Science and Engineering Connect, ISSN 3027-7914 (Online)
Vol. 47 No. 2 pp. 145-162 (2024)

บทความวิจัย (Research Article)

ความสัมพันธ์ระหว่างประชากรจักจั่นทะเลและคุณภาพน้ำทะเล ในพื้นที่หาดไม้ขาว จังหวัดภูเก็ต

Correlation between Population of Mole Crab (*Emerita emeritus* L., 1767) and Marine Water Quality at Mai Khao Beach, Phuket Province

วัชรวดี ลิ่มสกุล[1], ธงชัย สุธีรศักดิ์[1*], อุดมลักษณ์ คงสังข์[1], วีระพงศ์ เกิดสิน[1], เวียงชัย จงศรีรัตนกุล[2]
Wadcharawadee Limsakul[1], Thongchai Suteerasak[1*], Audomlak Khongsang[1], Werapong Koedsin[1], Wiangchai Chongsrirattanakun[2]
[1]คณะเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต ประเทศไทย
[1]Faculty of Technology and Environment, Prince of Songkla University, Phuket Campus, Phuket, Thailand
[2]สำนักเครื่องมือวิทยาศาสตร์และการทดสอบ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ประเทศไทย
[2]Scientist Office of Scientific Instrument and Testing, Prince of Songkla University, Phuket Campus, Phuket, Thailand
*Corresponding author E-mail: thongchai.s@phuket.psu.ac.th

Received 5 January 2024; Revised 13 June 2024; Accepted 18 June 2024

บทคัดย่อ

ความเป็นมาและวัตถุประสงค์ : จักจั่นทะเลเป็นสิ่งมีชีวิตที่พบได้ค่อนข้างมากในพื้นที่จังหวัดภูเก็ต เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีแหล่งอาหาร สภาพแวดล้อม สภาพภูมิประเทศ และหาดทรายที่เหมาะแก่การดำรงอยู่ของจักจั่นทะเล ดังนั้น จึงมีการนำจักจั่นทะเลมาเป็นวัตถุดิบหรือส่วนหนึ่งของอาหารพื้นถิ่นในพื้นที่จังหวัดภูเก็ต สร้างรายได้ให้แก่ชุมชนในพื้นที่ได้มากมาย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนประชากรของจักจั่นทะเลและคุณภาพน้ำทะเลในพื้นที่หาดไม้ขาว จังหวัดภูเก็ต

วิธีดำเนินการวิจัย : การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนประชากรของจักจั่นทะเลและคุณภาพน้ำทะเลในพื้นที่ดังกล่าวอาศัยข้อมูลตัวชี้วัดที่มาจากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทะเล และข้อมูลจำนวนประชากรจักจั่นทะเลที่เก็บในพื้นที่หาด 4 พื้นที่ในจังหวัดภูเก็ต เก็บข้อมูลในช่วงก่อนฤดูร้อน พ.ศ. 2563 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสองใช้วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) ที่เป็นส่วนหนึ่งของสถิติการวิเคราะห์พหุตัวแปร (Multivariate analysis) หาปัจจัยร่วมของข้อมูลจำนวนประชากรจักจั่นทะเลและข้อมูลตัวชี้วัดคุณภาพน้ำทะเล

ผลการวิจัย : พบความสัมพันธ์ที่ค่อนข้างชัดเจนของ 16 คู่ตัวแปร จากจำนวนการจับคู่ตัวแปร 45 คู่ตัวแปร กลุ่มของตัวแปรที่สัมพันธ์กันสามารถจำแนกออกเป็นข้อมูลปัจจัยของตัวแปรได้ 2 ปัจจัย ดังที่ตั้งสมมติฐานไว้ ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 เป็นปัจจัยของตัวแปรสิ่งแวดล้อมที่อยู่อาศัย มีตัวแปรที่เป็นตัวชี้วัดคุณภาพน้ำทะเลในปัจจัยดังกล่าวที่แสดงถึงความสัมพันธ์เชื่อมโยงจำนวนประชากรจักจั่นทะเลกับคุณภาพน้ำทะเล คือ อุณหภูมิของน้ำทะเล ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) บีโอดี (BOD) และ ซีโอดี (COD) ด้วยค่า R ในช่วง 0.78-0.91 โดยมีเพียงอุณหภูมิเท่านั้นที่แสดงผลความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกับความหนาแน่นประชากรจักจั่นทะเล ส่วนสามตัวชี้วัดที่เหลือแสดงความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกับความหนาแน่นประชากรจักจั่นทะเล ปัจจัยที่ 2 เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับอาหารที่มีการเชื่อมโยงกับคุณภาพน้ำทะเลในเชิงความสัมพันธ์กับระบบนิเวศและสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ มีตัวชี้วัดคุณภาพน้ำทะเลที่เป็นตัวแปรย่อย คือ ค่าความเป็นกรดด่าง ค่าความเค็มของน้ำทะเล ค่าฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส และปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ด้วยค่า R ในช่วง 0.00-0.65 ปัจจัยในกลุ่มที่สองนี้ไม่ได้แสดงความสัมพันธ์กับจำนวนประชากรจักจั่นทะเลอย่างชัดเจน นอกจากนี้ ยังมีตัวชี้วัดที่ไม่แสดงความสัมพันธ์ร่วมกับปัจจัยทั้งสอง ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด

สรุป : ปัจจัยร่วมที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลประชากรจักจั่นทะเลและตัวชี้วัดคุณภาพน้ำมี 2 ปัจจัย ได้แก่ปัจจัยที่ 1 ซึ่งเป็นปัจจัยของตัวแปรสิ่งแวดล้อมที่อยู่อาศัย เป็นปัจจัยที่แสดงความสัมพันธ์เชิงสถิติกับความหนาแน่นประชากรจักจั่นทะเลโดยตรง มีตัวชี้วัดของคุณภาพน้ำทะเลที่เชื่อมโยงกัน คือ อุณหภูมิของน้ำทะเล ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) บีโอดี (BOD) และ ซีโอดี (COD) ส่วนปัจจัยที่ 2 เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับอาหารที่เชื่อมโยงกับคุณภาพน้ำทะเล โดยตัวชี้วัดทั้งหมดในปัจจัยนี้ไม่ได้แสดงผลความความสัมพันธ์กับความหนาแน่นประชากรของจักจั่นทะเลอย่างชัดเจน แต่แสดงผลในเชิงความสัมพันธ์กับระบบนิเวศและสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ มีตัวชี้วัดคุณภาพน้ำทะเล ได้แก่ ค่าความเป็นกรดด่าง ค่าความเค็มของน้ำทะเล ค่าฟอสเฟต–ฟอสฟอรัส และปริมาณคลอโรฟิลล์เอ

การนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงปฏิบัติ : ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนประชากรจักจั่นทะเลและคุณภาพน้ำเป็นตัวบ่งชี้ถึงโอกาสการอยู่รอดของจักจั่นทะเลในน้ำทะเล มีประโยชน์เพื่อนำไปใช้ในการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพน้ำทะเล หากต้องการเพาะพันธุ์จักจั่นทะเลในพื้นที่สำหรับใช้ในเชิงพานิชย์

คำสำคัญ : สหสัมพันธ์, หาดไม้ขาว, จักจั่นทะเล, คุณภาพน้ำทะเล

Abstract

Background and Objectives: Mole crab is an organism that is widely found in Phuket Province due to appropriate food source, environment, topography, and seashore that is conducive to the proliferation of the crab. Mole crab is therefore used as a raw material for Phuket local food and greatly contributes to the income to the local community. This research aimed to study the relationship between mole crab population and quality of marine water of Mai Khao beach, Phuket Province.

Methodology: Relationships between mole crab population and quality of marine water of Mai Khao beach, Phuket Province were analyzed using data of marine water quality index and mole crab population collected from 4 beach stations. All data were collected during the pre-summer period of 2020. Analysis of the relationships between the two variable sets was performed using factor analysis, which is a part of multivariate analysis, in order to determine cofactors between the data.

Main Results: The results revealed clear correlations between 16 bivariate data out of a total of 45 bivariate data. The group of correlated variables could be classified into 2 factors as created in the hypothesis. First, residential environment variable factors consisted of marine water quality indices, i.e., marine water temperature, DO, BOD, and COD, with the R-value ranging between 0.81 to 0.91; these factors were related to mole crab population density and marine water quality. However, only marine water temperature showed positively proportional relationship with the mole crab population density; the rest showed negatively proportional relationships with the mole crab population density. The second group of factors, i.e., dietary variable factors, were related to marine water quality in terms of the relationships with other ecosystems and living organisms; variables belonging to this group were pH value, salinity of marine water, PO4-P, and chlorophyll A, with the R-value ranging between 0.00 to 0.65. These second-group factors were not clearly correlated with the mole crab population density. In addition, some indices did not show any relationships with the above 2 groups of factors, i.e., total nitrogen and total phosphorus.

