

กิจกรรมเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนสในดินตะกอน บริเวณพื้นที่ เลี้ยงหอยแครง อ่าวบ้านดอน

Dehydrogenase activity in the sediment of the cockle farm, Bandon Bay

จันทร์ฉาย โฟดเฟื่อง¹, กังสดาลย์ บุญปราบ², Takashi Yoshikawa³, Yuki Okamoto⁴, Kazuya Watanabe⁵, Satoshi Ishikawa⁴ และ จินตนา สและน้อย^{1*}

Janchay Phodfueang¹, Kangsadan Boonprab², Takashi Yoshikawa³, Yuki Okamoto⁴,
Kazuya Watanabe⁵, Satoshi Ishikawa⁴ and Jintana Salaenoi^{1*}

บทคัดย่อ : งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษากิจกรรมดีไฮโดรจีเนสในดินตะกอนบริเวณพื้นที่เลี้ยงหอยแครง อ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี ครอบคลุมพื้นที่ฝั่งตะวันออก (อำเภอกาญจนดิษฐ์) และฝั่งตะวันตก (อำเภอไชยา) ในเดือนมีนาคม พ.ศ.2557 (ฤดูร้อน) เดือนมิถุนายน และเดือนกันยายน พ.ศ.2557 (ฤดูฝน) เพื่อแสดงอิทธิพลของฤดูกาลต่อการทำงานของเอนไซม์ในพื้นที่เพาะเลี้ยงหอยแครง โดยทำการศึกษาในพื้นที่ทั้งหมด 7 สถานี และเก็บตัวอย่างดินตะกอนในแต่ละสถานี ที่ความลึก 4 ระดับ ได้แก่ 0-3, 3-6, 6-9 และ 9-12 เซนติเมตร ผลการศึกษาพบว่า มีความแตกต่างของกิจกรรมดีไฮโดรจีเนสในดินตะกอนทั้งในฤดูกาลและระดับความลึก ทางฝั่งตะวันออกในช่วงฤดูร้อนกิจกรรมดีไฮโดรจีเนส $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าสูงสุด (900.44 $\pm$ 77.24 ยูนิต/มิลลิกรัมโปรตีน) ซึ่งแตกต่างจากฝั่งตะวันตก (485.18 $\pm$ 59.28 ยูนิต/มิลลิกรัมโปรตีน) อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ช่วงฤดูฝนพบว่าทางฝั่งตะวันตกมีค่ากิจกรรมดีไฮโดรจีเนส $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงสุดในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2557 (819.96 $\pm$ 54.53 ยูนิต/มิลลิกรัมโปรตีน) และเดือนกันยายน พ.ศ. 2557 (731.66 $\pm$ 133.89 ยูนิต/มิลลิกรัมโปรตีน) ซึ่งแตกต่างจากพื้นที่ฝั่งตะวันออกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าบริเวณปากแม่น้ำตาปีมีค่ากิจกรรมดีไฮโดรจีเนสค่อนข้างต่ำในทุกระดับความลึกทั้งในฤดูร้อนและฤดูฝน ส่วนระดับความลึกของชั้นดินไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับค่ากิจกรรมดีไฮโดรจีเนส ข้อมูลชี้ให้เห็นว่า ฤดูกาลมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมดีไฮโดรจีเนสในดินตะกอนบริเวณพื้นที่เลี้ยงหอยแครงทางฝั่งตะวันออกและฝั่งตะวันตกของอ่าวบ้านดอน

คำสำคัญ: กิจกรรมดีไฮโดรจีเนส, ดินตะกอน, ฤดูกาล, อ่าวบ้านดอน

¹ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

¹ Department of Marine Science, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok, Thailand

² ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

² Department of Fishery Products, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok, Thailand

³ Department of Fisheries, School of Marine Science and Technology, TOKAI University, Japan

⁴ Research Institute for Humanity and Nature (RIHN), Kyoto, Japan

⁵ Department of Food, Life and Environmental Sciences, Faculty of Agriculture, Yamagata University, Japan

* Corresponding author: ffsjd@ku.ac.th

ABSTRACT: This research was aimed to study the seasonal effect on dehydrogenase activity in the sediment of cockle farm at Bandon Bay, Surat Thani Province. The research was conducted in March 2014 (summer season), June and September 2014 (rainy season) covered the area of the east coast (Kanchanadit district) and the west coast (Chaiya district) of the Bay. Sediments were sampled from 7 stations by hand corer and cut into 4 levels of depth: 0-3, 3-6, 6-9 and 9-12 cm. It was found that the differences of dehydrogenase activities both were in season and depth. Dehydrogenase activity $\pm$ SD of the east coast in summer showed the highest value (900.44 ± 77.24 units / mg protein), which was significantly different ($P < 0.05$) from the west coast (485.18 ± 59.28 units / mg protein). In contrast, the activities $\pm$ SD in rainy season of the west coast revealed the highest amount in June 2014 (819.96 ± 54.53 units / mg protein) and September 2014 (731.66 ± 133.89 units / mg protein) comparing to the east ($P < 0.05$). It was found that dehydrogenase activity of the sediment at Tapi estuary was quite low in all depths both in summer and rainy season. There was also no linear relation between sediment depth and dehydrogenase activity in all area. The results indicated that seasonal changes affected dehydrogenase activity of the sediment at cockle culture area at the east and the west coast of Bandon Bay.

Keywords: dehydrogenase activity, sediment, season, Bandon Bay

บทนำ

อ่าวบ้านดอนเป็นอ่าวขนาดใหญ่ตั้งอยู่ในพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีอาณาเขตครอบคลุม 5 อำเภอ ชายฝั่งทะเลของจังหวัดสุราษฎร์ธานี ได้แก่ อำเภอไชยา อำเภอกาญจนดิษฐ์ อำเภอพุนพิน อำเภอเมืองสุราษฎร์ธานี และอำเภอกาญจนดิษฐ์ซึ่งโดยปกติพื้นที่ของอ่าวบ้านดอนจะได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จากมหาสมุทรอินเดียและลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่พัดผ่านอ่าวไทย จึงส่งผลให้เกิดฤดูกาลแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน และฤดูฝน เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนธันวาคม (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2558) ด้วยสภาพอากาศที่มีฝนตกชุกเกือบตลอดทั้งปีและลักษณะภูมิประเทศเหมาะสม ทำให้อ่าวบ้านดอนเป็นพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์จากตะกอนปากแม่น้ำต่าง ๆ ที่ไหลลงสู่อ่าว โดยเฉพาะแม่น้ำตาปี-พุมดวงที่มีการพัดพาตะกอนดินและแร่ธาตุต่างๆ มาทับถมและตกตะกอนสะสมในดินตะกอน (มูลนิธิป่า-ทะเลเพื่อชีวิต, 2557) ประกอบกับมีลักษณะพื้นที่ท้องน้ำเป็นโคลนหรือโคลนปนทราย (อนุวัฒน์ และบำรุงศักดิ์, 2524) เมื่อกระแสน้ำในแม่น้ำไหลปะทะเข้ากับกระแสน้ำทะเลโคลนเลน วัตถุธาตุต่างๆ ซึ่งไหลปะปนมากับกระแสน้ำก็จะจมลงทำให้เกิดแผ่นดินโคลนหรือเลนผืนใหญ่ขึ้นในบริเวณท้องอ่าว (สุนันท์ และคณะ, 2526) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้บริเวณอ่าวบ้านดอนเป็นศูนย์รวมของ

