บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. อุปกรณ์จำลองสภาพแวดล้อม
   1.1 ตู้กระจก 30x30x60 เซนติเมตร
   1.2 Bioball
   1.3 หัวทราย
2. อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่าง
   2.1 ถุงพลาสติกสำหรับเก็บตัวอย่างหอยหวาน
   2.2 Freeze dry Heto LyoLab 3000
   2.3 ตู้แช่แข็ง (Freezer Revco รุ่น ULT 1050-5-v31)
3. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ทางเคมีสารประกอบบิวทิลทิน
   3.1 แกสโครมาโตกราฟฟีโฟโตเมตริกดีเทคเตอร์ (GC-FPD) Perkin Elmer Autosystem XL
   3.2 เครื่องลดปริมาตรแบบแกนหมุน (Rotary Evaporator Buchi)
   3.3 เครื่องควบคุมอุณหภูมิแบบเขย่า (Water Bath Shaker)
   3.4 เครื่องเขย่า (Shaker)
   3.5 กรวยแยก (Separatory Funnel)
   3.6 ขวดจุกแก้ว (Stopper Flask)
   3.7 ขวดชมพู่ (Erlenmeyer Flask)
   3.8 คอลัมน์และกรวยแยกสำหรับทำความสะอาดสารละลาย (Clean up)
   3.9 ขวดเก็บสารสกัด (Vial)
   3.10 ใยแก้ว (Glass wool)
4. อุปกรณ์ในการวัดการเจริญและการตรวจ Imposex ในหอยหวาน
   4.1 เครื่องชั่งไฟฟ้า 2 ตำแหน่ง
   4.2 Calliper

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

5. เครื่องมือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

5.1 เครื่องวัดค่าออกซิเจนละลายน้ำและอุณหภูมิ (YSI 58: USA)

5.2 เครื่องวัดความเค็มของน้ำ (Refractometer)

5.3 เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (pH 330/set-1:Weilheim, Germany)

5.4 UV/VIS Spectrophotometer (1001 Plus:Milton Roy Spectronic)

สารเคมี

สารเคมีในการวิเคราะห์สารประกอบบิวทิลทิน

1. Tributyltin chloride 97% (Fluka)
2. Dibutyltin dichloride 97% (Fluka)
3. Butyltin trichloride 95% (Aldrich)
4. Tropolone (Aldrich)
5. Hexane (Analytical grade, Fisher)
6. Benzene (Analytical grade, BDH)
7. Acetone (Analytical grade, Merck)
8. Dimethyl sulfoxide (Riedel)
9. Sodium sulfate anhydrous (Carlo)
10. Propyl magnesium chloride 2 mol/l in diethyl ether (Fluka)
11. Florisil 60-100 Mesh Pr (Mallinckrodt)
12. Hydrochloric acid (Merck)
13. Sulfuric acid (Merck)
14. Methanol (J.T.Baker)

สารเคมีสำหรับวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

1. สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนีย

1.1 Sodium hypochlorite

1.2 Sodium hydroxide

1.3 Sodium citrate

1.4 Sodium nitropusside

1.5 Phenol

1.6 Ammonium chloride

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2. สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ปริมาณไนไทรต์
   2.1 Sulphanilamide
   2.2 N-(1-Naphthyl) ethylenediamine dichroride
   2.3 Sodium Nitrite ($NaNO_2$)
3. สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ปริมาณไนเทรต
   3.1 Sodium arsenite
   3.2 Brucine sulfate
   3.3 Sulfanilic acid
   3.4 Sulfuric acid
   3.5 Sodium chloride
   3.6 Potassium nitrate (KNO_3)

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การศึกษาการเหนี่ยวนำการเกิด Imposex ในหอยหวาน