Conclusions: There were two groups of factors that exhibited relationships between the mole crab population and quality of marine water data. Factor 1: residential environment variable factors, statistically and directly related to the mole crab population density. The related marine water quality indices were water temperature, DO, BOD, and COD. Factor 2: dietary variable factors, related to marine water quality. All indices of this group of factors did not

clearly show the relationships with the mole crab population density, but exhibited relationships with other ecosystems and living organisms. The marine water quality indices were pH value, salinity of marine water, PO4-P, and chlorophyll A.

Practical Application: The relationships between mole crab population and quality of marine water indicate the chance of survival of mole crab in marine water. The results could be used to determine and monitor marine water quality if commercial breeding of mole crab is to be conducted.

Keywords: Correlation, Mai Kaow Beach, Mole crab, Marine Water Quality

Introduction

จักจั่นทะเลเป็นสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งที่อาศัยอยู่ในระบบนิเวศที่มีสภาพแวดล้อมที่เป็นหาดทราย โดยสามารถพบจักจั่นทะเลฝังตัวในทรายหรือเคลื่อนไหวไปมาตามการขึ้นลงของระดับน้ำทะเลและ/หรือคลื่นลมทะเลได้ในพื้นที่ที่มีหาดทรายในพื้นที่โซนเขตร้อน [1] อย่างไรก็ตาม ไม่ใช่ทุกพื้นที่ที่มีหาดทรายจะสามารถพบจักจั่นทะเล เนื่องจากจักจั่นทะเลดำรงชีวิตอยู่ได้ด้วยการกินแพลงตอนบางชนิดในน้ำทะเลเป็นอาหาร ดังนั้นพื้นที่ที่พบเจอจักจั่นทะเลได้ต้องมีสภาพแวดล้อมและอาหารที่เหมาะแก่การดำรงชีวิตอยู่ด้วยเช่นกัน [2] ทั้งนี้จากงานวิจัยของ Koedprang และคณะ [3] พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการแพร่กระจายตัวของจักจั่นทะเลประกอบด้วยการเคลื่อนที่ของตะกอนทรายจากการพัดพาของคลื่นลมทะเล การเคลื่อนที่ของน้ำทะเล (น้ำขึ้น-ลง) การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความเค็มในพื้นที่ดังกล่าว นอกจากนี้ อาจมีปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของสิ่งแวดล้อมของพื้นที่ที่เป็นอยู่อาศัยของจักจั่นทะเลซึ่งอาจเชื่อมโยงหรือส่งผลต่อการดำรงอยู่และการแพร่กระจายของจักจั่นทะเลและเป็นประเด็นปัญหาที่น่าสนใจในการศึกษาเป็นอย่างยิ่ง

จักจั่นทะเลที่พบเห็นได้ในพื้นที่ฝั่งทะเลอันดามันของประเทศไทย ประกอบด้วย จักจั่นทะเลชนิด *Albunea symmysta, Hippa adactyla* และ *Emerita emeritus* ซึ่งสามารถพบเห็นจักจั่นทะเลทั้ง 3 ชนิดค่อนข้างมากภายในพื้นที่หาดไม้ขาว จังหวัดภูเก็ตและพื้นที่หาดท้ายเหมือง จังหวัดพังงา [4] จากงานวิจัยของ Khongsang [5] พบว่า จักจั่นทะเลชนิด *Emerita emeritus* เป็นประเภทของจักจั่นทะเลที่พบมากในพื้นที่หาดไม้ขาว จังหวัดภูเก็ต พื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่หนึ่งในประเทศไทยที่สามารถพบเจอจักจั่นทะเลได้ค่อนข้างมาก เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีแหล่งอาหาร มีสภาพแวดล้อม สภาพภูมิประเทศและหาดทรายที่เหมาะแก่เหมาะแก่การดำรงอยู่ของจักจั่นทะเล ดังที่สามารถพบเห็นว่ามีการนำจักจั่นทะเลมาเป็นวัตถุดิบหรือส่วนหนึ่งของอาหารพื้นถิ่นในพื้นที่ดังกล่าว โดยสภาพแวดล้อมรอยต่อพื้นที่ทะเลเปิดที่เชื่อมต่อพื้นที่หาดไม้ขาวค่อนข้างเหมาะสมต่อการดำรงอยู่ของสัตว์ทะเลต่าง ๆ ดังที่พบได้จากผลของคุณภาพสิ่งแวดล้อมของพื้นที่หาดไม้ขาว จังหวัดภูเก็ตในงานวิจัยของ Suteerasak และคณะ [6] และ Limsakul และคณะ [7] ที่มีการศึกษาคุณภาพน้ำและปริมาณธาตุโลหะหนักในตะกอนทรายในหาดไม้ขาว ตามลำดับ โดยผลจากงานวิจัยทั้งสอง พบว่า ผลของคุณภาพน้ำทะเลของพื้นที่หาดไม้ขาวอยู่ในเกณฑ์เหมาะต่อการดำรงชีวิตและเพาะเลี้ยงจักจั่นทะเล ส่วน

ผลของโลหะหนักในทรายนั้น พบปริมาณทองแดงและสังกะสีที่ค่อนข้างมากโดยโลหะหนักทั้งสองอาจติดมากับตะกอนดินที่พับพามากับน้ำทิ้งที่ไหลมาจากท่อน้ำทิ้งที่มีการระบายสู่ทะเลในพื้นที่หนึ่งจุดเก็บตัวอย่างจากจุดเก็บตัวอย่าง 10 จุด ส่วนโลหะหนักอื่น ๆ พบว่า อยู่ในระดับที่พบได้ในทรายซึ่งสันนิษฐานว่าอาจมีมาพร้อมกับทรายชายหาดที่เกิดขึ้นจากการผุพังของวัสดุธรรมชาติบนผืนแผ่นดินและบางส่วนอาจเป็นทรายที่ถูกพัดพาขึ้นมาจากในมหาสมุทรตั้งแต่ครั้งอดีตกาล อย่างไรก็ตาม จากผลการวัดปริมาณโลหะหนักทองแดงและสังกะสีในน้ำจากจุดเก็บตัวอย่างที่พบความผิดปกติของทองแดงและสังกะสีในงานของ Suteerasak และคณะ [6] พบว่าปริมาณโลหะหนักทั้งสองในน้ำมีค่าน้อยมาก คือ มีทองแดง น้อยกว่า 0.4 ไมโครกรัมต่อลิตร และสังกะสีน้อยกว่า 4 ไมโครกรัมต่อลิตร ซึ่งยังอยู่ในเกณฑ์คุณภาพสิ่งแวดล้อมที่ไม่รบกวนการดำรงอยู่ของสิ่งมีชีวิต

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยต่อเนื่องกับการศึกษาสถานภาพและการแพร่กระจายของจักจั่นทะเลตาธรรมชาติของหาดไม้ขาว จังหวัดภูเก็ต โดยมีการศึกษาจำนวนประชากรจักจั่นทะเล [5] และคุณภาพน้ำทะเล [6] ในพื้นที่ไปในงานวิจัยก่อนหน้านี้ งานวิจัยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนประชากรของจักจั่นทะเลกับข้อมูลตัวชี้วัดคุณภาพน้ำทะเลซึ่งเป็นปัจจัยที่สามารถสะท้อนถึงคุณภาพสิ่งแวดล้อมทางทะเลและชายฝั่งในพื้นที่หาดไม้ขาว รวมถึงหาปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวพันกับการเพิ่ม-ลดและการคงอยู่ของประชากรจักจั่นทะเลในพื้นที่เพื่อนำมาประกอบการเสนอแนะแนวทางในการอนุรักษ์จักจั่นทะเลอย่างยั่งยืนในงานวิจัยลำดับถัดไป ทั้งนี้ การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนประชากรของจักจั่นทะเลและตัวชี้วัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมดังกล่าวอาศัยวิธีการวิเคราะห์ตัวแปรหลายตัว (Multivariate analysis) ที่เป็นหนึ่งวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติที่สามารถมาช่วยในการหากลุ่มความสัมพันธ์ของตัวแปร และสามารถสกัดเอาปัจจัยที่มีความเชื่อมโยงกับจำนวนประชากรของจักจั่นทะเล ซึ่งวิธีการวิเคราะห์ดังกล่าวถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรหลายตัวแปรค่อนข้างมากในหลายงานวิจัย เช่น งานวิจัยของ Vecchia และคณะ [8] ที่ใช้การวิเคราะห์หลายตัวแปรศึกษาการปนเปื้อนของน้ำผิวดินในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำซินอสทางตอนใต้ของสหพันธ์สาธารณรัฐ และงานของ Aguirre และคณะ [9] ที่ใช้การวิเคราะห์ตัวแปรหลายตัวมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวชี้วัดจากการตรวจสอบคุณภาพน้ำเพื่อค้นหาต้นเหตุของปัญหาที่อาจส่งผลต่อสุขภาพของผู้ใช้น้ำในเขื่อนซานโรเก่ค์ จังหวัดคอร์โดบาร์ของสาธารณรัฐอาเจนตินา