ทรัพยากรธรรมชาติที่อุดมสมบูรณ์และแหล่งรวมความหลากหลายในระบบนิเวศทางทะเล

ความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรธรรมชาติ สภาพแวดล้อมและลักษณะดินที่เหมาะสมทำให้พื้นที่อ่าวบ้านดอนเป็นแหล่งทำการประมงและเพาะเลี้ยงสัตว์ทะเลเศรษฐกิจหลายชนิด โดยเฉพาะหอยแครงที่พบการเพาะเลี้ยงอย่างแพร่หลายทั้งในอำเภอไชยาและอำเภอกาญจนดิษฐ์ ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวส่วนใหญ่ตามแนวชายฝั่งจะเป็นแปลงเลี้ยงหอยแครง (มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์, 2550) แต่ปัจจุบันการเลี้ยงหอยแครงในอ่าวบ้านดอนประสบปัญหาหลายด้าน เช่น ความเสื่อมโทรมของพื้นที่เลี้ยงหอย เนื่องจากพื้นที่เลี้ยงหอยอยู่ในบริเวณปากแม่น้ำ ปัญหาน้ำทิ้งและน้ำจืดที่ไหลลงมากจนทำให้หอยตายในช่วงมรสุม น้ำเสียจากตัวเมือง ชุมชน บ้านเรือน โรงงานอุตสาหกรรมและการเลี้ยงกุ้ง และอุณหภูมิของน้ำทะเลที่สูงขึ้น สภาวะเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อผลการเลี้ยงหอย ทำให้ศักยภาพของแหล่งเลี้ยงหอยในอ่าวบ้านดอนลดลง

หอยแครงเป็นสัตว์น้ำที่มีระบบการกินอาหารแบบกรองกินดินตะกอนและซากสิ่งมีชีวิตต่างๆบริเวณพื้นท้องน้ำ ชอบฝังตัวอยู่ตามผิวดินโคลนลึกประมาณ 1-12 นิ้ว โดยจะขึ้นมาอยู่บริเวณผิวดินเพื่อกรองกินอาหารช่วงที่น้ำขึ้นเต็มฝั่ง และในช่วงที่น้ำลดก็จะปิดฝาฝังตัวอยู่ใต้ผิวดิน (กรมประมง, 2533) สารอินทรีย์ที่หอยแครงกรองกินเป็นอาหาร ส่วนหนึ่งได้มาจากการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ (ธงชัย, 2544) จะ

ปล่อยเอนไซม์ออกมาเพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์เปลี่ยนสารอินทรีย์โมเลกุลขนาดใหญ่ให้กลายเป็นโมเลกุลขนาดเล็ก (อรัญ, 2550) เกิดเป็นธาตุอาหารสะสมในดินตะกอน ซึ่งการตรวจสอบกิจกรรมของจุลินทรีย์และสารอินทรีย์ในดินตะกอน โดยทั่วไปวัดจากกิจกรรมดีไฮโดรจีเนส (Ross, 1971; Trevors et al., 1982) เนื่องจากดีไฮโดรจีเนสเป็นเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาดีไฮโดรจีเนชันซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวบ่งชี้ของปฏิกิริยา redox systems เกี่ยวกับการขนส่งอิเล็กตรอนภายในเซลล์ รวมถึงกิจกรรมออกซิเดชันของจุลินทรีย์ (Tabatabai, 1982) ที่เป็นส่วนพื้นฐานของระบบเอนไซม์ (เกี่ยวกับการเผาผลาญของระบบทางเดินหายใจ วงจรซิตเรต และการเผาผลาญอาหาร) ดังนั้นการวัดกิจกรรมดีไฮโดรจีเนสในดินตะกอนสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ ทำให้ทราบการทำงานของเอนไซม์ภายในเซลล์ของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ภายในดินตะกอนและการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ได้ (Ladd, 1978)

คณะผู้วิจัยมีความสนใจในการศึกษากิจกรรมดีไฮโดรจีเนสในดินตะกอนบริเวณพื้นที่เลี้ยงหอยแครง เพื่อตรวจสอบว่าความแตกต่างของชั้นดิน ฤดูกาล และพื้นที่เลี้ยงหอยทางฝั่งตะวันออกและทางฝั่งตะวันตกซึ่งมีลักษณะดินตะกอนต่างกัน จะมีผลต่อกิจกรรมของดีไฮโดรจีเนสในดินตะกอนเป็นอย่างไร ทั้งนี้เพื่อเป็น

ข้อมูลพื้นฐานอันจะนำไปสู่การเปรียบเทียบข้อมูลอธิบาย และหาความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องระหว่างกิจกรรมของเอนไซม์ในดินกับผลผลิตของหอยแครงซึ่งหอยแครงเป็นสัตว์ที่มีการอาศัยการฝังตัวอยู่ในดิน และมีการกรอกกินอาหารจากในดิน

วิธีการศึกษา

1. การกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง

กำหนดจุดเก็บตัวอย่างในพื้นที่เพาะเลี้ยงหอยแครงและปากแม่น้ำตาปี บริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี ระบุสถานีเก็บตัวอย่างโดยใช้เครื่องมือระบุตำแหน่งบนพื้นผิวโลก (GPS รุ่น GARMIN LEG-END Cx) ซึ่งแบ่งออกเป็น 7 สถานี คือ สถานีที่ 1 สถานีที่ 2 และ สถานีที่ 3 ตั้งอยู่ทางฝั่งตะวันออกของแม่น้ำตาปี (อำเภอกาญจนดิษฐ์) มีพื้นที่แปลงเลี้ยงหอยแครงอยู่ติดกับแหล่งชุมชน บ้านเรือน และโรงงานอุตสาหกรรม ขณะที่สถานีที่ 4, สถานีที่ 5 และสถานีที่ 6 ตั้งอยู่ทางฝั่งตะวันตกของแม่น้ำตาปี (อำเภอไชยา) มีพื้นที่แปลงเลี้ยงหอยแครงติดกับแนวของป่าชายเลน และสถานีที่ 7 ตั้งอยู่บริเวณปากแม่น้ำตาปี เป็นบริเวณที่ไม่มีแปลงเลี้ยงหอยแครง โดยมีพิกัดทางภูมิศาสตร์ดัง Table 1 และ Figure 1

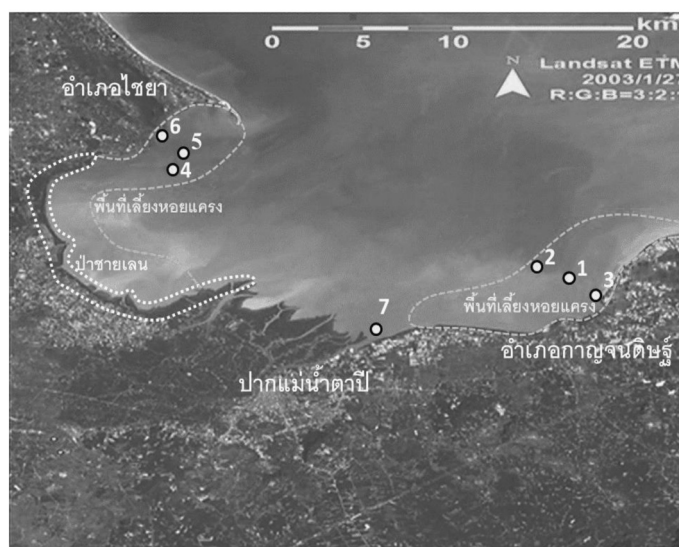


Figure 1 Sampling sites around Bandon Bay, Surat Thani Province (source: RIHN- AC project, component 3)

Table1 Geographical location of sampling sites by GPS at Bandon Bay, Surat Thani Province.

