# รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ผลจากการขนถ่ายผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังต่อคุณภาพน้ำและดินตะกอน
บริเวณอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี

The Effects of Cassava Products Handling on Water and Sediment Qualities
at Sriracha Bay, Chonburi Province


**ผู้วิจัย**

ดร.ประสาร อินทเจริญ
ผศ.ดร.อนุกูล บูรณประทีปรัตน์
นางศรัณยา รักเสรี
ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา



**รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยทุนอุดหนุนการวิจัย**
**ประเภทเงินรายได้ส่วนงาน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา**
**ประจำปีงบประมาณ ๒๕๖๓**

**เลขที่สัญญา SCQ๐๘/๒๕๖๓**

# รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ผลจากการขนถ่ายผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังต่อคุณภาพน้ำและดินตะกอน
บริเวณอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี

The Effects of Cassava Products Handling on Water and Sediment Qualities
at Sriracha Bay, Chonburi Province


**ผู้วิจัย**

ดร.ประสาร อินทเจริญ
ผศ.ดร.อนุกูล บูรณประทีปรัตน์
นางศรัณยา รักเสรี
ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

# กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทเงินรายได้ส่วนงาน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ประจำปีงบประมาณ ๒๕๖๓ เลขที่สัญญา SCQ๐๘/๒๕๖๓

# บทคัดย่อ

คณะผู้วิจัยทำการศึกษาผลจากการขนถ่ายผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังต่อคุณภาพน้ำและดินตะกอน บริเวณอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี โดยทำการสำรวจ และเก็บตัวอย่างในพื้นที่ทั้งหมด 1 ครั้ง ในเดือนสิงหาคม 2563 กำหนดจุดเก็บตัวอย่างครอบคลุมพื้นที่ศึกษาจำนวนรวมทั้งสิ้น 16 สถานี ค่าเฉลี่ยของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในแต่ละบริเวณที่เก็บตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในขณะที่แอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท ปริมาณสารแขวนลอย และคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำในแต่ละบริเวณที่เก็บตัวอย่าง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนกับคุณภาพน้ำ และคุณภาพดินบางประการ (Pearson's Correlation Coefficient($r$); $p<0.05$) พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนกับปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำ เป็นความสัมพันธ์ในเชิงบวกในทุกระดับความลึก สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนกับคุณภาพน้ำที่สำคัญ ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนละลายที่ระดับผิวน้ำเป็นความสัมพันธ์กันในเชิงบวก ที่ระดับกลางน้ำและระดับเหนือพื้นดินมีความสัมพันธ์กันในเชิงลบ ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนกับแอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท แอมโมเนีย เป็นความสัมพันธ์ในเชิงบวก และ ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนกับคลอโรฟิลล์ เอ เป็นความสัมพันธ์ในเชิงบวก สำหรับความสัมพันธ์ของปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนกับไฮโดรเจนซัลไฟด์ในดินตะกอน เป็นความสัมพันธ์ในเชิงบวก และความสัมพันธ์ของปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนกับความเป็นกรด-ด่างในดินเป็นความสัมพันธ์ในเชิงลบ

# Abstract

The research team studied the effect of cassava product loading on water quality and sediment in Sriracha Bay, Chonburi. The team conducted a survey and collected samples from the whole area once in August 2020 and set the sampling points covering the study area at a total of 16 stations. There were no statistically significant differences in the average dissolved oxygen content in each sampling area. On the contrary, there was a statistically significant difference for ammonia, nitrite, nitrate, suspended solids, and chlorophyll A in the water in each sample area. When we considered the relationship between organic matter content in sediment and water quality and some soil quality, we found a positive relationship at every depth level between the amount of organic matter in the sediment and the amount of organic matter in the water. The relationship between organic matter content in sediment and important water quality, i.e., dissolved oxygen at water surface level, was positive. At the mid-water and above-ground levels, there was a negative correlation. The correlation between organic matter content in sediment and ammonia, nitrite, nitrate, and ammonia were positive, and the relationship between organic matter content in sediment and chlorophyll A was positive. The relationship of organic matter content in sediment to hydrogen sulfide in sediment was a positive relationship. Moreover, the relationship between organic matter content in sediment and soil pH was negative.

# สารบัญ


| | | หน้า |
|---|---|---|
| กิตติกรรมประกาศ | | i |
| บทคัดย่อ | | ii |
| Abstract | | iii |
| สารบัญ | | iv |
| สารบัญภาพ | | v |
| สารบัญตาราง | | vii |
| บทที่ 1 | บทนำ | 1 |
| | 1.1 ความสำคัญและที่มา | 1 |
| | 1.2 วัตถุประสงค์ | 2 |
| | 1.3 ขอบเขตของการวิจัย | 3 |
| บทที่ 2 | เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 4 |
| | 2.1 ข้อมูลพื้นฐานของมันสำปะหลัง | 4 |
| | 2.2 การส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง | 4 |
| | 2.3 การขนส่งสินค้าและผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังทางทะเล | 6 |
| | 2.4 ผลกระทบจากการขนส่งมันสำปะหลังต่อสิ่งแวดล้อมทางทะเล | 8 |
| | 2.5 ผลกระทบของสารอินทรีย์ต่อสิ่งแวดล้อมทางะเล | 14 |
| บทที่ 3 | วิธีดำเนินการวิจัย | 17 |
| | 3.1 พื้นที่ทำการศึกษา | 17 |
| | 3.2 วิธีการศึกษา | 20 |
| | 3.2.1 คุณภาพน้ำทะเล | 20 |
| | 3.2.2 คุณภาพดินตะกอน | 24 |
| | 3.2.3 วิธีการประเมินผลและสังเคราะห์ข้อมูล | 26 |
| บทที่ 4 | ผลการศึกษาวิจัย | 28 |
| | 4.1 พื้นที่ศึกษาและจุดเก็บตัวอย่าง | 28 |
| | 4.2 ลักษณะของดินตะกอน บริเวณจุดเก็บตัวอย่าง | 29 |
| | 4.3 คุณภาพดินตะกอน | 30 |
| | 4.4 คุณภาพน้ำ | 32 |

## สารบัญ (ต่อ)


| | | หน้า |
|---|---|---|
| | 4.5 ความแตกต่างของคุณภาพน้ำและดินตะกอนบริเวณจุดเก็บตัวอย่าง | 38 |
| | 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนและคุณภาพน้ำและคุณภาพดินตะกอน | 38 |
| บทที่ 5 | วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย | 41 |
| เอกสารอ้างอิง | | 44 |

# สารบัญภาพ


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 2-1 | Cassava Production and Consumption in Major Producing Countries | 4 |
| 2-2 | Thai Exports of Cassava Products (By Volume) | 6 |
| 2-3 | ปริมาณการส่งออกมันสำปะหลังบริเวณท่าทอดสมอเรือเกาะสีชัง (พ.ศ. 2556-2557) | 7 |
| 2-4 | การขนถ่ายแป้งมันสำปะหลังบริเวณนอกชายฝั่งอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี | 9 |
| 3-1 | พื้นที่ทำการศึกษาและจุดเก็บตัวอย่าง บริเวณพื้นที่ขนถ่ายผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง นอกชายฝั่งอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี | 17 |
| 3-2 | ตัวแปรต้น และตัวแปรตามในการศึกษา | 19 |
| 3-3 | แผนการวิจัย | 20 |
| 4-1 | พื้นที่ทำการศึกษาและจุดเก็บตัวอย่าง (a) และ พื้นที่จอดทอดสมอเรือขนส่งสินค้า (b) บริเวณนอกชายฝั่งอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี | 28 |
| 4-2 | ปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอน บริเวณจุดเก็บตัวอย่าง | 31 |
| 4-3 | ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำทะเล บริเวณจุดเก็บตัวอย่าง | 33 |

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 2-1 | รายละเอียดของสินค้ามันสำปะหลังจำแนกตามลักษณะการส่งออก Harmonized System | 5 |
| 2-2 | คุณภาพน้ำทะเลบริเวณเกาะสีชัง-ศรีราชาในเดือนกุมภาพันธ์-เมษายน พ.ศ. 2549 | 10 |
| 3-1 | พิกัดจุดเก็บตัวอย่างบริเวณพื้นที่/ขนถ่ายผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง | 18 |
| 3-2 | ดัชนีคุณภาพน้ำที่ทำการศึกษาและวิธีการวิเคราะห์ | 21 |
| 3-3 | ดัชนีคุณภาพดินตะกอนที่ทำการศึกษาและวิธีการวิเคราะห์ | 24 |
| 4-1 | ลักษณะดินตะกอน และอนุภาคดินตะกอนของจุดเก็บตัวอย่าง | 29 |
| 4-2 | ปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอน (TOMs) บริเวณอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี เดือนสิงหาคม 2563 | 30 |
| 4-3 | ลักษณะดินตะกอนและปริมาณไฮโดรเจนซัลไฟด์ และความเป็นกรด-ด่าง ในดินตะกอนบริเวณอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี เดือนสิงหาคม 2563 | 31 |
| 4-4 | ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำ ($TOM_W$) บริเวณอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี เดือนสิงหาคม 2563 | 32 |
| 4-5 | คุณภาพน้ำทะเลบริเวณอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี เดือนสิงหาคม 2563 | 35 |
| 4-6 | ค่าสัมประสิทธิ์เพียรสัน (r) ระหว่างสารอินทรีย์ในดินตะกอน และสารอินทรีย์ในน้ำที่ระดับ ความลึกต่าง ๆ | 38 |
| 4-7 | ค่าสัมประสิทธิ์เพียรสัน (r) ระหว่างสารอินทรีย์ในดินตะกอน และปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำทะเลที่ระดับความลึกต่าง ๆ | 39 |
| 4-8 | ค่าสัมประสิทธิ์เพียรสัน (r) ระหว่างสารอินทรีย์ในดินตะกอนและสารอนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ | 39 |
| 4-9 | ค่าสัมประสิทธิ์เพียรสัน (r) ระหว่างสารอินทรีย์ในดินตะกอนและคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำทะเล | 40 |
| 4-10 | ค่าสัมประสิทธิ์เพียรสัน (r) ระหว่างสารอินทรีย์ในดินตะกอน และไฮโดรเจนซัลไฟด์ และความเป็นกรด-ด่างในดินตะกอน | 40 |

# บทที่ 1

# บทนำ

## 1.1 ความสำคัญและที่มา

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญและเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตในอาหารของมนุษย์ และสัตว์ รวมทั้งเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตพลังงาน และใช้ในภาคอุตสาหกรรมแปรรูปต่างๆ ในปัจจุบันมันสำปะหลังถูกจัดอยู่ในอันดับที่ 5 ของพืชที่มนุษย์โลกนำมาบริโภค รองจากข้าวสาลี ข้าวโพด ข้าว และมันฝรั่ง สำหรับตลาดส่งออกมันสำปะหลังของประเทศไทยมีการส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังในปี 2560 ประมาณ 9.56 ล้านตัน จากพื้นที่เพาะปลูกทั้งสิ้น 9 ล้านไร่ คิดเป็นมูลค่าการส่งออกเท่ากับ 72,062.30 ล้านบาท (Center of agricultural information, 2018) โดยเส้นทางการขนส่งผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังที่สำคัญเส้นทางหนึ่งคือการขนส่งทางน้ำ ซึ่งการขนส่งผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังทางน้ำจะนิยมใช้ขนส่งมันสำปะหลังเส้น และมันสำปะหลังอัดเม็ดในลักษณะสินค้าเทกอง (Bulk) ด้วยเรือโป๊ะไปตามแม่น้ำ แล้วขนถ่ายขึ้นเรือเดินสมุทรที่ท่าทอดสมอเรือบริเวณเกาะสีชัง เพื่อส่งออกไปยังประเทศปลายทางต่อไป

เขตท่าเรือศรีราชาและเกาะสีชังตั้งอยู่บริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออก ซึ่งเป็นชายฝั่งที่มีปริมาณการขนส่งทางทะเลสูงเป็นอันดับ 1 ของประเทศ สินค้าที่มีการขนถ่ายทางทะเลบริเวณเกาะสีชังจำแนกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ สินค้าประเภทเทกอง (Bulk) ซึ่งมีทั้งสินค้าส่งออกพวกปูนซีเมนต์ ผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง ในรูปแป้งมัน มันเส้น และมันอัดเม็ด รวมทั้งสินค้านำเข้าพวกถ่านหิน ปุ๋ยเคมี ถั่วเหลือง และโซดาแอส สำหรับสินค้าประเภทที่สอง ได้แก่ สินค้าบรรจุหีบห่อ (Bag) ที่ใช้แรงงานขนถ่ายได้แก่ สินค้าประเภทน้ำตาล ข้าวสาร ข้าวโพด และแป้งมัน โดยปริมาณการส่งออกมันสำปะหลังที่ท่าทอดสมอเรือเกาะสีชังในปี พ.ศ. 2556-2557 อยู่ในช่วง 370,477.69-1,456,911.26 ตัน (เทศบาลตำบลเกาะสีชัง, 2557)

จากการที่มีการขนถ่ายสินค้าทางการเกษตรเช่นการขนถ่ายแป้งมันสำปะหลัง ปูนซีเมนต์ ถ่านหิน ข้าวสาร น้ำตาล บริเวณเกาะสีชัง นอกชายฝั่งอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี เป็นจำนวนมาก และต่อเนื่องเป็นเวลานาน ซึ่งที่ผ่านมาได้สร้างปัญหาและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางทะเล สิ่งมีชีวิตในทะเล ประชาชน และแหล่งท่องเที่ยว โดยสาเหตุสำคัญของปัญหาที่เกิดขึ้นนั้นมาจากการขนถ่ายสินค้าส่วนใหญ่ใช้แกรบ (Grab) งับสินค้าจากระวางเรือโป๊ะยกขึ้นบนเรือบรรทุกสินค้าต่างประเทศ หรืองับสินค้าจากระวางเรือบรรทุกสินค้าต่างประเทศลงระวางเรือโป๊ะ แต่แกรบปล่อยสินค้าสูงกว่าขอบระวางเรือเกิน 2 เมตร ก่อนจะถึงขอบระวางเรือ เพื่อเป็นการลดระยะเวลาในการ

ทำงานให้รวดเร็วขึ้น โดยไม่คำนึงถึงมลพิษทางอากาศ และผลกระทบที่จะเกิดต่อสิ่งแวดล้อมทางทะเล ซึ่งเมื่อมีการปนเปื้อนผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังในสิ่งแวดล้อมทางทะเลแล้วจะอยู่ในรูปของสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่จำพวกคาร์โบไฮเดรต โดยจุลินทรีย์จะทำหน้าที่ในการย่อยสลายให้เป็นสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลเล็กลง จนกระทั้งได้เป็นแร่ธาตุอาหารหมุนเวียนในระบบนิเวศ สารอินทรีย์ในทะเลมีความสำคัญมาก และมีอิทธิพลควบคุมการเปลี่ยนแปลงของแร่ธาตุอาหารในทะเล ซึ่งการแพร่กระจายของสารอินทรีย์ในน้ำทะเลและดินตะกอนจะมีการผันแปรตามฤดูกาลและสภาพแวดล้อมในบริเวณนั้นๆ ด้วย (จารุมาศ เมฆสัมพันธ์, 2548; Tam and Wong, 1998) นอกจากนี้พบว่าในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์จะต้องใช้ออกซิเจนที่ละลายน้ำ หรือในดินตะกอนเป็นตัวช่วย หากมีปริมาณของสารอินทรีย์สูงย่อมส่งผลให้เกิดภาวะออกซิเจนต่ำ มีการสะสมของซัลไฟด์ในดินตะกอน เกิดความไม่สมดุลของปริมาณแร่ธาตุในทะเล ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตในทะเลได้

ผู้วิจัยมีสมมุติฐานการวิจัยว่าฝุ่นผงที่เกิดจากการแตกหักของผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง ได้แก่ มันเส้น มันอัดเม็ด หรือแป้งมันสำปะหลัง ที่ขนถ่ายสู่เรือสินค้า โดยเริ่มกิจกรรมตั้งแต่เรือที่มาขนถ่ายจอดเรือ ขณะทำการขนถ่ายจากเรือเล็ก และหลังจากขนถ่ายเสร็จเรียบร้อยแล้ว ย่อมมีผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมในบริเวณอ่าวศรีราชาและเกาะสีชังอย่างแน่นอน โดยเฉพาะกิจกรรมการขนถ่ายแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งการขนถ่ายแป้งมันสำปะหลังของเรือสินค้าจะมีการฟุ้งกระจายของแป้งมันสำปะหลังทำให้มีเศษฝุ่นแป้งฟุ้งกระจายลงสู่สิ่งแวดล้อมทางทะเลเป็นจำนวนมาก

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้รวบรวมข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง และ การขนส่ง รวมทั้งศึกษาผลของสารอินทรีย์ที่เกิดจากกิจกรรมการขนถ่ายผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังต่อคุณภาพน้ำและดินตะกอนในบริเวณเกาะ สีชัง และบริเวณอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี เพื่อนำไปสู่การจัดการสิ่งแวดล้อมทางทะเลอย่างยั่งยืนต่อไป

**1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

1) เพื่อศึกษาปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำทะเลและดินตะกอน บริเวณอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี

2) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณสารอินทรีย์ต่อคุณภาพน้ำทะเลและดินตะกอน บริเวณอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี

**1.3 ขอบเขตของการวิจัย**

ขอบเขตของการศึกษาวิจัยอยู่ในบริเวณพื้นที่ขนถ่ายผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง นอกชายฝั่งอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี โดยทำการสำรวจ และเก็บตัวอย่างในพื้นที่ทั้งหมด 1 ครั้งในรอบปี คือ ในช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (เดือนสิงหาคม) กำหนดจุดเก็บตัวอย่างครอบคลุมพื้นที่ศึกษาจำนวนรวมทั้งสิ้น 16 สถานี

การเก็บข้อมูลเริ่มจากเก็บตัวอย่างน้ำทะเลและดินตะกอนเพื่อศึกษาคุณภาพของน้ำทะเลและดินตะกอน ในพื้นที่ศึกษา

**น้ำทะเล** นำไปวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ได้แก่ อุณหภูมิ (Temperature) ความโปร่งแสง (Transparency) ความเค็ม (Salinity) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) สารแขวนลอยในน้ำ (Total suspended solids, TSS) แอมโมเนีย ($NH_3$) ไนไตรท์($NO_2$) ไนเตรท ($NO_3$) คลอโรฟิลล์ เอ (Chlorophyll a) ปริมาณออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen) และปริมาณสารอินทรีย์ (Total organic matter, $TOM_W$)

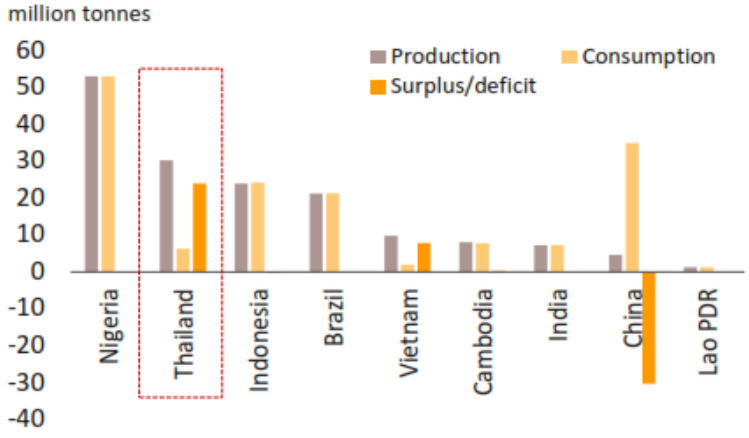
**ดินตะกอน** นำไปวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่างในดิน (pH) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ($H_2S$) ปริมาณสารอินทรีย์ ($TOM_S$) อนุภาคของดินตะกอน (Grain size) และปริมาณน้ำในดิน (Water Content)