Materials and Methods

พื้นที่ศึกษา

พื้นที่หาดไม้ขาวตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของเกาะภูเก็ต โดยมีพื้นที่ชายฝั่งติดกับทะเลอันดามัน มีสภาพภูมิประเทศเป็นหาดทรายยาวต่อเนื่องกันประมาณ 10 กิโลเมตร ทางตอนบนของหาดไม้ขาวมีการเชื่อมต่อกับหาดทรายแก้วที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ส่วนบนสุดของเกาะภูเก็ต ส่วนทางตอนล่างของหาดไม้ขาวมีการเชื่อมต่อกับหาดในยาง [6-7] ทั้งนี้ สภาพพื้นผิวภูมิประเทศของหาดไม้ขาวมีความลาดชันแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ย่อย ปัจจัยที่ทำให้เกิดความผันแปรของพื้นผิวชายหาดดังกล่าวอาจเกิดจากอิทธิพลของคลื่นทะเลซัดเข้าสู่ฝั่งค่อนข้างรุนแรงในช่วงฤดูมรสุม [10] ในงานวิจัยนี้กำหนดพื้นที่ศึกษาเพื่อเก็บข้อมูลประชากรจักจั่นทะเลและคุณภาพน้ำ

ทะเลในพื้นที่หาดไม้ขาวจำนวน 4 พื้นที่ คือ ในพื้นที่ตอนล่างของหาดทรายแก้วและในพื้นที่หาดไม้ขาว แต่ละพื้นที่เก็บข้อมูลตั้งอยู่ห่างจากกันประมาณ 1,500-2,000 เมตร ดังแสดงใน Figure 1 ทั้งนี้ จากงานวิจัยที่มีการศึกษาสภาพของพื้นที่ทางกายภาพทั้ง 4 พื้นที่ พบว่าพื้นที่ดังกล่าวต่างมีความลาดชันของชายหาดและสภาพพื้นผิวที่แตกต่างกันชัดเจน ซึ่งเป็นผลมาจากการได้รับอิทธิพลจากคลื่นที่ซัดเข้าสู่ชายหาดในช่วงฤดูมรสุม [10] ซึ่งส่งผลให้พบสัดส่วนของขนาดเม็ดทรายที่ขนาดมีเม็ดที่แตกต่างกันมีปริมาณมากน้อยแตกต่างกันด้วยเช่นกัน [7]

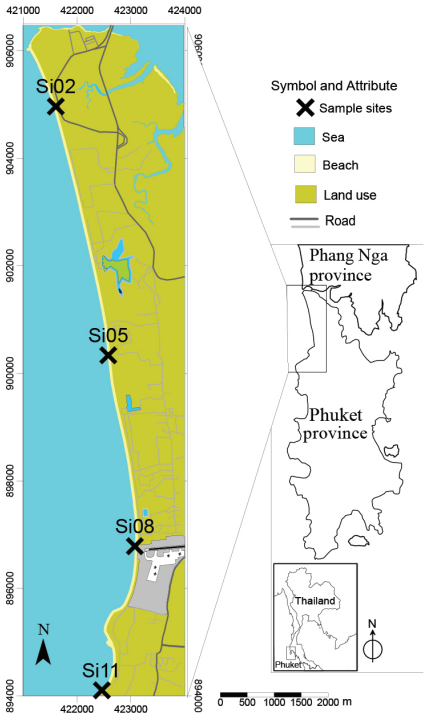

Figure 1 Study area and the site for collecting samples in the Mai Khao beach, Phuket province (modified from the research of Suteerasak และคณะ [6] and Khongsang [5])

การเก็บข้อมูลและการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่าง

ข้อมูลที่นำมาใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างประชากรจักจั่นทะเลและตัวชี้วัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมเป็นข้อมูลที่มาจากงานวิจัยของ Khongsang [5] และ Suteerasak และคณะ [6] ทั้งนี้ในงานวิจัย [5] มีการเก็บตัวอย่างจักจั่นทะเลโดยใช้กระบอกเก็บตัวอย่าง (core) ขนาดพื้นที่หน้าตัด 0.03 ตารางเมตร โดยวางกระบอกเก็บตัวอย่างบริเวณแนวคลื่นทะเลที่ซัดเข้าสู่หาดไม้ขาวและใช้พลั่วขุดลึกประมาณ 15-20 เซนติเมตร เพื่อวางกระบอกเก็บตัวอย่าง จากนั้นนำตัวอย่างที่เก็บได้มาคัดเลือกตัวอย่างจักจั่นทะเลออกจากตะกอนทรายด้วยตะแกรงร่อน (sieve) ขนาดความกว้างของช่องตระแกรงร่อน 2 มิลลิเมตร และ 1 มิลลิเมตร ตามลำดับ สุดท้ายนำตัวอย่างจักจั่นที่ได้ไปศึกษาขนาดโดยแบ่งกลุ่มจักจั่นทะเลออกเป็น 3 ขนาด คือ ขนาดเล็ก (small) มีความยาวกระดองน้อยกว่า 5.0 มิลลิเมตร ขนาดกลาง (medium) มีความยาวของกระดองในช่วง 5.1-10.0

มิลลิเมตร และขนาดใหญ่ (large) มีความยาวกระดองมากกว่า 10.0 มิลลิเมตร ขึ้นไป และทำการเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช รวมถึงข้อมูลอื่น ๆ มาประกอบการอภิปรายผลในงานวิจัยดังกล่าว ในส่วนข้อมูลคุณภาพน้ำทะเลอาศัยข้อมูลผลจากการตรวจวัดคุณภาพน้ำทะเลจากงานวิจัย [6] ที่มีการเก็บตัวอย่างน้ำและทรายดังกล่าวเก็บช่วงก่อนฤดูร้อนในเดือนมีนาคม 2563 เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่ถูกรบกวนโดยคลื่นลมมรสุมน้อยที่สุด ประกอบกับช่วงเดือนนอกเหนือจากช่วงเวลาดังกล่าวอยู่ในสถานการณ์การแพร่ระบาดของ Covid-19 ทำให้ไม่สามารถเก็บข้อมูลจักจั่นทะเลได้ดังที่ปรากฏข้อมูลในงานวิจัย [5] การเก็บข้อมูลน้ำทะเลมีการกำหนดจุดเก็บตัวอย่างย่อย 3 จุดในพื้นที่เก็บตัวอย่างทั้ง 4 พื้นที่ เช่นกัน โดยมีการเก็บตัวอย่างน้ำใส่ขวดพลาสติกซ้ำ 3 ครั้งต่อ 1 จุดเก็บตัวอย่างย่อย จากนั้นนำน้ำที่ได้มาตรวจวัดตัวชี้วัดพื้นฐานในพื้นที่ เช่น ค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิ จากนั้นนำไปเก็บในกล่องน้ำแข็งเพื่อลดผลการเปลี่ยนแปลงทางเคมี นอกจากนี้แต่ละจุดเก็บตัวอย่างมีการบันทึกพิกัดตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างด้วยเครื่อง GPS (Garmin รุ่น etrex) นำตัวอย่างน้ำมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำตามตัวชี้วัดพื้นฐานทางด้านสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen : DO) ค่าความเค็ม (Salinity) บีโอดี (Bilogical Oxygen Demand : BOD) ซีโอดี (Chemical Oxegen Demand : COD) ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสเฟต–ฟอสฟอรัส (PO4–P) ฟอสฟอรัสทั้งหมด คลอโรฟิลล์เอ (Chlorophyll A) และปริมาณโลหะหนักทองแดง ตะกั่ว สังกะสีและเหล็ก ทั้งนี้ตัวอย่างน้ำทะเลดังกล่าวถูกวิเคราะห์ตามตัวชี้วัดคุณภาพน้ำทะเลที่ระบุไว้ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ด้วยเครื่องมือในการตรวจวัดคุณภาพน้ำตามตัวชี้วัดข้างต้นโดยศูนย์วิเคราะห์คุณภาพสิ่งแวดล้อม คณะเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตภูเก็ต ในส่วนของปริมาณโลหะหนักทองแดง ตะกั่ว สังกะสีและเหล็กในน้ำทะเล อาศัยการส่งตัวอย่างน้ำทะเลดังกล่าวไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง ICP-OES (Perkin Elmer Optima 4300 DV) ที่สำนักเครื่องมือวิทยาศาสตร์และการทดสอบ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ดังที่ปรากฏข้อมูลในงานวิจัย [6]

การวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูล

การวิเคราะห์พหุตัวแปร (Multivariate analysis) เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์กันของตัวแปรหลายตัวแปรซึ่งในทางสถิติถือว่าเป็นหนึ่งเครื่องมือหนึ่งที่ใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปรทางสถิติวิธีการดังกล่าวสามารถแสดงให้เห็นถึงความเกี่ยวพันกันทั้งแบบเป็นกลุ่มก้อนของข้อมูลหรือรูปแบบของความเกี่ยวพันกันของหลาย ๆ ตัวแปร โดยมากใช้ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปรหลายตัวแปร [11] หนึ่งวิธีการที่การใช้งานกับหลายงานวิจัยคือ วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) โดยวิธีการดังกล่าวเป็นการพิจารณาทีละคู่ตัวแปรเพื่อสกัดออกมาเป็นกลุ่มข้อมูลตัวแปรที่มีความเกี่ยวพันกันและกำหนดออกมาเป็นกลุ่มข้อมูลที่อาจมีปัจจัยร่วมกัน [12] วิธีการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ดังกล่าวพบใช้ในหลายงานวิจัย ตัวอย่างเช่น การศึกษาความสัมพันธ์กันระหว่างสมบัติเฉพาะทางแม่เหล็กและปริมาณธาตุโลหะในวัสดุธรรมชาติของจังหวัดภูเก็ตในงานของ Suteerasak และคณะ [13] และพบใช้ในงานวิจัยของ Zhiyuan และคณะ [14] งานของ Gergen & Harmanescu [15] และงานของ Yalcin และคณะ [16] ที่ต่างก็ใช้กลุ่ม

ความสัมพันธ์ของข้อมูลโลหะหนักมาประเมินการปนเปื้อนโลหะหนักและศึกษาต้นกำเนิดโลหะหนักจาก ทั้งนี้กระบวนการวิเคราะห์ดังกล่าวเริ่มต้นด้วยการสร้างเมตริกซ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรทุกตัวแปร โดยมีการศึกษาความสัมพันธ์ทีละคู่ตัวแปรโดยพิจารณาผลความสัมพันธ์กันจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Pearson Correlation Coefficient, R) ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรที่ดีควรมีค่า R มากกว่า 0.5 (หรือมากกว่านี้หากมีนัยความสัมพันธ์ที่เป็นกลุ่มก้อนชัดเจน) ลำดับถัดมาเป็นการการสกัดปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กันเชิงตัวแปรต่างๆ ด้วยการหมุนแกนปัจจัยร่วมโดยวิธี Varimax เพื่อสกัดเอาปัจจัยร่วมของตัวแปรออกมา โดยในงานวิจัยนี้ทำการสกัดปัจจัยออกมาให้ได้ 2 ปัจจัย และมีการกำหนดเงื่อนไขการวิเคราะห์จำนวนองค์ประกอบที่มีความสัมพันธ์กันจากผลลัพธ์ของค่า Eigenvalue ที่มากกว่า 1 [12-13] งานวิจัยนี้มีการกำหนดจำนวนปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์ไว้ 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยที่ 1 (factor 1) เป็นปัจจัยของตัวแปรสิ่งแวดล้อมที่อยู่อาศัยที่เชื่อมโยงกับคุณภาพน้ำ เช่น อุณหภูมิ และความเค็ม [17] รวมถึงค่า DO BOD COD ที่เชื่อมโยงกับคุณสมบัติทางเคมีของน้ำทะเล ปัจจัยที่ 2 (factor 2) อาจเป็นปัจจัยที่อาจเกี่ยวข้องกับอาหาร คือ แพลงก์ตอนพืช โดยปัจจัยคุณภาพน้ำที่เชื่อมโยงกับแพลงค์ตอน ได้แก่ ฟอสเฟต–ฟอสฟอรัส ไนเตรท-ไนโตรเจน และคลอโรฟิลล์เอ [18] รวมถึงแพลงก์ตอนสัตว์ด้วยเช่นกัน [19] โดยความเป็นกรด-ด่างอาจอยู่ได้ทั้งสองปัจจัย และสุดท้ายพิจารณาปัจจัยร่วมที่มีความเกี่ยวพันกับประชากรจักจั่นทะเล เพื่อศึกษาว่ามีข้อมูลอะไรบ้างที่ส่งผลกระทบต่อการดำรงอยู่ของจักจั่นทะเล

Results

จากข้อมูลจำนวนประชากรจักจั่นทะเลในงานวิจัย [5] และผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำตามตัวชี้วัดคุณภาพน้ำทะเลจากงานวิจัย [6] มีผลของข้อมูลแสดงดัง Table 1

Table 1 Population of mole crab *(Emerita emeritus L., 1767)* in the study area as well as marine water quality index of the Mai Khao beach in Phuket province. The samples were collected during March 2020

	Si 02	Si 05	Si 08	Si 11
Density of mole crab (*E. emeritus*) in the study area (ind.m^2)[a]	461	564	466	86
Marine water quality index[b]				
1. Temperature (°C)	31.40±0.10	32.40±0.10	30.90±0.10	29.90±0.10
2. pH	7.86±0.05	7.76±0.05	7.84±0.05	7.80±0.05
3. DO (mg/L)	7.06±0.01	7.36±0.01	8.03±0.01	8.62±0.01
4. Salinity (ppt)	35±3	32±3	33±3	33±3
5. BOD (mg/L)	0.11±0.01	0.15±0.01	0.80±0.01	1.04±0.01
6. COD (mg/L)	1.0±0.1	2.0±0.1	5.0±0.1	7.0±0.1

Table 1 Population of mole crab (Emerita emeritus L., 1767) in the study area as well as marine water quality index of the Mai Khao beach in Phuket province. The samples were collected during March 2020 (Continued)

	Si 02	Si 05	Si 08	Si 11
7. Nitrate-Nitrogen (µg/L)	100.28 ±1.00	277.24 ±1.00	334.47 ±1.00	86.55 ±1.00
8. PO4–P (µg–P/L)	4.63±0.05	2.52±0.05	4.63±0.05	2.52±0.05
9. Total Phosphorus (µg/L)	50.20±0.05	50.20±0.05	46.64±0.05	48.42±0.05
10. Chlorophyll A (mg/m^3)	1.04±0.05	2.19±0.05	1.20±0.05	3.09±0.05
11. Lead (µg/L)	<0.2	<0.2	0.2	0.4
12. Copper (µg/L)	<0.4	<0.4	0.5	0.8
13. Iron (µg/L)	100	250	150	60
14. Zinc (µg/L)	<4	<4	<4	<4

[a]Khongsang [5] and [b]Suteerasak et al. [6]

Table 2 Standard of marine water quality from Announcement of the National Environmental Board, year 2021

Marine water quality index	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5	Type 6
1. pH	7.0-8.5	7.0-8.5	7.0-8.5	7.0-8.5	7.0-8.5	7.0-8.5
2. DO (mg/L)	≥4	≥6	≥4	≥4	≥4	≥4
3. Salinity (ppt)	<10	<10	<10	<10	<10	<10
4. BOD (mg/L)	-	-	-	-	-	-
5. COD (mg/L)	-	-	-	-	-	-
6. Nitrate -Nitrogen (µg/L)	≤20	≤60	≤60	≤60	≤60	≤60
7. PO4–P (µg–P/L)	≤15	≤45	≤45	≤15	≤45	≤45
8. Total Phosphorus (µg/L)	-	-	-	-	-	-
9. Chlorophyll A (mg/m^3)	-	-	-	-	-	-
11. Lead (µg/L)	≤8.5	≤8.5	≤8.5	≤8.5	≤8.5	≤8.5
12. Copper (µg/L)	≤8.0	≤8.0	≤8.0	≤8.0	≤8.0	≤8.0
13. Iron (µg/L)	≤300	≤300	≤300	≤300	≤300	≤300
14. Zinc (µg/L)	≤50	≤50	≤50	≤50	≤50	≤50

