บทที่ 5
สรุปและอภิปรายผล

สรุปผลการทดลอง

1. เมื่อเติมสารไตรบิวทิลทินปริมาณ 5 และ 10 ไมโครกรัมต่อลิตรลงในตู้ทดลองพบว่าปริมาณสารที่สะสมในหอยหวานไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p > 0.05$) โดยปริมาณสารไตรบิวทิลทินเกิดการสะสมในหอยหวานในชุดการทดลองที่เติมสารไตรบิวทิลทินความเข้มข้น 5 ไมโครกรัมต่อลิตรในวันแรกของการทดลองปริมาณ 0.18 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักเปียก) และพบว่าสารไดบิวทิลทินและโมโนบิวทิลทินสะสมในหอยหวานในวันที่ 1 ของการทดลองเช่นเดียวกับสารไตรบิวทิลทินและพบว่ามีสารไตรบิวทิลทินและสารตัวกลางในหอยหวานตลอดระยะเวลาการทดลอง โดยปริมาณการสะสมของสารไตรบิวทิลทินและสารตัวกลาง (ไดบิวทิลทินและโมโนบิวทิลทิน) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p < 0.05$) ส่วนในชุดการทดลองที่เติมสารไตรบิวทิลทินความเข้มข้น 10 ไมโครกรัมต่อลิตร เริ่มมีการสะสมในวันที่ 14 ของการทดลอง ปริมาณ 1.12 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักเปียก) และพบว่ามีการสะสมของสารไตรบิวทิลทินลดลงตลอดระยะเวลาการทดลอง สารไดบิวทิลทินพบว่ามีการสะสมในหอยหวานเล็กน้อยตลอดระยะเวลาการทดลอง ส่วนสารโมโนบิวทิลทินพบว่ามีการสะสมมากที่สุดในวันที่ 21 ของการทดลอง หลังจากนั้นพบปริมาณสารโมโนบิวทิลทินลดลงตลอดระยะเวลาการทดลอง โดยปริมาณของสารไตรบิวทิลทินและสารโมโนบิวทิลทินมีความแตกต่างกับปริมาณสารไดบิวทิลทินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p < 0.05$)

2. ในชุดการทดลองที่มีการเติมสารไดบิวทิลทินปริมาณ 5 และ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร พบว่ามีปริมาณสารไดบิวทิลทินในหอยหวานไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p > 0.05$) โดยพบปริมาณสารไดบิวทิลทินในหอยหวานในปริมาณที่น้อยมากตลอดระยะเวลาการทดลอง (112 วัน) ทั้ง 2 ความเข้มข้น ในชุดการทดลองที่เติมสารไดบิวทิลทินความเข้มข้น 5 ไมโครกรัมต่อลิตรในวันแรกของการทดลองปริมาณ 0.29 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักเปียก) และพบว่าสารโมโนบิวทิลทินเริ่มพบในหอยหวานในวันที่ 1 ของการทดลองเช่นเดียวกับสารไดบิวทิลทินและพบสารไดบิวทิลทินและสารตัวกลางในหอยหวานตลอดระยะเวลาการทดลอง โดยปริมาณการสะสมของสารไดบิวทิลทินและสารตัวกลาง (โมโนบิวทิลทิน) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p > 0.05$) ส่วนในชุดการทดลองที่เติมสารไดบิวทิลทินความเข้มข้น 10 ไมโครกรัมต่อลิตร เริ่มมีการสะสมในวันที่ 7 ของการทดลอง ปริมาณ 0.23 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักเปียก) และพบว่ามีการสะสมของสารไดบิวทิลทินลดลงตลอด

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ระยะเวลาการทดลอง สารโมโนบิวทิลทินพบว่ามีการสะสมมากที่สุดในวันที่ 21 ของการทดลอง หลังจากนั้นพบปริมาณสารโมโนบิวทิลทินลดลงตลอดระยะเวลาการทดลอง โดยปริมาณของสารไดบิวทิลทินและสารตัวกลาง (โมโนบิวทิลทิน) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p > 0.05$)

3. ในชุดการทดลองที่มีการเติมสารโมโนบิวทิลทินปริมาณ 5 และ 10 ไมโครกรัมต่อลิตรพบว่า มีปริมาณสารโมโนบิวทิลทินในหอยหวานไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p > 0.05$) โดยพบว่า มีปริมาณสารโมโนบิวทิลทินในหอยหวานในระยะแรกของการทดลองโดยหลังจากวันที่ 7 ของการทดลอง ปริมาณสารโมโนบิวทิลทินเริ่มลดลงตลอดระยะเวลาการทดลองในชุดทดลองที่เติมสารโมโนบิวทิลทิน 5 ไมโครกรัมต่อลิตร ส่วนในชุดการทดลองที่เติมสารโมโนบิวทิลทิน 10 ไมโครกรัมต่อลิตร เริ่มพบปริมาณสารโมโนบิวทิลทินในหอยหวานในวันที่ 21 ของการทดลองจนกระทั่งวันสุดท้ายของการทดลอง

4. การเติมสารไตรบิวทิลทิน ไดบิวทิลทิน และโมโนบิวทิลทินที่ระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน (5 และ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร) ไม่มีผลต่ออัตราการตายของหอยหวานดังจะเห็นได้จากอัตราการตายของของหอยหวานในชุดการทดลองที่เติมสารไตรบิวทิลทิน ไดบิวทิลทินและโมโนบิวทิลทินทั้งความเข้มข้น 5 และ 10 ไมโครกรัมต่อลิตรและชุดควบคุม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ($p > 0.05$)

5. การเติมสารไตรบิวทิลทิน ไดบิวทิลทิน และโมโนบิวทิลทินที่ระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน (5 และ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร) ไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวของหอยหวานดังจะเห็นได้จากอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวของหอยหวานในชุดการทดลองที่เติมสารไตรบิวทิลทิน ไดบิวทิลทิน และโมโนบิวทิลทินทั้งความเข้มข้น 5 และ 10 ไมโครกรัมต่อลิตรและชุดควบคุม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ($p > 0.05$) แต่สารไตรบิวทิลทิน ไดบิวทิลทิน และโมโนบิวทิลทินมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักของหอยหวาน โดยพบว่า อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักของหอยหวานในชุดการทดลองที่เติมสารไตรบิวทิลทิน ไดบิวทิลทิน และโมโนบิวทิลทินทั้งความเข้มข้น 5 และ 10 ไมโครกรัมต่อลิตรและชุดควบคุม มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ($p < 0.05$)

6. สารไตรบิวทิลทิน ไดบิวทิลทิน และโมโนบิวทิลทินมีผลต่อการเหนี่ยวนำให้หอยหวานเพศเมียเกิด Imposex ได้ และนอกจากนี้ยังพบว่า ความเข้มข้นที่ต่างกันทำให้หอยหวานเพศเมียมีอัตราการเกิด Imposex แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p < 0.05$)

7. เมื่อเติมสารไตรบิวทิลทินความเข้มข้น 5 และ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร พบอัตราการเกิด Imposex ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p < 0.05$) โดยพบว่าหอยหวาน