# บทที่ 2

# เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 ข้อมูลพื้นฐานของมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังจัดเป็นพืชหัวชนิดหนึ่งมีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Manihot esculenta* Crantz มีชื่อสามัญเรียกหลายชื่อตามภาษาต่างๆ ที่ได้ยินกันมากได้แก่ Cassava หรือ Tapioca แต่โดยทั่วไปคำว่า Tapioca มักจะใช้แทนผลิตภัณฑ์ที่ทำจากมันสำปะหลังในภาษาสเปนโดยประเทศ แถบอเมริกาใต้ และอเมริกากลางเรียกว่า Yuca ในภาษาโปรตุเกสโดยประเทศบราซิลเรียกว่า Mandioca และในภาษาฝรั่งเศสโดยประเทศในทวีปแอฟริกาที่ใช้ภาษาฝรั่งเศสเป็นภาษาพูดเรียกว่า Maniac มันสำปะหลังมีแหล่งกำเนิดแถบที่ลุ่มเขตร้อน(Lowland tropics) เป็นพืชดั้งเดิมของชาวพื้นเมืองในเขตร้อนของทวีปอเมริกาตั้งแต่อเมริกากลาง คือตอนใต้ของประเทศแม็กซิโกลงไปถึงประเทศบราซิล ต่อมามีการนำมันสำปะหลังเข้ามาปลูกในทวีปเอเชียระหว่างคริสต์ศตวรรษที่ 17-18 โดยชาวโปรตุเกส ดัชท์ และสเปน และได้ขยายการปลูกไปยังประเทศต่างๆ ในทวีปเอเชีย ปัจจุบันมีประเทศที่ปลูกมันสำปะหลังมาก 5 อันดับแรกของโลก คือ ไนจีเรีย(20%) ไทย(11%) บราซิล (7%) อินโดนีเซีย (7%) และกาน่า (6%) (Food and Agricultural Organization of the United Nations, 2017) (ภาพที่ 2-1)




**ภาพที่ 2-1** Cassava Production and Consumption in Major Producing Countries

**ที่มา** : Food and Agricultural Organization of the United Nations (2017)

## 2.2 การส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง

ประเทศไทยส่งออกมันสำปะหลังหลากหลายรูปแบบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกระบวนการ แปรรูป กลุ่มสินค้า เช่น หัวมันสำปะหลังสด มันสำปะหลังเส้น มันสำปะหลังอัดเม็ด แป้งมันสำปะหลัง ฯลฯ ทั้งนี้ปริมาณการส่งออก

ผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังคิดเป็นร้อยละ 75 ของผลผลิตทั้งประเทศ และใช้ในประเทศเพียงร้อยละ 25 เท่านั้น (Agricutural Trade Promotion Division, 2018) (ตารางที่ 2-1)

**ตารางที่ 2-1** รายละเอียดของสินค้ามันสำปะหลังจำแนกตามลักษณะการส่งออก Harmonized System

| กลุ่มสินค้า | HS code | สินค้า |
|---|---|---|
| มันสำปะหลังเส้นและอัดเม็ด | 0714100204 | มันสำปะหลังเส้น |
| | 0714100906 | มันสำปะหลังอัดเม็ด |
| แป้งมันสำปะหลัง | 1106200100 | แป้งมันสำปะหลัง |
| | 1106200200 | แป้งหยาบทำจากมันสำปะหลัง |
| | 110814 | สตาร์ชทำจากมันสำปะหลัง |
| | 350510 | เด็กตรินและโมดิไฟต์สตาร์ชอื่น ๆ |
| ผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังอื่นๆ | 0714100109 | หัวมันสำปะหลัง |
| | 1903000014 | สาคูทำจากมันสำปะหลัง |
| | 2303100105 | เศษมันสำปะหลัง |

**ที่มา** : Office of Agricultural Economics (2018)

จากความหลากหลายของผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง กรมศุลกากรได้จัดกลุ่มมันสำปะหลังตามลักษณะการส่งออก Harmonized System และจากรายงานตัวชี้วัดเศรษฐกิจการเกษตรของสำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจการเกษตร 2552 ได้แบ่งผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังตามลักษณะการส่งออก เป็น 4 ประเภท คือ

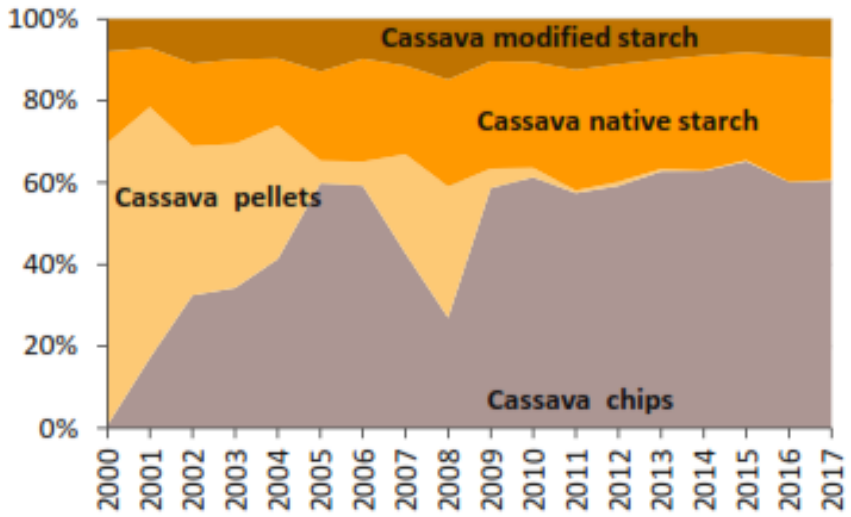
1. แป้งมันสำปะหลัง
2. มันสำปะหลังทำฝอยเป็นชิ้นฝอย
3. มันสำปะหลังอัดเม็ด
4. มันสำปะหลังอื่น ๆ และผลิตภัณฑ์

นอกจากนี้มีข้อมูลจากกระทรวงพาณิชย์ (2561) ได้จำแนกผลิตภัณฑ์จากมันสำปะหลังในประเทศไทยออกเป็น 2 ประเภท ตามคุณลักษณะดังนี้

1. มันสำปะหลังอบแห้ง (Dried Cassava) แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ มันสำปะหลังอัดเม็ด (Cassava pellets) และมันสำปะหลังเส้น (Cassava chips) มันสำปะหลังประเภทนี้มีผลผลิตประมาณ 8-9 ล้านตันต่อปี คิดเป็น 85% ของผลผลิตมันสำปะหลังในประเทศ

2. แป้งมันสำปะหลัง (Cassava starch) แบ่งออกเป็น แป้งมันสำปะหลังดิบ (Native starch) และแป้งมันสำปะหลังแปรรูป (Modify starch) มันสำปะหลังประเภทนี้มีผลผลิตประมาณ 5-6 ล้านตันต่อปี โดย ¼ ของผลผลิต บริโภคภายในประเทศ ส่วน ¾ ของผลผลิต ส่งขายนอกประเทศ

สำหรับตลาดส่งออกมันสำปะหลัง และผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง ในปี 2560 ประเทศไทยได้ส่งออกมันสำปะหลังและผลิตภัณฑ์รวมทั้งสิ้น 9.56 ล้านตันไปยังประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก คิดเป็นมูลค่าการส่งออกรวม 72,062.30 ล้านบาท (Center of agricultural information, 2018) ในผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังทั้งหมดนี้ ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณการส่งออกมากที่สุด ได้แก่ มันสำปะหลังเส้นคิดเป็นร้อยละ 57 รองลงมาคือ แป้งมันสำปะหลังดิบ ร้อยละ 28 แป้งมันสำปะหลังแปรรูปคิดเป็นร้อยละ 9 และแป้งมันสำปะหลังอัดเม็ด คิดเป็น ร้อยละ 1 (ภาพที่ 2-2)




**ภาพที่ 2-2** Thai Exports of Cassava Products (By Volume)

**ที่มา** : Ministry of Commerce (2017)

**2.3 การขนส่งสินค้า และผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังทางทะเล**

การขนส่งสินค้าทางทะเลในปัจจุบันใช้เรือบรรทุกสินค้าที่มีขนาดใหญ่เพื่อให้สามารถบรรทุกสินค้าได้ในปริมาณมาก เพื่อให้เกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ ซึ่งเรือบรรทุกสินค้าที่มีขนาดตั้งแต่ 20,000–120,000 ตัน ประมาณ 2,000 ลำต่อปี จะไม่สามารถเข้าจอดที่ท่าเรือได้ จึงต้องทำการขนถ่ายสินค้าในบริเวณนอกชายฝั่ง โดยใช้วิธีขนถ่ายขึ้นเรือใหญ่ในหลายรูปแบบ ส่วนใหญ่เอาเรือขนาดเล็กหรือโป๊ะมาเทียบถ่ายสินค้าไปยังเรือใหญ่ดังกล่าว โดยใช้สายพานลำเลียงขึ้นเรือใหญ่หรือใช้ปั้นจั่นตักแล้วยกขึ้นเทลงระวาง ทำให้มีปัญหาการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองออกสู่บรรยากาศและตกเป็นตะกอนสะสมใต้พื้นทะเล โดยสินค้าที่มีการขนถ่ายกลางทะเล มีหลายประเภท

เช่น ปูนซีเมนต์ ถ่านหิน ข้าวสาร ปุ๋ยเคมี เป็นต้น ส่วนสินค้าที่มีฝุ่นละอองฟุ้งกระจายเกิดขึ้น ในขณะที่มีการขนถ่ายค่อนข้างมาก เช่น ปูนซีเมนต์ และแป้งมันสำปะหลังที่มีทั้งในรูปแป้งมัน มันเส้น และมันอัดเม็ด เป็นต้น ซึ่งพบว่าพื้นที่ระหว่างอ่าวศรีราชากับเกาะสีชังเป็นพื้นที่ที่มีการขนถ่ายสินค้าระหว่างเรือเป็นจำนวนมาก มีการศึกษาวิจัยของ Timaboot et al. (2015) ที่ศึกษารูปแบบการขนส่งมันสำปะหลังเส้น ในประเทศไทยพบว่า เส้นทางการขนส่งผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังในประเทศไทย จะเริ่มจากการขนส่งหัวมันสำปะหลังสดจากพื้นที่เพาะปลูก เข้าสู่โรงงานแปรรูปโดยการคมนาคมทางบก จากนั้นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่ได้จากโรงงานจะถูกขนส่งต่อทางเรือ Barge หรือเรือโป๊ะ จากนั้นจะมีการขนถ่ายสินค้าออกนอกประเทศโดยการขนส่งทางเรือสินค้าบริเวณเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี

เขตท่าเรือศรีราชาและเกาะสีชังตั้งอยู่บริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออกซึ่งเป็นชายฝั่งที่มีปริมาณการขนส่งทางทะเลสูงเป็นอันดับ 1 ของประเทศ สินค้าที่มีการขนถ่ายทางทะเลบริเวณเกาะสีชังมี 2 ประเภท ได้แก่

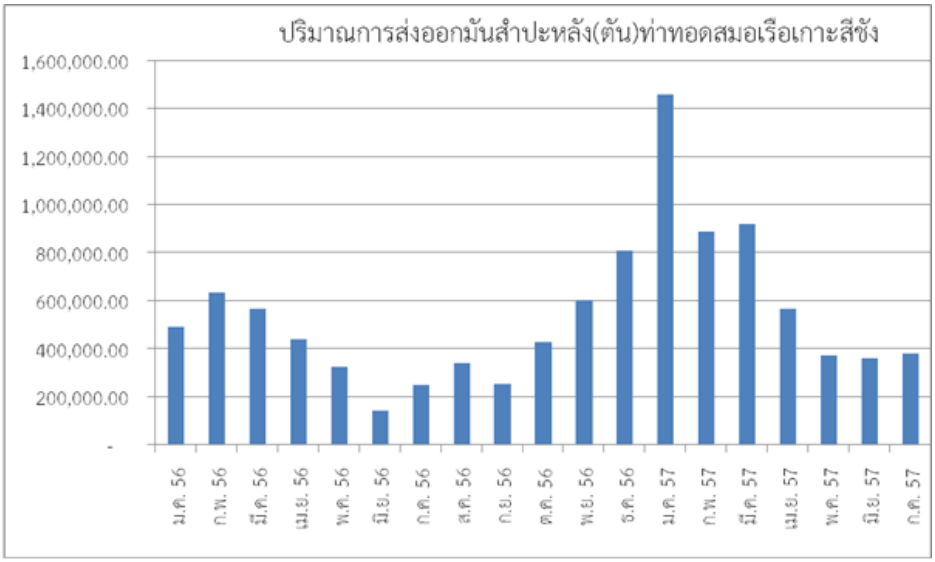
1) สินค้าประเภทเทกอง(Bulk) ได้แก่

- สินค้าส่งออก ได้แก่ ปูนซีเมนต์ ผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง ที่มีทั้งในรูปแป้งมัน มันเส้น และมันอัดเม็ด
- สินค้านำเข้า ได้แก่ ถ่านหิน ปุ๋ยเคมี ถั่วเหลือง และโซดาแอส

2) สินค้าประเภทบรรจุหีบห่อ (Bag) (ที่ใช้แรงงานขนถ่าย) ได้แก่

- สินค้าประเภทน้ำตาล ข้าวสาร ข้าวโพด และแป้งมัน

ปริมาณการส่งออกมันสำปะหลังที่ท่าทอดสมอเรือเกาะสีชังในปี พ.ศ. 2556-2557 อยู่ในช่วง 370,477.69-1,456,911.26 ตัน และมีการขนส่งแป้งมันสำปะหลังมากที่สุดในเดือนมกราคม และน้อยที่สุดในเดือนมิถุนายน ดังแสดงในภาพที่ 2-3 (เทศบาลตำบลเกาะสีชัง, 2557)




**ภาพที่ 2-3** ปริมาณการส่งออกมันสำปะหลังบริเวณท่าทอดสมอเรือเกาะสีชัง (พ.ศ. 2556-2557)

**ที่มา** : เทศบาลตำบลเกาะสีชัง (2557)

**2.4 ผลกระทบจากการขนส่งมันสำปะหลังต่อสิ่งแวดล้อมทางทะเล**

มีการศึกษาผลกระทบจากการขนส่งผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังต่อสิ่งแวดล้อม และระบบนิเวศทางทะเลบริเวณเกาะสีชัง-ศรีราชาโดย สมภพ รุ่งสุภา (2556) พบว่า การขนถ่ายผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง เช่น มันอัดเม็ด และมันเส้นบริเวณระหว่างศรีราชา-เกาะสีชัง ที่มีการดำเนินการมามากกว่า 20 ปี ทำให้เกิดฝุ่นละอองในบริเวณขนถ่ายแล้วยังกระจายไปถึงเกาะสีชังในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และฝั่งอำเภอศรีราชาในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ส่งผลต่อปัญหาด้านสุขภาพอนามัยและสาธารณสุขต่อประชาชนทั้งในเกาะสีชัง และในอำเภอศรีราชาเป็นอย่างมาก โดยในช่วงระยะ 5 ปีที่ผ่านมา พบว่ามีการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีอันเนื่องมาจากแพลงก์ตอนพืชหลายกลุ่มที่มีจำนวนมากมายมหาศาลในเวลาสั้นๆ น้ำทะเลบริเวณที่เกิด เปลี่ยนเป็นสีเขียว จาก *Noctiluca scintillas* หรือ สีน้ำตาลถึงน้ำตาลแดง จาก *Chaetoceros* sp หรือ *Ceratium furca* ซึ่งใน พ.ศ. 2553 พบว่ามีไดโนแฟลกเจลเลตกลุ่ม *Protoperidinium* sp. เพิ่มจำนวนขึ้น ซึ่งทำให้น้ำทะเลเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเหลือง และปรากฏขึ้นบ่อยครั้งบริเวณเกาะสีชัง อย่างไรก็ดีผลของฝุ่นละอองจากผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังต่อคุณภาพน้ำ ตะกอนดินและสัตว์หน้าดิน มีการศึกษาน้อย มีเพียงแต่การคาดการณ์ว่า การที่มีการขนถ่ายผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังเป็นเวลานานในสถานที่เดิมย่อมมีน่าจะมีผลต่อคุณภาพน้ำ คุณภาพตะกอนดินที่อยู่ใกล้เคียง และตะกอนดินน่าจะมีผลกระทบมากกว่าคุณภาพน้ำทะเลที่มีการไหลถ่ายเทได้ดีกว่า ผู้วิจัย มีสมมุติฐานการวิจัยว่าฝุ่นผงที่เกิดจากการแตกหักของผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง ได้แก่ มันเส้น มันอัดเม็ด หรือแป้งมันสำปะหลังที่ขนถ่ายสู่เรือสินค้า ที่เริ่มกิจกรรมตั้งแต่เรือที่มาขนถ่ายจอดเรือ ขณะทำการขนถ่ายจากเรือเล็ก และหลังจากขนถ่ายเสร็จเรียบร้อยแล้วมีผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมในบริเวณอ่าวศรีราชาและเกาะสีชังอย่างแน่นอนโดยเฉพาะกิจกรรมการขนถ่ายแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งการขนถ่ายแป้งมันสำปะหลังของเรือสินค้าจะมีการฟุ้งกระจายของแป้งมันสำปะหลังทำให้มีเศษฝุ่นแป้งฟุ้งกระจายจำนวนมาก จนบริเวณนั้นมีลักษณะเป็นหมอกควันสีขาว (ภาพที่ 2-5) ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆ ได้แก่คุณภาพน้ำทะเล ตะกอนดิน แพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ สัตว์หน้าดิน ตลอดจนสุขภาพอนามัยของประชาชนที่อยู่ในอิทธิพลการฟุ้งกระจายของฝุ่นมันสำปะหลังดังกล่าว ทั้งบริเวณชายฝั่งศรีราชาและทั้งเกาะสีชัง การศึกษาเกี่ยวกับผลของฝุ่นแป้งมันสำปะหลังต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมและนิเวศทางทะเลในบริเวณนี้ยังไม่ครอบคลุมและมีผลที่ชัดเจนเพียงพอ โดยเฉพาะในเรื่องคุณภาพน้ำ คุณภาพดินตะกอน รวมถึงผลกระทบที่แท้จริงและชัดเจนต่อสิ่งมีชีวิตในทะเลอื่นๆ

**ภาพที่ 2-5** การขนถ่ายแป้งมันสำปะหลังบริเวณนอกชายฝั่งอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี

**ที่มา** : https://regional.kachon.com/189979

จากผลการศึกษาคุณภาพน้ำ และดินตะกอนท ในพื้นที่ที่มีการขนถ่ายสินค้าทางการเกษตรบริเวณเกาะสีชัง และนอกชายฝั่งอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ในหลายปีที่ผ่านมามีดังนี้