ทำการเลี้ยงหอยหวานเพศเมียอายุ 1 ปี โดยดูจากช่องบริเวณเท้าของหอยหวาน จากสถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา ขนาดความยาวเปลือก 4-5 ซ.ม. จำนวน 30 ตัว/ 1ตู้ ในตู้กระจกขนาด 30×30×60 ซม. จำนวน 20 ตู้ โดยแบ่งเป็นชุดทดสอบการย่อยสลายสารตู้ละ 20 ตัวและตรวจดูการเกิด Imposex จำนวน 10 ตัวโดยติดฉลากหมายเลข 1-10 ไว้กับตัวหอย ใส่ทรายละเอียดหนาประมาณ 4 ซม. ใส่น้ำทะเล 34 ลิตร ให้อากาศตลอดเวลามีการหมุนเวียนน้ำระบบปิดโดยใช้ Bioball เป็นตัวกรองตั้งตู้เพาะเลี้ยงในโรงเพาะฟัก เพื่อลดปริมาณแสงสว่างให้อาหารโดยให้เนื้อปลาช้างเหลืองสับเป็นชิ้นเล็ก ๆ 3-4 ชิ้น ระยะเวลาในการให้อาหารประมาณ 1 ชั่วโมง แบ่งชุดการทดลองออกเป็น 7 ชุด คือ

ชุดการทดลอง ชุดละ 3 ซ้ำ

ชุดการทดลองที่ 1 เติมไตรบิวทิลทิน 5 ไมโครกรัมต่อลิตร

ชุดการทดลองที่ 2 เติมไตรบิวทิลทิน 10 ไมโครกรัมต่อลิตร

ชุดการทดลองที่ 3 เติมไดบิวทิลทิน 5 ไมโครกรัมต่อลิตร

ชุดการทดลองที่ 4 เติมไดบิวทิลทิน 10 ไมโครกรัมต่อลิตร

ชุดการทดลองที่ 5 เติมโมโนบิวทิลทิน 5 ไมโครกรัมต่อลิตร

ชุดการทดลองที่ 6 เติมโมโนบิวทิลทิน 10 ไมโครกรัมต่อลิตร

ชุดควบคุม ชุดละ 2 ซ้ำ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การเก็บตัวอย่าง

1. การเก็บตัวอย่างเพื่อดูการเกิด Imposex โดยการติดฉลากหอยหมายเลข 1-10 ดูการเกิด Imposex ดูจากการเกิด Pseudopenis ในหอยเพศเมีย ทุก 2 อาทิตย์ เป็นเวลา 3 เดือน

2. การเก็บตัวอย่างเพื่อดูอัตราการเจริญเติบโตของหอยหวานที่ติดฉลากหมายเลข 1- 10 ทุก 2 อาทิตย์ เป็นระยะเวลา 3 เดือน โดยวัดอัตราการเจริญเติบโตจากการวัดความยาวของหอยหวานโดยใช้เครื่องมือ Calliper และชั่งน้ำหนักของหอยหวานโดยใช้เครื่องชั่ง

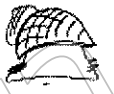
3. เก็บตัวอย่างหอยหวานในวันแรกของการทดลองหลังจากที่เติมสารไตรบิวทิลทินลงไป หลังจากนั้นมีการเก็บตัวอย่างหอยหวานทุก 1 อาทิตย์ โดยในแต่ละครั้งทำโดยสุ่มหอยหวานมาครั้งละ 1 ตัว แล้วนำมาวิเคราะห์ปริมาณสารไตรบิวทิลทินที่สะสมอยู่ในหอยหวาน เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงการสะสมของสารไตรบิวทิลทินเป็นเวลา 112 วัน และเก็บรักษาตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิ –20 องศาเซลเซียส จนกว่าจะทำการทดลอง

การแบ่ง State of Imposex ตามวิธีของ Mensink et al. (2002)

ตรวจระดับการเกิด Imposex โดยดูลักษณะของ Pseudopenis และวัดความยาวของ Pseudopenis โดยใช้ Calliper ในการแบ่งระดับการพัฒนาของ Pseudopenis สามารถแบ่งได้ดังตารางที่ 8