ในชุดการทดลองที่เติมสารไตรบิวทิลทินความเข้มข้น 5 ไมโครกรัมต่อลิตรเกิด Imposex มากกว่าหอยหวานในชุดการทดลองที่เติมสารไตรบิวทิลทินความเข้มข้น 10 ไมโครกรัมต่อลิตร แต่เมื่อทำการวัดความยาวของ Pseudopenis ในหอยหวานเพศเมียพบว่า ความเข้มข้นที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อความยาวของ Pseudopenis ในหอยหวานเพศเมีย โดยพบว่าความยาวของ Pseudopenis ของหอยหวานที่ระดับความเข้มข้น 5 และ 10 ไมโครกรัมต่อลิตรในวันสุดท้ายของการทดลองเท่ากับ 1.29±0.54 และ 1.08±0.05 มิลลิเมตร ตามลำดับ

8. เมื่อหอยหวานเพศเมียได้รับสารไดบิวทิลทินความเข้มข้น 5 และ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร พบว่าหอยหวานเพศเมียเกิด Imposex ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p < 0.05$) โดยพบว่าหอยหวานในชุดการทดลองที่เติมสารไดบิวทิลทินความเข้มข้น 10 ไมโครกรัมต่อลิตรเกิด Imposex มากกว่าหอยหวานในชุดการทดลองที่เติมสารไดบิวทิลทินความเข้มข้น 5 ไมโครกรัมต่อลิตร ในวันสุดท้ายของการทดลอง หอยหวานในชุดการทดลองที่เติมสารไดบิวทิลทินความเข้มข้น 5 ไมโครกรัมต่อลิตร เกิด Imposex 10% และ 13% ในชุดการทดลองที่เติมสารไดบิวทิลทินความเข้มข้น 10 ไมโครกรัมต่อลิตร นอกจากนี้ ความเข้มข้นที่แตกต่างกันยังส่งผลให้ขนาดความยาวของ Pseudopenis แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p < 0.05$) โดยพบว่าหอยหวานในชุดการทดลองที่เติมสารไดบิวทิลทิน 5 และ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร มีความยาวของ Pseudopenis โดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.37±0.32 และ0.80±0.61 มิลลิเมตร ตามลำดับ

9. สารโมโนบิวทิลทินที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน (5 และ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร) มีผลต่อการเกิด Imposex ของหอยหวานเพศเมียแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p < 0.05$) โดยพบว่าหอยหวานในชุดการทดลองที่เติมสารโมโนบิวทิลทินความเข้มข้น 10 ไมโครกรัมต่อลิตรเกิด Imposex มากกว่าหอยหวานในชุดการทดลองที่เติมสารโมโนบิวทิลทินความเข้มข้น 5 ไมโครกรัมต่อลิตร ในวันสุดท้ายของการทดลองหอยหวานในทุกการทดลองที่เติมสารโมโนบิวทิลทินความเข้มข้น 5 และ 10 ไมโครกรัมต่อลิตรเกิด Imposex 10% และ 13% ตามลำดับ นอกจากนี้ ความเข้มข้นที่แตกต่างกันยังส่งผลให้ขนาดความยาวของ Pseudopenis แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p < 0.05$) โดยพบว่าหอยหวานในชุดการทดลองที่เติมสารโมโนบิวทิลทิน 5 และ 10 ไมโครกรัมต่อลิตรมีความยาวของ Pseudopenis โดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.33±0.33 และ 0.39±0.34 มิลลิเมตร ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

อภิปรายผลการทดลอง

คุณภาพน้ำ

จากผลการทดลองพบว่า ในชุดการทดลองที่มีปริมาณสารไตรบิวทิลทิน ไดบิวทิลทิน และโมโนบิวทิลทิน จำนวน 5 และ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร ปนเปื้อนอยู่นั้นจะมีปริมาณของก๊าซออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำลดลงเล็กน้อยตามระยะเวลาที่ทำการศึกษา และไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($p > 0.05$) โดยพบว่าที่มีสารไตรบิวทิลทิน ไดบิวทิลทิน และโมโนบิวทิลทิน 5, 10 ไมโครกรัมต่อลิตร และชุดควบคุมนั้นจะมีปริมาณของก๊าซออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำไม่ลดลงมาก ส่วนอุณหภูมิและความเป็นกรด-ด่างในชุดการทดลองทั้งหมดมีการเปลี่ยนแปลงเหมือนกันโดยมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิประมาณ 29-30.5 ^{0}C ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($p > 0.05$) โดยอาจจะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิของบรรยากาศในห้องทดลองและมีการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ช่วงระหว่าง 7-8 ปริมาณแอมโมเนียมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาทดลองแต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่นัยสำคัญ 0.05 ($p > 0.05$) โดยชุดควบคุมนั้นมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแอมโมเนียเล็กน้อยอยู่ในช่วง 0.06-1.6 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่มีการปนเปื้อนด้วยสารไตรบิวทิลทิน ไดบิวทิลทิน และโมโนบิวทิลทินที่มีความเข้มข้น 5 และ 10 ไมโครกรัมต่อลิตรที่มีการเปลี่ยนแปลงมากช่วงวันที่ 21 ถึงวันที่ 28 โดยชุดการทดลองที่เติมสารไตรบิวทิลทินที่มีความเข้มข้น 10 ไมโครกรัมต่อลิตร มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแอมโมเนียมากที่สุดซึ่งอยู่ในช่วง 0.05 – 6.18 มิลลิกรัมต่อลิตร การเปลี่ยนแปลงปริมาณของไนไทรต์ในชุดการทดลองทุกชุดการทดลองรวมทั้งชุดควบคุมมีการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาในการทดลองโดยมีค่าสูงสุดไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($p > 0.05$) การปลี่ยนแปลงปริมาณของไนเทรตในชุดการทดลองทุกชุดการทดลองรวมทั้งชุดควบคุมมีการเปลี่ยนแปลงโดยมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการทดลอง และมีค่าสูงสุดในชุดการทดลองที่มีการเติมสารไตรบิวทิลทินความเข้มข้น 5 ไมโครกรัมต่อลิตร ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และค่าความเค็มในทุกชุดการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงที่เหมือนกันโดยที่มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยโดยเฉลี่ยคือ 35 ส่วนในพันส่วน (ppt) ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($p > 0.05$)

ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า การเติมสารไตรบิวทิลทิน ไดบิวทิลทิน และโมโนบิวทิลทินในระดับ 2 ความเข้มข้นคือ 5 และ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร ไม่ทำให้คุณภาพน้ำที่ตรวจวัดเปลี่ยนแปลงเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่มีการใส่สารพิษดังกล่าวคือ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่างและความเค็มในทุกชุดการทดลองและชุดควบคุมอยู่ในเกณฑ์ที่ดีและมีการเปลี่ยนแปลงที่ไปในทิศทางเดียวกัน ส่วนสารไนไทรต์ ไนเทรต และก๊าซแอมโมเนียมีการ