ในปี พ.ศ. 2549 สุริยัน ธัญกิจจานุกิจ และคณะ (2549) ได้ศึกษาคุณภาพน้ำทะเลบริเวณระหว่างเกาะสีชัง-ศรีราชา พบว่าคุณภาพน้ำทะเลบริเวณพื้นที่ๆ ที่มีกิจกรรมการขนถ่ายมันสำปะหลังและสินค้าอื่นๆ ซึ่งอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของเกาะสีชังและเกาะขามใหญ่ บริเวณทิศเหนือถึงทิศตะวันตกเฉียงใต้ของเกาะสีชังที่อาจได้รับผลกระทบจากกิจกรรมการขนถ่ายมันสำปะหลังและสินค้าอื่นๆ และจุดอ้างอิงทางทิศใต้ของเกาะสีชังมีคุณภาพน้ำทะเลไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 2-2)

**ตารางที่ 2-2** คุณภาพน้ำทะเลบริเวณเกาะสีชัง-ศรีราชาในเดือนกุมภาพันธ์ – เมษายน พ.ศ. 2549 (สุริยัน ธัญกิจจานุกิจ และคณะ, 2549)

| พารามิเตอร์ | ค่า |
|---|---|
| อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) | 27.36-29.98 |
| ความเป็นกรด-เบส (pH) | 6.84-8.05 |
| ความเค็ม (ส่วนในพันส่วน) | 30.82-36.65 |
| ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร) | 2.76-5.80 |
| ความลึกของน้ำทะเล (เมตร) | 8-27 |
| ความขุ่นใสของน้ำทะเล (เอ็นทียู) | 0.42-6.56 |
| ความโปร่งแสงของน้ำทะเล (เมตร) | 1.5-7.5 |
| ปริมาณแอมโมเนีย (มิลลิกรัม/ลิตร) | 0.006-0.251 |
| ปริมาณไนไตรท์ (มิลลิกรัม/ลิตร) | 0.000-0.007 |
| ปริมาณไนเตรท (มิลลิกรัม/ลิตร) | 0.000-0.011 |
| ค่า BOD (มิลลิกรัม/ลิตร) | 0.2-5.45 |
| ค่า COD (มิลลิกรัม/ลิตร) | 62.30-103.50 |
| ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร) | 0.000-0.801 |
| ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (TDS) | 2,112-3,093 |
| ปริมาณของแข็งที่แขวนลอยในน้ำทั้งหมด (มิลลิกรัม/ลิตร) | 10.23-18.57 |

คุณภาพน้ำทะเลบริเวณเกาะสีชัง พ.ศ. 2554 หน้าสถานีวิจัยฯ และท่าภาณุรังสีอยู่ในเกณฑ์ดี สถานีเกาะสีชัง (ท่าเทววงษ์) ศรีราชา (เกาะลอย) และอ่าวอุดม (สะพานปลา) อยู่ในเกณฑ์พอใช้ ระหว่างปี พ.ศ. 2553-2554 คุณภาพน้ำทะเลรอบเกาะสีชัง ได้แก่ อุณหภูมิน้ำทะเล ความเค็ม ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณแอมโมเนียรวม ปริมาณไนเตรท ปริมาณฟอสเฟต ปริมาณซิลิเกต มีค่าเฉลี่ยและค่าต่ำสุด-สูงสุด ได้แก่ 29.2-29.7 องศาเซลเซียส, 29.0-29.4 PSU, 4.2-4.4 มิลลิกรัม/ลิตร, 8.1 (8.0-8.3), 2.14-2.56 µM, 1.19-1.42 µM, 1.43-1.70 µM และ 16.44-22.76 µM ระหว่างเดือนมกราคม- เดือนธันวาคม พ.ศ. 2554 คุณภาพน้ำทะเลส่วนใหญ่อยู่ในสภาพปกติ นอกจากระหว่างเดือนกรกฎาคม- ตุลาคม ที่มีน้ำจืดไหลออกจากแม่น้ำสายหลักลงสู่อ่าวไทยตอนใน เนื่องจากเกิดน้ำท่วมใหญ่ในที่ราบภาคกลาง ทำให้น้ำทะเลรอบเกาะสีชังมีความเค็มลดลงต่ำสุดเท่ากับ

18 PSU ในเดือนกันยายน และกลับสู่สภาพปกติที่ความเค็ม 32.2-32.8 PSU ในเดือนพฤศจิกายน นอกจากคุณภาพน้ำทะเลบางประการ ได้แก่ ปริมาณแอมโมเนียรวม ฟอสเฟต และซิลิเกต ที่มีค่าผิดปกติ (สมภพ รุ่งสุภา, 2556)

คุณภาพน้ำทะเลบริเวณเกาะสีชัง พ.ศ. 2555 พบว่ามีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในช่วง 28.0-31.4 องศาเซลเซียส อุณหภูมิมีค่าต่ำสุดในเดือนมกราคม และมีค่าสูงสุดในเดือนเมษายน ความเค็มเฉลี่ยอยู่ในช่วง 21.2-32.6 PSU ความเค็มมีค่าต่ำสุดในเดือนกันยายน และมีค่าสูงสุดในเดือนพฤศจิกายน ความเค็มพบว่า มีค่าลดลงระหว่างเดือนมิถุนายนถึงเดือนกันยายน โดยมีค่าความเค็มระหว่าง 21.2-27.7 PSU ความเค็มรอบเกาะสีชังเพิ่มขึ้นจนอยู่ในระดับปกติในเดือนตุลาคม โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31.3 PSU ปริมาณออกซิเจนละลายมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.7-7.4 มิลลิกรัม/ลิตร และมีค่าต่ำสุดในเดือนตุลาคม ปริมาณแอมโมเนียรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงน้อยกว่า 1.5 µM มีค่าสูงสุดในเดือนกรกฎาคม ปริมาณไนเตรทมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.1-4.8 µM มีค่าสูงสุดในเดือนมีนาคม ปริมาณฟอสเฟตมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.22-1.62 µM มีค่าสูงสุดในเดือนมีนาคม และปริมาณ ซิลิเกตมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.27-28.19 µM (สมภพ รุ่งสุภา, 2555)

ในปี 2555 กรมควบคุมมลพิษได้รายงานคุณภาพน้ำทะเลบริเวณท่าเทววงษ์ เกาะสีชัง (ระยะห่างจากฝั่ง 100 ม.) ท่าภาณุรังสี เกาะสีชัง (ระยะห่างจากฝั่ง 100 ม.) สวนสาธารณะเกาะลอย ศรีราชา (ระยะห่างจากฝั่ง 500 ม.) คุณภาพน้ำทะเลเฉพาะบริเวณท่าเทววงษ์ และท่าภาณุรังสี เกาะสีชัง เปลี่ยนจากคุณภาพน้ำทะเลระดับดี ในปีที่ผ่านมา เป็นระดับพอใช้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2557) จากข้อมูลคุณภาพน้ำทะเลบริเวณดังกล่าวระหว่าง พ.ศ. 2554-2556 พบค่าสารแขวนลอย ปริมาณไนเตรท ฟอสเฟต แอมโมเนีย ปริมาณแบคทีเรียรวม และฟีคอลโคลิฟอร์ม เพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีแนวโน้มลดลงและต่ำกว่าค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานต้องไม่น้อยกว่า 4.0 มิลลิกรัม/ลิตร) คุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งบริเวณเกาะลอย ศรีราชา (สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล, 2557) ระหว่าง พ.ศ. 2554-2556 แสดงแนวโน้มความเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำทะเล โดยเฉพาะปริมาณแบคทีเรียรวมและปริมาณฟีคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ในขณะที่ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำทะเลที่สำคัญอยู่ในระดับมาตรฐานไม่ต่ำกว่า 4.0 มิลลิกรัม/ลิตร ทั้งนี้มีข้อน่าสังเกตที่สำคัญ คือ ความเค็มน้ำทะเลมีค่าต่ำสุดระหว่าง พ.ศ. 2554-2556 ระหว่าง 9.0-20.0 PSU โดยจะลดลง ตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคม แสดงว่า มีน้ำทะเลความเค็มต่ำหรือน้ำจืดจากแม่น้ำบางปะกงไหลมาถึงบริเวณเกาะลอย ศรีราชา ซึ่งจะมีส่วนทำให้คุณภาพน้ำทะเล เช่น ปริมาณแบคทีเรียมีค่าเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม พบว่าปริมาณสารอาหารที่สำคัญ ได้แก่ แอมโมเนีย ไนเตรท ฟอสเฟต และ ซิลิเกต กลับไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนระหว่าง พ.ศ. 2554-2556

สำหรับคุณภาพดินตะกอนที่มีการศึกษาวิจัยในช่วงปี 2534-2553 พบว่า

1) ปริมาณสารอินทรีย์ในตะกอนดิน

สมถวิล จริตควร และวิภูษิต มันฑะจิตร (2534) รายงานการเปลี่ยนแปลงรายเดือนของปริมาณสารอินทรีย์ในตะกอนดินหน้าท่าเรือแหลมฉบัง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2532 เฉลี่ยร้อยละ 12.39 (3.43-29.09) ธันวาคม พ.ศ. 2532 เฉลี่ยร้อยละ 9.83 (2.63-26.79) เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2533 เฉลี่ยร้อยละ 5.77 (1.60-15.62) เดือนเมษายน พ.ศ. 2533 เฉลี่ยร้อยละ 11.45 (2.42-40.07) เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2533 เฉลี่ยร้อยละ 7.04 (1.82-17.21) และเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2533 เฉลี่ยร้อยละ 14.64 (3.00-58.62) พบว่าปริมาณสารอินทรีย์ในตะกอนดินเปลี่ยนแปลงตามเวลาในรอบปี ช่วงหนาวต่อฤดูร้อนประมาณเดือนธันวาคมถึงเดือนเมษายน มีค่าต่ำกว่าช่วงอื่นๆ

ระหว่าง พ.ศ. 2542-2545 ปริมาณสารอินทรีย์ในตะกอนดินบริเวณเกาะสีชัง-ศรีราชา-แหลมฉบัง ที่ไม่มีการขนส่งทางทะเลและมีการขนส่งทางทะเล มีค่าเฉลี่ยและค่าต่ำสุด-สูงสุดในเดือนมกราคม และธันวาคม พ.ศ. 2542 เดือนมกราคม พ.ศ. 2545 และเดือนกันยายน พ.ศ. 2545 ดังนี้ ศรีราชา (ไม่มีการขนส่ง) ร้อยละ 2.32 (1.69-2.95)ร้อยละ 2.04(1.66-2.42)ร้อยละ 1.34(1.24-1.45)และร้อยละ1.17(0.96-1.38) เกาะสีชัง (ไม่มีการขนส่ง) ร้อยละ 2.20 (1.69-2.71) ร้อยละ 2.02 (1.87-2.18) ร้อยละ 0.94 (0.80-1.09) และร้อยละ 1.67 (1.43-1.91) เกาะสีชัง (มีการชนส่ง) ร้อยละ 1.94 (1.61-2.28) ร้อยละ 2.44 (1.87-3.02) ร้อยละ 1.16(0.80-1.53)และร้อยละ 1.71(1.52-1.91)และแหลมฉบัง (มีการขนส่ง) ร้อยละ 3.36 ร้อยละ 2.15 ร้อยละ 1.32 และร้อยละ 1.26 ตามลำดับ สามารถสรุปได้ว่าปริมาณสารอินทรีย์ในตะกอนดิน บริเวณที่มีการขนส่งสูงกว่าไม่มีการขนส่งเล็กน้อย (สมภพ รุ่งสุภา, 2552)

การศึกษาในปี 2549 ปริมาณสารอินทรีย์รวมบริเวณระหว่างเกาะสีชัง-ศรีราชาเดือนกุมภาพันธ์-เมษายน มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 8.25-83.2 (สุริยัน ธัญกิจจานุกิจ และคณะ, 2549) จากการศึกษาในปี 2550-2551 ปริมาณสารอินทรีย์ในตะกอนดินระหว่างศรีราชาและเกาะสีชัง ในบริเวณที่มีการขนถ่ายสินค้าอยู่ในช่วงร้อยละ 9.39±1.13 ถึงร้อยละ 23.65±1.34 บริเวณที่ไม่มีการขนถ่ายสินค้ามีค่าร้อยละ 7.18±0.43 ถึงร้อยละ 16.91±0.70 (อลงกต อินทรชาติ และคณะ, 2551)

พนมไพร วงษ์คลองเขื่อน (2553) เปรียบเทียบปริมาณสารอินทรีย์ในตะกอนดินชายฝั่งทะเลอ่าวศรีราชา เกาะสีชัง และเกาะใกล้เคียง ในปี 2553 พบว่าท่าเรือเกาะลอยศรีราชามีปริมาณสารอินทรีย์ในตะกอนดินสูงกว่ารอบเกาะสีชังและเกาะใกล้เคียง มีค่าเท่ากับร้อยละ 7.54 เทียบกับบริเวณท่าวัง เกาะสีชัง ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 3.16 และเกาะร้านดอกไม้ ร้อยละ 4.18

2) ปริมาณซัลไฟด์ในตะกอนดิน (Acid Volatile Sulfide)

การศึกษาในปี 2549 ปริมาณซัลไฟด์ในตะกอนดิน บริเวณระหว่างเกาะสีชัง-ศรีราชา เดือนกุมภาพันธ์-เมษายน มีค่าอยู่ในช่วง 0.0001-0.3099 มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักดินแห้งซึ่งมีปริมาณสูงในบางสถานีและบางชั้นดินที่ระดับความลึกต่างๆ อยู่ในช่วงที่สูงกว่าที่รายงานโดยสุริยัน และคณะ (2549)(ตารางที่ 2-10) โดยมีรูปแบบ

เพิ่มขึ้นและลดลงที่ไม่แน่นอนเมื่อระดับความลึกเพิ่มขึ้นไฮโดรเจนซัลไฟด์สามารถใช้เป็นพื้นฐานในการบอกถึงความสามารถในการรองรับการดูดซึมของสารอินทรีย์ที่เป็นของเสียลงสู่ดินตะกอนได้ สุริยัน ธัญกิจจานุกิจ และคณะ (2549) อ้างจาก Yokoyama (2003) ว่าดินตะกอนพื้นบ่อในบ่อเลี้ยงปลามีค่าไฮโดรเจนซัลไฟด์มากกว่า 1.7 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักดินแห้ง ซึ่งสามารถบ่งบอกสภาวะวิกฤตภายในสิ่งแวดล้อมของบ่อเลี้ยงปลาได้รวมทั้งค่าไฮโดรเจนซัลไฟด์ในดินพื้นบ่อไม่ควรมีค่ามากกว่า 2.5 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักดินแห้ง (สุริยัน ธัญกิจจานุกิจ และคณะ, 2549)

ผลการศึกษาปริมาณซัลไฟด์ในตะกอนดินบริเวณที่มีการขนถ่ายสินค้า ในปี 2551 มีค่าอยู่ในช่วง 0.0047±0.0002 ถึง 0.2357±0.0089 มิลลิกรัม/กรัม น้ำหนักดินแห้ง บริเวณที่ไม่มีการขนถ่ายสินค้าอยู่ในช่วง 0.0001±0.0000 ถึง 0.1413±0.0087 มิลลิกรัม/กรัม น้ำหนักดินแห้ง (อลงกต อินทรชาติและคณะ, 2551) ปริมาณซัลไฟด์ในตะกอนดินปกติจะไม่พบบริเวณที่เป็นหาดทรายหรือพื้นทะเลที่มีปริมาณสารอินทรีย์ต่ำ โดยปริมาณซัลไฟด์ในตะกอนดินพื้นที่อ่าวไทย ที่ระดับผิวดิน (0-2 เซนติเมตร) เฉลี่ยต่ำกว่า 0.001 มิลลิกรัม/กรัม น้ำหนักดินแห้ง (อลงกต อินทรชาติ และคณะ, 2551 อ้างถึง Chareonpanich et al, 1998)

จากผลการศึกษาผลกระทบจากการขนถ่ายแป้งมันสำปะหลังต่อคุณภาพน้ำ และดินตะกอนบริเวณนอกชายฝั่งอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี โดยกรมควบคุมมลพิษ ในปี 2557 พบว่า ปัญหาที่เกิดจากฝุ่นละอองในอากาศจากการขนถ่ายสินค้าขาเข้า-ขาออก (สินค้าเทกอง) ประเภทมันสำปะหลังจากเรือลำเลียงขึ้น-ลงเรือเดินทะเล ซึ่งการขนถ่ายสินค้าเทกอง เช่น มันสำปะหลัง (มันเส้นและมันอัดเม็ด) โดยใช้ grab จากเรือสินค้า ขึ้น-ลงเรือโป๊ะ ปล่อยสินค้ากลางอากาศทำเกิดฝุ่นมากเมื่อสินค้าตกลงจากกลางอากาศสู่เรือเดินสมุทร ส่งผลต่อคุณภาพน้ำ ดังนี้ ค่าบีโอดีบริเวณจุดที่มีการจอด และขนถ่ายสินค้า มันสำปะหลัง มีค่าสูงกว่าจุดที่ไม่มีการขนถ่ายสินค้าทางเรือในช่วงฤดูร้อนและฤดูฝน ค่าออกซิเจนละลายน้ำจุดที่มีการจอดและขนถ่ายสินค้ามันสำปะหลัง มีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน ในช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อน ค่าปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนรวมในน้ำทะเล มีค่าเกินมาตรฐานในพื้นที่ที่มีการขนส่งทางทะเล สำหรับปัญหาความเสื่อมโทรมของตะกอนดินพื้นทะเล พบว่า บริเวณจุดจอดเรือและขนถ่ายสินค้าทางเรือพบลักษณะพื้นทะเลมีสีดำ เป็นโคลนเหลว และมีกลิ่นเหม็นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ทุกฤดูกาล ปริมาณอินทรีย์สารและก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในตะกอนดิน ณ จุดจอดเรือและขนถ่ายสินค้าทางเรือ มีค่าสูงกว่าบริเวณอื่นๆ เนื่องจากจุดจอดเรือและขนถ่ายสินค้าทางเรือเป็นลักษณะแอ่งกระทะทำให้ของเสียจากฝุ่นละอองในอากาศน้ำเสีย สิ่งปฏิกูลไหลมารวมกันและสะสมจนเกิดปัญหาความเสื่อมโทรมของตะกอนดินพื้นทะเลทุกฤดูกาล เกิดการลดลงของสัตว์น้ำ และเกิดการตายของหอยแมลงภู่บริเวณใกล้จุดจอดเรือ และขนถ่ายสินค้าทางเรือ นอกจากนี้พบว่าค่า Redox potential ในตะกอนดินพื้นทะเลที่มีแนวโน้มสูงในทิศทางเดียวกับพื้นที่ที่มีการขนถ่ายทางทะเล

**2.5 ผลกระทบของสารอินทรีย์ต่อสิ่งแวดล้อมทางทะเล**

มันสำปะหลังสดส่วนใหญ่ประกอบด้วยน้ำ 60-80 เปอร์เซ็นต์ แป้ง 20-40 เปอร์เซ็นต์ และมีโปรตีนและไขมัน ไม่ถึง 2 เปอร์เซ็นต์ (ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์) ดังนั้น หัวมันสำปะหลังจึงเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญ ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้จะผ่านกระบวนการย่อยสลายตามธรรมชาติจนกระทั่งกลายเป็นสารอินทรีย์ปะปนอยู่ในแหล่งน้ำต่อไป

