., Kennedy, S. Marin, A.R., and Morris, R.J. (1991). Concentration of trace metals in the livers of marine mammals (Seals, Porpoises and Dolphins) from waters around the British Isles. *Marine Pollution Bullen* 22, 4, 183-191.
- Marine and Coastal Resources Research and Development Institute. (2015). Textbook of marine resources and The coast of thailand. Department of Marine and Coastal Resources, Ministry of Natural Resources and Environment. Bangkok (in Thai)
- Niyomsilpchai, T. (2010). Epiphytic Diatom on Seagrass Blade at Ban Pa Khlok, Phuket Province. Thesis: Master of Science. Kasetsart University. Bangkok (in Thai)

- Prempree, T., Passada, S. and Cherdasukjai P. (2015). 13 years Stranded marine endangered species in upper Gulf of Thailand In *Proceeding of The 5th Marine Science Conference*. Marine and Coastal Resources Research and Development Institute, Bangkok. (in Thai)
- Quilliam, M.A. (2003). Chemical methods for domoic acid, the amnesic shellfish poisoning (ASP) toxin. In G.M. Hallegraeff, D.M. Anderson & A.D. Cembella (Eds), *Manual on Harmful Marine Microalgae, Monographs on Oceanographic Methodology* Vol II. (pp. 247-265). Paris: Intergovernmental Oceanographic Commission (UNESCO)
- Ramsdell, J.S. and Zabka, T.S. (2008). In utero domoic acid toxicity: a fetal basis to adult disease in the California sea lion (*Zalophus californianus*). *Mar Drugs*, 6(2), 262–290.
- Royal Thai Government Gazette. (2018). Criteria for Toxins and Bacteria in Bivalve, 2018. 161 : (pp. 47-48). (in Thai)
- Rungsupa, S., Songroop, C., Piumsomboon, A., Papawasit, N., Panichpol, A. and Sopon, A. (2003). Red tide situation. In *Concurrent examination of the occurrence of red tide*. Pollution Control Department and Aquatic Resources Research Institute, Chulalongkorn University. (pp.74-104). Bangkok. (in Thai)
- Sand-Jensen, K. (1977). Effect of epiphytes on eelgrass photosynthesis. *Aquatic Botany*, 3, 55-63.
- Scholin, C.A., Gulland, F., Doucette, G.J., Benson, S., Busman M., Chavez, F.P., Cordaro, J., DeLong, R., De Vogelaere, A., Harvey, J., Haulena, M., Lefebvre, K., Lipscomb, T., Loscutoff, S., Lowenstine, L.J., Marin III, R., Miller, P.E., McLellan, W.A., Moeller, P.D.R., Powell, C.L., Rowles, T., Silvagni, P., Silver, M., Spraker, T., Trainer, V. and Van Dolah, F.M. (2000). Mortality of sea lions along the central California coast linked to a toxic diatom bloom. *Nature*, 403, 80-84.
- Silvagni, P., Lowenstine, L.J, Spraker, T., Lipscomb, T.P. and Gulland, F.M. (2005). Pathology of domoic acid toxicity in California sea lions (*Zalophus californianus*). *Vet. Pathol*, 42, 184-191
- Songroop, C. (2003). Monitoring of harmful phytoplankton for coastal aquaculture at Sichang Marine Science Research and Training Station. In *Proceeding of Conference on Water Resources and Environment*. Aquatic Resources Research Institute, Bangkok. (in Thai)
- Suphanthavanich, C. (1994). Epiphytic communities on Blades of *Enhalas acoroides* (Linnacus f.) Royle at Laem Yong Lum Had Chao Mai Nation Park, Trang Province. Thesis: Master of Science. Kasetsart University. Bangkok. (in Thai)
- Twiner, M. J., Spencer, F., Lori, S., Leigh, D., Zhihong, W., Steve, M., Stephen, R., Brian, B., Teresa, K. R. and Randall, S. W. (2011). Concurrent Exposure of Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*) to Multiple Algal Toxins in Sarasota Bay, Florida, USA. *PLOS ONE*, 6, 7, 1-15.

- Twiner, M.J., Flewelling, L.J., Fire S.E., Bowen-Stevens, S.R., Gaydos, J.K., Johnson, C.K., Landsberg, J.H., Leighfield, T.A., Mase-Guthrie, B., Schwacke, L., Van Dolah, F.M., Wang, Z. and Rowles, T.K. (2012). Comparative Analysis of Three Brevetoxin-Associated Bottlenose Dolphin (*Tursiops truncatus*) Mortality Events in the Florida Panhandle Region (USA). *PLOS ONE*, 7, 1-19.
- Veschait, O. (2017). Mechanism of Domoic Acid Contamination in Marine Organisms: A Case Study East Coast of the Gulf of Thailand. Thesis: Doctor of Philosophy. Kasetsart University. Bangkok (in Thai)
- Viscoano, P., Maria S., Miriam B., Anna M., Rosanna T. and Giovanna S. (2016). Marine Biotoxins: Occurrence, Toxicity, Regulatory Limits and Reference Methods. *Frontiers in Microbiology*, 7, Article 1051
- WDCS-NA (2018). Whale and Dolphin Socie'. , Retrieved Mar 25, 2019, from <http://www.wdcs-na.org/>:
- Wispongpan, P., Patarajinda S. and Aryuttaka C. (2002). Screening of seagrass extracts for biological activity. Faculty of Fisheries, Department of Marine Science Kasetsart University. Bangkok (in Thai)
- Yoosamran, C., Khantavong, A. and Rerrmdunri, S. (2006). Relationships between water qualities and phytoplankton at Sriracha Bay, Chonburi province In Proceedings of 44th Kasetsart University Annual Conference : Fisheries. (pp. 511-517). Kasetsart University: Bangkok (in Thai)