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 8 ระดับการเกิด Imposex

State of Imposex	ลักษณะการเกิด Imposex	
0	ไม่เกิดลักษณะเพศผู้ (ไม่มี Pseudopenis)	
1	พบติ่งเนื้อเล็กๆ บริเวณที่มี Penis ในหอยเพศผู้	
2	ติ่งเนื้อมีลักษณะใหญ่ขึ้นและโครงสร้างเปลี่ยนแปลง	
3	มีการพัฒนาของติ่งเนื้อมีโครงสร้างคล้ายกับอวัยวะเพศผู้ แต่มีขนาดเล็กกว่าอวัยวะเพศผู้ที่โตเต็มวัย	

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบบิวทิลทิน

วิธีการวิเคราะห์สารประกอบไตรบิวทิลทิน ไดบิวทิลทินและโมโนบิวทิลทิน ตามวิธีของกาญจน์อติเรกลาภและคณะ(Kan-atireklap, Tanabe & Sanguansin, 1997)

การเตรียมตัวอย่าง

1. นำตัวอย่างเนื้อหอยมาประมาณ 10 กรัมใส่ในขวดรูปชมพู่ หรือบีกเกอร์ขนาด 200 มิลลิลิตร

2. เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 1 นอมัลของ 10 มิลลิลิตร

3. เติม 20 มิลลิลิตร ของสารละลาย 0.1% โทรโพโลนในอะซิโตน

4. สกัดตัวอย่างกับสารละลายด้วยเครื่องปั่นเนื้อเยื่อ นานประมาณ 15 นาที

5. แยกสารละลาย 0.1% โทรโพโลนในอะซิโตน จากตัวอย่างด้วยการเซนตริฟิวจ์ ความเร็ว 3000 รอบต่อนาที นาน 15 นาที

6. รินสารละลายที่ได้ใส่ในกรวยแยกขนาด 500 มิลลิลิตรที่บรรจุสารละลาย 0.1% โทรโพโลนในเบนซีน ปริมาตร 5 มิลลิลิตร และ 250 มิลลิลิตร ของน้ำกลั่นที่ล้างด้วยเฮกเซนแล้ว

7. ตัวอย่างที่เหลืออยู่ในหลอดนำมาเติม 20 มิลลิลิตร ของสารละลาย 0.1% โทรโพโลนในอะซิโตน

8. ทำตามข้อ 4 และ 5 อีกครั้ง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

9. แยกชั้นของ 0.1% โทรโพโลนในอะซิโตน ครั้งที่ 2 มาใส่กรวยแยกเดียวกับครั้งแรก

10. ผสมให้เข้ากันดีแล้วเขย่าด้วยเครื่องเขย่านาน 15 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้นประมาณ 15 นาที

11. แยกชั้นของ 0.1% โทรโพโลนในเบนซีน ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร

12. เติมสารละลาย 0.1% โทรโพโลนในเบนซีนใหม่ลงไปอีก 25 มิลลิลิตร เขย่านาน 15 นาที

13. ตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้นประมาณ 1 ชั่วโมง

14. แยกชั้นของสารละลาย 0.1% โทรโพโลนในเบนซีน มารวมกับสารละลายครั้งแรก

15. เติมผงโซเดียมซัลเฟตแอนไฮดรัส เพื่อกำจัดน้ำออกจากสารละลายฯ (โดยใส่ให้เกินแล้วตั้งไว้ประมาณ 30 นาที)

16. แยกชั้นของสารละลาย มาลดปริมาตรด้วยเครื่องลดปริมาตรโดยแกนหมุน ให้เหลือประมาณ 3-5 มิลลิลิตร

17. ย้ายสารละลายไปใส่หลอดที่มีฝาปิดขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลายโพรพิวแมกนีเซียมคลอไรด์ 2 มิลลิลิตร

18. เขย่าหลอดในวอร์เตอร์บาทที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง

19. ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นแล้วหยุดปฏิกริยาด้วยสารละลาย 1 นอมัล ของกรดซัลฟูริก 10 มิลลิลิตร

20. ย้ายสารไปใส่ในกรวยแยกขนาด 200 มิลลิลิตร ที่มี 20 มิลลิลิตรของ 10% เบนซีนในเฮกเซน และ 40 มิลลิลิตรของน้ำกลั่นที่ล้างด้วยเฮกเซนแล้ว