สารอินทรีย์ (Organic compounds) เป็นสารที่มีส่วนประกอบซึ่งประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน เป็นสารที่มี ผลต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ กล่าวคือสิ่งสกปรกที่ เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ จะถูกระบายออกมาในรูปของสารอินทรีย์ ซึ่งจะมีผลทำให้จุลินทรีย์ในน้ำมีการใช้สารเหล่านี้เป็นอาหาร โดยในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ต่างๆ ในน้ำจะต้องใช้ออกซิเจนที่ ละลายน้ำเป็นตัวช่วย ดังนั้นแหล่งน้ำที่มีสารอินทรีย์ ในปริมาณที่สูงก็จะทำให้แหล่งน้ำนั้นเกิดการเน่าเสียได้(ชัยศรี ธาราสวัสดิพิพัฒน์, 2547) อินทรีย์วัตถุ (Organic matter) คือสิ่งที่ได้ จากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ ซากพืช ซากสัตว์ สิ่งขับถ่ายของมนุษย์ และสัตว์ รวมไปถึงเซลล์ ของจุลินทรีย์ที่ตายแล้ว มีความสำคัญในแง่ของการควบคุมคุณสมบัติของดิน ทั้งทางด้านกายภาพ เคมี ชีวภาพ (อรรถ สมร่าง และคณะ, 2548)

การขนส่งผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังบริเวณเกาะสีชัง นอกชายฝั่งจังหวัดชลบุรี ทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของสารอินทรีย์ในทะเลจากกระบวนการขนถ่าย ซึ่งสารอินทรีย์เหล่านี้จะปนเปื้อนในแหล่งน้ำ และสะสมในดินตะกอนในบริเวณใกล้ฝั่ง อาจมีสารอินทรีย์ใหม่ในปริมาณสูง แต่ในทะเลลึกที่ตะกอนจะสะสมสารอินทรีย์อย่างช้าๆ สารอินทรีย์ส่วนใหญ่จะถูกย่อยสลายไปโดยกระบวนการของจุลินทรีย์ภายในเวลาไม่ช้าหลังจากการตกตะกอน สารอินทรีย์ในทะเลมีความสำคัญมาก เพราะมีอิทธิพลควบคุมการเปลี่ยนแปลง หลังการตกตะกอน การแพร่กระจายของปริมาณสารอินทรีย์ในตะกอนมีการผันแปรตามสภาพแวดล้อม โดยทั่วไปพบว่าปริมาณสารอินทรีย์รวมในตะกอนดินมีค่าสูงขึ้นเมื่ออยู่ใกล้ฝั่ง และมีค่าลดลงเมื่ออยู่ห่างฝั่งออกไปเรื่อยๆ (จารุมาศ เมฆสัมพันธ์, 2548; Tam and Wong, 1998) ปริมาณดังกล่าวมีค่าค่อนข้างน้อยเมื่ออยู่ในทะเลลึก ชนิดของสารอินทรีย์ที่พบในตะกอนแต่ละบริเวณมักจะแตกต่างกันไปตามสถานที่ เช่นในตะกอนใกล้ฝั่งอาจมีกรดฮิวมิกสูงกว่าร้อยละ 50 ของสารอินทรีย์รวม แต่ในทะเลลึกอาจมีไม่ถึงร้อยละ 5 อย่างไรก็ตามองค์ประกอบย่อยของสารอินทรีย์ในดินตะกอนทะเลลึกมักจะคล้ายคลึงกันมากกว่าส่วนการที่สารอินทรีย์จะตกค้างอยู่ในดินตะกอนได้มากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับอัตราการตกตะกอนของตะกอนทุกประเภท และอัตราการย่อยสลายหรือการเปลี่ยนรูปของสารในบริเวณนั้น

ฤดูกาลเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณการสะสมของสารอินทรีย์ในน้ำและตะกอนดิน เนื่องจากมีอิทธิพลจากลมมรสุม เช่น การขนถ่ายแป้งมันสำปะหลังจะมีการฟุ้งกระจายไปทางด้านเกาะสีชังในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และจะฟุ้งกระจายไปทางอำเภอศรีราชาในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

มีการศึกษาวิจัยผลของฤดูกาลต่อการเปลี่ยนแปลง เคลื่อนตัวของสารอินทรีย์บริเวณไหล่ทวีปในทะเลเขตอบอุ่น โดย Davis, et al. (2018) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำกับฤดูกาล นักวิจัยทำการเก็บตัวอย่างน้ำ 4 ครั้ง ในรอบ 1 ปี บริเวณ Celtic Sea ครั้งที่ 1 ในเดือนพฤศจิกายน 2014 (ฤดูใบไม้ร่วง) ครั้งที่ 2 เดือนมีนาคม 2015 (ฤดูหนาว) ครั้งที่ 3 เดือนเมษายน 2015 (ฤดูใบไม้ผลิ) ครั้งที่ 4 เดือนกรกฎาคม 2015 (ฤดูร้อน) ทำการวิเคราะห์สารอนินทรีย์ในน้ำ(Dissolved inorganic nutrient) ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ในรูปแบบต่างๆ สารอินทรีย์ละลายน้ำ (Dissolved organic matter ; DOM) สารอินทรีย์แขวนลอย (Particulate organic matter ; POM) สารอินทรีย์ละลายน้ำ (Dissolved organic carbon ; DOC) ไนโตรเจนละลายน้ำทั้งหมด (Total dissolved nitrogen ; TDN) และ คลอโรฟิลล์ เอ ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณของสารอินทรีย์ละลายน้ำ(DOM) และสารอินทรีย์แขวนลอย(POM) ในน้ำทะเลบริเวณนี้มีการหมุนเวียนตลอดทั้งปีพบได้ในทุกฤดูกาล และปริมาณของสารอินทรีย์แขวนลอย (DOM) มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับสารอินทรีย์แขวนลอย (POM) ส่วนสารอินทรีย์คาร์บอนในรูป สารอินทรีย์ละลายน้ำ (DOC) นั้นมีปริมาณสูงในช่วงฤดูใบไม้ผลิ และมีปริมาณน้อยในช่วงฤดูใบไม้ร่วง

เนื่องจากผลิตภัณฑ์จากมันสำปะหลังมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบมากถึงร้อยละ 40 ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ว่าจะมีคาร์โบไฮเดรตปนเปื้อนในบริเวณขนถ่ายผลิตภัณฑ์จากมันสำปะหลังสูง โดยคาร์โบไฮเดรตในน้ำและในดินตะกอนจะถูกเปลี่ยนรูปให้เป็นสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดเล็กลง และผ่านกระบวนการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ จนกระทั้งได้แร่ธาตุอาหารหมุนเวียนในระบบนิเวศต่อไป มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่สะสมในดินตะกอน บริเวณฟาร์มเลี้ยงหอยแครง ครอบคลุมพื้นที่ทางฝั่งตะวันออกและฝั่งตะวันตกของอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี ในช่วงฤดูฝน (เดือนมิถุนายนและสิงหาคม พ.ศ. 2556) และฤดูร้อน (เดือนมีนาคม พ.ศ. 2557) เพื่อแสดงอิทธิพลของฤดูกาลต่อการสะสมสารอาหารในดินตะกอน พบว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงสุดในดินตะกอนช่วงฤดูฝน (เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2556) ข้อมูลชี้ให้เห็นว่าฤดูกาลมีผลต่อการสะสมคาร์โบไฮเดรตในดินตะกอนบริเวณพื้นที่เลี้ยงหอยแครง และเมื่อเปรียบเทียบในระดับความลึก พบว่าส่วนใหญ่จะมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมอยู่ในชั้นดินที่ระดับ 5-10 เซนติเมตร มากกว่าระดับ 0-5 เซนติเมตร (ทองทิพย์ วงษ์ศิลป์ และคณะ, 2559) นอกจากนี้มีงานวิจัยของสมภพ (2558) ศึกษาผลของการขนถ่ายผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังบริเวณระหว่างศรีราชา-เกาะสีชัง ต่อคุณภาพน้ำ ตะกอนดิน และสัตว์หน้าดิน บริเวณที่ทำการศึกษาครอบคลุมอ่าวศรีราชาและรอบเกาะสีชัง โดยเก็บตัวอย่างเป็นเวลา 1 ปี ผลการศึกษาปริมาณคาร์โบไฮเดรตในน้ำทะเล ซึ่งจะเป็นดัชนีชี้มลภาวะจากการขนถ่ายผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังบริเวณเกาะสีชัง-ศรีราชา พบว่า ที่ระดับผิวน้ำในเดือนมกราคม มีค่าสูงสุด และลดลงในเดือนเมษายน และต่ำสุดในเดือนกรกฎาคม โดยปริมาณคาร์โบไฮเดรตในน้ำทะเลมีค่าลดลงตามระดับความลึกอย่างชัดเจน และบริเวณเกาะสีชังทิศเหนือและตะวันออกพบว่ามีค่าคาร์โบไฮเดรตสูงสุดในทุกครั้งที่เก็บตัวอย่าง สำหรับคุณภาพดินตะกอนพบว่า ปริมาณสารอินทรีย์และปริมาณซัลไฟด์ในดิน

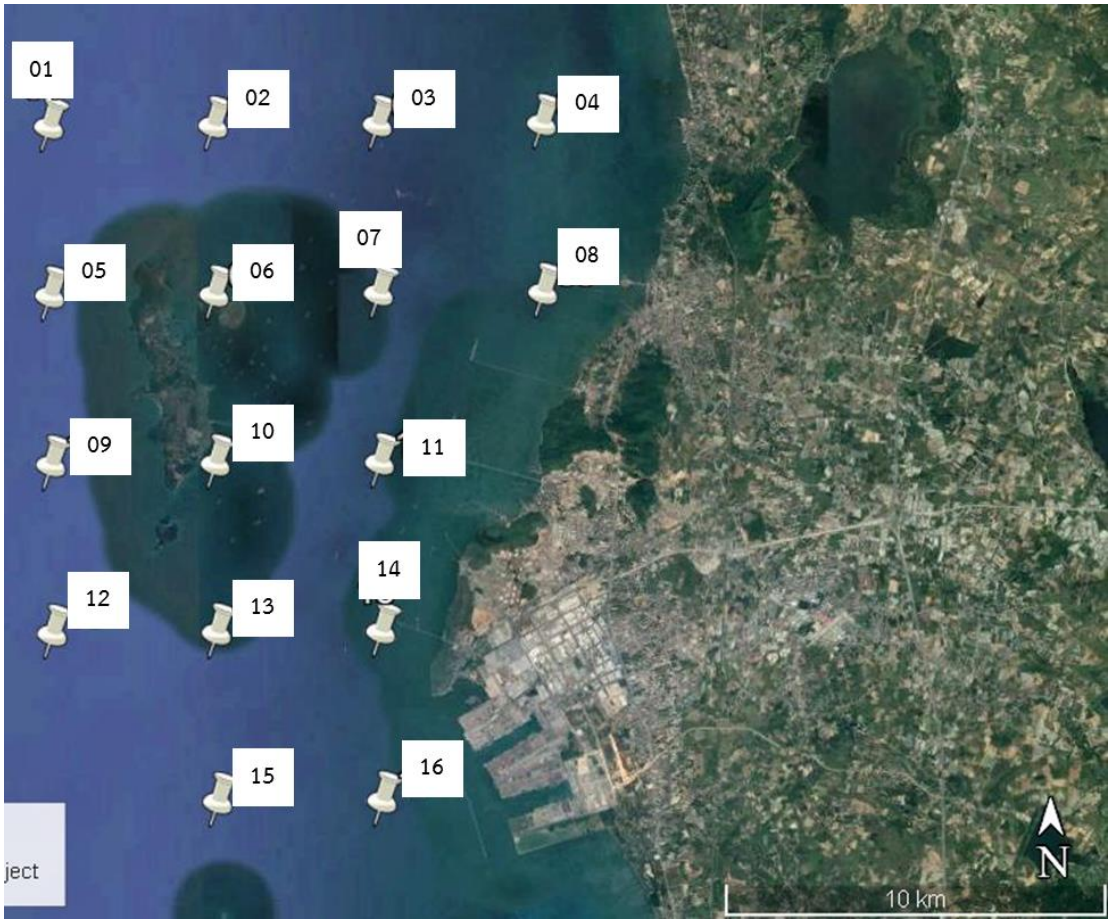
ตะกอน มีค่าสูงสุดในเดือนกรกฎาคม และต่ำสุดในเดือนมกราคม โดยปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนมีค่าสูงที่สุดบริเวณระหว่างเกาะสีชังทิศเหนือกับฝั่งศรีราชา หน้าอ่าวอุดม และหน้าท่าเรือแหลมฉบัง สำหรับปริมาณซัลไฟด์ในตะกอนดินสูงเฉพาะบริเวณเกาะสีชังทิศเหนือและ ระหว่างเกาะสีชังทิศเหนือกับฝั่งศรีราชาเท่านั้น

# บทที่ 3

# วิธีดำเนินการวิจัย

## 3.1 พื้นที่ทำการศึกษา

พื้นที่ในการสำรวจ เก็บตัวอย่างน้ำทะเลและดินตะกอน อยู่บริเวณพื้นที่ขนถ่ายผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง นอกชายฝั่งอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี โดยทำการสำรวจ และเก็บตัวอย่างในพื้นที่ทั้งหมด 1 ครั้งในรอบปี คือ ช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (เดือนกรกฎาคม) กำหนดจุดเก็บตัวอย่างครอบคลุมพื้นที่ศึกษาจำนวนรวมทั้งสิ้น 16 สถานี (ภาพที่ 3-1) โดยแสดงพิกัดจุดเก็บตัวอย่างดังตารางที่ 3-1

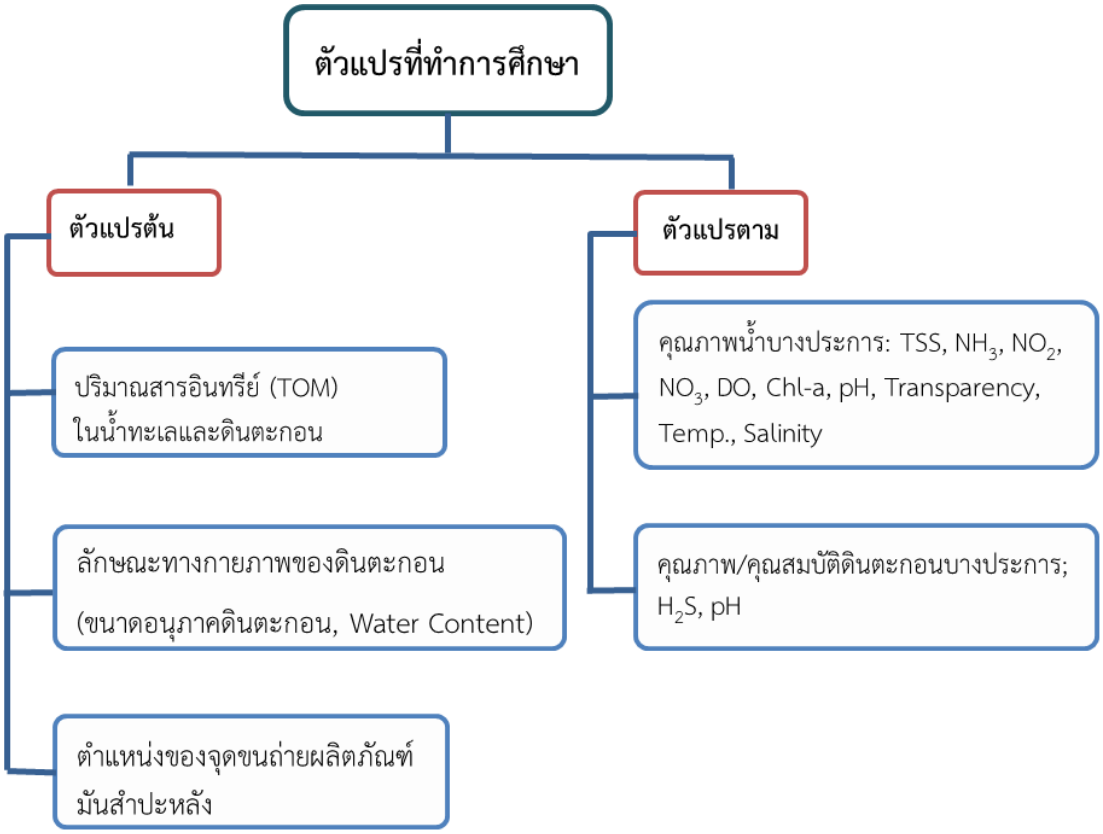



**ภาพที่ 3-1** พื้นที่ทำการศึกษาและจุดเก็บตัวอย่าง บริเวณพื้นที่ขนถ่ายผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง นอกชายฝั่งอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี (ดัดแปลงภาพจาก https://earth.google.com)

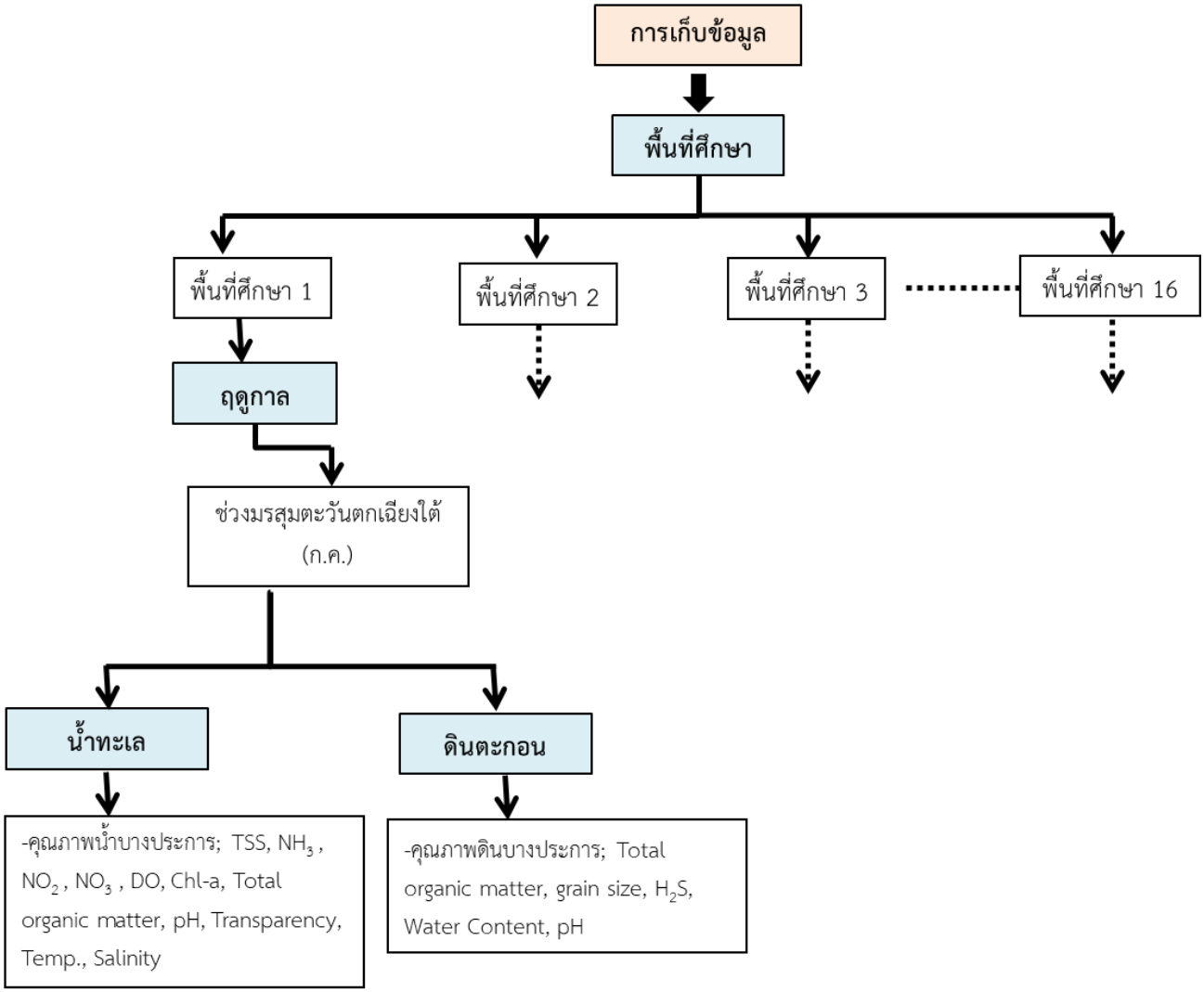
**ตารางที่ 3-1** พิกัดจุดเก็บตัวอย่างบริเวณพื้นที่/ขนถ่ายผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง

| จุดเก็บตัวอย่าง | แลตติจูด | ลองติจูด |
|---|---|---|
| St 1 | 13.20600 เหนือ | 100.77800 ตะวันออก |
| St 2 | 13.20600 เหนือ | 100.81800 ตะวันออก |
| St 3 | 13.20600 เหนือ | 100.85800 ตะวันออก |
| St 4 | 13.20600 เหนือ | 100.89800 ตะวันออก |
| St 5 | 13.16600 เหนือ | 100.77800 ตะวันออก |
| St 6 | 13.16600 เหนือ | 100.81800 ตะวันออก |
| St 7 | 13.16600 เหนือ | 100.85800 ตะวันออก |
| St 8 | 13.16600 เหนือ | 100.89800 ตะวันออก |
| St 9 | 13.12600 เหนือ | 100.77800 ตะวันออก |
| St 10 | 13.12600 เหนือ | 100.81800 ตะวันออก |
| St 11 | 13.12600 เหนือ | 100.85800 ตะวันออก |
| St 12 | 13.08600 เหนือ | 100.77800 ตะวันออก |
| St 13 | 13.08600 เหนือ | 100.81800 ตะวันออก |
| St 14 | 13.08600 เหนือ | 100.85800 ตะวันออก |
| St 15 | 13.04600 เหนือ | 100.81800 ตะวันออก |
| St 16 | 13.04600 เหนือ | 100.85800 ตะวันออก |