Station	Latitude	Longitude
1	09°14.445	099°24.418
2	09°13.457	099°29.587
3	09°15.469	099°27.316
4	09°20.327	099°16.371
5	09°21.174	099°16.441
6	09°21.945	099°16.142
7	09°16.46.4	099°13.56.4

2. การเก็บตัวอย่างดินตะกอน

เก็บตัวอย่างดินตะกอนในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2557 เป็นตัวแทนของฤดูร้อน เดือนมิถุนายนและเดือนกันยายน พ.ศ. 2557 ซึ่งเป็นตัวแทนของฤดูฝน (เนื่องจากบริเวณอ่าวบ้านดอนมีฤดูฝนยาวนานถึง 8 เดือน ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนธันวาคมและฤดูร้อน 4 เดือน ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน เพราะฉะนั้นจึงทำการเก็บตัวอย่างในฤดูฝน 2 ครั้ง และฤดูร้อน 1 ครั้ง ส่วนเดือนพฤศจิกายนจนถึงต้นเดือนมกราคม เป็นช่วงที่มีลมมรสุมพัดผ่านพื้นที่ส่งผลให้เกิดฝนตกหนักไม่สามารถเข้าพื้นที่ได้)

วิธีการเก็บตัวอย่างดินตะกอน โดยใช้ท่อเก็บดิน (hand corer) แทะฝังลงไปดินตะกอนพื้นที่ตื้นน้ำ นาดินตะกอนที่เก็บได้มาตัดเป็นชั้น ให้แต่ละชั้นมีความหนา 3 ซม. รวมทั้งหมด 4 ชั้น ดังนี้ 0-3, 3-6, 6-9 และ 9-12 ซม. โดยเก็บตัวอย่างสถานีละ 3 ซ้ำ นาดินตะกอนแต่ละชั้นใส่ในถุงพลาสติก โดยไล่อากาศออกให้หมดก่อนปิดปากถุงแล้วนำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อเก็บรักษาดินตะกอนก่อนนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

3. การศึกษากิจกรรมเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนส

การวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนสในชั้นดินตะกอนดำเนินการตามวิธีการของ Mersi and

Schinner (1991) โดยการชั่งดินตะกอนเปียกน้ำหนัก 1.5 กรัม ใส่หลอดทดลองที่มีฝาปิด เต็ม 1 mM Tris-HCl buffer, pH 7 ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันเบา ๆ และเติม 0.5% idonitrotetrazolium chloride (INT) ปริมาตร 2 มิลลิลิตร นำไปปั่นที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นเติม สารละลายผสม N, N-dimethylformamide และ ethanol อัตราส่วน 1:1 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง (นำมาปั่นเหวี่ยงด้วย vortex mixer ทุกๆ 20 นาที) แล้วกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 สารละลายส่วนใสมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 464 นาโนเมตร และคำนวณหากิจกรรมดีไฮโดรจีเนส (ยูนิต/มิลลิกรัมโปรตีน) โดยกำหนดให้ 1 ยูนิต คือ ความสามารถของเอนไซม์ที่ทำให้ค่าการดูดกลืนแสงของ dopamine ที่ 464 นาโนเมตร เพิ่มขึ้น 0.01 หน่วย ในเวลา 1 นาที ส่วนปริมาณโปรตีนในชั้นดินตะกอนดำเนินการตามวิธีการของ Bradford (1976) โดยใช้ Bovine Serum Albumin เป็นสารละลายมาตรฐาน

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลความแปรปรวนของกิจกรรมเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนสในแต่ละชั้นดินตะกอน ตามสถานที่เก็บตัวอย่าง ใน 2 ฤดูกาล โดยวางแผนการทดลองแบบ

Randomize Completely Block Design (RCBD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ผลการศึกษาและวิจารณ์

กิจกรรมเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนสในดินตะกอน

ผลการศึกษากิจกรรมเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนสที่เกิดขึ้นในชั้นดินบริเวณพื้นที่เพาะเลี้ยงหอยแครงเขตอ่าวบ้านดอน ในช่วงฤดูร้อน (เดือนมีนาคม พ.ศ. 2557) และฤดูฝน (เดือนมิถุนายน และเดือนกันยายน พ.ศ. 2557) (Figure 2) พบว่ากิจกรรมเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนสที่เกิดขึ้นในดินตะกอนในฤดูร้อน (เดือนมีนาคม พ.ศ. 2557) มีค่ากิจกรรมเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนส $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน อยู่ในช่วง 145.03 ± 9.27 - 900.44 ± 77.24 ยูนิต/มิลลิกรัมโปรตีน โดยมีค่าสูงสุดในสถานีที่ 1 ที่ระดับความลึก 6-9 ซม. ซึ่งมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) จากระดับความลึกอื่นๆ และมีค่ากิจกรรมเอนไซม์ต่ำสุดในสถานีที่ 7 ที่ระดับความลึก 0-3 ซม. (Table 2)

เมื่อเปรียบเทียบการเกิดกิจกรรมของเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนส ระหว่างพื้นที่ฝั่งตะวันออก (อำเภอเกาะจันทร์) และฝั่งตะวันตก (อำเภอไชยา) พบว่า ฝั่ง

ตะวันออกในสถานีที่ 1 มีค่ากิจกรรมดีไฮโดรจีเนส $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 900.44 ± 77.24 ยูนิต/มิลลิกรัม และฝั่งตะวันตกในสถานีที่ 5 มีค่ากิจกรรมดีไฮโดรจีเนส $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 485.18 ± 59.28 ยูนิต/มิลลิกรัม ซึ่งเป็นบริเวณที่อยู่ใกล้ชายฝั่งและมีกิจกรรมเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนสสูงกว่าสถานีที่ 2, 3, 4 และ 6 ซึ่งเป็นบริเวณที่อยู่ห่างจากชายฝั่ง และสูงกว่าสถานีที่ 7 ซึ่งเป็นบริเวณปากแม่น้ำตาปี ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากบริเวณใกล้ชายฝั่งในสถานีที่ 1 พื้นที่อยู่ติดกับแหล่งชุมชนบ้านเรือนโรงงานอุตสาหกรรมและนาทุ่ง ทำให้เกิดการตกตะกอนทับถมกันของสารอินทรีย์ปริมาณสูง ขณะที่บริเวณใกล้ชายฝั่งในสถานีที่ 5 มีพื้นที่ติดกับแนวของป่าชายเลน ซึ่งมีลักษณะของดินตะกอนที่ทับถมกันมายาวนานมีปริมาณของสารอินทรีย์สูงและประกอบกับการพัดพาธาตุอาหารเข้ามาในช่วงน้ำขึ้นน้ำลง (กนกเรขา, 2554) ทำให้พื้นที่โดยรอบมีความอุดมสมบูรณ์ ซึ่งการแพร่กระจายของปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนจะผันแปรตามสภาพแวดล้อม โดยปริมาณของสารอินทรีย์ในดินตะกอนจะมีค่าสูงเมื่ออยู่ใกล้ฝั่ง (จารุมาศ, 2548; Tam and Wong, 1998) จึงทำให้เกิดกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์และเกิดกิจกรรมเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนส บริเวณใกล้ชายฝั่งสูงกว่าบริเวณที่ห่างจากชายฝั่งออกไป

Table 2 Dehydrogenase specific activity mean(unit/mg protein) $\pm$ SD;n=3 in the sediment collected from Bandon Bay in March 2014.