เปลี่ยนแปลงแตกต่างกันบ้างในแต่ละชุดการทดลอง และไม่ส่งผลต่ออัตราการตายของหอยหวาน โดยจากการศึกษาของเพทเทอร์สัน ชานมูกาเรีย และอายากานู (Petterson, Shanmugarj & Ayyakkannu, 1994) พบว่า คุณภาพน้ำที่เหมาะต่อการเพาะเลี้ยงหอยในสกุล *Babylonia* spp. โดยตัวเต็มวัยของ *Babylonia spirata* สามารถทนได้ในระดับความเค็มน้ำทะเล 31-35 ส่วนในพันส่วน (ppt) นอกจากนี้อุณหภูมิและค่าความเป็นกรด-ด่างที่หอยหวานสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้อย่างเหมาะสมคือ 25-30 องศาเซลเซียส และความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 8 (รัตนา มั่นประสิทธิ์ และประวิม วุฒิสิทธุ์, 2531; นิพนธ์ ศิริพันธ์ และลือชัย ดรุณชู, 2543) และยังพบว่า คุณภาพน้ำที่กล่าวมาข้างต้นน่าจะไม่ส่งผลกระทบต่อหอยหวาน โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของมนฑกานต์ วิสุทธิแพทย์ (2548) ที่พบว่า ค่าออกซิเจนละลายน้ำ 5.13 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นกรด-ด่าง 7.48 อุณหภูมิ 29.59 องศาเซลเซียส ความเค็ม 34.02 ส่วนในพันส่วน แอมโมเนีย 0.97 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนไทรต์ 0.0091 มิลลิกรัมต่อลิตร และไนเทรต 4.58 มิลลิกรัมต่อลิตรมีค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ของมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง ดังนั้นสารไตรบิวทิลทิน ไดบิวทิลทิน และโมโนบิวทิลทินปริมาณ 5 และ 10 ไมโครกรัมต่อลิตรจึงไม่มีผลต่อคุณภาพน้ำทะเล

การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารไตรบิวทิลทินในหอยหวาน

การเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารไตรบิวทิลทินที่เติมลงไปที่ความเข้มข้น 5 และ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร พบว่า สารไตรบิวทิลทิน ทั้ง 2 ความเข้มข้นเกิดการสะสมและการย่อยสลายในหอยหวานไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 ($p > 0.05$) ซึ่งเริ่มมีการสะสมของสารไตรบิวทิลทินในทั้ง 2 ชุดการทดลองตั้งแต่วันแรกของการทดลองและเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในชุดการทดลองที่เติมสารไตรบิวทิลทินความเข้มข้น 5 ไมโครกรัมต่อลิตร มีการสะสมของสารไตรบิวทิลทินสูงสุดในวันที่ 7 ของการทดลอง และในชุดการทดลองที่เติมสารไตรบิวทิลทินความเข้มข้น 10 ไมโครกรัมต่อลิตร มีการสะสมของสารไตรบิวทิลทินสูงสุดในวันที่ 14 ของการทดลอง จากนั้นปริมาณสารไตรบิวทิลทินมีปริมาณลดลงตามระยะเวลาที่ทำการทดลอง ทั้งนี้สารไตรบิวทิลทินเป็นสารที่มีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ (Hydrophobia Character) โดยจะแยกจากน้ำไปสู่ไขมัน (Lipid) ของสิ่งมีชีวิต (Pereira, Wade, Hostettler & Parchaso, 1999) และมีคุณสมบัติสะสมในสิ่งมีชีวิตสูง (High Bioaccumulation Characteristics) โดยการสะสมของสารไตรบิวทิลทินที่สะสมในสิ่งมีชีวิตขึ้นอยู่กับอัตราการรับและขับออกของสิ่งมีชีวิตในทะเลนั้น (Meador, 1997) และขึ้นอยู่กับปริมาณไขมันของสิ่งมีชีวิต (Stronkhorst, Van-Hattum & Bowner, 1999) โดยสรุปแล้วหอยหวานมีปริมาณที่สะสมของสารไตรบิวทิลทินในวันสุดท้ายของการทดลองคือ 0.04-0.06 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักเปียก) ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าเป็นปริมาณที่มีการสะสมในระดับที่สูง เนื่องจากสารไตรบิวทิลทินนั้นเป็นสารที่มีความเป็นพิษสูงถึงแม้จะมีการสะสมในปริมาณที่

น้อยมาก ดังมีรายงานว่าปริมาณสารไตรบิวทิลทินที่พบได้มากในสิ่งมีชีวิตที่สามารถเกิดความผิดปกติตั้งแต่ 10-20 ng/g (Horiguchi, Shiraishi, Shimizu & Morita, 1994)

จากการทดลองในครั้งนี้พบว่า ในชุดการทดลองที่เติมสารไตรบิวทิลทินความเข้มข้น 5 ไมโครกรัมต่อลิตร เริ่มเกิดการย่อยสลายสารไตรบิวทิลทินเป็นไดบิวทิลทินและโมโนบิวทิลทินในวันแรก เพราะพบว่ามีปริมาณสารไดบิวทิลทินสะสมอยู่มากกว่าสารโมโนบิวทิลทินแต่หลังจากวันที่ 7 มีปริมาณสารโมโนบิวทิลทินสะสมอยู่มากกว่าสารไดบิวทิลทิน ส่วนในชุดการทดลองที่เติมสารไตรบิวทิลทินความเข้มข้น 10 ไมโครกรัมต่อลิตร เริ่มมีการย่อยสลายสารไตรบิวทิลทินเป็นไดบิวทิลทินและโมโนบิวทิลทินในวันที่ 7 ของการทดลอง โดยปริมาณไดบิวทิลทินใกล้เคียงกับโมโนบิวทิลทิน และในวันที่ 14 ของการทดลองพบว่า มีการย่อยสลายเกิดสารโมโนบิวทิลทินในปริมาณมากกว่าไดบิวทิลทิน เมื่อนำผลการทดลองทั้ง 2 ชุดมาเปรียบเทียบกันพบว่าสารไตรบิวทิลทินทั้ง 2 ชุดการทดลองเกิดการย่อยสลายสารไตรบิวทิลทินเป็นสารไดบิวทิลทินและสารโมโนบิวทิลทิน โดยสารไดบิวทิลทินถูกย่อยสลายเป็นสารโมโนบิวทิลทินได้อย่างรวดเร็วทั้ง 2 ชุดการทดลอง แต่เมื่อความเข้มข้นของสารไตรบิวทิลทินสูงขึ้นประสิทธิภาพในการย่อยสลายลดลง ดังจะเห็นได้จากในชุดการทดลองที่มีการเติมสารไตรบิวทิลทินความเข้มข้น 10 ไมโครกรัมต่อลิตรจะใช้ระยะเวลาในการย่อยสลายสารไตรบิวทิลทินนานกว่าในชุดการทดลองที่มีการเติมสารไตรบิวทิลทินความเข้มข้น 5 ไมโครกรัมต่อลิตร