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำทะเล ทำการตรวจวัด และวิเคราะห์คุณภาพน้ำทะเลทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ได้แก่ อุณหภูมิ ความโปร่งแสง ความเค็ม ความเป็นกรด-ด่าง (pH) สารแขวนลอยที่ละลายในน้ำ (Total suspended solids, TSS) แอมโมเนีย ($NH_3$) ไนไตรท์ ($NO_2$) ไนเตรท ($NO_3$) คลอโรฟิลล์ เอ ปริมาณออกซิเจนละลาย และปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำทะเล (Total organic matter, $TOM_W$) สำหรับคุณภาพดินตะกอน ทำการวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์ในดิน ($TOM_S$) อนุภาคของดินตะกอน (Grain size) ซัลไฟด์ ($H_2S$) และความเป็นกรด-ด่างในดิน (pH) โดยมีตัวแปรและแผนการศึกษาวิจัยดังภาพที่ 3-2 และ 3-3




**ภาพที่ 3-2** ตัวแปรต้น และตัวแปรตามในการศึกษา




**ภาพที่ 3-3** แผนการวิจัย

## 3.2 วิธีการศึกษา

### 3.2.1 คุณภาพน้ำทะเล

#### 1) การเก็บตัวอย่างภาคสนาม

เก็บตัวอย่างน้ำทะเลในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง โดยใช้กระบอกเก็บน้ำแบบ Van Dorn และเก็บตัวอย่างแบบตัก (Grab sampling) ที่ระดับความลึก 0.5 เมตรจากระดับผิวน้ำ ระดับกึ่งกลางความลึก และที่ระดับเหนือพื้นท้องน้ำ 1 เมตร ระดับความลึกละ 3 ซ้ำ (n=144) นำน้ำตัวอย่างใส่ลงในขวดพลาสติกขุ่น ขนาด 5 ลิตร เก็บรักษาตัวอย่างที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อนำกลับมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการต่อไป

ตรวจวัดค่าคุณภาพน้ำทะเลที่ระดับความลึกเดียวกับการเก็บตัวอย่างน้ำ ได้แก่ อุณหภูมิ ความโปร่งแสง ออกซิเจนละลายน้ำ ความเค็ม และความเป็นกรด-ด่างของน้ำ ด้วยเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำแบบหลายตัวแปร (Environmental Monitoring Systems: YSI 6920) ทุกครั้งที่ทำการเก็บตัวอย่างน้ำ

**2) การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ**

**2.1) คุณภาพน้ำทะเล** ได้แก่ ปริมาณสารแขวนลอย ปริมาณสารอาหาร (แอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท) คลอโรฟิลล์ เอ และปริมาณสารอินทรีย์ รายละเอียดวิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำแสดงดังตารางที่ 3-2

**ตารางที่ 3-2** ดัชนีคุณภาพน้ำที่ทำการศึกษาและวิธีการวิเคราะห์

| **ดัชนีคุณภาพน้ำ** | **วิธีการวิเคราะห์** |
|---|---|
| สารแขวนลอยในน้ำ (TSS) | วิเคราะห์ปริมาณสารแขวนลอย ตามวิธีการ Gravimetric ของ มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ (2545) นำตัวอย่างน้ำมากรองผ่านการดาษกรองใยแก้ว GF/F ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นชั่งน้ำหนักกระดาษกรองที่ผ่านการอบแล้วด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง จดบันทึกน้ำหนักกระดาษกรอง (B) และปริมาตรน้ำทะเลที่กรองผ่านกระดาษกรอง นำกระดาษกรองที่ผ่านการกรองน้ำตัวอย่างแล้วไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 ชั่วโมงหรือจนกว่าจะแห้ง ปล่อยให้เย็น นำเก็บเข้าโถดูดความชื้น จากนั้นนำกระดาษกรองมาชั่งน้ำหนัก (A) คำนวณปริมาณสารแขวนลอยในน้ำ ตามสูตร<br>**สารแขวนลอยในน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร) =** $\frac{\text{(A-B) X } 10^6}{\text{ปริมาตรของน้ำตัวอย่าง (มิลลิลิตร)}}$<br>**เมื่อ A = น้ำหนักของกระดาษกรอง+สารแขวนลอยในน้ำ (กรัม)**<br>**B = น้ำหนักกระดาษกรองเปล่า (กรัม)** |
| ปริมาณสารอาหารในน้ำ<br>- แอมโมเนีย ($NH_3$)<br>- ไนไตรท์ ($NO_2$)<br>- ไนเตรท ($NO_3$) | นำตัวอย่างน้ำทั้งหมดผ่านกระดาษกรองใยแก้ว GF/F แล้วนำมาวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารในน้ำ ตามวิธีการของ Parson et al. (1984)<br>- **แอมโมเนีย** วิเคราะห์โดยวิธี Phenate Method ตามวิธีการของ Parson et al. (1984) นำน้ำตัวอย่างที่ผ่านกระดาษกรองแล้วปริมาตร 20 มิลลิลิตร เติมสารละลายแมงกานีสซัลเฟต (เตรียมโดยละลายแมงกานีสซัลเฟต ($MnSO_4 . H_2O$) 0.05 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร) 1 หยด จากนั้นเติม hypochlorous 1 มิลลิลิตร และเติม phenate reagent (เตรียมโดยส่วนแรกทำการละลาย NaOH 5 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ส่วนที่สอง ทำการละลาย phenol 20 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร สารละลายนี้ควรเตรียมทุกครั้งที่ทำ |

| | |
|---|---|
| | การวิเคราะห์ โดยผสมส่วนแรก และส่วนที่สองในปริมาตรที่เท่าๆ กัน เช่น ใช้ส่วนแรก 10 มิลลิลิตร ผสมกับส่วนที่สอง 10 มิลลิลิตร) 1.2 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที เพื่อให้เกิดสี แต่ไม่ควรเกิน 24 ชั่วโมง จากนั้นทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร คำนวณหาปริมาณของแอมโมเนียในตัวอย่างน้ำทะเล โดยใช้กราฟมาตรฐาน<br><br>- **ไนไตรท์** วิเคราะห์โดยวิธี Colorimetric Method ตามวิธีการของ Parson et al. (1984) นำตัวอย่างน้ำทะเลที่ผ่านการกรองแล้วปริมาตร 50 มิลลิลิตร ใส่ใน flask จากนั้นเติม diazotizing agent (เตรียมโดยเติม concentrated hydrochloric acid ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ลงในน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร แล้วละลาย sulfanilamide 5 กรัมลงในสารผสมนี้ และปรับปริมาตรให้เป็น 500 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น) จำนวน 1 มิลลิลิตร ทำการเขย่าให้เข้ากัน พักทิ้งไว้เพื่อให้เกิดปฏิกริยา 2-8 นาที (ไม่ควรเกินกว่านี้) จากนั้นเติม coupling reagent (เตรียมโดยละลาย N-(1-naphthyl)-ethylenediamine dihydrochloride 0.500 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร เก็บในขวดสีชา เพื่อป้องกันแสง ควรเตรียมทุกๆ 2-4 สัปดาห์ หรือเมื่อสารละลายเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและเก็บสารนี้ในตู้เย็น) จำนวน 1 มิลลิลิตร ทำการเขย่า พักทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที แต่ไม่เกิน 2 ชั่วโมง เพื่อให้เกิด azo compound นำตัวอย่างน้ำที่พักไว้ ไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 543 นาโนเมตร คำนวณหาปริมาณของไนไตรท์ในตัวอย่างน้ำ โดยใช้กราฟมาตรฐาน<br><br>- **ไนเตรท** วิเคราะห์โดยวิธี Colorimetric, Cadmium Reduction Method ตามวิธีการของ Parson et al. (1984) นำตัวอยางน้ำทะเลที่ผ่านการกรองแล้ว 25 มิลลิลิตร เติมสารละลาย $NH_4Cl$-EDTA 75 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน จากนั้น นำมาผานคอลัมนโดยทิ้ง 25 มิลลิลิตรแรกและเก็บ 10 มิลลิลิตรถัดมา (ที่อัตราการไหลประมาณ 7 มิลลิลิตรตอนาที) ใช น้ำ เติม 1 มิลลิลิตรของสารละลาย sulfanilamide ใน 10.0 มิลลิลิตรของตัวอยางที่ ผานคอลัมนแลว จากนั้นทิ้งไวให้เกิดปฏิกิริยานาน 2–8 นาที และเติม 1.0 มิลลิลิตรของสารละลาย N-(1-Napthyl)- Ethylenediamine Dihydrochloride ผสมให้เข้ากันทันที หลังจากนั้นในระหวาง 10 นาที ถึง 2 ชั่วโมง นำไปวัดคาการดูดกลืนแสงที่ 540 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับ Blank โดยใช้น้ำกลั่นเปน Blank และทำการวิเคราะห์เช่นเดียวกับตัวอยาง คำนวณหาปริมาณของไนเตรทในตัวอย่างน้ำ โดยใช้กราฟมาตรฐาน |
| คลอโรฟิลล์ เอ (Chl-a) | นำตัวอย่างน้ำมากรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว GF/F ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จดบันทึกปริมาตรน้ำทะเลที่กรองผ่านกระดาษกรอง เก็บกระดาษกรองโดยห่อด้วยกระดาษอลูมินั่มฟรอยด์ไม่ให้ถูกแสง และแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี Spectrophotometric (Strickland and Parsons, 1972) โดยนำกระดาษกรองใส่หลอดเซนตริฟิวจ์ เติม 90% acetone ปริมาตร 2-3 มิลลิลิตร ลงในหลอดเซนตริฟิวจ์จากนั้นห่อหลอดเซนทริฟิวจ์ด้วยกระดาษอลูมินั่มฟรอยด์ให้ปิดสนิท เก็บในตู้เย็นเป็นเวลา 12 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำหลอด เซนทริฟิวจ์ออกจากตู้เย็น รอจน |

| | |
|---|---|
| | ตัวอย่างมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้อง นำมาบดให้ละเอียด แล้วเติม 90% acetone ให้มีปริมาตรรวมเท่ากับ 10 มิลลิลิตร นำตัวอย่างไปปั่นเหวี่ยงเพื่อให้ตกตะกอนด้วยเครื่องเซนติฟิวส์ที่ความเร็ว 4,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาทีจากนั้นนำสารละลายที่ได้มาวัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 665 นาโนเมตร โดยใช้ cuvette ขนาด 1 เซนติเมตร ใช้กระดาษกรองเปล่าและสารละลาย 90% acetone ที่ทำการเตรียมเช่นเดียวกับการเตรียมตัวอย่าง เป็น blank และให้ลบค่า blank ออกก่อนที่จะทำการวัดการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง<br><br>สำหรับตัวอย่างให้หยดสารละลายเจือจาง 5% กรดเกลือ 2 หยด ลงในสารละลายตัวอย่างแล้วจึงนำไปวัดการดูดกลืนแสง จดบันทึกค่า แล้วคำนวณปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ดังสูตร<br><br>**Chlorophyll a (ไมโครกรัม/ลิตร) =** $\frac{26.7(665_a - 665_b) \times v}{V \times 1}$<br><br>**เมื่อ $665_a$ = ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวช่วงคลื่น 665 นาโนเมตรก่อนการเติมกรดเกลือ**<br><br>**$665_b$ = ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวช่วงคลื่น 665 นาโนเมตรหลังการเติมกรดเกลือ**<br><br>**v = ปริมาตรของอะซิโตนที่ใช้ (มิลลิลิตร)**<br><br>**V = ปริมาตรน้ำที่กรอง (ลิตร)**<br><br>**1 = ขนาดของ cuvette ที่ใช้ (เซนติเมตร)** |
| สารอินทรีย์ในน้ำ<br><br>(Total Organic Matter, $TOM_W$) | วิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำทะเลดัดแปลงจากวิธีการของ Verardo et al. (1990) โดยวิธี Ignition loss นำตัวอย่างน้ำทะเลมา กรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว GF/F ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นชั่งน้ำหนักกระดาษกรองที่ผ่านการอบแล้วด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง จดบันทึกน้ำหนักกระดาษกรอง (B) และปริมาตรน้ำทะเลที่กรองผ่านกระดาษกรอง วิเคราะห์ปริมาณสารแขวนลอยตามวิธีการ Gravimetric ของ มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ (2545) โดยนำกระดาษกรองที่ผ่านการกรองน้ำตัวอย่างแล้วไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 ชั่วโมงหรือจนกว่าจะแห้ง ปล่อยให้เย็น นำเก็บเข้าโถดูดความชื้น จากนั้นนำกระดาษกรองมาชั่งน้ำหนัก (A) คำนวณปริมาณสารแขวนลอยในน้ำทะเล จดบันทึกไว้ จากนั้นทำการเตรียม crucible โดยชั่งน้ำหนัก crucible ที่ไล่ความชื้นออกแล้ว นำ crucible ไปเผาที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมงแล้วปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น ต่อจากนั้นนำกระดาษกรองที่ผ่านการกรองน้ำทะเลและมีสารแขวนลอยติดอยู่ (A) ใส่ crucible ไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ |

| | |
|---|---|
| | 600 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้นทำการชั่งน้ำหนักและนำค่าที่ได้มาคำนวณปริมาณสารอินทรีย์รวม (%) จากน้ำหนักที่หายไปจากสูตร<br>**ปริมาณสารอินทรีย์ (%) = น้ำหนักดินตะกอนที่หายไป x 100 / น้ำหนักดินตะกอนก่อนเผา** |

**3.2.2 คุณภาพดินตะกอน**

**1) การเก็บตัวอย่างภาคสนาม**

เก็บดินตะกอนในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างด้วย Ekman Grab จุดเก็บตัวอย่างละ 3 ซ้ำ (n = 48) นำดินตะกอนที่ได้ใส่ถุงซิป ประมาณถุงละ 500 กรัม บรรจุลงในกล่องทึบใส่น้ำแข็งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เมื่อมาถึงห้องปฏิบัติการ เก็บตัวอย่างดินตะกอนในตู้แช่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอน ปริมาณซัลไฟด์ ปริมาณน้ำในดิน และทุกจุดเก็บตัวอย่างทำการวัดคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการของดินตะกอนตัวอย่าง ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่างในดิน และ ขนาดอนุภาคดินตะกอน

**2) การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ**

**2.1) คุณภาพดินตะกอน** ได้แก่ ปริมาณสารอินทรีย์ (Total organic matter, $TOM_S$) ปริมาณซัลไฟด์ ($H_2S$) ปริมาณน้ำในดิน (Water Content) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ขนาดอนุภาคดินตะกอน รายละเอียดวิธีการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 2-3