Station	Sediment depth (cm)			
	0-3	3-6	6-9	9-12
1	258.17 $\pm$ 4.78 ^c	584.70 $\pm$ 91.60 ^b	900.44 $\pm$ 77.24 ^a	602.51 $\pm$ 32.47 ^b
2	327.44 $\pm$ 10.36 ^c	508.57 $\pm$ 20.46 ^a	409.20 $\pm$ 39.45 ^b	173.17 $\pm$ 11.76 ^d
3	327.94 $\pm$ 64.94 ^a	343.50 $\pm$ 13.27 ^a	278.13 $\pm$ 42.28 ^a	290.92 $\pm$ 49.67 ^a
4	192.80 $\pm$ 7.29 ^c	245.02 $\pm$ 13.19 ^b	467.38 $\pm$ 24.99 ^a	266.08 $\pm$ 31.81 ^b
5	452.49 $\pm$ 59.82 ^a	176.62 $\pm$ 43.82 ^b	233.80 $\pm$ 11.36 ^b	485.18 $\pm$ 59.28 ^a
6	438.24 $\pm$ 32.37 ^a	461.86 $\pm$ 125.51 ^a	348.15 $\pm$ 85.49 ^a	432.15 $\pm$ 103.63 ^a
7	145.03 $\pm$ 9.27 ^b	159.27 $\pm$ 6.49 ^b	242.01 $\pm$ 44.48 ^a	266.75 $\pm$ 37.65 ^a

Note: Differences of superscript in the same row showed significant difference at $P < 0.05$

กิจกรรมเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนส $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่เกิดในชั้นดินตะกอนช่วงฤดูฝนในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2557 มีค่าอยู่ในช่วง $135.53 \pm 6.30 - 819.96 \pm 54.53$ ยูนิต/มิลลิกรัมโปรตีน โดยมีค่าสูงสุดในสถานีที่ 6 ที่ระดับความลึก 0-3 ซม. ซึ่งมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) จากระดับความลึกอื่นๆ และมีค่าต่ำสุดในสถานีที่ 7 ที่ระดับความลึก 3-6 ซม. (Table 3) ส่วนเดือนกันยายน พ.ศ. 2557 กิจกรรมเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนส $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง $165.03 \pm 0.66 - 731.66 \pm 133.89$ ยูนิต/มิลลิกรัมโปรตีน โดยมีค่าสูงสุดในสถานีที่ 6 ที่ระดับความลึก 3-6 ซม. ซึ่งมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) จากระดับความลึกอื่นๆ และมีค่าต่ำสุดในสถานีที่ 1 และสถานีที่ 7 ที่ระดับความลึก 9-12 ซม. (Table 4) ซึ่งสอดคล้องกับ Sukudom and Salaenoi (2015) ที่พบว่า ในช่วงฤดูฝน (เดือนมิถุนายนและเดือนสิงหาคม ค.ศ. 2013) ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์มีการสะสมปริมาณสูงสุดในชายฝั่งตะวันตกที่ระดับความลึก 4-5 และ 5-6 ซม. และสันนิษฐานว่าในช่วงฤดูฝนมีการพัดพาของจุลินทรีย์ในดินตะกอน จึงทำให้มีการแพร่กระจายของจุลินทรีย์บริเวณผิวดินมากกว่าที่ระดับความลึกชั้นดินอื่นๆ

เมื่อเปรียบเทียบการเกิดกิจกรรมเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนส ระหว่างพื้นที่ฝั่งตะวันออก (อำเภอกาญจนดิษฐ์) และ ฝั่งตะวันตก (อำเภอไชยา) ของเดือนมิถุนายนและเดือนกันยายน พ.ศ. 2557 พบว่า ฝั่งตะวันตกในสถานีที่ 6 มีค่ากิจกรรมเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนส $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 819.96 ± 54.53 และ 731.66 ± 133.89 ยูนิต/มิลลิกรัมโปรตีน ตามลำดับ ซึ่งเป็นบริเวณที่อยู่ใกล้ชายฝั่งมีกิจกรรมเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนสสูงกว่าสถานี

อื่นๆ สอดคล้องกับ Phodfueang et al. (2015) ที่พบว่าปริมาณธาตุอาหารในน้ำช่วงฤดูฝนในฝั่งตะวันตกของอ่าวบ้านดอนมีค่าสูงกว่าช่วงฤดูร้อน โดยชั้นดินตะกอนบริเวณผิวน้ำมีกิจกรรมเอนไซม์สูงกว่าที่ระดับความลึกอื่นๆ เนื่องจากช่วงฤดูฝน ปริมาณอินทรีย์สารถูกชะล้างลงอ่าวบ้านดอนในปริมาณมาก ทำให้บริเวณผิวน้ำของดินตะกอนช่วงดังกล่าวมีสารอินทรีย์และกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์สูง โดยปริมาณสารแขวนลอยมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลและระดับความลึก ในช่วงต้นฤดูฝน ปริมาณสารแขวนลอยจะมีค่าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจมาจากมวลน้ำจืดได้พัดพาเอาตะกอนอินทรีย์สารจากฝั่งลงสู่อ่าวบ้านดอน เกิดการกระจายของสารอินทรีย์ลงสู่ในปริมาณสูง ซึ่งการพัดพาของกระแสน้ำในอ่าวและลักษณะพื้นที่มีส่วนสำคัญต่อกระบวนการแลกเปลี่ยนธาตุอาหาร นอกจากนี้ยังพบว่าในบางสถานีบริเวณผิวน้ำดินมีการเกิดกิจกรรมดีไฮโดรจีเนสต่ำ ซึ่งประเดิม และคณะ (2554) รายงานว่าบริเวณผิวน้ำ (epipelagic) มักจะมีปริมาณสารอินทรีย์ต่ำในขณะที่บริเวณที่ลึกลงไปจะเป็นบริเวณที่มีสารอินทรีย์สูง แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะการพัดพา ลักษณะพื้นที่ และความแตกต่างของลักษณะดินตะกอน ส่งผลให้ปริมาณเอนไซม์ที่ผลิตจากจุลินทรีย์ในชั้นดินตะกอนแต่ละระดับความลึกแตกต่างกัน สอดคล้องกับ Phodfueang et al. (2015) พบว่าพื้นที่ฝั่งตะวันตกของอ่าวบ้านดอนมีลักษณะดินเป็นดินทรายและฝั่งตะวันออกดินมีลักษณะเป็นดินเหนียวร่วนหรือดินร่วนปนทราย ซึ่งองค์ประกอบที่แตกต่างกันของดินตะกอนมีผลกับสัดส่วนของขนาดอนุภาคดิน ธาตุอาหาร รวมถึงปริมาณการสะสมของสารอินทรีย์อันเกี่ยวข้องกับการเกิดกิจกรรมเอนไซม์ที่มาจากการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์

Table 3 Dehydrogenase specific activity mean(unit/mg protein) $\pm$ SD;n=3 in the sediment collected from Bandon Bay in June 2014.