21. ล้างสารละลายที่ค้างอยู่ในหลอดด้วย เมทธานอล 10 มิลลิลิตร

22. เขย่านาน 15 นาที แล้วทิ้งไว้ให้แยกชั้นดี

23. แยกชั้นของ 10% เบนซีนในเฮกเซน ไปลดปริมาตรให้เหลือปริมาตร 3-5 มิลลิลิตร

24. นำสารละลายที่ได้ไปผ่านแพ็คคอลัมน์ของฟลอริซิล ที่อยู่ในเฮกเซน

25. สารละลายที่สะอาดแล้วนำไปลดปริมาตรให้เหลอประมาณ 5 มิลลิลิตร แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตรกราฟี ที่ต่อกับเฟลมโฟโตเมตริก ดีเทคเตอร์

การวิเคราะห์

1. นำตัวอย่างที่สกัดได้ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องแกสโครมาโตกราฟฟีที่ต่อกับเฟลมโฟโตเมตริก ดีเทคเตอร์ที่ความยาวคลื่น 610 นาโนเมตร คอลัมน์ยาว 30 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตร หนา 0.25 ไมครอน อุณหภูมิ Injector 150 องศาเซลเซียส Detector 270 องศาเซลเซียส และ Oven 100 องศาเซลเซียส 1 นาที 280 องศาเซลเซียส 10 นาที โดยมีอัตราการเพิ่ม 10 องศา

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

เซลเซียส /นาที อัตราการไหลของแก๊สไฮโดรเจน อากาศและไนโตรเจนที่ 90, 110 และ 5 มิลลิลิตร/นาที ตามลำดับ โดยขีดจำกัดของการวิเคราะห์ (Detection Limit) คือ 0.1 ไมโครกรัมต่อลิตร

2. สารมาตรฐานที่ใช้คือ ไตรบิวทิลทินคลอไรด์ (TBTCl), ไดบิวทิลทินไดคลอไรด์ ($DBTCl_2$) และ บิวทิลทินไตรคลอไรด์ ($MBTCl_3$) โดยการเปรียบเทียบเวลาที่พีคของสารตัวอย่างถูกชะออกจากคอลัมน์กับเวลาที่พีคของสารมาตรฐานถูกชะออกจากคอลัมน์ซึ่งทราบแล้วว่าแต่ละพีคเป็นสารมาตรฐานชนิดใด ถ้าพีคของสารตัวอย่างใช้เวลาในการชะออกจากคอลัมน์ตรงกับพีคของสารมาตรฐานชนิดใด แสดงว่าเป็นสารชนิดเดียวกัน

การหาประสิทธิภาพในการวิเคราะห์

1. การวิเคราะห์สารประกอบบิวทิลทินในตัวอย่าง ซึ่งเป็นสารตกค้างจากสภาพแวดล้อม เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณสารที่มีค่าต่ำมาก (Trace Analysis) ผลการวิเคราะห์อาจมีความคลาดเคลื่อนได้ ดังนั้นจึงต้องทำการหาประสิทธิภาพในการวิเคราะห์หรือร้อยละการกลับคืน (% Recovery) โดยการเติมสารละลายมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้นแน่นอนลงในตัวอย่าง นำไปสกัดและวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของสารด้วยวิธีการเดียวกับขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างทั้งหมด แล้วนำพื้นที่ใต้พีค (Peak Area) ไปเปรียบเทียบกับพื้นที่ใต้พีคของสารมาตรฐาน โดยประสิทธิภาพการวิเคราะห์สารประกอบบิวทิลทิน มีดังนี้

- สาร TBT จากหอยหวาน 84.34 %
- สาร DBT จากหอยหวาน 82.62 %
- สาร MBT จากหอยหวาน 81.59 %

การวิเคราห์คุณภาพน้ำ

การวิเคราะห์แอมโมเนีย (NH_3-N) ในน้ำ

การวิเคราะห์แอมโมเนียในน้ำตัวอย่างตามวิธีของไมตรี ดวงสวัสดิ์และคณะ

วิธีการวิเคราะห์

1. ดูดน้ำตัวอย่าง 200 ไมโครลิตร และน้ำกลั่น 1,800 ไมโครลิตร เพื่อเปรียบเทียบเป็น Blank ใส่ลงในหลอดทดลอง