พิจารณาการกระจายตัวของจักจั่นทะเลในพื้นที่หาดไม้ขาวจากข้อมูลจำนวนประชากรจักจั่นทะเลในงานวิจัยของ Khongsang [5] ตามจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 4 จุดเก็บตัวอย่าง (Figure 2) พบว่า จำนวนประชากรจักจั่นทะเลที่พบในพื้นที่จุด Si11 ซึ่งคือพื้นที่ติดกับหาดในยางมีจำนวนน้อยที่สุดและพบเฉพาะจักจั่นทะเลขนาดเล็กว่า 5 มิลลิเมตร แตกต่างจาก 3 พื้นที่ที่เหลือที่พบจักจั่นทะเลขนาด 5-10 มิลลิเมตรปะปนอยู่ในกลุ่มตัวอย่างประชากรทั้งหมดและพื้นที่ Si05 พบจักจั่นทะเลขนาดใหญ่กว่า 10 มิลลิเมตรขึ้นไปปะปนอยู่ในกลุ่มประชากรจักจั่นทะเลทั้งหมดร้อยละ 12 โดยประชากรจักจั่นทะเลที่พบมากที่สุดของทั้ง 4 พื้นที่คือจักจั่นทะเลขนาดเล็กกว่า 5 มิลลิเมตร

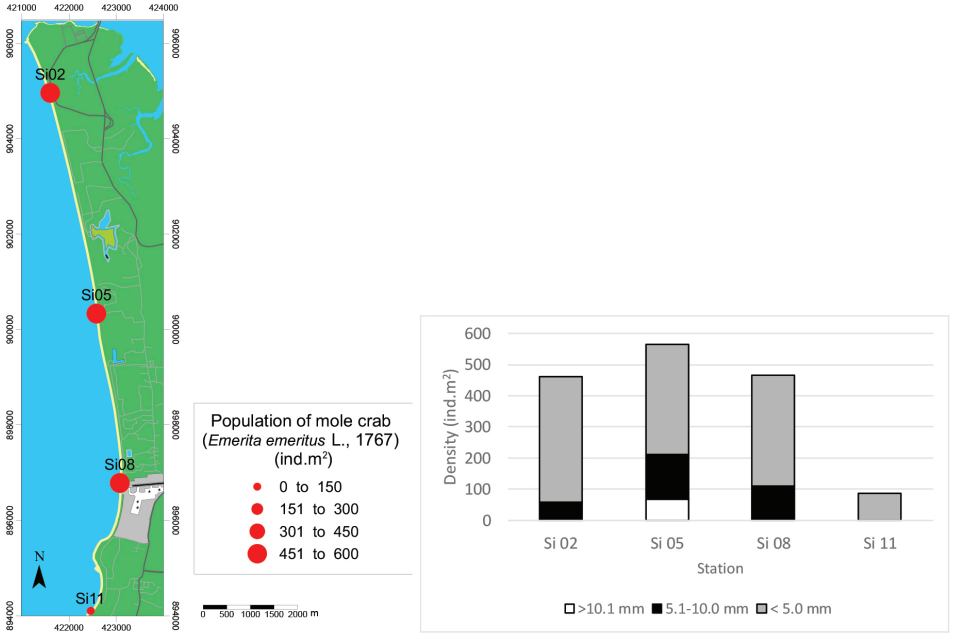

Figure 2 (a) Distribution of mole crab (E. emeritus) in four sites of Mai Khao beach, (b) density of mole crab (E. emeritus) in each site (modified from Khongsang [5])

ในส่วนของข้อมูลคุณภาพน้ำทะเลของทั้ง 4 จุดเก็บตัวอย่าง ผลจากงานวิจัย [6] พบว่าคุณภาพน้ำทะเลในทุกจุดเก็บตัวอย่างมีค่าอยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำทะเลทั้ง 6 ประเภท ซึ่งได้แก่ ประเภทที่ 1 คุณภาพน้ำทะเลเพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ ประเภทที่ 2 คุณภาพน้ำทะเลเพื่อการอนุรักษ์แหล่งปะการัง ประเภทที่ 3 คุณภาพน้ำทะเลเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ประเภทที่ 4 คุณภาพน้ำทะเลเพื่อการนันทนาการ ประเภทที่ 5 คุณภาพน้ำทะเลเพื่อการอุตสาหกรรม และท่าเรือ และสุดท้าย ประเภทที่ 6 คุณภาพน้ำทะเลสำหรับเขตชุมชน ดังแสดงใน Table 2 อย่างไรก็ตามมีเพียงปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ที่มีค่าค่อนข้างสูงกว่า 1 ถึง 5 เท่าของเกณฑ์มาตรฐานสิ่งแวดล้อม (<20 µg/l ตามประเภทที่ 1 และ <60 µg/l ตามประเภทที่ 2 ถึง 6) ผลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงปริมาณไนโตรเจนในน้ำทะเลค่อนข้างมากในพื้นที่ดังกล่าว

Table 3 Correlation coefficients of two related variables from the factor analysis

	E. emeritus	T	pH	DO	Salinity	BOD	COD	Nitrogen	PO_4–P	Total P	Chloro A
E. emeritus	1.00	0.91	0.00	-0.82	-0.05	-0.78	-0.80	0.65	0.38	0.27	-0.70
T	**0.91**	1.00	-0.32	-0.83	-0.19	-0.88	-0.84	0.46	0.00	0.59	-0.39
pH	0.00	-0.32	1.00	-0.17	0.87	0.02	-0.12	-0.22	0.91	-0.27	-0.71
DO	**-0.82**	**-0.83**	-0.17	1.00	-0.38	0.98	1.00	-0.09	-0.37	-0.69	0.66
Salinity	-0.05	-0.19	**0.87**	-0.38	1.00	-0.26	-0.36	-0.59	0.69	0.21	-0.55
BOD	**-0.78**	**-0.88**	0.02	**0.98**	-0.26	1.00	0.99	-0.05	-0.17	-0.79	0.50
COD	**-0.80**	**-0.84**	-0.12	1.00	-0.36	**0.99**	1.00	-0.06	-0.31	-0.73	0.62
Nitrogen	0.65	0.46	-0.22	-0.09	-0.59	-0.05	-0.06	1.00	0.16	-0.44	-0.34
PO_4–P	0.38	0.00	**0.91**	-0.37	0.69	-0.17	-0.31	0.16	1.00	-0.30	-0.92
Total P	0.27	0.59	-0.27	-0.69	0.21	**-0.79**	**-0.73**	-0.44	-0.30	1.00	0.05
Chloro A	**-0.70**	-0.39	**-0.71**	0.66	-0.55	0.50	0.62	-0.34	**-0.92**	0.05	1.00

หมายเหตุ ทุกการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่า $P < 0.05$

หากพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างประชากรจักจั่นทะเลและปัจจัยสิ่งแวดล้อมในพื้นที่หาดไม้ขาว ผลที่ได้จากการวิเคราะห์แต่ละคู่ตัวแปรเพื่อหาความสัมพันธ์กันระหว่างแต่ละคู่ตัวแปร ได้ผลแสดงดัง Table 3 ทั้งนี้หากวิเคราะห์เฉพาะคู่ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันค่อนข้างชัดเจนคือมีความสัมพันธ์กันของข้อมูลเกิน 70 เปอร์เซ็นต์ (มีค่า R เกิน 0.7) พบว่ามีเพียงแค่ 16 คู่ตัวแปรจาก 45 คู่ตัวแปรที่มีการจับคู่ตัวแปรวิเคราะห์ผลทั้งหมดที่ให้ผลของความสัมพันธ์กันที่ชัดเจนดังกล่าว ได้แก่ จำนวนจักจั่นทะเลกับอุณหภูมน้ำทะเล จำนวนจักจั่นทะเลกับค่า DO จำนวนจักจั่นทะเลกับค่า BOD จำนวนจักจั่นทะเลกับค่า COD จำนวนจักจั่นทะเลกับปริมาณคลอโรฟิลล์เอ อุณหภูมิน้ำทะเลกับค่า DO อุณหภูมิน้ำทะเลกับค่า BOD อุณหภูมน้ำทะเลกับค่า COD ค่าความเป็นกรดด่างกับค่าความเค็ม ค่าความเป็นกรดด่างกับค่าฟอสเฟต–ฟอสฟอรัส ค่าความเป็นกรดด่างกับปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ค่า DO กับค่า BOD ค่า BOD กับค่า COD ค่า BOD กับปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ค่า COD กับปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และ ค่าฟอสเฟต–ฟอสฟอรัสกับปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