Station	Sediment depth (cm)			
	0-3	3-6	6-9	9-12
1	220.19 $\pm$ 0.98 ^a	172.99 $\pm$ 8.14 ^b	168.80 $\pm$ 5.14 ^b	157.84 $\pm$ 4.37 ^c
2	395.77 $\pm$ 15.90 ^a	293.17 $\pm$ 14.37 ^b	282.84 $\pm$ 2.77 ^b	220.93 $\pm$ 53.93 ^c
3	256.03 $\pm$ 8.66 ^a	193.91 $\pm$ 11.55 ^b	191.36 $\pm$ 13.10 ^b	176.08 $\pm$ 2.22 ^b
4	276.14 $\pm$ 70.05 ^b	479.88 $\pm$ 133.79 ^a	505.13 $\pm$ 20.11 ^a	607.40 $\pm$ 87.27 ^a
5	314.97 $\pm$ 24.99 ^a	339.11 $\pm$ 24.06 ^a	323.25 $\pm$ 25.48 ^a	316.55 $\pm$ 27.75 ^a
6	819.96 $\pm$ 54.53 ^a	449.59 $\pm$ 36.70 ^c	467.53 $\pm$ 48.55 ^c	639.14 $\pm$ 22.66 ^b
7	207.85 $\pm$ 10.34 ^a	135.53 $\pm$ 6.30 ^c	159.67 $\pm$ 10.39 ^b	191.78 $\pm$ 16.47 ^a

Note: Differences of superscript in the same row showed significant difference at $P < 0.05$

Table 4 Dehydrogenase specific activity mean(unit/mg protein) $\pm$ SD;n=3 in the sediment collected from Bandon Bay in September 2014.

Station	Sediment depth (cm)			
	0-3	3-6	6-9	9-12
1	280.09 $\pm$ 4.22 ^a	222.55 $\pm$ 1.15 ^b	203.32 $\pm$ 0.91 ^c	165.03 $\pm$ 0.66 ^d
2	483.86 $\pm$ 34.89 ^a	309.34 $\pm$ 2.21 ^b	323.09 $\pm$ 22.22 ^b	237.07 $\pm$ 7.23 ^c
3	214.62 $\pm$ 11.64 ^b	237.21 $\pm$ 5.72 ^a	203.66 $\pm$ 5.86 ^{bc}	189.60 $\pm$ 5.04 ^c
4	347.16 $\pm$ 79.22 ^b	578.27 $\pm$ 35.24 ^a	564.77 $\pm$ 70.67 ^a	508.46 $\pm$ 71.23 ^a
5	409.58 $\pm$ 29.89 ^a	482.04 $\pm$ 19.55 ^a	487.02 $\pm$ 76.38 ^a	437.98 $\pm$ 105.78 ^a
6	722.44 $\pm$ 193.60 ^a	731.66 $\pm$ 133.89 ^a	504.92 $\pm$ 17.09 ^{ab}	390.98 $\pm$ 59.78 ^b
7	247.57 $\pm$ 17.60 ^a	205.96 $\pm$ 2.20 ^{ab}	216.03 $\pm$ 46.28 ^{ab}	165.55 $\pm$ 35.20 ^b

Note: Differences of superscript in the same row showed significant difference at $P < 0.05$

เมื่อเปรียบเทียบกิจกรรมเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนสระหว่างฤดูร้อนและฤดูฝน (Figure 3) พบว่า สถานีที่ 1, 2 และ 3 ในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2557 มีกิจกรรมเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนสสูงกว่าเดือนมิถุนายนและเดือนกันยายน พ.ศ.2557 แสดงให้เห็นว่าฤดูกาลมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมดีไฮโดรจีเนสของสถานีที่ 1, 2 และ 3 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Darie et al. (2006) ที่พบว่าช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมมีผลต่อการ

ทำงานของกิจกรรมเอนไซม์และฤดูกาลมีอิทธิพลต่อการเกิดกิจกรรมดีไฮโดรจีเนส โดยเดือนมิถุนายน(ฤดูร้อน) กิจกรรมดีไฮโดรจีเนสมีแนวโน้มสูงกว่าช่วงเดือนกุมภาพันธ์ (ฤดูหนาว) ที่มีกิจกรรมดีไฮโดรจีเนสต่ำและยังสอดคล้องกับ Wattayakorn et al. (1999) กล่าวว่าในฤดูร้อนจะมีการย่อยสลายของสารอินทรีย์สูงกว่าในฤดูฝน เนื่องจากการไหลของน้ำที่ช้าส่งผลต่อการตกตะกอนของสารอินทรีย์ส่วนใหญ่จะจมลงฝังตัวอยู่ใน

ตะกอนดินและถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ นอกจากนี้ ในฤดูร้อน กิจกรรมของเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนสมีค่าสูงมากในสถานที่ที่ 1 ในเกือบทุกระดับความลึก ซึ่งสังเกตได้ว่าระดับความลึกยิ่งมากยิ่งมีกิจกรรมเอนไซม์สูง เนื่องจากสถานที่ที่ 1 เป็นบริเวณที่อยู่ใกล้กับสินมานะฟาร์มซึ่งเปิดเป็นรีสอร์ทในทะเล จึงอาจมีการปล่อยน้ำทิ้งและของเสียซึ่งมีองค์ประกอบของสารอินทรีย์ปริมาณสูงลงสู่แอ่ง ประกอบกับบริเวณใกล้เคียงมีการเพาะเลี้ยงหอยแครง ทำให้บริเวณสถานที่ที่ 1 มีปริมาณสารอินทรีย์สูง

ส่วนการเกิดกิจกรรมเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนสของสถานที่ที่ 4, 5 และ 6 มีค่าสูงในช่วงเดือนมิถุนายนและเดือนกันยายน พ.ศ.2557 และจะมีค่าต่ำในช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ.2557 สอดคล้องกับ สุมณา และประเดิม (2551) ที่ทำการเก็บตัวอย่างหลังจากฝนตกหนักติดต่อกันหลายวัน เกิดการชะล้างของปริมาณตะกอนทำให้พบปริมาณสารแขวนลอยมากที่สุด ในขณะที่ช่วงฤดูร้อนปริมาณสารแขวนลอยน้อยที่สุดแสดงให้เห็นว่าฤดูกาลมีผลต่อการเกิดกิจกรรมดีไฮโดรจีเนสในดินตะกอน และยังพบว่าในฤดูฝน สถานที่ที่ 6 มีกิจกรรมของเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนสสูงเกือบทุกระดับความลึก เมื่อเปรียบเทียบกับสถานที่อื่นๆ เนื่องจากบริเวณสถานที่ที่ 6 อยู่ใกล้กับแนวป่าชายเลน มีการพัดพาธาตุอาหารจากอิทธิพลของกระแสน้ำขึ้นน้ำลงและมีการตกตะกอนทับถมกันมายาวนาน ส่งผลให้มีปริมาณการสะสมของสารอินทรีย์สูงแต่ละระดับความลึก ซึ่งสอดคล้องกับ McLusky (1981) ที่รายงานว่าในฤดูฝนจะมีปริมาณสารอินทรีย์สูงที่เกิดจากการพัดพาจากน้ำขึ้นน้ำลง และการไหลของน้ำจึงเกิดการสะสมเป็นวัฏจักรต่อเนื่อง และซากอินทรีย์ปริมาณสูง