**ตารางที่ 3-3** ดัชนีคุณภาพดินตะกอนที่ทำการศึกษาและวิธีการวิเคราะห์

| | |
|---|---|
| ปริมาณสารอินทรีย์ในดิน<br>(Total Organic Matter, $TOM_S$) | วิธีวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์รวมด้วยวิธีของ Verardo et al. (1990) โดยวิธีการ Ignition loss นำตัวอย่างดินตะกอนมาทำเป็นเนื้อเดียวกันที่อุณหภูมิห้องและทำให้แห้งโดยนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน แยกส่วนของก้อนหินและเปลือกหอยออก ปล่อยให้เย็นแล้วนำมาบดด้วยโกร่งให้ละเอียด ชั่งน้ำหนัก crucible ที่ไล่ความชื้นออกแล้ว โดยนำ crucible ไปเผาที่ อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมงแล้วปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น ต่อจากนั้นนำตัวอย่างดินที่ชั่งใส่ crucible ไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้นทำการชั่งน้ำหนักและนำค่าที่ได้มาคำนวณปริมาณสารอินทรีย์รวม (%) จากน้ำหนักที่หายไปจากสูตร |

| | |
|---|---|
| | **ปริมาณสารอินทรีย์รวม(%) = น้ำหนักดินที่หายไป x 100**<br>**น้ำหนักดินก่อนเผา** |
| ปริมาณซัลไฟด์ ($H_2S$, Acid Volatile Sulfides) | ชั่งตัวอย่างดินตะกอนเปียกน้ำหนักประมาณ 1-2 กรัม ใส่ในหลอด Sulfide Reaction Column และใช้น้ำกลั่นฉีดล้างเศษดินตะกอนที่ติดอยู่ข้างหลอดให้ตัวอย่างดินลงไปอยู่ก้นหลอดให้หมด แล้วปิดฝา Column ต่อสายยางเชื่อมระหว่าง Sulfide Reaction ไปยัง Hedrotek Column ที่หักปลายทั้ง 2 ข้างออกแล้ว และเชื่อมไปยังเครื่องดูดอากาศ จากนั้นใส่ Sulfuric Acid 18 N ลงไปใน Sulfide Reaction Column ทางช่องใส่กรด ปริมาตร 2 มิลลิลิตร เพื่อให้กรด Sulfuric Acid ลงไปทาปฏิกิริยากับ ซัลไฟด์รูปต่างๆ ให้อยู่ในรูปก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์พร้อมกันนั้นก็เปิดเครื่องดูดอากาศ เพื่อให้เกิดการดูดไอระเหยของซัลไฟด์ผ่านเข้าสู่ Hedrotek Column นานประมาณ 2 นาที แล้วอ่านค่าปริมาณซัลไฟด์ จากการที่สารซึ่งบรรจุอยู่ภายใน Hedrotek Column เปลี่ยนสีจากสีขาวเป็นสีน้ำตาลแดง โดยการอ่านค่าที่จะเทียบความยาวของสีน้ำตาลแดงที่เกิดขึ้น กับ Scale ข้าง Hedrotek Column เรียกค่านี้ว่า Read Value โดยค่าที่อ่านได้นี้จะมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมของซัลไฟด์ทั้งหมด จากน้ำหนักดินเปียกที่ใช้วิเคราะห์ ซึ่งจะต้องนำค่านี้ไปคำนวณ เพื่อเปลี่ยนหน่วยของซัลไฟด์ให้อยู่ในรูปมิลลิกรัมต่อกรัมของน้ำหนักดินแห้ง (Chuan and Sugahara, 1984) โดยคำนวณจากสูตร<br>**ปริมาณซัลไฟด์(มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง) =** Read value<br>**น้ำหนักดินแห้ง (กรัม)**<br>**น้ำหนักดินแห้งคำนวณได้จาก ค่าปริมาณน้ำในดิน (Water Content,%) ตามสูตร**<br>**น้ำหนักดินแห้ง (กรัม) ) = น้ำหนักดินแห้ง(กรัม)×(100-ปริมาณน้ำในดิน)**<br>**100** |
| ปริมาณน้ำในดิน (Water Content) | โดยชั่งน้ำหนัก Aluminum Foil ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 5 เซนติเมตร น้ำหนักที่ได้ควรใกล้เคียงกับ 0.1 มิลลิกรัม แล้วใส่ดินตะกอนที่เปียกประมาณ 1-2 กรัมลงบนแผ่น Aluminum Foil แล้วชั่งน้ำหนักแผ่น Aluminum Foil และดินตะกอน ต่อจากนั้นก็วางแผ่น Aluminum Foil ที่ใส่ตัวอย่างดินตะกอนลงในตู้อบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง หลังจากครบ 8 ชั่วโมงแล้วปล่อยแผ่น Aluminum Foil และดินตะกอนให้เย็นแล้วนำไปชั่งน้ำหนักอีกครั้งหนึ่ง คำนวณตามสูตร (Chuan and Sugahara, 1984)<br>**ปริมาณน้ำในดิน (Water Content,%) = $[W_2-(W_3-W_1)] \times 100$**<br>**$W_2$**<br>**เมื่อ $W_1$ = น้ำหนักแผ่น Aluminum foil อย่างเดียว** |

| | |
|---|---|
| | **$W_2$ = น้ำหนักดินตะกอนก่อนอบ**<br>**$W_3$ = น้ำหนักดินตะกอนและแผ่น Aluminum foil หลังอบ** |
| ความเป็นกรด-ด่างในดิน (pH) | ดำเนินการตามวิธีการของ Dewis and Freitas (1970) โดยการชั่งดินตะกอนน้ำหนักเปียก 10 กรัม เติม 1 N KCl (Potassium Chloride) ปริมาตร 20-25 มิลลิลิตร จากนั้นกวนให้ตะกอนดินผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที จากนั้นวัดค่าพีเอชในดินด้วยเครื่อง pH meter โดยวัดค่าของส่วนใสที่อยู่ชั้นบน |
| ขนาดอนุภาคดินตะกอน<br>(Grain size) | การศึกษาขนาดอนุภาคดินตะกอน(Grain size) ดัดแปลงจากวิธีการศึกษาแบบ Sieve Analysis ของ Carter (1993) เตรียมตัวอย่างดินที่ผ่านการอบแห้ง โดยไม่ต้องบดละเอียดมาชั่งน้ำหนักประมาณ 10 กรัม จดบันทึก ละลายดินด้วยน้ำผ่านตะแกรงร่อนที่วางซ้อนกัน มีขนาดตา 0.063, 0.125, 0.250, 0.425 และ 1.00 มิลลิเมตร เรียงตามลำดับ ทำการร่อนดินและล้างตะกอนดินที่ติดอยู่บนตะแกรงร่อนลงบนกะดาษกรอง GF/C ของ Whatman No. 2 ที่ทราบน้ำหนักแห้ง แล้วแยกตามขนาดอนุภาคของดินตะกอน รอจนน้ำผ่านกระดาษกรองจนหมาด จึงพับกระดาษกรองที่มีดินตะกอนอยู่เข้าตู้อบความร้อนที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นระยะเวลา 3 วัน จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนัก เพื่อคำนวณสัดส่วนอนุภาคดินตะกอนขนาดต่างๆ ตามสูตร<br>**ปริมาณอนุภาคของดินตะกอน (%)** = $\frac{(W_3 - W_1) \times 100}{[W_2 - \frac{(W_2 \times WC)}{100}]}$<br>**เมื่อ** **$W_1$ = น้ำหนักแห้งของกระดาษกรอง**<br>**$W_2$ = น้ำหนักเปียกของดินตะกอน**<br>**$W_3$ = น้ำหนักแห้งรวมของกระดาษกรองและดินตะกอน**<br>**WC = ปริมาณน้ำในดินตะกอน** |

### 3.2.3 วิธีการประเมินผล / สังเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำทะเลและในดินตะกอน รวมทั้งคุณภาพน้ำและคุณภาพดินตะกอนอื่นๆที่ทำการตรวจวัด มาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย (Analysis of Variance: ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณสารอินทรีย์ คุณภาพน้ำและคุณภาพดินตะกอน ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง หากพบว่าข้อมูลดังกล่าวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ทำการทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยวิธี Fisher's Least Significant Difference (LSD) และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนกับคุณภาพน้ำ และคุณภาพดิน ด้วยด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(Pearson’s Correlation Coefficient)

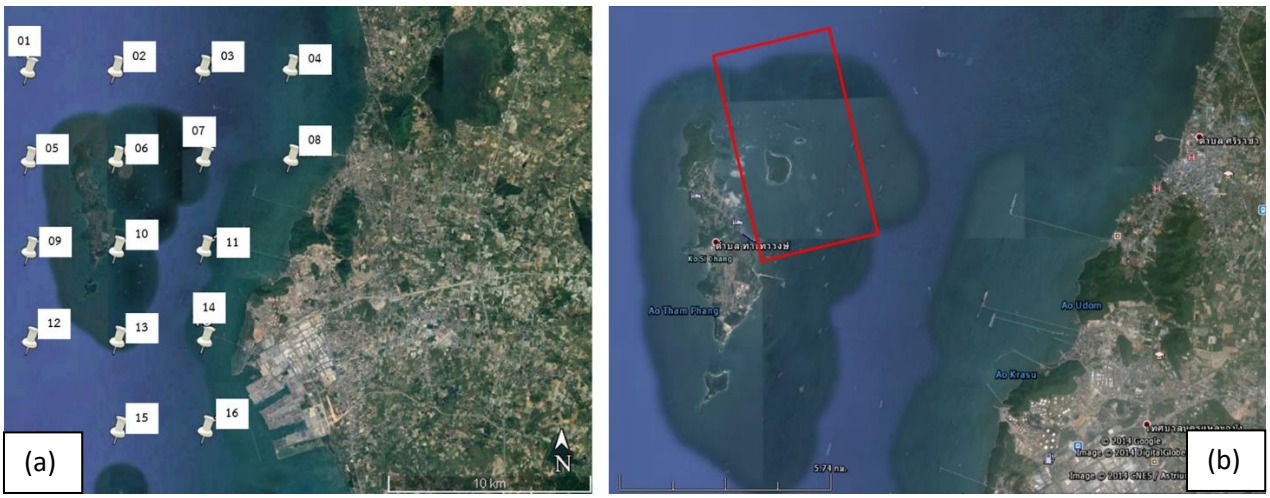
# บทที่ 4

# ผลการศึกษาวิจัย

การดำเนินงานวิจัยได้ทำการเก็บตัวอย่างในพื้นที่ศึกษาช่วงปลายฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ตั้งแต่วันที่ 26 – 28 สิงหาคม 2563 จุดเก็บตัวอย่างจำนวนรวมทั้งสิ้น 16 สถานี (ภาพที่ 3-1) ทำการเก็บตัวอย่างดินตะกอน และน้ำทะเล โดยเก็บตัวอย่าน้ำทะเลเป็น 3 ระดับ คือ ระดับบผิวน้ำ กึ่งกลางความลึก และระดับเหนือพื้นทะเล ตรวจวัดคุณภาพน้ำบางประการ ณ เวลาที่เก็บตัวอย่าง และนำตัวอย่างดินตะกอนและนำทะเลกลับมาวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการได้ผลดังนี้

## 4.1 พื้นที่ศึกษาและจุดเก็บตัวอย่าง

กำหนดจุดเก็บตัวอย่างในพื้นที่ศึกษาทั้งสิ้น 16 จุด โดยจุดเก็บตัวอย่างที่ 1-4 อยู่ทางทิศเหนือของเกาะสีชัง และจุดเก็บตัวอย่างที่ 5 9 และ 12 อยู่ทางทิศตะวันตกของเกาะสีชัง จุดเก็บตัวอย่างที่ 6 7 8 10 11 13 และ 14 อยู่ทางทิศตะวันออกของเกาะสีชัง และจุดเก็บตัวอย่างที่ 15 และ 16 มีตำแหน่งอยู่ทางตอนใต้ของเกาะสีชัง โดยจุดเก็บตัวอย่างที่ 4 8 11 14 และ 16 จะอยู่ในแนวชายฝั่งอำเภอศรีราชา และอำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี ดังภาพที่ 4-1 (a) เมื่อพิจารณาตำแหน่งของจุดเก็บตัวอย่างที่มีความสัมพันธ์กับจุดทอดสมอเรือสำหรับขนส่งสินค้า และขนส่งผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง พบว่าจุดเก็บตัวอย่างที่ 6 7 และ 10 อยู่ในพื้นที่จอดทอดสมอเรือขนส่งสินค้า (กรอบสีแดงในภาพที่ 4.1(b) )




**ภาพที่ 4-1** พื้นที่ทำการศึกษาและจุดเก็บตัวอย่าง (a) และ พื้นที่จอดทอดสมอเรือขนส่งสินค้า (b) บริเวณนอกชายฝั่งอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี (ดัดแปลงภาพจาก https://earth.google.com)

4.2 ลักษณะของดินตะกอนบริเวณจุดเก็บตัวอย่าง

ลักษณะดินตะกอนบริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 2 3 และ 4 เป็นโคลนละเอียด สีเทาดำ ดินตะกอนบริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่ 10 จะมีลักษณะเป็นโคลนละเอียดมาก สีเทาดำ และมีกลิ่นเหม็น ส่วนจุดเก็บตัวอย่างอื่นๆ จะมีลักษณะเป็นทรายหยาบปนโคลนละเอียด หรือทรายละเอียดปนโคลน โดยในจุดเก็บตัวอย่างที่ 15 และ 16 ที่อยู่ทางทิศใต้ของเกาะสีชังจะมีลักษณะเป็นทรายหยาบ หิน และมีเปลือกหอยปะปน และไม่พบโคลนละเอียดในบริเวณนี้ ได้แสดงอนุภาคดินตะกอนในรูปแบบเปอร์เซ็นต์ของทรายหยาบ(Coarse sand) ทรายละเอียด (Fine sand) และดินโคลน (Silt+Clay) ไว้ในตารางที่ 4-1

**ตารางที่ 4-1** ลักษณะดินตะกอน และอนุภาคดินตะกอนของจุดเก็บตัวอย่าง

| **จุดเก็บตัวอย่าง** | **ลักษณะดินตะกอน** | **Grain Size (%)** | | |
|---|---|---|---|---|
| | | **Coarse sand (2.36-0.25mm)** | **Fine sand (0.25-0.063mm)** | **Silt+Clay (<0.063 mm)** |
| St1 | โคลนละเอียดสีเทาดำ มีเปลือกหอย | 0.20 | 48.27 | 51.53 |
| St2 | โคลนละเอียดสีเทาดำ มีกลิ่นเหม็น | 0.00 | 39.77 | 60.23 |
| St3 | โคลนละเอียดสีเทาดำ | 0.00 | 3.50 | 96.50 |
| St4 | โคลนละเอียดสีเทาดำ มีกลิ่นเหม็น | 0.00 | 5.77 | 94.23 |
| St5 | ทรายละเอียดปนโคลนสีเทาดำ มีกลิ่นเหม็น | 0.16 | 59.88 | 40.12 |
| St6 | ทรายหยาบปนโคลนสีเทา | 32.32 | 9.26 | 58.42 |
| St7 | ทรายละเอียดปนโคลนสีเทาดำ มีกลิ่นเหม็น | 0.00 | 40.36 | 59.64 |
| St8 | ทรายละเอียดปนโคลนสีเทาดำ มีกลิ่นเหม็น | 13.40 | 26.48 | 60.12 |
| St9 | ทรายละเอียดปนโคลนสีเทาดำ | 0.00 | 50.62 | 49.38 |
| St10 | โคลนเนื้อละเอียดมาก สีเทาดำ มีกลิ่นเหม็น | 0.00 | 0.00 | 100 |
| St11 | ทรายละเอียดปนโคลนสีเทาดำ | 0.00 | 72.64 | 27.36 |
| St12 | ทรายละเอียดปนโคลนสีเทา | 0.00 | 74.56 | 25.44 |
| St13 | ทรายหยาบปนโคลนเล็กน้อย มีเปลือก หอยมาก | 84.26 | 8.64 | 7.10 |
| St14 | ทรายหยาบปนโคลนละเอียด | 41.70 | 12.12 | 46.18 |
| St15 | ทรายและหิน | 100 | 0.00 | 0.00 |
| St16 | ทรายหยาบปนหิน และเปลือกหอย | 100 | 0.00 | 0.00 |

4.3 คุณภาพดินตะกอน

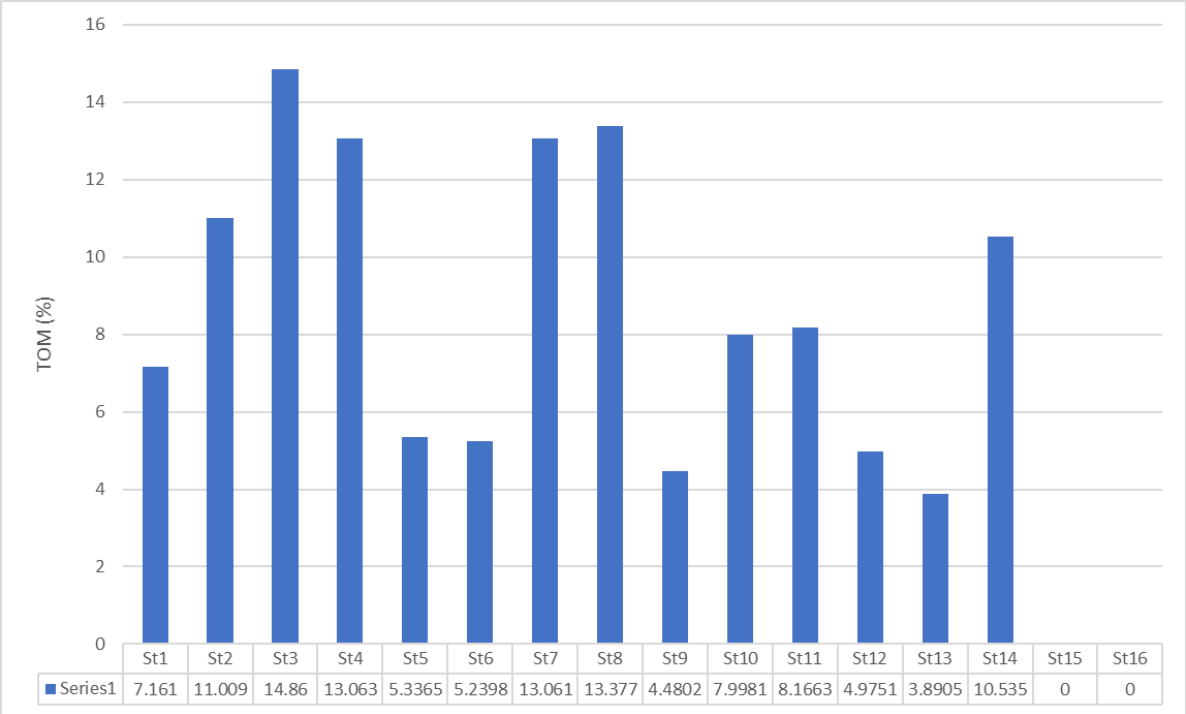
4.3.1 สารอินทรีย์ในดินตะกอน

ปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนพบว่าจุดเก็บตัวอย่างที่ 3 มีปริมาณสารอินทรีย์สูงสุดเท่ากับ 14.8595% และมีค่าต่ำสุดที่จุดเก็บตัวอย่างที่ 15 และ 16 เท่ากับ 0.00% ซึ่งในจุดเก็บตัวอย่างที่อยู่ทางทิศเหนือของเกาะสีชัง จะมีปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนสูงกว่าบริเวณอื่น คือจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 เท่ากับ 11.0086% จุดเก็บตัวอย่างที่ 3 เท่ากับ 14.8595% และจุดเก็บตัวอย่างที่ 4 เท่ากับ 13.0629% และที่จุดสำรวจที่ 7 และ 8 พบว่ามีปริมาณสารอินทรีย์สูงเช่นกัน เท่ากับ 13.0606% และ 13.3766% ตามลำดับ (ตารางที่ 4-2, ภาพที่ 4-2)

**ตารางที่ 4-2** ปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอน($TOM_s$) บริเวณอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี

เดือนสิงหาคม 2563

| **จุดเก็บตัวอย่าง** | **TOMs (%)** |
|---|---|
| St1 | 7.1610 |
| St2 | 11.0086 |
| St3 | 14.8595 |
| St4 | 13.0629 |
| St5 | 5.3365 |
| St6 | 5.2398 |
| St7 | 13.0606 |
| St8 | 13.3766 |
| St9 | 4.4802 |
| St10 | 7.9981 |
| St11 | 8.1663 |
| St12 | 4.9751 |
| St13 | 3.8905 |
| St14 | 10.5349 |
| St15 | 0.0000 |
| St16 | 0.0000 |




**ภาพที่ 4-2** ปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอน บริเวณจุดเก็บตัวอย่าง

4.3.2 ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และความเป็นกรด-ด่างในดินตะกอน

ปริมาณไฮโดรเจนซัลไฟด์ในดินมีค่าอยู่ในช่วง 0.000-0.0825 $mgH_2S/g$ โดยมีค่าสูงสุดในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ซึ่งอยู่ทางทิศเหนือของเกาะสีชัง ส่วนที่ต่ำที่สุดคือจุดเก็บตัวอย่างที่ 15 และ 16 เท่ากับ 0.000 $mgH_2S/g$ เนื่องจากลักษณะของพื้นท้องทะเลบริเวณนี้เป็นทรายหยาบ และหิน จึงไม่มีการสะสมของไฮโดรเจนซัลไฟด์ ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่างในดินตะกอนมีค่าอยู่ในช่วง 5.32-8.24 โดยจะพบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างในบริเวณที่มีลักษณะของดินตะกอนเป็นโคลนละเอียดจะมีค่าที่ต่ำกว่าบริเวณที่เป็นทรายหยาบหรือหิน (ตารางที่ 4-3)