ดังนั้นผลการทดลองดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า หอยหวานมีความสามารถในการย่อยสลายสารพิษไตรบิวทิลทินให้เปลี่ยนเป็นสารไดบิวทิลทินและสารโมโนบิวทิลทิน ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของนักวิจัยหลายท่าน (Stewart & Mora, 1990; Axiak, Vella, Micallef & Chireop, 1995; Svavarsson, Granmo, Ekeund & Szpunar, 2001; Ten Hallers-Tjabbes et al., 2003) ที่พบว่าสารไตรบิวทิลทินสามารถซึมผ่านชั้นผิวหนังและเข้าสู่ร่างกายทางระบบทางเดินอาหาร (Hoch, 2001; Ide et al., 1997) ของหอยและค่อยๆ เกิดขบวนการย่อยสลายภายในหอยต่อไป สอดคล้องกับการศึกษาของฮาริโน ฮารา เบิน เชสแมน และแลงสโตน (Harino, O' Hara, Burt, Chesman & Langston, 2005) พบว่า สัดส่วนของสารไตรบิวทิลทิน ไดบิวทิลทิน โมโนบิวทิลทินต่อปริมาณบิวทิลทินทั้งหมด (Total BT.) มีดังนี้ ปริมาณของสารโมโนบิวทิลทินต่อปริมาณบิวทิลทินทั้งหมด (Total BT.) ในเนื้อเยื่อของ *Mytilus edulis* 25-34% ไดบิวทิลทินต่อปริมาณบิวทิลทินทั้งหมด (Total BT.) 21-28% และไตรบิวทิลทินต่อปริมาณบิวทิลทินทั้งหมด (Total BT.) 44-51% ซึ่งสัดส่วนของสารไตรบิวทิลทินต่อปริมาณของสารบิวทิลทินทั้งหมดในระบบย่อยอาหาร (Digestive Grand) เนื้อเยื่อ (Remaining Tissue) และต่อมเพศ (Gonad) > 80% สามารถสรุปได้ว่าสารไตรบิวทิลทินมีอัตราการย่อยสลายในหอย *Mytilus edulis* ดังจะเห็นได้จาก

ปริมาณของสารไตรบิวทิลทินและสารตัวกลางต่อปริมาณสารบิวทิลทินทั้งหมดที่พบในหอย แต่กระบวนการย่อยสลายเป็นไปอย่างช้า ๆ ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณสารไตรบิวทิลทินสูงในหอยชนิดนี้ และจากการศึกษาของฮวง กัวลามและวัง ยัง (Huang & Wang, 1995) พบว่า *Mytilus edulis* สามารถย่อยสลายสารไตรบิวทิลทินให้เป็นสารไดบิวทิลทินได้หลังจากได้รับสารไตรบิวทิลทินเป็นเวลา 30 วัน

การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารไดบิวทิลทินในหอยหวาน

สารไดบิวทิลทินที่เติมลงไปที่ความเข้มข้น 5 และ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร พบว่า เกิดการเปลี่ยนแปลงในทั้ง 2 ความเข้มข้น โดยเกิดการสะสมและการย่อยสลายในหอยหวานไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 ($p > 0.05$) ซึ่งเริ่มมีการสะสมของสารไดบิวทิลทินในชุดการทดลองที่เติมสารไดบิวทิลทินความเข้มข้น 5 ไมโครกรัมต่อลิตร ตั้งแต่วันแรกของการทดลองและเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 14 ของการทดลอง หลังจากนั้นปริมาณสารไดบิวทิลทินที่สะสมในหอยหวานลดลงตามลำดับ ส่วนในชุดการทดลองที่เติมสารไดบิวทิลทินความเข้มข้น 10 ไมโครกรัมต่อลิตรเริ่มมีการสะสมของสารไตรบิวทิลทินและมีการสะสมสูงสุดในวันที่ 14 ของการทดลอง จากนั้นปริมาณไดบิวทิลทินมีปริมาณลดลงตามระยะเวลาที่ทำการทดลอง โดยในทั้ง 2 ชุดการทดลองมีปริมาณที่สะสมในหอยหวานในวันสุดท้ายของการทดลองคือ 0.02-0.07 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักเปียก) ซึ่งจากผลการทดลองพบว่ามีปริมาณการสะสมที่น้อย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสาร ไดบิวทิลทินมีคุณสมบัติละลายได้ดีในไขมันโดยมีค่า Octanol/Water Partition Coefficient (log K_{ow}) 1.9 (Jenkins, Ehman & Barone, 2004) ส่งผลให้สารไดบิวทิลทินสามารถสะสมในสิ่งมีชีวิตได้ แต่อย่างไรก็ตามสารไดบิวทิลทินมีค่า Octanol/Water Partition Coefficient (log K_{ow}) น้อยกว่าสารไตรบิวทิลทินจึงส่งผลให้สารไดบิวทิลทินสะสมในหอยหวานได้น้อยกว่าสารไตรบิวทิลทิน สารไดบิวทิลทินนั้นเป็นสารที่มีความเป็นพิษโดยสารไดบิวทิลทินถูกจัดว่าเป็นสารที่มีความเป็นพิษในระดับพันธุกรรม (Genotoxicity) ในมาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มของประเทศแคนาดา (Guidelines for Canadian Drinking Water Quality) กำหนดให้สารไดบิวทิลทินอยู่ในกลุ่ม 5 ซึ่งอยู่ในสารกลุ่มที่ก่อให้เกิดมะเร็ง (Carcinogenicity) (Health and Welfare Canada, 1989) และนอกจากนั้นสารไดบิวทิลทินสามารถส่งผลต่อการฝังตัวของไข่ที่ผสมแล้วในผนังมดลูก และเป็นสารกระตุ้นให้เกิดการลดปริมาณฮอร์โมนเพศหญิง (Progesterone) ในซีรั่ม (Serum) ส่งให้สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมแท้งได้ (Akihiko, Atsuya, Tetsuji, Jun & Makoto, 2004)

จากการทดลองในครั้งนี้พบว่า ในชุดการทดลองที่เติมสารไดบิวทิลทินความเข้มข้น 5 ไมโครกรัมต่อลิตร เริ่มมีการย่อยสลายสารไดบิวทิลทินเป็นสารโมโนบิวทิลทินในวันแรกของการทดลองโดยปริมาณสารโมโนบิวทิลทินมากกว่าสารไดบิวทิลทิน และในวันที่ 14 ของการ