สำหรับสถานที่ที่ 7 บริเวณปากแม่น้ำ พบว่าในฤดูร้อนกิจกรรมดีไฮโดรจีเนสมีค่าสูงกว่าฤดูฝนเพียงเล็กน้อย สอดคล้องกับ Wattayakorn and Leongkangwankid (2000) ได้ศึกษาการแพร่กระจายของสารอาหารบริเวณปากแม่น้ำตาปี ระหว่างฤดูร้อนและฤดูฝนในปี ค.ศ.1997 พบว่าบริเวณปากแม่น้ำตาปี มีการแพร่กระจายของสารอาหารลักษณะแบบ Non-con-

servative คือมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารอาหารอยู่ตลอดเวลา โดยในฤดูร้อน สารอินทรีย์แบบสารละลายและสารแขวนลอย จะเกิดการพัดพาจากอ่าวบ้านดอนสู่ปากแม่น้ำตาปี ในขณะที่ฤดูฝนจากแม่น้ำตาปี จะพัดพาเข้าไปในอ่าวบ้านดอน แต่เมื่อเปรียบเทียบกับสถานที่อื่นๆ ในทุกระดับความลึกทั้งในฤดูร้อนและฤดูฝนพบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนสค่อนข้างต่ำ ซึ่งโดยปกติปากแม่น้ำเป็นบริเวณที่รองรับและการถ่ายเทมวลสารที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์และกิจกรรมทางธรรมชาติ จากทั้งสองปากฝั่งแม่น้ำก่อนที่จะไหลออกสู่บริเวณปากแม่น้ำ ทำให้ปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนบริเวณปากแม่น้ำมีการสะสมอยู่ในปริมาณสูงกว่าในบริเวณอื่นๆ แต่สถานที่ที่ 7 มีกิจกรรมของเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนสค่อนข้างต่ำ เนื่องจากบริเวณที่เก็บตัวอย่างมีอิทธิพลของกระแสน้ำเข้ามาเกี่ยวข้องจากทั้งกระแสน้ำขึ้นน้ำลงและเป็นร่องน้ำเพื่อใช้สำหรับการคมนาคมเดินเรือของชุมชนในการออกจากปากแม่น้ำตาปีสู่อ่าวบ้านดอนทำให้อินทรีย์สารที่พัดพาจากแหล่งชุมชนลงสู่อ่าวบ้านดอนมีการกระจายตัวของตะกอนอินทรีย์สารตลอดเวลา เกิดการตกตะกอนในพื้นที่ค่อนข้างต่ำ และนอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Salaenoi et al. (2015) ศึกษาคุณภาพของดินตะกอนในพื้นที่เพาะเลี้ยงหอยแครงและพื้นที่ที่ไม่มีการเพาะเลี้ยง อ่าวบ้านดอน พบว่าพีเอชในดินตะกอนของพื้นที่เพาะเลี้ยงมีค่าสูงกว่าพื้นที่ที่ไม่มีการเพาะเลี้ยง ซึ่งพีเอชในดินตะกอนก็มีผลต่อการแพร่กระจายและกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตทางทะเล (Diaber, 1982) คล้ายกับลักษณะพื้นที่และสภาพแวดล้อม ซึ่งการเปลี่ยนแปลงค่าของพีเอชในดินและน้ำมีผลต่อการเกิดกิจกรรมของจุลินทรีย์ (Daungsavat and Somsiri, 1985) สอดคล้องกับ Toowinas et al. (1986) ที่รายงานว่าระดับความลึกของดินมีผลต่อค่าพีเอชจะเกี่ยวข้องกับกิจกรรมแบคทีเรียซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีการผลิตเอนไซม์ โดยดีไฮโดรจีเนสเป็นกลุ่มเอนไซม์หลักที่ช่วยในการเปลี่ยนถ่ายไฮโดรเจนของปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชันในกระบวนการหายใจของจุลินทรีย์ (Rossel et al., 1997) โดยหากมีจุลินทรีย์ที่มี

ชีวิตมากก็จะพบเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนสในปริมาณมาก เช่นเดียวกัน (Romero et al., 2010)

นอกจากนี้ยังพบว่าในฤดูฝนทางฝั่งตะวันตกซึ่งเป็นพื้นที่ป่าชายเลน มีแนวโน้มกิจกรรมเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนสสูงกว่าทางฝั่งตะวันออก โดยการสะสมสารอินทรีย์ในดินตะกอนส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในฤดูฝนมากกว่าฤดูร้อน ปริมาณของสารอินทรีย์ในดินตะกอนจะมีค่าสูงบริเวณใกล้ชายฝั่งและพื้นที่ป่าชายเลน และปริมาณการสะสมจะต่ำลงตามระยะห่างที่ไกลออกไปจากฝั่งหรือระดับความลึกในทะเลและปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอัตราการตกตะกอนของตะกอนทุกประเภท และอัตราการ

ย่อยสลายหรือเปลี่ยนแปลงรูปของสารในแหล่งนั้น (ธงชัย, 2544) ซึ่งแหล่งที่มาสำคัญที่มีผลต่อการสะสมของปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนบริเวณป่าชายเลน คือจากการผุพังและย่อยสลายของใบไม้ กิ่งไม้ ลำต้น ราก ของพืชต่างๆ และจากน้ำที่หมุนเวียนอยู่ในระบบนิเวศป่าชายเลน ประกอบกับในช่วงฤดูฝนมีการแช่ขังของน้ำอยู่ตลอดเวลาแตกต่างจากช่วงฤดูร้อนและดินตะกอนบริเวณดังกล่าวเป็นดินใหม่มีอายุน้อย มีลักษณะของอัตราการสะสมของปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีมากกว่าการสูญเสีย (จารุมาศ, 2548; Tam and Wong, 1998)

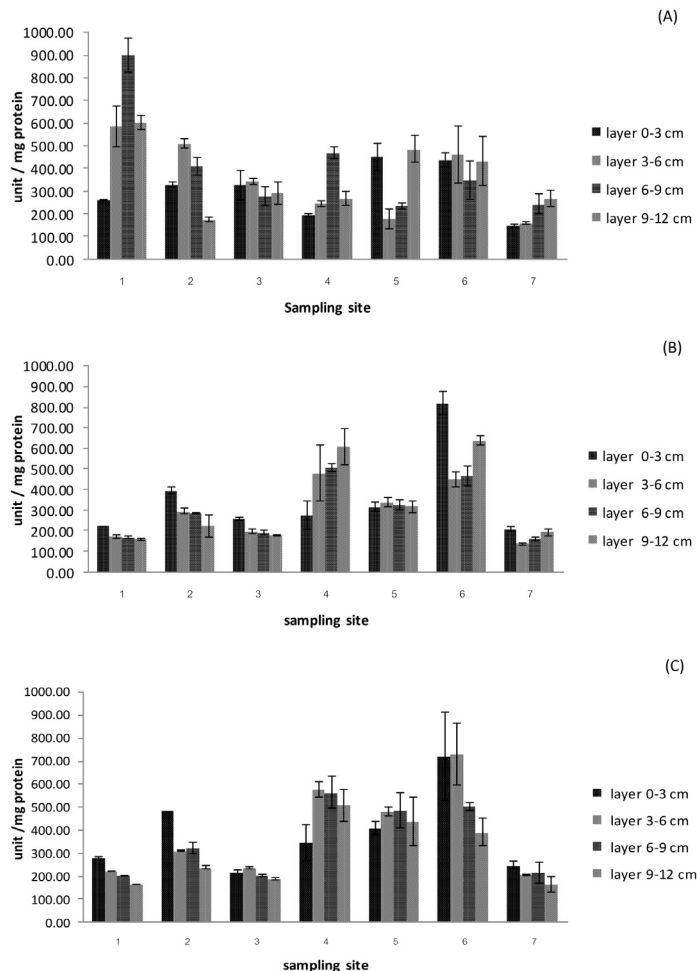


Figure 2 Dehydrogenase specific activities in sediment layers collected from cockle farm in Summer (March) (A) rainy season (June) (B) and rainy season (September) (C)