Table 4 Factor loadings value (after varimax rotation) of the eleven variables on the first two components

	E. emeritus	T	pH	DO	Salinity	BOD	COD
factor1	**-0.891**	**-0.964**	0.117	**0.949**	-0.073	**0.971**	**0.955**
factor2	-0.12	0.209	**-0.993**	0.278	**-0.868**	0.091	0.231

	Nitrogen	PO_4–P	Total P	Chloro A	Expl.Var	Prp.Tot
factor1	-0.282	-0.155	-0.679	0.518	5.334	0.485
factor2	0.163	**-0.944**	0.215	**0.785**	3.517	0.319

ผลจากการหาค่าน้ำหนักองค์ประกอบด้วยวิธีการหมุนแกนปัจจัยร่วมโดยวิธี Varimax เพื่อสกัดเอาปัจจัยร่วมของตัวแปรออกมา โดยกำหนดเงื่อนไขพิจารณาค่าความสัมพันธ์กับปัจจัยที่มากกว่า 0.7 ผลที่ได้ พบว่า มีผลลัพธ์จำนวนตัวแปรที่สัมพันธ์กับจำนวนปัจจัยจัยที่กำหนดไว้ 2 ปัจจัยหลัก ดังแสดงใน Table 4 โดยมีตัวแปร 5 ตัวแปรที่เชื่อมโยงกับปัจจัยที่ 1 (factor 1) และมี 4 ตัวแปรที่เชื่อมโยงกับปัจจัยที่ 2 (factor 2) ทั้งนี้ไม่มีตัวแปรเชื่อมโยงระหว่างปัจจัยทั้งสอง หากเปรียบเทียบกับประเภทปัจจัย 2 กลุ่มที่กำหนดไว้ คือ ปัจจัยของตัวแปรสิ่งแวดล้อมที่อยู่อาศัยที่เชื่อมโยงกับคุณภาพน้ำทะเล (ปัจจัยที่ 1) และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับอาหารที่เชื่อมโยงกับคุณภาพน้ำทะเล (ปัจจัยที่ 2) ผลจากการสกัดปัจจัยและจับกลุ่มปัจจัย พบว่า ปริมาณจักจั่นทะเลถูกสกัดออกมาให้อยู่ในกลุ่มเดียวกับปัจจัยของตัวแปรสิ่งแวดล้อมที่อยู่อาศัย ที่ประกอบด้วย อุณหภูมิน้ำทะเล ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) บีโอดี (BOD) และ ซีโอดี (COD) ส่วนปัจจัยค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าความเค็มของน้ำทะเลไม่แสดงถึงค่าน้ำหนักองค์ประกอบที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรที่เหลือ ส่วนกลุ่มปัจจัยที่ 2 ที่ถูกสกัดออกมาอีกกลุ่มเป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปร เช่น ค่าฟอสเฟต–ฟอสฟอรัส และปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ซึ่งเป็นตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยอาหาร โดยมี 2 ตัวแปรที่ไม่แสดงความสัมพันธ์ร่วมกับปัจจัยทั้งสอง ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ซึ่งหากพิจารณาเฉพาะความเกี่ยวพันกันกับปริมาณจักจั่นทะเลสามารถพิจารณาได้จากปัจจัยที่ 1 เป็นหลัก

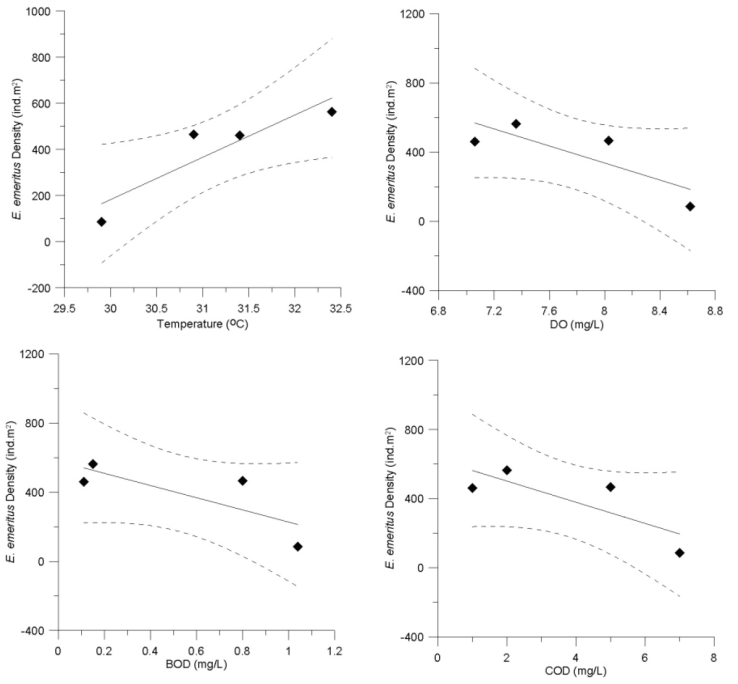

Figure 3 Relationships between mole crab (*E. emeritus*) density and temperature, DO, BOD and COD

จากการสกัดปัจจัยที่มีความเชื่อมโยงกันของข้อมูลประชากรจักจั่นทะเลและตัวชี้วัดคุณภาพน้ำทะเลด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) พบว่า กลุ่มข้อมูลที่มีความเชื่อมโยงกับจำนวนประชากรของจักจั่นทะเล คือ กลุ่มข้อมูลที่แสดงผลในปัจจัยที่ 1 สันนิษฐานได้ว่ากลุ่มข้อมูลตัวชี้วัดคุณภาพน้ำทะเลดังกล่าวเป็น ปัจจัยของตัวแปรสิ่งแวดล้อมที่อยู่อาศัยที่สามารถควบคุมจำนวนประชากรของจักจั่นทะเลในหาดไม้ขาว ตัวแปรย่อยในปัจจัยดังกล่าว ได้แก่ อุณหภูมิของน้ำทะเล ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) บีโอดี (BOD) และ ซีโอดี (COD) โดยค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) บีโอดี (BOD) และ ซีโอดี (COD) เมื่อวิเคราะห์ภาพความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนประชากรจักจั่นทะเลและข้อมูลคุณภาพน้ำเป็นรายคู่ (Figure 3) ได้ผลในรูปของสมการความสัมพันธ์ของแต่ละคู่ตัวแปรแสดงดัง Table 5

Table 5 Equations describing relations between mole crab (*E. emeritus*) density and marine water quality index

Parameter	Equation of relation
T	*E. emeritus* (density) = -5321 + (183.46 x T)
DO	*E. emeritus* (density) = 2308.4 - (246.4 x DO)
BOD	*E. emeritus* (density) = 579.27 - (352.4 x BOD)
COD	*E. emeritus* (density) = 623.82 - (61.22 x COD)