**ตารางที่ 4-3** ลักษณะดินตะกอนและปริมาณไฮโดรเจนซัลไฟด์ และความเป็นกรด-ด่างในดินตะกอน บริเวณอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี เดือนสิงหาคม 2563

| **จุดเก็บตัวอย่าง** | **ลักษณะดินตะกอน** | $H_2S$ **($mgH_2S/g$)** | **ความเป็นกรด-ด่างในดิน** |
|---|---|---|---|
| St1 | โคลนละเอียดสีเทาดำ มีเปลือกหอย | 0.0225 | 6.26 |
| St2 | โคลนละเอียดสีเทาดำ มีกลิ่นเหม็น | 0.0825 | 5.36 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| St3 | โคลนละเอียดสีเทาดำ | 0.0500 | 6.00 |
| St4 | โคลนละเอียดสีเทาดำ มีกลิ่นเหม็น | 0.0800 | 5.32 |
| St5 | ทรายละเอียดปนโคลนสีเทาดำ มีกลิ่นเหม็น | 0.0125 | 6.84 |
| St6 | ทรายหยาบปนโคลนสีเทา | 0.0475 | 6.02 |
| St7 | ทรายละเอียดปนโคลนสีเทาดำ มีกลิ่นเหม็น | 0.0600 | 5.64 |
| St8 | ทรายละเอียดปนโคลนสีเทาดำ มีกลิ่นเหม็น | 0.0525 | 5.92 |
| St9 | ทรายละเอียดปนโคลนสีเทาดำ | 0.0125 | 6.65 |
| St10 | โคลนเนื้อละเอียดมาก สีเทาดำ มีกลิ่นเหม็น | 0.0675 | 5.54 |
| St11 | ทรายละเอียดปนโคลนสีเทาดำ | 0.0325 | 6.12 |
| St12 | ทรายละเอียดปนโคลนสีเทา | 0.0175 | 6.62 |
| St13 | ทรายหยาบปนโคลนเล็กน้อยมีเปลือกหอยมาก | 0.0025 | 8.02 |
| St14 | ทรายหยาบปนโคลน | 0.0425 | 6.04 |
| St15 | ทรายและหิน | 0.0000 | 8.12 |
| St16 | ทรายหยาบปนหิน และเปลือกหอย | 0.0000 | 8.24 |

4.4 คุณภาพน้ำ

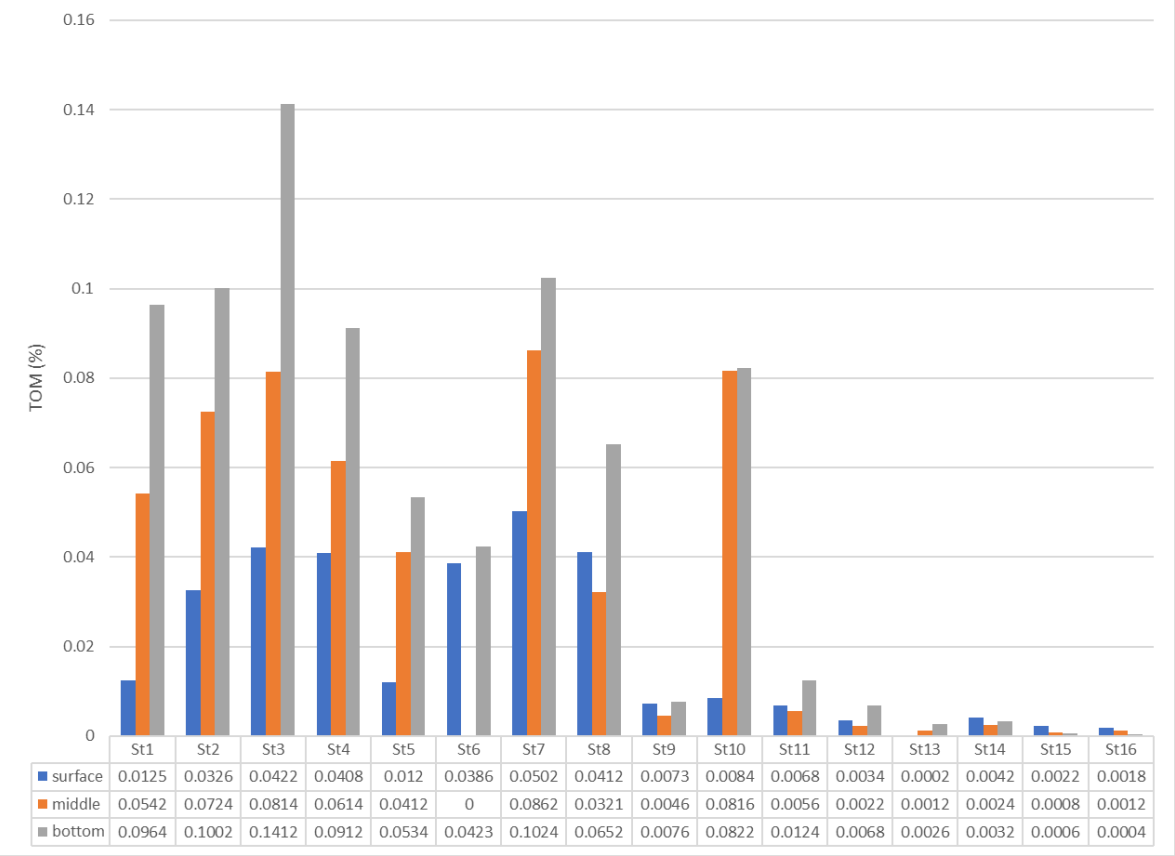
4.4.1 สารอินทรีย์ในน้ำทะเล

ปริมาณสารอินทรีย์บริเวณผิวน้ำ มีค่าอยู่ในช่วง 0.0002-0.0502% โดยมีค่าสูงที่สุดที่จุดเก็บตัวอย่างที่ 7 ต่ำสุดที่จุดเก็บตัวอย่างที่ 13 บริเวณกลางน้ำอยู่ในช่วง 0.0008-0.0862% มีค่าสูงสุดที่จุดเก็บตัวอย่างที่ 7 และต่ำสุดที่จุดเก็บตัวอย่างที่ 15 บริเวณพื้นท้องน้ำ พบว่าประมาณสารอินทรีย์มีค่าอยู่ในช่วง 0.0004-0.1412% สูงสุดที่จุดเก็บตัวอย่างที่ 3 และต่ำสุดที่จุดเก็บตัวอย่างที่ 16 (ตารางที่ 4-4, ภาพที่ 4-3)

**ตารางที่ 4-4** ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำ($TOM_w$) บริเวณอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี เดือนสิงหาคม 2563

| **จุดเก็บตัวอย่าง** | **$TOM_w$(%)** | | |
|---|---|---|---|
| | **surface** | **middle** | **bottom** |
| St1 | 0.0125 | 0.0542 | 0.0964 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| St2 | 0.0326 | 0.0724 | 0.1002 |
| St3 | 0.0422 | 0.0814 | 0.1412 |
| St4 | 0.0408 | 0.0614 | 0.0912 |
| St5 | 0.0120 | 0.0412 | 0.0534 |
| St6 | 0.0386 | - | 0.0423 |
| St7 | 0.0502 | 0.0862 | 0.1024 |
| St8 | 0.0412 | 0.0321 | 0.0652 |
| St9 | 0.0073 | 0.0046 | 0.0076 |
| St10 | 0.0084 | 0.0816 | 0.0822 |
| St11 | 0.0068 | 0.0056 | 0.0124 |
| St12 | 0.0034 | 0.0022 | 0.0068 |
| St13 | 0.0002 | 0.0012 | 0.0026 |
| St14 | 0.0042 | 0.0024 | 0.0032 |
| St15 | 0.0022 | 0.0008 | 0.0006 |
| St16 | 0.0018 | 0.0012 | 0.0004 |




| | St1 | St2 | St3 | St4 | St5 | St6 | St7 | St8 | St9 | St10 | St11 | St12 | St13 | St14 | St15 | St16 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| surface | 0.0125 | 0.0326 | 0.0422 | 0.0408 | 0.012 | 0.0386 | 0.0502 | 0.0412 | 0.0073 | 0.0084 | 0.0068 | 0.0034 | 0.0002 | 0.0042 | 0.0022 | 0.0018 |
| middle | 0.0542 | 0.0724 | 0.0814 | 0.0614 | 0.0412 | 0 | 0.0862 | 0.0321 | 0.0046 | 0.0816 | 0.0056 | 0.0022 | 0.0012 | 0.0024 | 0.0008 | 0.0012 |
| bottom | 0.0964 | 0.1002 | 0.1412 | 0.0912 | 0.0534 | 0.0423 | 0.1024 | 0.0652 | 0.0076 | 0.0822 | 0.0124 | 0.0068 | 0.0026 | 0.0032 | 0.0006 | 0.0004 |

**ภาพที่ 4-3** ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำทะเล บริเวณจุดเก็บตัวอย่าง

4.4.2 คุณภาพน้ำทะเล

ผลการตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำทะเลมีค่าความโปร่งแสงอยู่ในช่วง 2.25 – 4.25 เมตร อุณหภูมิอยู่ในช่วง 30.0 - 31.5 องศาเซลเซียสอุณหภูมิสูงที่สุดคือที่ระดับผิวน้ำ เท่ากับ 31.5 องศาเซลเซียส ความเค็มอยู่ในช่วง 26.10 - 31.50 psu ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (pH) อยู่ในช่วง 8.04 - 8.48 ความนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 44.81-53.40 mS ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) อยู่ในช่วง 3.00 – 7.80 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่าสูงสุดในสถานีเก็บตัวอย่างที่ 15 ที่ระดับผิวน้ำ เท่ากับ 7.8 มิลลิกรัม/ลิตร สารอาหารในน้ำในรูปของแอมโมเนียอยู่ในช่วง 0.043-0.762 µM ไนไตรท์ อยู่ในช่วง 0.000-1.740 µM และไนเตรทอยู่ในช่วง 0.000-3.489 µM สารแขวนลอยที่ละลายในน้ำ (Total suspended solids, TSS) มีค่าอยู่ในช่วง 9.70 – 34.70 มิลลิกรัม/ลิตร คลอโรฟิลล์ เอ มีค่าอยู่ในช่วง 0.00 – 9.88 ไมโครกรัม/ลิตร (ตารางที่ 4-5)

**ตารางที่ 4-5** คุณภาพน้ำทะเลบริเวณอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี เดือนสิงหาคม 2563

| จุดเก็บตัวอย่าง | Layer | Depth (m) | Transparency (m) | Temp (°C) | Salinity (ppt) | pH | Conductivity (mS) | DO (mg/l) | $NH_3$ (µM) | $NO_2$ (µM) | $NO_3$ (µM) | TSS (mg/l) | Chl-a (µg/l) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **St1** | S | 25.80 | 2.50 | 30.20 | 27.30 | 8.47 | 46.90 | 7.50 | 0.102 | 0.098 | 0.310 | 19.60 | 8.64 |
| | M | | | 30.40 | 30.40 | 8.14 | 51.80 | 4.70 | 0.571 | 0.460 | 0.530 | 16.00 | 8.33 |
| | B | | | 30.20 | 30.90 | 8.11 | 52.70 | 4.30 | 0.762 | 0.911 | 1.697 | 23.40 | 4.12 |
| **St2** | S | 13.30 | 2.25 | 30.40 | 26.80 | 8.50 | 46.33 | 7.00 | 0.084 | 0.052 | 0.052 | 17.60 | 8.52 |
| | M | | | 30.40 | 27.80 | 8.33 | 46.50 | 5.60 | 0.072 | 0.052 | 0.164 | 19.75 | 4.25 |
| | B | | | 30.40 | 31.30 | 8.11 | 53.30 | 4.00 | 0.098 | 0.790 | 2.236 | 28.70 | 4.12 |
| **St3** | S | 18.50 | 2.50 | 30.30 | 26.60 | 8.48 | 45.90 | 7.10 | 0.235 | 0.091 | 0.138 | 20.90 | 9.88 |
| | M | | | 30.40 | 29.80 | 8.08 | 51.00 | 3.00 | 0.312 | 0.829 | 2.654 | 20.10 | 6.24 |
| | B | | | 30.10 | 30.80 | 8.04 | 52.30 | 3.10 | 0.564 | 1.740 | 3.799 | 34.00 | 3.12 |
| **St4** | S | 11.00 | 2.25 | 30.00 | 26.00 | 8.47 | 44.81 | 6.80 | 0.098 | 0.085 | 0.078 | 17.30 | 8.00 |
| | M | | | 30.10 | 26.00 | 8.42 | 44.98 | 6.20 | 0.132 | 0.104 | 0.297 | 14.42 | 3.20 |
| | B | | | 30.10 | 26.10 | 8.44 | 44.97 | 6.20 | 0.144 | 0.130 | 0.319 | 15.58 | 3.10 |
| **St5** | S | 30.30 | 2.75 | 31.20 | 28.10 | 8.38 | 49.10 | 7.10 | 0.124 | 0.130 | 0.142 | 10.60 | 0.86 |
| | M | | | 30.20 | 30.60 | 8.08 | 52.10 | 4.70 | 0.145 | 0.152 | 0.336 | 14.50 | 0.52 |
| | B | | | 30.40 | 30.90 | 8.09 | 52.70 | 4.60 | 0.186 | 0.169 | 0.370 | 14.60 | 0.54 |
| **St6** | S | 7.10 | 2.25 | 30.10 | 26.70 | 8.48 | 45.97 | 6.80 | 0.098 | 0.117 | 0.129 | 16.00 | 0.27 |
| | B | | | 30.30 | 27.70 | 8.36 | 47.64 | 5.30 | 0.102 | 0.130 | 0.258 | 17.38 | 0.14 |
| **St7** | S | 20.90 | 2.80 | 30.50 | 27.00 | 8.44 | 46.70 | 7.10 | 0.158 | 0.143 | 0.388 | 18.60 | 0.24 |
| | M | | | 30.30 | 30.60 | 8.04 | 52.30 | 3.70 | 0.185 | 0.824 | 2.559 | 24.60 | 0.31 |
| | B | | | 30.40 | 31.10 | 8.08 | 53.00 | 4.60 | 0.212 | 0.820 | 1.951 | 31.80 | 0.27 |

| จุดเก็บตัวอย่าง | Layer | Depth (m) | Transparency (m) | Temp (°C) | Salinity (psu) | pH | Conductivity (mS) | DO (mg/l) | $NH_3$ (µM) | $NO_2$ (µM) | $NO_3$ (µM) | TSS (mg/l) | Chl-a (µg/l) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **St8** | S | 11.10 | 2.10 | 30.40 | 26.10 | 8.40 | 45.24 | 6.90 | 0.234 | 0.104 | 0.284 | 18.20 | 1.20 |
| | M | | | 30.40 | 28.20 | 8.19 | 48.60 | 4.60 | 0.302 | 0.221 | 0.465 | 11.60 | 1.42 |
| | B | | | 30.40 | 30.80 | 8.08 | 52.50 | 4.00 | 0.312 | 0.456 | 1.124 | 24.80 | 0.20 |
| **St9** | S | 26.70 | 3.00 | 31.50 | 28.40 | 8.41 | 49.80 | 7.10 | 0.098 | 0.098 | 0.543 | 14.00 | 1.50 |
| | M | | | 30.30 | 31.50 | 8.11 | 53.30 | 5.40 | 0.065 | 0.095 | 0.267 | 12.70 | 0.82 |
| | B | | | 30.50 | 31.30 | 8.12 | 53.40 | 4.10 | 0.074 | 0.035 | 0.155 | 15.50 | 0.00 |
| **St10** | S | 19.20 | 2.60 | 30.20 | 26.60 | 8.50 | 45.74 | 7.20 | 0.114 | 0.124 | 0.685 | 15.50 | 0.94 |
| | M | | | 30.40 | 29.70 | 8.11 | 50.80 | 3.80 | 0.236 | 1.479 | 3.127 | 29.30 | 0.65 |
| | B | | | 30.30 | 30.50 | 8.08 | 51.90 | 3.80 | 0.286 | 1.666 | 3.489 | 22.70 | 0.08 |
| **St11** | S | 25.40 | 3.50 | 31.10 | 27.40 | 8.40 | 47.90 | 6.50 | 0.056 | 0.039 | 0.116 | 12.00 | 3.12 |
| | M | | | 30.60 | 30.10 | 8.10 | 51.90 | 4.30 | 0.062 | 0.269 | 0.698 | 11.20 | 2.12 |
| | B | | | 30.60 | 30.60 | 8.11 | 52.50 | 4.70 | 0.112 | 0.321 | 1.331 | 19.70 | 0.00 |
| **St12** | S | 26.60 | 2.75 | 30.70 | 28.30 | 8.40 | 49.00 | 7.60 | 0.084 | 0.046 | 0.207 | 12.40 | 1.10 |
| | M | | | 30.40 | 30.20 | 8.15 | 51.60 | 5.20 | 0.092 | 0.056 | 0.233 | 14.11 | 0.64 |
| | B | | | 30.50 | 31.20 | 8.15 | 53.40 | 5.20 | 0.102 | 0.052 | 0.246 | 11.30 | 0.08 |
| **St13** | S | 18.10 | 2.50 | 31.10 | 27.60 | 8.41 | 48.20 | 7.30 | 0.045 | 0.039 | 0.220 | 11.37 | 7.20 |
| | M | | | 30.60 | 29.70 | 8.19 | 51.10 | 5.20 | 0.056 | 0.013 | 0.233 | 10.10 | 5.24 |
| | B | | | 30.60 | 30.70 | 8.19 | 52.60 | 5.90 | 0.074 | 0.004 | 0.142 | 9.70 | 2.24 |
| **St14** | S | 26.10 | 4.25 | 30.60 | 27.00 | 8.40 | 46.78 | 6.50 | 0.043 | 0.000 | 0.000 | 16.20 | 6.52 |
| | M | | | 30.60 | 30.50 | 8.15 | 52.20 | 4.90 | 0.106 | 0.108 | 0.026 | 10.92 | 2.41 |
| | B | | | 30.70 | 27.40 | 8.41 | 47.50 | 6.90 | 0.168 | 0.039 | 0.034 | 12.20 | 2.20 |
| **St15** | S | 29.20 | 2.25 | 30.70 | 28.50 | 8.38 | 49.55 | 7.80 | 0.054 | 0.098 | 0.009 | 12.70 | 5.64 |
| | M | | | 30.40 | 29.50 | 8.10 | 50.70 | 5.40 | 0.061 | 0.052 | 0.220 | 11.10 | 1.80 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | B | | | 30.20 | 31.10 | 8.14 | 53.10 | 5.00 | 0.084 | 0.022 | 0.146 | 15.18 | 1.60 |
| **St16** | S | 12.70 | 3.75 | 30.70 | 30.80 | 8.14 | 52.80 | 4.80 | 0.048 | 0.007 | 0.155 | 12.63 | 1.92 |
| | M | | | 30.70 | 28.60 | 8.29 | 49.82 | 6.40 | 0.062 | 0.061 | 0.172 | 12.00 | 1.20 |
| | B | | | 31.00 | 27.40 | 8.39 | 47.90 | 6.90 | 0.054 | 0.048 | 0.439 | 14.90 | 0.08 |