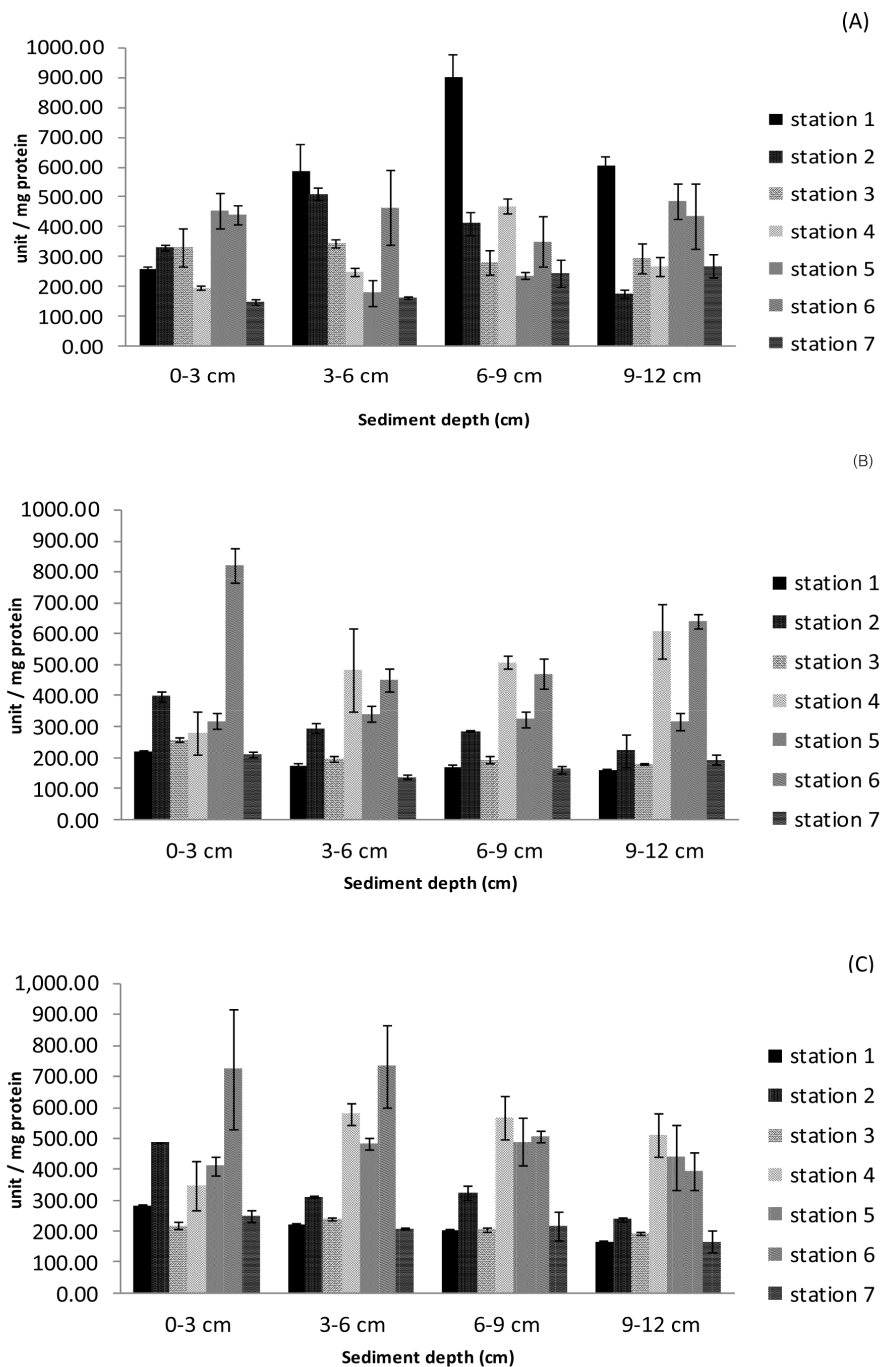


Figure 3 Dehydrogenase specific activities in sediment layers collected from cockle farm in summer (March) (A) rainy season (June) (B) and rainy season (September) (C)

สรุป

กิจกรรมดีไฮโดรจีเนสเกิดจากการกระทำของแบคทีเรียในดินตะกอนที่มีการแพร่กระจายทั้งแนวราบและแนวดิ่งแตกต่างกันไปตามสภาพความเหมาะสมของสิ่งแวดล้อมในดิน ซึ่งปริมาณและรูปแบบการแพร่กระจายของแบคทีเรียที่สร้างเอนไซม์ได้รับอิทธิพลมาจากสมบัติของดินตะกอนที่เปลี่ยนแปลงไปตามระดับความลึกของดิน ลักษณะพื้นที่ และช่วงเวลา (ฤดูกาล) ทำให้กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์แตกต่างกัน ทั้งนี้ฤดูกาลมีผลต่อการเกิดกิจกรรมดีไฮโดรจีเนสในดินตะกอนบริเวณแปลงเลี้ยงหอยแครงบริเวณฝั่งตะวันออก (อำเภอกาญจนดิษฐ์) มีกิจกรรมดีไฮโดรจีเนสสูง ในช่วงฤดูร้อน ในขณะที่บริเวณฝั่งตะวันตก (อำเภอไชยา) มีกิจกรรมดีไฮโดรจีเนสสูงในช่วงฤดูฝน และกิจกรรมดีไฮโดรจีเนส บริเวณผิวน้ำดินตะกอน มีแนวโน้มค่าต่ำกว่าชั้นดินตะกอนที่ระดับความลึกมากขึ้น เนื่องจากกระบวนการทางกายภาพเคมี และชีวภาพ ทำให้เกิดการหมุนเวียนของธาตุอาหารในดินตะกอนซึ่งสารอินทรีย์จากผิวน้ำดินจะลงไปสะสมอยู่ในที่ลึก ทำให้เกิดการแพร่กระจายของสารอินทรีย์ที่ระดับความลึกต่างๆ แตกต่างกัน