2. เติม Phenol Reagent 80 ไมโครลิตร เขย่าให้ผสมกัน

3. เติม Sodium nitroprusside Reagent 80 ไมโครลิตร เขย่าให้ผสมกัน

4. เติม Oxidizing Reagent 200 ไมโครลิตร เขย่าให้ผสมกัน

5. ตั้งทิ้งไว้นาน 1 ชั่วโมง แต่ไม่ควรเกิน 24 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดปฏิกริยาสมบูรณ์โดยสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

6. นำไปวัดหาค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้เครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 640 nm. โดยใช้ Cell ขนาดความกว้าง 1 ซม. แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงที่หักค่า Blank ของน้ำกลั่นออกแล้วไปลบด้วยค่า Sample Blank (ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำตัวอย่างที่ไม่ได้ใส่ Reagent) อีกครั้งหนึ่ง ต่อจากนั้นจึงนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ ไปหาความเข้มข้นจากกราฟมาตราฐานที่ทำไว้

การวิเคราะห์ไนไทรต์ (NO_2-N) ในน้ำ

การวิเคราะห์ไนไทรต์ ในน้ำตัวอย่างตามวิธีของ Strickland & Parsons (1972)

วิธีการวิเคราะห์

1. ดูดน้ำตัวอย่าง 25 ไมโครลิตร และน้ำกลั่น 1,975 ไมโครลิตร เพื่อเปรียบเทียบเป็น Blank ใส่ลงในหลอดทดลอง

2. เติม Sulphanilamide Solution 40 ไมโครลิตร เขย่าให้ผสมกัน

3. เติม NNED 40 ไมโครลิตร เขย่าให้ผสมกัน

4. ตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 10 นาที แต่ไม่ควรเกิน 2 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดปฏิกริยาสมบูรณ์โดยสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน

5. นำไปวัดหาค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้เครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 543 nm. โดยใช้ Cell ขนาดความกว้าง 1 ซม. แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงที่หักค่า Blank ของน้ำกลั่นออกแล้วไปลบด้วยค่า Sample Blank (ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำตัวอย่างที่ไม่ได้ใส่ Reagent) อีกครั้งหนึ่ง ต่อจากนั้นจึงนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ ไปหาความเข้มข้นจากกราฟมาตราฐานที่ทำไว้

การวิเคราะห์ ไนเทรต (NO_3-N) ในน้ำ

การวิเคราะห์ไนเทรตในน้ำตัวอย่างตามวิธีของมั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ (2538)

วิธีการวิเคราะห์

1. ดูดน้ำตัวอย่าง 200 ไมโครลิตร และน้ำกลั่น 1,800 ไมโครลิตร เพื่อเปรียบเทียบเป็น Blank ใส่ลงในหลอดทดลอง

2. เติม NaCl 400 ไมโครลิตร เขย่าให้ผสมกัน

3. เติม H_2SO_4 2 มิลลิลิตร เขย่าให้ผสมกัน

4. ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

5. เติม Brucine 100 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน

6. นำไปต้มใน Water Bath นาน 20 นาที

7. นำไปวัดหาค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้เครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 410 nm. โดยใช้ Cell ขนาดความกว้าง 1 ซม. แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงที่หักค่า Blank ของน้ำกลั่นออก

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

แล้วไปลบด้วยค่า Sample Blank (ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำตัวอย่างที่ไม่ได้ใส่ reagent) อีกครั้งหนึ่ง ต่อจากนั้นจึงนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ ไปหาความเข้มข้นจากกราฟมาตรฐานที่ทำไว้