ทดลองพบว่า มีการย่อยสลายเกิดสารโมโนบิวทิลทินในปริมาณมากกว่าสารไดบิวทิลทิน ส่วนปริมาณสารไดบิวทิลทินมีปริมาณลดน้อยลงอย่างมาก ส่วนในชุดการทดลองที่เติมไดบิวทิลทินความเข้มข้น 10 ไมโครกรัมต่อลิตร เริ่มเกิดการย่อยสลายสารไดบิวทิลทินเป็นสารโมโนบิวทิลทินในวันที่ 7 ของการทดลองเพราะพบว่ามีปริมาณโมโนบิวทิลทินสะสมในหอยหวาน พบว่ามีปริมาณสารโมโนบิวทิลทินสะสมอยู่ในปริมาณที่ใกล้เคียงกับสารไดบิวทิลทินภายหลังวันที่ 7 ของการทดลอง เมื่อนำผลการทดลองทั้ง 2 ชุดมาเปรียบเทียบกันพบว่า สารไดบิวทิลทินทั้ง 2 ชุดการทดลองเกิดการย่อยสลายสารไดบิวทิลทินเป็นสารโมโนบิวทิลทิน โดยสารไดบิวทิลทินถูกย่อยสลายเป็นสารโมโนบิวทิลทินได้อย่างรวดเร็วทั้ง 2 ชุดการทดลอง แต่เมื่อความเข้มข้นของสารไดบิวทิลทินสูงขึ้นประสิทธิภาพในการย่อยสลายลดลงดังจะเห็นได้จากในชุดการทดลองที่มีการเติมไดบิวทิลทินความเข้มข้น 10 ไมโครกรัมต่อลิตร จะใช้ระยะเวลาในการย่อยสลายสารไดบิวทิลทินนานกว่าในชุดการทดลองที่มีการเติมสารไดบิวทิลทินความเข้มข้น 5 ไมโครกรัมต่อลิตร ดังนั้นผลการทดลองดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่าหอยหวานมีความสามารถในการย่อยสลายสารไดบิวทิลทินให้เปลี่ยนเป็นสารโมโนบิวทิลทิน ตามลำดับ (Dobson, Cabbridence, 1990) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของแอบดันและคณะ (Ebdon, Evans & Hill, 1989) ได้ทำการสำรวจ Peak Seasonal Level ของ Metabolite ภายหลังได้รับสารเป็นระยะเวลา 1 เดือน เนื่องจากไม่สามารถตัดสินใจได้ว่าสารไดบิวทิลทินและสารโมโนบิวทิลทินที่พบในหอยทะเลตัวเต็มวัยเกิดจากการได้รับสารเข้าสู่ร่างกายหรือเกิดจากการย่อยสลายของสารในตัวหอยและสามารถสรุปได้ว่าภายในตัวหอยสามารถเกิดกระบวนการย่อยสลายสารไตรบิวทิลทินเป็นสารไดบิวทิลทินและโมโนบิวทิลทินได้แต่เกิดได้อย่างช้า ๆ แต่ทั้งนี้ยังไม่มีการศึกษาที่แน่ชัดถึงกลไกการย่อยสลายสารไดบิวทิลทินในสิ่งมีชีวิตจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจและควรทำการศึกษาต่อไปในอนาคต

การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารโมโนบิวทิลทินในหอยหวาน

การเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารโมโนบิวทิลทินที่เติมลงไปที่ความเข้มข้น 5 และ 10 ไมโครกรัมต่อลิตรพบว่า โมโนบิวทิลทินทั้ง 2 ความเข้มข้นเกิดการสะสมและการย่อยสลายในหอยหวานไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 ($p > 0.05$) ซึ่งเริ่มมีการสะสมของสารโมโนบิวทิลทินในทั้ง 2 ชุดการทดลองตั้งแต่วันแรกของการทดลอง ในชุดการทดลองที่เติมโมโนบิวทิลทินความเข้มข้น 5 ไมโครกรัมต่อลิตร มีการสะสมของสารโมโนบิวทิลทินสูงสุดในวันที่ 14 ของการทดลองและเริ่มเกิดการย่อยสลายในวันที่ 21 ของการทดลอง เพราะพบสารโมโนบิวทิลทินลดลงจากวันที่ 14 ของการทดลอง ส่วนในชุดการทดลองที่เติมโมโนบิวทิลทินความเข้มข้น 10 ไมโครกรัมต่อลิตร มีการสะสมของสารโมโนบิวทิลทินสูงสุดในวันแรกของการทดลองและเริ่มมีการย่อยสลายสารโมโนบิวทิลทินในวันที่ 7 ของการทดลอง โดยพบปริมาณสารโมโนบิวทิลทินลดลงจากวัน

แรกของการทดลอง จากนั้นปริมาณสารโมโนบิวทิลทินในหอยหวานลดลงตามระยะเวลาที่ทำการทดลอง โดยเมื่อนำผลการทดลองทั้ง 2 ชุดมาเปรียบเทียบกันพบว่าสารโมโนบิวทิลทินทั้ง 2 ชุดการทดลองเกิดการย่อยสลายโดยสารโมโนบิวทิลทินถูกย่อยสลายเป็นได้อย่างรวดเร็วทั้ง 2 ชุดการทดลองภายในระยะเวลา 1 เดือน และพบว่าความเข้มข้นของสารโมโนบิวทิลทินไม่มีผลต่อระยะเวลาในการย่อยสลายมากนัก เนื่องจากระยะเวลาที่สารโมโนบิวทิลทินทั้ง 2 ความเข้มข้นใช้ในการย่อยสลายใกล้เคียงกัน และในวันสุดท้ายของการทดลองไม่พบปริมาณสารโมโนบิวทิลทิน การที่พบว่าสารโมโนบิวทิลทินในหอยหวานอาจเนื่องมาจากการที่สารโมโนบิวทิลทินมีคุณสมบัติละลายในไขมันได้โดยมีค่า Octanol/Water Partition Coefficient (log K_{ow}) 0.09 (Tsuda, Nakanishi, Aoki & Takebayashi, 1988) ส่งผลให้เกิดการสะสมสารโมโนบิวทิลทินแต่อย่างไรก็ตามสารโมโนบิวทิลทินยังมีประสิทธิภาพในการสะสมในสิ่งมีชีวิตได้น้อยกว่าสารไตรบิวทิลทินทั้งนี้อาจเนื่องจากสารโมโนบิวทิลทินมีค่า Octanol/Water Partition Coefficient (log K_{ow}) น้อยกว่าสารไตรบิวทิลทิน

การศึกษาถึงการสะสมของสารไดบิวทิลทินและสารโมโนบิวทิลทินในสิ่งมีชีวิตยังมีไม่มาก แต่พบว่าสารไตรบิวทิลทินสามารถถูกสะสมในไส้เดือนทะเลจากดินตะกอนและสามารถย่อยสลายสารไตรบิวทิลทินจนกระทั่งกลายเป็นสาร Inorganotin ได้ (Maguire& Tkacz, 1985) ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าสารไตรบิวทิลทิน ไดบิวทิลทิน และโมโนบิวทิลทินในดินตะกอนน่าจะถูก Bioavailable และถูกย่อยสลายทางชีวภาพได้

จากการศึกษาของมาร์ตินและคณะ (Martin, Dixon, Maguire, Hodson & Tkacz, 1989) เกี่ยวกับความทนต่อสารไดบิวทิลทินและโมโนบิวทิลทินในปลาเทรา (*Oncorhynchus mykiss*) พบว่าความทนต่อสารดังกล่าวขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่จำเพาะต่อสารและสัตว์ประเภทนั้น เช่น อุณหภูมิ ความเข้มข้นของสารประกอบบิวทิลทินที่สัตว์สามารถทนได้ และประสิทธิภาพการย่อยสลายของสัตว์แต่ละประเภท นอกจากนั้นความสามารถในการละลายของสารเคมีในน้ำ (Octanol/Water Partition Coefficient) ยังเป็นอีกปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงเช่นเดียวกัน (Tsuda, Nakanishi, Aoki & Takebayashi, 1988) ดังนั้นจากผลการทดลองและการศึกษาที่ผ่านมาอาจกล่าวได้ว่าสารเคมีไม่คงทนและมีการย่อยสลายในสิ่งแวดล้อมได้ ครึ่งชีวิต (Half-lives) ของสารไตรบิวทิลทิน ไดบิวทิลทิน โมโนบิวทิลทินจากกระบวนการย่อยสลายจากงานวิจัยหลายงานวิจัยพบว่าใช้เวลาในการย่อยสลายเพียงไม่กี่เดือนที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส) (Maguire, 1987).