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก Research Institute for Humanity and Nature (RIHN), Kyoto, Japan ภายใต้โครงการวิจัย Coastal Area Capability Enhancement in Southeast Asia ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทบัณฑิตศึกษา ประจำปีงบประมาณ 2558 จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และขอขอบคุณภาคีวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำหรับสถานที่และเครื่องมือสำหรับการศึกษาวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กนกเรขา สังข์จันทร์. 2554. การเปลี่ยนแปลงของสารอินทรีย์และธาตุอาหารในดินตะกอนป่าชายเลนที่มีเสมชื้อเป็นพันธุ์ไม้เด่น. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 19: 28-39.
- กรมประมง. 2533. คู่มือการเลี้ยงหอยแครง. กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 24 หน้า.
- กรมอุตุนิยมวิทยา. 2558. ภูมิอากาศจังหวัดสุราษฎร์ธานี. แหล่งข้อมูล: http://www.marine.tmd.go.th/thai/tus_type/suratthani.html. ค้นเมื่อ 22 มิถุนายน 2558.
- จารุมาศ เมฆสัมพันธ์. 2548. ดินตะกอน. คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 146 หน้า.
- ประเดิม อุทยานมณี, ศิริพร ประดิษฐ์ และสมหมาย เชื้อวารี. 2554. การเปลี่ยนแปลงตามเวลาและเชิงพื้นที่ของปริมาณสารอาหารบริเวณปากแม่น้ำตาปี จังหวัดสุราษฎร์ธานี. การประมง. 64: 538-544.
- มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์. 2550. รายงานฉบับสมบูรณ์ การวางแผนการจัดการอ่าวบ้านดอนและเกาะนอกชายฝั่ง: การวิเคราะห์และวินิจฉัยระบบชายฝั่ง โครงการจัดการทรัพยากรชายฝั่ง. มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.
- มูลนิธิป่าทะเลเพื่อชีวิต. 2557. มูลคำทรัพยากรพื้นที่อ่าวบ้านดอน. แหล่งข้อมูล: <http://goo.gl/Qzfn47>. ค้นเมื่อ 20 กรกฎาคม 2557.
- ธงชัย พรรณสวัสดิ์. 2544. การกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทางชีวภาพ. สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ. 703 หน้า.
- สุนันท์ ทวยเจริญ, วัฒนา ภูเจริญ และประนอม เบญจมาลัย. 2526. ศึกษาการพัฒนาการของอวัยวะเพศหอยแครงเต็มวัยและสภาพแวดล้อมที่จังหวัดสมุทรสงครามและเพชรบุรี. เอกสารรายงานวิชาการ ฉบับที่ 26. งานศึกษาชีวประวัติและพฤติกรรมสัตว์น้ำกร่อย. ฝ่ายสำรวจแหล่งเพาะเลี้ยง กองประมงน้ำกร่อย, กรมประมง.
- สุนา ขจรวัฒนากุล และประเดิม อุทยานมณี. 2551. คุณภาพน้ำทะเลและองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชบริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี. เอกสารวิชาการฉบับที่ 5/2551. สถาบันวิจัยทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน. กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. 61 หน้า.
- อนุวัฒน์ นทีวัฒนา และบำรุงศักดิ์ จัตรอนันท์. 2524. ผลกระทบของตะกอนเหมืองแร่ที่มีต่อสัตว์พื้นทะเลทางฝั่งตะวันตกของเกาะภูเก็ต (2523-2524). วารสารการประมง. 35: 135-152.
- อรัญ หันพงศ์กิตติกุล. 2550. เทคโนโลยีเอนไซม์. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา. 250 หน้า.
- Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein

- utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.* 72: 248-254.
- Darie, N., L. Opreanl, C.F. Opreanland, and M. Ogneanl. 2006. Testing of Some Enzymatic Levels In Ocna Sibiului Lakes Therapeutic Mud. *ActaUniversitatis-Cibiniensis.Seria F Chemia.* 9: 21-28.
- Daungsavat, M and C. Somsiri. 1985. Properties of water and analysis for research Fisheries, Aquaculture Environmental Research, National Institute of Water, Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives.
- Diaber, F.C. 1982. *Animal of the Tidal Marsh.* Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- Ladd, J.N. 1978. Origin and range of enzymes in soil, p. 51-96. In: R. G. Burns (ed.). *Soil Enzymes.* Academic Press, New York.
- Mclusky, D.S. 1981. *The Estuarine Ecosystem.* Blackie and Son Limited. Great Britain.
- Mersi, W. V., and F. Schinner. 1991. An improved and accurate method for determining dehydrogenase activity of soils with idonitrotetrazolium chloride. *BiolFertil Soils.* 11: 216-220.
- Phodfueang, J., B. Plongon, and J. Salaenoi. 2015. Environmental Condition of Cockle Farm in Bandon Bay, Gulf of Thailand. IICBE International Conference on Plant, Marine and Environmental Sciences (PMES-2015) Jan. 1-2, 2015 Kuala Lumpur (Malaysia).
- Romero, E., B.J. Fernandez, J.M.C. Diaz, and N. Nogales. 2010. Enzyme activities and diuron persistence in soil amended with vermicompost derived from spent grape marc and treated with urea. *App. Soil. Eco.* 44: 198-204.
- Ross, D.J. 1971. Some factors influencing the estimation of dehydrogenase activities of some soils under pasture. *Soil Biol Biochem.* 3: 97-110.
- Rossel, D., J. Tarradellas, G. Bitton, and J.L. Morel. 1997. Use of enzymes in ecotoxicology: a case for dehydrogenase and hydrolytic enzymes. In: Tarradellas J., G. Bitton, and D. Rossel. Eds. *Soil Ecotoxicology*, 1stedn. Boca Raton: CRC Lewis Publisher. pp.172-192.
- Salaenoi, J., C. Sukudom, T. Wongsin, and S. Sirisuay. 2015. Sediment Quality in Cockle Culture and Non-Cultured Area at Bandon Bay, Thailand. IICBE International Conference on Plant, Marine and Environmental Sciences (PMES-2015) Jan. 1-2, 2015 Kuala Lumpur (Malaysia).
- Sukudom, C., and J. Salaenoi. 2015. Organic Carbon in the Sediment of Cockle Culture Area at Bandon Bay, Thailand. IICBE International Conference on Plant, Marine and Environmental Sciences (PMES-2015) Jan. 1-2, 2015 Kuala Lumpur (Malaysia).
- Tabatabai, M. A. 1982. Soil enzymes. In Page, A. L. (ed.) *Methods of Soil Analysis*, part 2. Am. Soc. Agron., Madison, USA. pp. 903-947.
- Tam, N.F.Y., and Y.S. Wong. 1998. Variations of soil nutrient and organic matter content in a subtropical mangrove ecosystem. *Water. Air and Soil Pollution.* 103: 245-261.
- Toowinas, S., P. Perangmark, P. Sirimontaporn, S. Tuaycharoen, and P. Sangsakul. 1986. Study on the growth rate of blood cockle, *Anadara granosa* L., and aquatic environment at culture bed in Pattani bay, Technical Paper No. 2, National Institute of Coastal Aquaculture, Songkhla.
- Trevors, J. T., C.I. Mayfield, and W.E. Inniss. 1982. Measurement of electron transport system (ETS) activity in soil. *Microb. Ecol.* 8: 163-168.
- Wattayakorn, G., C. Tingsabath, A. Piumsomboon, N. Paphavasit, S. Aksornkoe, S. Sathirathai, P. Prapong, and S. Thananuparppaisarn. 1999. Economic Evaluation and Biogeochemical Modeling of Bandon Bay, Suratthani, Thailand. Final Report Submitted to SARCS/WOTRO/LOICZ. 118 pp.
- Wattayakorn, G., and S. Leongkangwankid. 2000. Nutrient fluxes in Tapi estuary, Suratthani, Thailand. *Proc. of the Regional Seminar for East and Southeast Asian Countries: ECOTONE VIII*, Ranong, Thailand, 23-28 May, 1999. pp. 273-281.