การวิเคราะห์ออกซิเจนละลาย (Dissolve Oxygen) ในน้ำ

การวัดค่าออกซิเจนละลายน้ำโดยใช้เครื่องมือ DO Meter

การวิเคราะห์ความเค็ม (Salinity) ในน้ำ

การวัดความเค็มโดยใช้เครื่องมือ Refractometer

การวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในน้ำ

การวัดความเป็นกรด-ด่างโดยใช้เครื่องมือ pH Meter

วิธีการวัด

1. การเตรียมเครื่องมือโดย Warm เครื่องประมาณ 10-15 นาทีก่อนทำการวัด

2. ปรับปุ่มอุณหภูมิของ pH Meter ให้ตรงกับอุณหภูมิของน้ำตัวอย่าง อุณหภูมิของ buffer ก็ควรอยู่ในระดับเดียวกันกับตัวอย่างน้ำ ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิมีผลต่อการวัด pH

3. การปรับเครื่องมือ (Standardize) โดยใช้ Buffer Solution ที่มีค่า pH ที่ 4 และ 9 หรือ 7 โดยเลือกเอา Buffer ที่มีค่า pH อยู่ในช่วงที่คาดว่าใกล้เคียงกับตัวอย่างน้ำที่จะตรวจสอบ โดยใน Buffer ลงในบีกเกอร์ที่สะอาดแล้วจุ่ม Electrode ลงไปในสารละลาย Buffer กด Read อ่านค่า pH ในขณะที่แกว่งสารละลายไปมาเบาๆ รอดูจนกระทั่งเข็มของ Meter หยุดนิ่ง จึงปรับปุ่ม Standardize ของเครื่องมือให้อ่านค่า pH ตรงตาม Buffer ที่ใช้ตรวจสอบ ทำการตรวจสอบอีกครั้งกับ Buffer ตัวอื่น

4. ในขณะที่เปลี่ยนตัวอย่างจะต้องกดปุ่ม Stand by ที่เครื่องมือเสียก่อนแล้วจึงเอา Electrode ขึ้นแล้วล้างด้วยน้ำกลั่นที่สะอาด และซับให้แห้งด้วยกระดาษนุ่ม

5. ขณะวัดน้ำตัวอย่างควรให้ส่วนปลายของ Electrode สามารถจุ่มลงไปในตัวอย่างได้ไม่น้อยกว่า 1 ใน 3 ของความยาว และทำการวัดค่า pH โดยแกว่งตัวอย่างน้ำเบาๆ เมื่อเข็มหยุดนิ่งจึงอ่านค่า pH ได้โดยตรง

สถานที่ดำเนินการวิจัย

สถานที่ทำการวิจัย ได้แก่ ห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ภาควิชาวาริชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

สถานที่วิเคราะห์คุณภาพน้ำและสารประกอบบิวทิลทิน ได้แก่ ห้องปฏิบัติการโครงการบัณฑิตศึกษา อาคารวิทยาศาสตร์ชีวภาพ มหาวิทยาลัยบูรพา

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย

ทำการศึกษาระหว่างเดือนตุลาคม 2547 – ตุลาคม 2548

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

ประมวลผลโดยใช้โปรแกรม SPSS for Window Version 10.5

ใช้สถิติวิเคราะห์ One-way ANOVA ในการทดสอบความแตกต่างของคุณภาพน้ำทะเล ได้แก่ ค่าออกซิเจนละลายน้ำ อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง ความเค็ม แอมโมเนีย ไนไทรต์และไนเทรต

ใช้สถิติวิเคราะห์ Two-way ANOVA ในการทดสอบความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงสภาพของสารไตรบิวทิลทิน ไดบิวทิลทิน และโมโนบิวทิลทินในหอยหวาน ตลอดจนการเปรียบเทียบปริมาณสารตั้งต้นไตรบิวทิลทิน ไดบิวทิลทิน และโมโนบิวทิลทินความเข้มข้น 5 และ 10 ไมโครกรัมต่อลิตรในหอยหวาน รวมทั้งการเปรียบเทียบอัตราการตาย การเจริญเติบโตโดยความยาว อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักของหอยหวาน และการเปรียบเทียบอัตราการเกิด Imposex ของหอยหวานที่ได้รับสารไตรบิวทิลทิน ไดบิวทิลทิน และโมโนบิวทิลทิน รวมทั้งความยาวของ Pseudopenis ที่เกิดขึ้นในหอยหวานเพศเมีย

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University