อัตราการตายของหอยหวาน

จากการทดลองพบว่า การได้รับสารไตรบิวทิลทิน ไดบิวทิลทิน และโมโนบิวทิลทินของหอยหวานที่ความเข้มข้น 5 และ 10 ไมโครกรัมต่อลิตรไม่มีผลต่ออัตราการตายของหอยหวาน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

เพราะเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการตายของหอยหวานในชุดการทดลองที่เติมสารไตรบิวทิลทิน ไดบิวทิลทิน โมโนบิวทิลทินและชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมสารพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p > 0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากหอยหวานได้รับสารไตรบิวทิลทิน ไดบิวทิลทิน และโมโนบิวทิลทินสะสมอยู่ในปริมาณที่ไม่ส่งผลต่อการตายของหอยหวานในทันที ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยของอัลซุอุสและคณะ (Alzieu et al., 1982) กล่าวไว้ว่า ปริมาณสารไตรบิวทิลทินที่สามารถทำให้หอยฝาเดียวเกิดการตายได้ภายในระยะเวลา 30 วัน คือ 2 ไมโครกรัมต่อลิตร ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการตอบสนองต่อความเข้มข้นของสารไตรบิวทิลทินในสัตว์แต่ละชนิดแตกต่างกัน ส่วนสารไดบิวทิลทินและสารโมโนบิวทิลทินเป็นที่รู้กันโดยทั่วไปว่าเป็นสารตัวกลางที่เกิดจากการย่อยสลายของสารไตรบิวทิลทินและเป็นสารที่มีความเป็นพิษน้อยกว่าสารไตรบิวทิลทินเมื่อมีปริมาณที่ใกล้เคียงกัน เมื่อหอยหวานรับสารไดบิวทิลทินและสารโมโนบิวทิลทินสะสมในร่างกายจึงอาจจะไม่ส่งผลกระทบต่อหอยหวานในระดับที่รุนแรงจนกระทั่งทำให้หอยหวานตายได้

อัตราการเจริญเติบโตของหอยหวานเมื่อรับสารไตรบิวทิลทิน ไดบิวทิลทิน และโมโนบิวทิลทิน

หอยหวานที่ได้รับสารไตรบิวทิลทิน ไดบิวทิลทิน และโมโนบิวทิลทิน 5 ไมโครกรัมต่อลิตรและ 10 ไมโครกรัมต่อลิตรและหอยหวานที่ไม่ได้รับสารไตรบิวทิลทิน ไดบิวทิลทิน และโมโนบิวทิลทินมีอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p > 0.05$) โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นของความยาวโดยเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับ 0.01-0.03 เซนติเมตรต่อสัปดาห์ โดยหอยหวานตัวโตเต็มวัยอายุ 1 ปี มีขนาดกว้าง 2.4 เซนติเมตร ยาว 3.88 เซนติเมตร และน้ำหนักเฉลี่ย 11.26 กรัม (พูนสิน พานิชสุข, 2543 อ้างถึงจากรัตนา มั่นประสิทธิ์และประวิม วุฒิสินธุ์, 2531) จึงอาจกล่าวได้ว่า สารไตรบิวทิลทิน ไดบิวทิลทิน และโมโนบิวทิลทินไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตจากการวัดความยาวหอยหวาน จากการศึกษาของนิพนธ์ ศิริพันธ์และลือชัย ดรุณชู (2543) ถึงอัตราการเจริญเติบโตของลูกหอยหวานขนาด 1.5 เซนติเมตร พบว่าอัตราการเปลี่ยนเนื้อของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยปลาข้างเหลืองเป็นเวลา 120 วัน และพบว่าภายในระยะเวลา 30 วัน หอยหวานมีน้ำหนักโดยเฉลี่ย 1.14 กรัม ในระยะเวลา 60 วัน หอยหวานมีน้ำหนักเฉลี่ย 1.95 กรัม เวลา 90 วัน หอยหวานมีน้ำหนักเฉลี่ย 1.53 กรัม และระยะเวลา 120 วัน หอยหวานมีน้ำหนักเฉลี่ย 1.55 กรัม แต่จากการทดลองพบว่า สารไตรบิวทิลทิน ไดบิวทิลทิน และโมโนบิวทิลทินมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักของหอยหวานแตกต่างกัน ดังต่อไปนี้

อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักของหอยหวานในชุดการทดลองที่เติมสารไตรบิวทิลทิน

จากการทดลองในครั้งนี้พบว่า หอยหวานที่ได้รับสารไตรบิวทิลทิน 5 ไมโครกรัมต่อลิตร และ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร และหอยหวานที่ไม่ได้รับสารไตรบิวทิลทินมีอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p > 0.05$) โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นของความยาวโดยเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับ 0.01-0.03 เซนติเมตรต่อสัปดาห์ แต่พบว่าสารไตรบิวทิลทินที่สะสมในหอยหวานมีผลต่อน้ำหนักตัวของหอยหวาน กล่าวคือ เมื่อความเข้มข้นของสารไตรบิวทิลทินสูงขึ้นทำให้น้ำหนักตัวของหอยหวานเพิ่มขึ้น โดยพบว่าหอยหวานในชุดการทดลองที่เติมสารไตรบิวทิลทินความเข้มข้น 10 ไมโครกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักตัวโดยเฉลี่ยมากกว่าหอยหวานในชุดการทดลองที่เติมสารไตรบิวทิลทิน 5 ไมโครกรัมต่อลิตร แต่หอยหวานในชุดการทดลองที่เติมสารไตรบิวทิลทินทั้ง 2 ความเข้มข้นมีน้ำหนักน้อยกว่าหอยหวานในชุดการทดลองที่ไม่มีการเติมสารไตรบิวทิลทิน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสารไตรบิวทิลทินที่สะสมในหอยหวานส่งผลให้การเจริญเติบโตในหอยหวานลดลง ดังจะเห็นได้จากเมื่อทำการเปรียบเทียบน้ำหนักของหอยหวานที่ได้รับสารไตรบิวทิลทินกับหอยหวานที่ไม่ได้รับสารไตรบิวทิลทินพบว่า หอยหวานที่ไม่ได้รับสารไตรบิวทิลทินมีน้ำหนักมากกว่าหอยหวานที่ได้รับสารไตรบิวทิลทิน ซึ่งยังไม่มีข้อมูลที่ชัดเจนเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างกลไกการเจริญเติบโตของหอยหวานที่ลดลงกับปริมาณการสะสมของสารไตรบิวทิลทินจึงควรทำการศึกษาต่อไป