Discussion

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของกลุ่มข้อมูลตัวชี้วัดคุณภาพน้ำกับประชากรจักจั่นทะเลในปัจจัยที่ 1 แบบเจาะจงเป็นรายคู่ พบว่า รูปแบบความสัมพันธ์ของคู่ตัวแปรดังกล่าวแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่มีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกันระหว่างประชากรจักจั่นทะเลและตัวชี้วัดคุณภาพน้ำทะเล และกลุ่มที่ให้ผลลัพธ์ในทางตรงกันข้ามกันคือมีการแปรผกผันของประชากรจักจั่นทะเลและตัวชี้วัดคุณภาพน้ำทะเล กลุ่มที่แปรผันตรงกันมีเพียง 1 ตัวแปรคืออุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจำนวนประชากรจักจั่นทะเลก็อาจเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ผลดังกล่าวเหมือนกับที่พบในงานวิจัยของ Gomalanon [18] ทั้งนี้การเพิ่มขึ้นดังกล่าวอาจมีขีดจำกัดของค่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น กล่าวคืออุณหภูมิต้องไม่สูงเกินไปจนส่งผลให้จักจั่นทะเลเสียชีวิต ส่วนกลุ่มข้อมูลตัวชี้วัดคุณภาพน้ำทะเลที่แสดงภาพความสัมพันธ์ที่แปรผกผันกับจำนวนประชากรจักจั่นมีด้วยกัน 3 ตัวแปร คือ ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) บีโอดี (BOD) และ ซีโอดี (COD) หากพิจารณาจากผลของความสัมพันธ์ทางสถิติค่าของตัวแปรทั้ง 3 ดังกล่าวควรมีค่าที่ต่ำหรือมีแนวโน้มของตัวแปรดังกล่าวที่ลดลงถึงจะสามารถคงจำนวนหรือเพิ่มประชากรจักจั่นทะเลได้ โดยตัวแปรทั้งสามต่างสะท้อนภาพผลลัพธ์ของความสกปรกและปริมาณออกซิเจนในน้ำที่จำเป็นต่อการดำรงอยู่ของสิ่งมีชีวิตในน้ำได้ โดยตัวแปรของค่า บีโอดี (BOD) และ ซีโอดี (COD) สามารถสะท้อนภาพของความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางทะเลได้อย่างชัดเจน หากน้ำทะเลมีค่าทั้งสองเพิ่มสูงขึ้น โดยสิ่งที่สามารถเพิ่มค่าผลลัพธ์ของตัวแปรทั้งสองและรบกวนการดำรงอยู่ของสิ่งมีชีวิตในทะเลคือน้ำเสียที่มาจากกิจกรรมของมนุษย์ หากน้ำเสียจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์เข้าสู่ทะเลลดลงผลลัพธ์ของค่าตัวแปรทั้งสองก็อาจมีค่าลดลงตามไปด้วย [20] พิจารณาในส่วนของค่า DO สำหรับสิ่งมีชีวิตในทะเลปกติสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในสิ่งแวดล้อมที่มีค่า DO ไม่ต่ำกว่า 3 mg/L [21] สภาพแวดล้อมที่เหมาะสำหรับการดำรงอยู่ของสิ่งมีชีวิตในน้ำควรต้องมีค่า DO ที่สูง ทั้งนี้ผลของความสัมพันธ์ระหว่างประชากรจักจั่นทะเลและค่า DO อาจต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้ทราบถึงทิศทางความสัมพันธ์ที่ชัดเจนกว่านี้ อย่างไรก็ตามตัวแปรที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการดำรงอยู่หรือการเพิ่มลดของจำนวนประชากรจักจั่นทะเลอาจมีมากกว่านี้ แต่ในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) ที่ใช้ข้อมูลที่เก็บจากพื้นที่นี้อาจแสดงผลลัพธ์ที่นำเสนอผลความสัมพันธ์ที่ชัดเจนได้บางตัวแปร ตัวอย่างเช่น ค่าความเค็มของน้ำทะเล ซึ่งจากงานวิจัยของ Koedprang และคณะ [3] แสดงถึงปัจจัยความเค็มที่สามารถช่วยให้จักจั่นทะเลสามารถเจริญเติบโตได้ดี โดยระดับความเค็มที่เหมาะดังกล่าวควรมีค่าอยู่ระหว่าง 25-30 ppt แต่ภาพความสัมพันธ์จากการวิเคราะห์องค์ประกอบในที่นี้แสดงผลความสัมพันธ์กับจำนวนประชากรจักจั่นทะเลในพื้นที่ได้ไม่ชัดเจน ในขณะที่ผลจากการวิเคราะห์จำนวนประชากรจักจั่นทะเลในพื้นที่อ่าวไทยกลับแสดงภาพความสัมพันธ์ที่ชัดเจนในระดับหนึ่ง [17] นอกจากนี้ยังมีปัจจัยคุณภาพน้ำที่เกี่ยวข้องกับอาหารที่จักจั่นทะเลใช้กินเพื่อดำรงชีวิตอยู่ไม่สามารถแสดงความสัมพันธ์กับประชากรจักจั่นทะเลได้เหมือนกับที่ Khongsang [5] ได้ศึกษาพบความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชที่เป็นอาหารของจักจั่นทะเลกับความหนาแน่นจักจั่นทะเลในพื้นที่หาดไม้ขาวดังกล่าวมีความสัมพันธ์ในทางตรงกันข้ามและไม่ชัดเจน เนื่องจากโดยมาจักจั่นทะเลอาศัยอยู่ได้ด้วยการกินสิ่งมีชีวิตแขวนลอยอยู่ในมวลน้ำทะเล แต่จักจั่นทะเลกลับมีพฤติกรรมการ

กินอาหารในแบบที่ไม่เจาะจงประเภท ซึ่งโดยมากจักจั่นทะเลสามารถกินอาหารได้หลากหลายประเภท เช่น แบคทีเรีย แพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ และตะกอนสารอินทรีย์ที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ เป็นต้น [22] ดังนั้นผลการวิจัยดังกล่าวจึงเป็นตัวแทนของข้อมูลที่สะท้อนให้เห็นถึงภาพความสัมพันธ์ที่ไม่ชัดเจนและตอบถึงการเพิ่มจำนวนประชากรจักจั่นทะเลกับกลุ่มข้อมูลอาหารที่จักจั่นทะเลบริโภคได้ ส่วนปัจจัยแวดล้อมอื่น ๆ ที่อาจส่งผลต่อการการดำรงอยู่หรือการเพิ่มลดของจำนวนประชากรจักจั่นทะเลล้วนเป็นปัจจัยทางกายภาพที่เกี่ยวข้องกับการอยู่อาศัยของจักจั่นทะเลทั้งสิ้น ตัวอย่างเช่น ปัจจัยในเรื่องของพื้นทรายและความแรงของคลื่นลมทะเลที่อาจรบกวนการอยู่อาศัยและการดักกินอาหารของจักจั่นทะเล [2] ซึ่งหาดไม้ขาวเป็นพื้นที่หนึ่งที่สามารถพบเห็นการเปลี่ยนแปลงของสภาพผืนหาดทรายอันเนื่องมาจากอิทธิพลของคลื่นลมทะเลในฝั่งอันดามันได้ค่อนข้างบ่อยเมื่อเข้าสู่ช่วงฤดูมรสุม ดังที่สามารถพบเห็นการเปลี่ยนแปลงความลาดชันหาดทรายและเกิดการกัดเซาะในหลายพื้นที่ของหาดไม้ขาว [10] ทั้งนี้ผลจากการวิจัยดังกล่าวยังคงต้องมีการศึกษาปัจจัยอื่น ๆ มาพิจารณาประกอบร่วมกันหากต้องการใช้พื้นที่ดังกล่าวในการเพาะเลี้ยงจักจั่นทะเล เช่น ศึกษาปัจจัยเชิงฤดูกาลหรือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกี่ยวข้องกับคลื่นลมทะเลในพื้นที่ดังกล่าว เนื่องจากการพัดพาตัวของทรายในพื้นที่ดังกล่าวและอาจรบกวนการดำรงชีวิตอยู่ของจักจั่นทะเลได้ ดังนั้นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นผิวหาดทรายและสันฐานหาดทรายในพื้นที่หาดไม้ขาวจึงเป็นอีกหนึ่งประเด็นที่น่าสนใจในการศึกษาร่วมกับการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรจักจั่นทะเล รวมถึงหากมีการเพิ่มพื้นที่จุดในการติดตามจำนวนประชากรจักจั่นทะเลมากขึ้นอาจช่วยบอกถึงความเกี่ยวพันกันของตามสภาพแวดล้อม การเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม และการดำรงอยู่ของจักจั่นทะเลในพื้นที่ดังกล่าวได้ละเอียดและชัดเจนขึ้น

Conclusions

1. ความสัมพันธ์กันของตัวแปรประชากรจักจั่นทะเลและตัวแปรที่เป็นตัวชี้วัดคุณภาพน้ำทะเลของพื้นที่หาดไม้ขาวจังหวัดภูเก็ต มีตัวแปรที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์กันระหว่างแต่ละคู่ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันค่อนข้างชัดเจน (มีค่า R เกิน 0.7) มี 16 คู่ตัวแปร จากทั้งหมด 45 คู่ตัวแปร ส่วนตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับประชากรจักจั่นทะเลมากกว่าร้อยละ 70 (มีค่า R มากกว่า 0.7) มี 5 ตัวแปร ได้แก่ อุณหภูมิน้ำทะเล ค่า DO ค่า BOD ค่า COD และปริมาณคลอโรฟิลล์เอ