4.5 ความแตกต่างของคุณภาพน้ำและดินตะกอนบริเวณจุดเก็บตัวอย่าง

หลังจากนำข้อมูลปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำทะเลและในดินตะกอน รวมทั้งคุณภาพน้ำและคุณภาพดินตะกอนอื่นๆที่ทำการตรวจวัด มาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย (Analysis of Variance: ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณสารอินทรีย์ คุณภาพน้ำและคุณภาพดินตะกอน ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง โดยคัดเลือกดัชนีคุณภาพน้ำที่สำคัญ พบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในแต่ละบริเวณที่เก็บตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในขณะที่แอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท ปริมาณสารแขวนลอย และคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำในแต่ละบริเวณที่เก็บตัวอย่าง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ภาคผนวก 1) สำหรับปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนนั้น จะพบในจุดเก็บตัวอย่างที่อยู่ทางตอนเหนือและทางใต้ของเกาะสีชังมีค่าที่สูงกว่าจุดเก็บตัวอย่างในบริเวณอื่น

4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนและคุณภาพน้ำและคุณภาพดินตะกอน

4.6.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนและสารอินทรีย์ในน้ำทะเล

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนและปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำ พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันในระดับสูง และเป็นความสัมพันธ์ในเชิงบวก โดยความสัมพันธ์ระหว่างสารอินทรีย์ในดินตะกอนกับสารอินทรีย์ในน้ำที่ระดับผิวน้ำมีค่าเท่ากับ 0.757 ที่ระดับกลางน้ำมีค่าเท่ากับ 0.690 และที่ระดับเหนือพื้นดินมีค่าเท่ากับ 0.748 ตารางที่ 4-6

**ตารางที่ 4-6** ค่าสัมประสิทธิ์เพียรสัน (r) ระหว่างสารอินทรีย์ในดินตะกอน และสารอินทรีย์ในน้ำที่ระดับความลึกต่างๆ

| **สารอินทรีย์** | **Pearson's correlation coefficient (r)** |
|---|---|
| ระดับผิวน้ำ | 0.757 |
| ระดับกลางน้ำ | 0.690 |
| ระดับเหนือพื้นดิน | 0.748 |

4.6.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนและปริมาณออกซิเจนละลาย

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนและปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันในระดับปานกลาง โดยความสัมพันธ์ระหว่างสารอินทรีย์ในดินตะกอนกับปริมาณออกซิเจนละลายที่ระดับผิวน้ำ มีค่าเท่ากับ 0.121 ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ในเชิงบวก ที่ระดับกลางน้ำและระดับเหนือพื้นดิน มีค่าเท่ากับ -0.185 และ -0.372 ตามลำดับ ซึ่งมีความสัมพันธ์กันในเชิงลบ แสดงในตารางที่ 4-7

**ตารางที่ 4-7** ค่าสัมประสิทธิ์เพียรสัน (r) ระหว่างสารอินทรีย์ในดินตะกอน และปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำทะเลที่ระดับความลึกต่างๆ

| **ปริมาณออกซิเจนละลาย** | **Pearson's correlation coefficient (r)** |
|---|---|
| ระดับผิวน้ำ | 0.121 |
| ระดับกลางน้ำ | -0.185 |
| ระดับเหนือพื้นดิน | -0.372 |

4.5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนและปริมาณสารอนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำบริเวณจุดเก็บตัวอย่างต่างๆ พบว่าปริมาณแอมโมเนียมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.055-0.478 μM ไนไตร์ทมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.038-1.090 μM และไนเตรทมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.020-2.434 μM และเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนและปริมาณสารอนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำในรูปของแอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรท พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันค่อนข้างสูงและเป็นความสัมพันธ์ในเชิงบวก โดยความสัมพันธ์ระหว่างสารอินทรีย์ในดินตะกอนกับแอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรทมีค่าเท่ากับ 0.483, 0.492 และ0.503 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4-8

**ตารางที่ 4-8** ค่าสัมประสิทธิ์เพียรสัน (r) ระหว่างสารอินทรีย์ในดินตะกอน และสารอนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ

| **สารอาหารในน้ำทะเล** | **Pearson's correlation coefficient (r)** |
|---|---|
| แอมโมเนีย | 0.483 |
| ไนไตรท์ | 0.492 |
| ไนเตรท | 0.503 |

4.6.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนและคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำทะเล

ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.27-7.03 µg/l และเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนและปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันค่อนข้างต่ำและเป็นความสัมพันธ์ในเชิงบวก โดยความสัมพันธ์ระหว่างสารอินทรีย์ในดินตะกอนกับคลอโรฟิลล์ เอ มีค่าเท่ากับ 0.290 ดังแสดงในตารางที่ 4-9

**ตารางที่ 4-9** ค่าสัมประสิทธิ์เพียรสัน (r) ระหว่างสารอินทรีย์ในดินตะกอนและคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำทะเล

| **คุณภาพน้ำ** | Pearson's correlation coefficient (r) |
|---|---|
| คลอโรฟิลล์ เอ | 0.290 |

4.6.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนและไฮโดรเจนซัลไฟด์และความเป็นกรดด่างในดินตะกอน

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนและปริมาณไฮโดรเจนซัลไฟด์ในดินตะกอน พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันค่อนข้างสูงและเป็นความสัมพันธ์ในเชิงบวก สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างสารอินทรีย์ในดินตะกอนกับค่าความเป็นกรด-ด่างในดินตะกอนมีค่าเท่ากับ -0.835 ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ในเชิงลบ ดังแสดงในตารางที่ 4-10

**ตารางที่ 4-10** ค่าสัมประสิทธิ์เพียรสัน (r) ระหว่างสารอินทรีย์ในดินตะกอน และไฮโดรเจนซัลไฟด์ และความเป็นกรด-ด่างในดินตะกอน

| **คุณภาพดินตะกอน** | Pearson's correlation coefficient (r) |
|---|---|
| ไฮโดรเจนซัลไฟด์ | 0.796 |
| ความเป็นกรด-ด่าง | -0.835 |

# บทที่ 5

# วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย

ผลิตภัณฑ์จากมันสำปะหลังมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบมากถึงร้อยละ 40 ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ว่าจะมีคาร์โบไฮเดรตปนเปื้อนในบริเวณขนถ่ายผลิตภัณฑ์จากมันสำปะหลังสูง โดยคาร์โบไฮเดรตในน้ำ และในดินตะกอนจะถูกเปลี่ยนรูปให้เป็นสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดเล็กลง และผ่านกระบวนการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ จนกระทั่งได้แร่ธาตุอาหารหมุนเวียนในระบบนิเวศต่อไป มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่สะสมในดินตะกอน บริเวณฟาร์มเลี้ยงหอยแครง ครอบคลุมพื้นที่ทางฝั่งตะวันออกและฝั่งตะวันตกของอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี ในช่วงฤดูฝน (เดือนมิถุนายนและสิงหาคม พ.ศ. 2556) และฤดูร้อน (เดือนมีนาคม พ.ศ. 2557) เพื่อแสดงอิทธิพลของฤดูกาลต่อการสะสมสารอาหารในดินตะกอน พบปริมาณของคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุดในช่วงฤดูฝน (เดือนสิงหาคม 2556) ข้อมูลชี้ให้เห็นว่าฤดูกาลมีผลต่อการสะสมคาร์โบไฮเดรตในดินตะกอนบริเวณพื้นที่เลี้ยงหอยแครง และเมื่อเปรียบเทียบในระดับความลึก พบว่าส่วนใหญ่จะมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมอยู่ในชั้นดินที่ระดับ 5-10 เซนติเมตร มากกว่าระดับ 0-5 เซนติเมตร (ทองทิพย์ วงษ์ศิลป์ และคณะ, 2559) นอกจากนี้มีงานวิจัยของสมภพ (2558) ศึกษาผลของการขนถ่ายผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังบริเวณระหว่างเกาะสีชัง-ศรีราชา ต่อคุณภาพน้ำและดินตะกอน โดยบริเวณที่ทำการศึกษาครอบคลุมอ่าวศรีราชาและรอบเกาะสีชัง โดยเก็บตัวอย่างเป็นเวลา 1 ปี ผลการศึกษาปริมาณคาร์โบไฮเดรตในน้ำทะเล ซึ่งจะเป็นดัชนีชี้มลภาวะจากการขนถ่ายผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง บริเวณเกาะสีชัง-ศรีราชา พบว่า ที่ระดับผิวน้ำในเดือนมกราคม มีค่าสูงสุดและลดลงในเดือนเมษายน และต่ำสุดในเดือนกรกฎาคม โดยปริมาณคาร์โบไฮเดรตในน้ำทะเลมีค่าลดลงตามระดับความลึกอย่างชัดเจน และบริเวณเกาะสีชังทางทิศเหนือและตะวันออกพบว่ามีค่าคาร์โบไฮเดรตสูงสุดในทุกครั้งที่เก็บตัวอย่าง สำหรับคุณภาพดินตะกอนพบว่า ปริมาณสารอินทรีย์และปริมาณซัลไฟด์ในดินตะกอน มีค่าสูงสุดในเดือนกรกฎาคม และต่ำสุดในเดือนมกราคม โดยปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนมีค่าสูงที่สุด ในบริเวณระหว่างเกาะสีชังทิศเหนือกับฝั่งศรีราชา หน้าอ่าวอุดม และหน้าท่าเรือแหลมฉบัง สำหรับปริมาณซัลไฟด์ในตะกอนดินสูงเฉพาะบริเวณเกาะสีชังทางทิศเหนือและระหว่างเกาะสีชังทิศเหนือกับฝั่ง ศรีราชาเท่านั้น จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอน ณ จุดเก็บตัวอย่างบริเวณเกาะสีชังพบว่าปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนมีค่าสูงในจุดเก็บตัวอย่างทางตอนเหนือของเกาะสีชัง และยังพบว่าปริมาณสารอินทรีย์จะมีค่าสูงที่บริเวณชายฝั่งแหลมฉบัง อ่าวอุดม อำเภอศรีราชา จังหวัด

ชลบุรีซึ่งอยู่ทางทิศตะวันออกของเกาะสีชัง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาวิจัยของ สมภพ รุ่งสุภา (2558) สำหรับปริมาณไฮโดรเจนซัลไฟด์ในดินจากการศึกษาครั้งนี้ มีค่าอยู่ในช่วง 0.000-0.0825 mg$H_2S$/g โดยมีค่าสูงสุดในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 อยู่ทางทิศเหนือของเกาะสีชัง ซึ่งจุดเก็บตัวอย่างในบริเวณนี้อยู่ในบริเวณที่มีการจอดทอดสมอเรือขนส่งสินค้า และผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง (ภาพที่ 4-1(b)) ส่วนที่ต่ำที่สุดคือจุดเก็บตัวอย่างที่ 15 และ 16 เท่ากับ 0.000 mg$H_2S$/g เนื่องจากลักษณะของพื้นท้องทะเลบริเวณนี้เป็นทรายหยาบ และหิน ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาโดยสุริยัน และคณะ (2549) ที่พบปริมาณซัลไฟด์ในดินตะกอนบริเวณระหว่างเกาะสีชัง-ศรีราชา ในเดือนกุมภาพันธ์-เมษายน มีค่าอยู่ในช่วง 0.0001-0.3099 mg$H_2S$/g และปริมาณซัลไฟด์ในตะกอนดินบริเวณที่มีการขนถ่ายสินค้ามีค่าอยู่ในช่วง 0.0047- 0.2357 mg$H_2S$/g บริเวณที่ไม่มีการขนถ่ายสินค้าอยู่ในช่วง 0.0001-0.1413 mg$H_2S$/g (อลงกต อินทรชาติ และคณะ, 2551) โดยปริมาณซัลไฟด์ในดินตะกอนปกติจะไม่พบบริเวณที่เป็นหาดทรายหรือพื้นทะเลที่มีปริมาณอินทรีย์สารต่ำ ซึ่งการเพิ่มขึ้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์สามารถใช้เป็นพื้นฐานในการบอกถึงความสามารถในการรองรับการดูดซึมของสารอินทรีย์ที่เป็นของเสียลงสู่ดินตะกอนได้

**สรุปผลการวิจัย**

1. ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำทะเลบริเวณผิวน้ำ มีค่าอยู่ในช่วง 0.0002-0.0502% บริเวณกลางน้ำอยู่ในช่วง 0.0008-0.0862% และ บริเวณเหนือพื้นดิน มีค่าอยู่ในช่วง 0.0004-0.1412%
2. ปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอน มีค่าอยู่ในช่วง 0.000-14.8595%) โดยพบว่าในจุดเก็บตัวอย่างที่อยู่ทางตอนเหนือและทางใต้ของเกาะสีชัง มีค่าที่สูงกว่าจุดเก็บตัวอย่างในบริเวณอื่นๆ
3. ความสัมพันธ์ของปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนต่อคุณภาพน้ำทะเลที่สำคัญ เช่น

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนและปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำ พบว่าเป็นความสัมพันธ์ในเชิงบวกในทุกระดับความลึก

ความสัมพันธ์ระหว่างสารอินทรีย์ในดินตะกอนกับปริมาณออกซิเจนละลายที่ระดับผิวน้ำเป็นความสัมพันธ์ในเชิงบวก ที่ระดับกลางน้ำและระดับเหนือพื้นดินมีความสัมพันธ์กันในเชิงลบ

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนและปริมาณสารอนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำในรูปของแอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรท เป็นความสัมพันธ์ในเชิงบวก

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนและปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เป็นความสัมพันธ์ในเชิงบวก

4. ความสัมพันธ์ของปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนต่อคุณภาพดินตะกอนที่สำคัญ เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนและปริมาณไฮโดรเจนซัลไฟด์ในดินตะกอน เป็นความสัมพันธ์ในเชิงบวก สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างสารอินทรีย์ในดินตะกอนกับค่าความเป็นกรด-ด่างเป็นความสัมพันธ์ในเชิงลบ

# เอกสารอ้างอิง


Agricutural Trade Promotion Division, Department of Internal trade, Ministry of Commerce. 2018. http://agri.dit.go.th/web_dit_sec5/home/view_ multi.aspx?Menu_id= 2&name=มันสำปะหลัง.

Center of agricultural information. Office of Agricultural Economics. Ministry of Agriculture and Cooperatives. 2018.Cassava : Production cost Average country Separated by region.

Chuasuwan, C. 2018. Cassava Industry. https://www.krungsri.com/bank/.../IO_Cassava_180807_EN_EX.aspx.

Davis, C.E., Blackbird, S., Woff, G., Woodward, M. and Mahffey, C. 2018. Seasonal organic matter dynamics in a temperate shelf sea. Progress in Oceanography, https://doi.org/10.1016/j.pocean.2018.02.021.

Food and Agricultural Organization of the United Nations [FAO]. 2017. FAOSTAT. http://faostat.fao.org .

Jaritkhuan, S and Manthachitra, V. 1991. Benthos and same environmental parameters at Pattaya to Leam Chabang Port. Department f Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University. 48 p.

Jiamjumnunja, J. 2004. Cassava. Kasertsart University Publishing, Bangkok. pp 81-93.

Limsila, J. and Limsila, A. 2004. History and importance *in* Cassava academic papers. Ministry of Agriculture and Cooperatives. pp 1-3.

Ministry of Commerce. 2017. Exporting products according to Thailand's major product structure. http://www2.ops3.moc.go.th/export/recode_export/.

Misic, C. and Harriague, A.C. 2018. Organic matter characterisation and turnover in the sediment and seawater of a tourist harbor. Marine Environmental Research, 68 : 227–235.

Office of Agricultural Economics. Ministry of Agriculture and Cooperatives. 2018. Agricultural statistics of Thailand year 2018.

Office of Agricultural Economics. Ministry of Agriculture and Cooperatives. 2008. Agricultural statistics of Thailand year 2007.

Office of Agricultural Economics. Ministry of Agriculture and Cooperatives. 2018. Agricultural statistics of Thailand year 2017.

Parthanadee, P., Putgunsomsiri, J., khompatraporn, C. and Momthathipgul, C. 2009. Supply Chain and Logistics Management for Cassava Products in Thailand.

Rojanaritphichet, J. 2003. The general knowledge of Cassava in Cassava, production, processing, utilization. Training documents : Production potential development project and marketing of cassava. The Thai Tapioca Development institute under the patronage of HRH Princess Maha Chakri Sirindhorn. Kasertsart University 4-8 August 2003, Bangkok.

Rungsupa, S. 2015. Tapioca Transportation Effect to Marine Environment and Benthic Community around Sichang Ialand and Siracha, Cholburi Province. Aquatic Resources Research Institute.

Supaharn, D. 1994. Botany and genetics of cassava in Cassava academic papers. Rayong Field Crops Research Center. Cassava academic papers.

Tam, N.F.Y., & Wong, Y.S., (1998). Variations of soil nutrient and organic matter content in a subtropical mangrove ecosystem. Water, Air and Soil Pollution 103, pp. 245-261.

Timaboot, W., Suthikarnnarunai, N. 2015. A desicn of tapioca chip transpotation model in Thailand. Proceedings of Academics World 5 th International Conference, Paris, France, 11th October 2015.

Tunkijjanukij, S. Intarachart, A., Vichkovitten, T., Juntaropakorn, M., Chuchit, L., Rermdumri, S., Ploypradup, P., Yoosamran, C. and Khantavong, A. 2006. The impact of cassava starch loading and other products with diffusion from the cargo ship in the area of Sriracha Bay and Koh Sichang.Faculty of fishery. Kasertsart University.

Vivian, C.M.G. 1987. The total carbohydrate: Organic carbon ratio as an indicator of sewage-derived organic matter in Burbo Bight sediments, Liverpool Bay, UK. Environmental Pollution, 46(2): 105-118.

พนมไพร วงษ์คลองเขื่อน. 2553. การศึกษาเปรียบเทียบขนาดตะกอนดินและปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนชายฝั่งทะเลเกาะสีชังและอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี. รายงานการอบรมครุวิจัย 2553.

สมภพ รุ่งสุภา. 2552. การเปลี่ยนแปลงปริมาณอินทรีย์สารในตะกอนดินบริเวณอ่าวไทยตอนบน ระหว่าง พ.ศ. 2542-2551 *ใน* การประชุมสัมมาทางวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออกครั้งที่ 2: หน้า 272-277.

อลงกต อินทรชาติ, กนกวรรณ ขาวด่อน และจรรยา เจตน์เจริญ. 2551. ผลกระทบการขนถ่ายสินค้าต่อคุณภาพดินตะกอนในอ่าวศรีราชาและเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี.

จารุ มาศ เมฆสัมพันธ์ . (2548). ดินตะกอน. กรุ งเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ .

ชัยศรี ธาราสวัสดิ์พิพัฒน์ . (2547). การจัดการสิ่ งแวดล้อมเบื้องต้น. กรุ งเทพฯ: สำนักพิมพ์แม็ค.

อรรถ สมร่าง, ยุทธชัย อนุรักษ์ติพันธุ์ , พงศ์ธร เพียรพิทักษ์ , บุศรินทร์ แสวงลาภ. (2548). ดินเพื่อประชาชน. กรุ งเทพฯ: กรมพัฒนาที่ ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ .

https://www.researchandmarkets. com/reports/4514602/cassava-starch-market-global-industry-trends

https://www.tapiocathai.org/C.html

https://eu.lib.kmutt.ac.th/elearning/Courseware/BCT611/chapter2.html