นอกจากนั้นยังพบว่าสารไตรบิวทิลทินมีส่วนกระตุ้นให้มีการสร้างชั้นแคลเซียมของเปลือกหอยเพิ่มมากขึ้นโดยความเข้มข้นของสารไตรบิวทิลทินที่สามารถทำให้เปลือกหอย *Ostres edulis* หนาขึ้นเท่ากับ 10 นาโนกรัมต่อลิตร (Axiak, Sammut, Chircop, Vella & Mintoff, 1995) ซึ่งเป็นการเพิ่มน้ำหนักโดยรวมของหอยหวาน โดยจะเห็นได้จากความเข้มข้นของสารไตรบิวทิลทินที่มากขึ้นมีผลให้น้ำหนักตัวของหอยหวานมากขึ้น แต่ในการเพิ่มความหนาของเปลือกหอยหวานมีผลทำให้เนื้อหอยหวานมีปริมาณลดลง (Waldock & Thain, 1983) จากการศึกษาของอัลเมนดาและคณะ (Almeida, Machado, Moura, Azevedo & Coimbra, 1998) พบว่า ความหนาของเปลือกหอย *Crassostrea gigas* เกิดจากการสะสมของเยื่อมุกใหม่ด้วยการสร้างเศษวุ้นขึ้นมาภายในทำให้ขนาดของมุกลดลง ดังนั้นผลการทดลองดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า สารไตรบิวทิลทินมีผลต่อการเจริญเติบโตของหอยหวานซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของฮวง กัวลานและคณะ (Huang & Wang, 1995) ได้ทำการศึกษาการเจริญเติบโตของ *Mytilus edulis* โดยใช้สารไตรบิวทิลทินที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกันคือ 0.020 0.064 0.1 และ 0.5 ไมโครกรัมต่อลิตร พบว่าสารไตรบิวทิลทินมีผลต่อการเจริญเติบโตของ *Mytilus edulis* ทั้งขนาดความยาว ความกว้างของเปลือกและน้ำหนักที่

ระดับความเข้มข้นของสารไตรบิวทิลทิน 0.5 ไมโครกรัมต่อลิตร สารไตรบิวทิลทินเป็นสารที่มีความเป็นพิษต่อระบบประสาท (Neurotoxic) (Watanabe, 1980) ซึ่งสารไตรบิวทิลทินอาจพัฒนาความเป็นพิษหรือทำให้เกิดความบกพร่องของการพัฒนาทางร่างกายของตัวอ่อนซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลง (Differentiation) และโครงสร้างของอวัยวะ (Morphogenesis) ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตได้ (Huang & Wang, 1995)

อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักของหอยหวานในชุดการทดลองที่เติมสารไดบิวทิลทิน

จากการทดลองในครั้งนี้พบว่า หอยหวานที่ได้รับสารไดบิวทิลทิน 5 ไมโครกรัมต่อลิตร และ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร และหอยหวานที่ไม่ได้รับสารไดบิวทิลทินมีอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p > 0.05$) โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นของความยาวโดยเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับ 0.01-0.04 เซนติเมตรต่อสัปดาห์ แต่พบว่าสารไดบิวทิลทินที่สะสมในหอยหวานมีผลต่อน้ำหนักตัวของหอยหวาน กล่าวคือ เมื่อความเข้มข้นของสารไดบิวทิลทินสูงขึ้นทำให้หอยหวานมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นน้อยกว่าหอยหวานในชุดการทดลองที่เติมสารไดบิวทิลทินความเข้มข้น 10 ไมโครกรัมต่อลิตร แต่หอยหวานในชุดการทดลองที่เติมสารไดบิวทิลทินทั้ง 2 ความเข้มข้นมีน้ำหนักน้อยกว่าหอยหวานในชุดการทดลองที่ไม่มีการเติมสารไดบิวทิลทิน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสารไดบิวทิลทินที่สะสมในหอยหวานส่งผลให้การเจริญเติบโตในหอยหวานลดลง ดังจะเห็นได้จากเมื่อทำการเปรียบเทียบน้ำหนักของหอยหวานที่ได้รับสารไดบิวทิลทินกับหอยหวานที่ไม่ได้รับสารไดบิวทิลทินพบว่า หอยหวานที่ไม่ได้รับสารไดบิวทิลทินมีน้ำหนักมากกว่าหอยหวานที่ได้รับสารไดบิวทิลทิน ซึ่งสารไดบิวทิลทินอาจทำให้เกิดความบกพร่องของการพัฒนาทางร่างกายของตัวอ่อนซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลง (Differentiation) และโครงสร้างของอวัยวะ (Morphogenesis) ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตได้เช่นเดียวกับสารไตรบิวทิลทินแต่ยังไม่มีข้อมูลที่ชัดเจนเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างกลไกการเจริญเติบโตของหอยหวานที่ลดลงกับปริมาณการสะสมของสารไดบิวทิลทินจึงควรทำการศึกษาต่อไป แต่ในการทดลองครั้งนี้พบว่าสารไดบิวทิลทินไม่ส่งผลต่อการกระตุ้นการสร้างชั้นของเปลือกหอยเพิ่มขึ้นเหมือนกับสารไตรบิวทิลทินจึงทำให้น้ำหนักของหอยหวานที่ได้รับสารไตรบิวทิลทินและสารไดบิวทิลทินทั้ง 2 ความเข้มข้นมีความแตกต่างกัน โดยพบว่าสารไตรบิวทิลทินที่ความเข้มข้นสูงทำให้หอยหวานมีน้ำหนักมากกว่าในชุดการทดลองความเข้มข้นต่ำ แต่หอยหวานในชุดการทดลองที่เติมสารไดบิวทิลทินที่ความเข้มข้นสูงทำให้หอยหวานมีน้ำหนักน้อยกว่าหอยหวานในชุดการทดลองที่เติมสารไดบิวทิลทินความเข้มข้นต่ำ ดังนั้นผลการทดลองดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่าสารไดบิวทิลทินมีผลต่อการเจริญเติบโตของหอยหวานได้เช่นเดียวกับสารไตรบิวทิลทิน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักของหอยหวานในชุดการทดลองที่เติมสารโมโนบิวทิลทิน

จากการทดลองในครั้งนี้พบว่า สารโมโนบิวทิลทินที่สะสมในหอยหวานมีผลต่อน้ำหนักตัวของหอยหวานคล้ายกับสารไดบิวทิลทินกล่าวคือ เมื่อความเข้มข้นของสารโมโนบิวทิลทินสูงขึ้นทำให้น้ำหนักตัวของหอยหวานลดลง โดยพบว่าหอยหวานในชุดการทดลองที่เติมสารโมโนบิวทิลทินความเข้มข้น 10 ไมโครกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักตัวโดยเฉลี่ยน้อยกว่าหอยหวานในชุดการทดลองที่เติมสารโมโนบิวทิลทิน 5 ไมโครกรัมต่อลิตร แต่หอยหวานในชุดการทดลองที่เติมสารโมโนบิวทิลทินทั้ง 2 ความเข้มข้นมีน้ำหนักน้อยกว่าหอยหวานในชุดการทดลองที่ไม่มีการเติมสารโมโนบิวทิลทิน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสารโมโนบิวทิลทินที่สะสมในหอยหวานส่งผลให้การเจริญเติบโตในหอยหวานลดลง ดังจะเห็นได้จากเมื่อทำการเปรียบเทียบน้ำหนักของหอยหวานที่ได้รับสารโมโนบิวทิลทินกับหอยหวานที่ไม่ได้รับสารโมโนบิวทิลทินพบว่าหอยหวานที่ไม่ได้รับสารโมโนบิวทิลทินมีน้ำหนักมากกว่าหอยหวานที่ได้รับสารโมโนบิวทิลทิน ซึ่งสารโมโนบิวทิลทินอาจทำให้เกิดความบกพร่องของการพัฒนาทางร่างกายของตัวอ่อนซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลง (Differentiation) และโครงสร้างของอวัยวะ (Morphogenesis) ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตได้เช่นเดียวกับสารไตรบิวทิลทินและไดบิวทิลทินแต่ยังไม่มีข้อมูลที่ชัดเจนเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างกลไกการเจริญเติบโตของหอยหวานที่ลดลงกับปริมาณการสะสมของสารโมโนบิวทิลทินจึงควรทำการศึกษาต่อไป ดังนั้นผลการทดลองดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่าสารโมโนบิวทิลทินมีผลต่อการเจริญเติบโตของหอยหวานได้เช่นเดียวกับสารไตรบิวทิลทิน และสารไดบิวทิลทิน