2. ผลการสกัดปัจจัยที่มีความเชื่อมโยงกันของข้อมูลความสัมพันธ์ของคู่ตัวแปรด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) ได้กลุ่มข้อมูลปัจจัยร่วมของกลุ่มตัวแปร 2 ปัจจัย โดยกลุ่มปัจจัยที่ 1 ตรงกับปัจจัยที่กำหนดให้เป็นปัจจัยตัวแปรสิ่งแวดล้อมที่อยู่อาศัย และมีความหนาแน่นประชากรของจักจั่นทะเลในหาดไม้ขาวอยู่ในกลุ่มดังกล่าว ส่วนปัจจัยร่วมที่เป็นตัวแปรคุณภาพน้ำทะเลที่อยู่ในกลุ่มดังกล่าว ได้แก่ อุณหภูมิของน้ำทะเล ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) บีโอดี (BOD) และ ซีโอดี (COD) และไม่พบตัวแปรของประชากรจักจั่นทะเลอยู่ในกลุ่มเดียวกับกลุ่มปัจจัยที่แสดงถึงปัจจัยอาหาร

Acknowledgements

งานวิจัยนี้อยู่ภายใต้โครงการวิจัย สถานภาพและการแพร่กระจายของจักจั่นทะเลตามธรรมชาติเพื่อการจัดการท่องเที่ยวชุมชนหาดไม้ขาวอย่างยั่งยืน ซึ่งโครงการวิจัยดังกล่าวได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช) และงานวิจัยชิ้นนี้สามารถดำเนินงานได้สำเร็จ ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตภูเก็ต ที่เอื้อเฟื้อและให้การสนับสนุนอุปกรณ์และสถานที่ทำวิจัย ขอบคุณอุทยานแห่งชาติสิรินาถ สำหรับความช่วยเหลือในการดำเนินการเก็บตัวอย่างและข้อมูลวิจัยในพื้นที่ ขอบคุณเทศบาลตำบลไม้ขาว สำหรับการอำนวยความสะดวกในการเก็บตัวอย่างและทำงานวิจัยในพื้นที่

References

1. Platong, S. and Platong, J., 2003, "A Review of Mole Crabs (Hippidae) in the Gulf of Thailand: with a New Record of Hippa Truncatifrons (Miers,1878) and unidentified *Emerita* sp," *20th Pacific Science Congress* "*Science & Technology for Healthy Environment*", 17-21 March 2023, Bangkok, Thailand, 344 p.
2. Efford, I.E., 1966, "Feeding in the Sand Crabs, Emerita Analoda (Stimpson) (Decapoda, Anomura)," *Crustaceana*, 10 (2), pp. 167-182.
3. Koedprang, W., Phetchaiya, T. and Khakhong, S., 2016, "Effect of Water Salinity on Survival Rate and Growth Performances of Mole Crab (Emerita emeritus Linn. 1767)," *RMUTSV Research Journal*, 9 (1), pp. 14-23. (In Thai)
4. Boonruang, P. and Phasuk, B., 1975, "Species Composition and Abundance Distribution of Anomuran Sand Crabs, and Population Bionomics of *Emerita emeritus* (L.) along the Indian Ocean Coast of Thailand," *Research Bulletin*, 8, pp. 1-19.
5. Khongsang, A., 2020, "Relationship between Phytoplankton Community and the Distribution of Mole Crab (*Emerita emeritus* L., 1767) at Mai Khao Beach, Phuket Province," *Proceedings of The National Environmental Conference 2020*, Burapha University, Chon Buri. pp. 1-10. (In Thai)
6. Suteerasak, T., Tanchana, S., Limsakul, W., Nuisriram, N., Inthong, S. and Parkiatwong, J., 2020, "Assessment of "Water and Sand Quality in Mai Khao Beach, Phuket Province," *Proceedings of The National Environmental Conference 2020*, Burapha University, Chon Buri. pp. 1-10. (In Thai)

7. Limsakul, W., Suteerasak, T., Koedsin, W., Tanchana, S. and Chongsrirattanakun, W., 2021, "The Quantity of Metal Elements in Sand of Mai Khao Beach Phuket Province," *Burapha Science Journal*, 26 (3), pp. 1456-1475. (In Thai)
8. Vecchia, A.D., Rigotto, C., Staggemeier, R., Soliman, M.C., de Souza, F.G., Henzel, A., Santos, E.L., do Nascimento, C.A. de Quevedo, D.M., Fleck, J.D., Heinzelmann, L.S., de Matos Almeida, S.E. and Spilki, F.R., 2015, "Surface Water Quality in the Sinos River Basin, in Southern Brazil: Tracking Microbiological Contamination and Correlation with Physicochemical Parameters," *Environmental Science and Pollution Research*, 22, pp. 9899–9911.
9. Aguirre, B.P., Masachessi, G., Ferreyra, L.J., Biganzoli, P., Grumelli, Y., Panero, M.D., Wassaf, M.M., Pisano, M.B., Welter, A., Mangeaud, A., Ré, V., Nates, S.V. and Pavan, J.V., 2019, "Searching Variables to Assess Recreational Water Quality: the Presence of Infectious Human Enterovirus and its Correlation with the Main Variables of Water Pollution by Multivariate Statistical Approach in Córdoba, Argentina," *Environmental Science and Pollution Research*, 26, pp. 6586–6601.
10. Suteerasak, T., Limsakul, W. and Koedsin, W., 2023, "Estimation of Beach Profile Changes after Monsoon in the Mai Khao Beach," *KKU Science Journal*, 51 (1), pp. 31-43. (In Thai)
11. Sinsomboomthong, S., 2014, Multivariate Analysis, Chula Book Center, Bangkok. (In Thai)
12. Pinyo, T., 2018, "Techniques for Interpreting the Results of Factor Analysis in Research Work," *Panyapiwat Journal*, 10 (Special), pp. 292-304. (In Thai)
13. Suteerasak, T., Lim-u-sanno, P. and Bhongsuwan, T., 2021, "Magnetic Properties and Correlations with Iron, Aluminum and Titanium in Rock and Soil of Phuket Province," *KMUTT Research and Development Journal*, 4 (22), pp. 279-294. (In Thai)
14. Zhiyuan, W., Dengfeng, W., Huiping, Z. and Zhiping, Q., 2011, "Assessment of Soil Heavy Metal Pollution with Principal Component Analysis and Geoaccumulation Index," *Procedia Environmental Sciences*, 10, pp. 1946-1952.
15. Gergen, I. and Harmanescu, M., 2012, "Application of Principal Component Analysis in the Pollution Assessment with Heavy Metals of Vegetable Food Chain in the Old Mining Areas," *Chemistry Central Journal*, 6 (156), pp. 1-13.

16. Yalcin, F., Kilic, S., Nyamsari, D.G., Yalcin, M.G. and Kilic, M., 2016, "Principal Component Analysis of Integrated Metal Concentrations of Bogacayi Riverbank Sediments in Turkey," *Polish Journal of Environmental Studies*, 25 (2), pp. 471-485.
17. Gomalanon, P., 2017, Species and Distribution of Sand Crabs (Crustacea : Hippoidea) in Chalathat Beach, Songkhla Province, Master of Science Thesis, Marine and Coastal Resources Management, Faculty of Environmental Management, Prince of Songkla University, 101 p. (In Thai)
18. Paibulkichakul, C., Tomuenwai, C., Tangian, T. and Paibulkichakul, B. 2020, "Coastal Water Quality Assessment Using Dominant Genera of Phytoplankton," *King Mongkut's Agricultural Journal*, 38 (1), pp. 104-111. (In Thai)
19. Thirunavukkarasu, S., Vasanthi, R., Karunasagaran, G. and Munuswamy, N. 2020, "Coastal Water Quality Impact on Community Structure and Genotoxicity of Marine Zooplankton," *Regional Studies in Marine Science*, 39, 101392, pp. 1-13.
20. Alkhalidi, M.A., Hasan, S. and Almarshed, B.F. 2023, "Assessing Coastal Outfall Impact on Shallow Enclosed Bays Water Quality: Field and Statistical Analysis," *Journal of Engineering Research*, (In Press), pp. 1-15. (https://doi.org/10.1016/j.jer.2023.09.031)
21. Jamshidi, S. and Bakar, N.B.A., 2011, "Variability of Dissolved Oxygen and Active Reaction in Deep Water of the Southern Caspian Sea, Near the Iranian Coast," *Polish Journal of Environmental Studies*, 20 (5), pp. 1167-1180.
22. Weymouth, F.W. and Richardson, C.H., 1912, "Observations on the Habits of the Crustacean Emerita analoga," *Smithsonian Miscellaneous Collections* 59 (7), pp. 1-13.