นอกจากนี้ยังพบว่า ชนิดของสารที่แตกต่างกันก็มีผลต่อการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักของหอยหวานเช่นกัน โดยพบว่า หอยหวานที่ได้รับสารไตรบิวทิลทินมีการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักน้อยที่สุด ส่วนสารโมโนบิวทิลทินมีการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักมากที่สุด รองมาเป็นหอยหวานที่ได้รับสารไดบิวทิลทิน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความเป็นพิษของสารแต่ละชนิดไม่เหมือนกัน ดังจะพบว่าสารไตรบิวทิลทินมีความเป็นพิษมากที่สุดรองมาคือสารไดบิวทิลทิน และสารโมโนบิวทิลทินที่มีความเป็นพิษน้อยที่สุด (Connell, 1988) จึงทำให้อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักของหอยหวานแตกต่างกัน

ผลของสารไตรบิวทิลทินต่อการเกิด Imposex ในหอยหวาน

จากการศึกษาถึงการสะสมและการเปลี่ยนแปลงของสารไตรบิวทิลทิน (Tributyltin) ในหอยหวาน โดยนำหอยหวานไปทำการทดสอบในสารไตรบิวทิลทินที่ความเข้มข้น 2 ระดับได้แก่ 5 ไมโครกรัมต่อลิตรและ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร ผลการทดลองพบว่าในชุดทดลองที่ใช้สาร

ไตรบิวทิลทินที่ความเข้มข้น 5 ไมโครกรัมต่อลิตร มีการสะสมสารไตรบิวทิลทินในหอยใกล้เคียงกับชุดทดลองที่ใช้สารไตรบิวทิลทินที่ความเข้มข้น 10 ไมโครกรัมต่อลิตรกล่าวคือ ในชุดทดลองที่ใช้สารไตรบิวทิลทินที่ความเข้มข้น 5 ไมโครกรัมต่อลิตรมีการสะสมไตรบิวทิลทินในปริมาณ 0.04 - 1.18 ไมโครกรัมต่อกรัม(น้ำหนักเปียก) และในชุดทดลองที่ใช้สารไตรบิวทิลทินที่ความเข้มข้น 10 ไมโครกรัมต่อลิตรมีการสะสมสารไตรบิวทิลทินในปริมาณ 0.04 – 1.12 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักเปียก) ซึ่งพบว่าหอยหวานที่ได้รับสารไตรบิวทิลทิน 5 ไมโครกรัมต่อลิตรและ 10 ไมโครกรัมต่อลิตรมีอัตราการเกิด Imposex มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p < 0.05$) กล่าวคือ หอยหวานในชุดการทดลองที่เติมสารไตรบิวทิลทิน 5 มีอัตราการเกิด Imposex มากกว่าหอยหวานในชุดการทดลองที่ติมสารไตรบิวทิลทิน 10 ไมโครกรัมต่อลิตร โดยหอยหวานในชุดการทดลองที่เติมสารไตรบิวทิลทิน 5 ไมโครกรัมต่อลิตรมีอัตราการเกิด Imposex ในวันสุดท้ายของการทดลองเท่ากับ 43.33% ส่วนหอยหวานในชุดการทดลองที่เติมสารไตรบิวทิลทิน 10 ไมโครกรัมต่อลิตรมีอัตราการเกิด Imposex ในวันสุดท้ายของการทดลองเท่ากับ 26.67%

การที่หอยหวานในชุดการทดลองที่เติมสารไตรบิวทิลทินต่ำ (5 ไมโครกรัมต่อลิตร) เกิด Imposex มากกว่าหอยหวานในชุดการทดลองที่เติมสารไตรบิวทิลทินความเข้มข้นสูง (10 ไมโครกรัมต่อลิตร) อาจเนื่องมาจากมีกลไกบางอย่างในหอยหวานที่ตอบสนองต่อสารไตรบิวทิลทินของหอยหวานที่แตกต่างกันจึงทำให้ส่งผลต่ออัตราการเกิด Imposex ที่แตกต่างกัน และอาจเกิดจากปริมาณของสารไตรบิวทิลทินในหอยหวานในทั้ง 2 ชุดการทดลองทั้งความเข้มข้นน้อย (5 ไมโครกรัมต่อลิตร) และความเข้มข้นมาก (10 ไมโครกรัมต่อลิตร) มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายแตกต่างกันโดยพบว่า สารไตรบิวทิลทินในหอยหวานในชุดการทดลองที่เติมสารไตรบิวทิลทินความเข้มข้น 5 ไมโครกรัมต่อลิตรมีเกิดการย่อยสลายเป็นสารตัวกลางได้ช้ากว่าหอยหวานในชุดการทดลองที่เติมสารไตรบิวทิลทินความเข้มข้น 10 ไมโครกรัมต่อลิตร จึงทำให้มีการตกค้างของสารไตรบิวทิลทินในหอยหวานนานส่งผลต่อการเกิด Imposex ได้ จากผลการวิจัยในครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ ไบรอัน กิบ ฮัมเมอร์สโตน และเบิท (Bryan, Gibbs, Hummerstone & Burt, 1986) โดยพบว่า หอย *Nucella lapillus* ที่ได้รับสารไตรบิวทิลทิน 0.05 ไมโครกรัมต่อลิตรเป็นระยะเวลา 120 วัน สามารถทำให้เกิด Imposex ได้ 41%

ผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การสะสมของสารไตรบิวทิลทินที่กล่าวในข้างต้นสามารถส่งผลต่ออัตราการเกิด Imposex ในหอยหวานได้ นอกจากนี้สารไตรบิวทิลทินมีผลยับยั้ง Cytochrome P 450-mediated Aromatase ส่งผลต่อการเพิ่มฮอร์โมนเพศที่กระตุ้นให้มีลักษณะเพศชาย (Androgen) ซึ่งส่งผลต่อ Androgerization และสารไตรบิวทิลทิลอาจมีผลต่อ Androgenic

Grand หรือการหลั่งฮอร์โมนเพศชาย (Androgenic Hormone) (Spooner, Gibbs, Bryan & Good, 1991; Bettin, Oehlmann & Stroben, 1996) และส่งผลให้เกิด Imposex ในหอยหวานขึ้น แต่ข้อมูลเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของสารไตรบิวทิลทินกับระบบ Andocrine ในหอยหวานยังไม่เพียงพอจึงควรมีการศึกษาต่อไปในอนาคต

ผลของสารไดบิวทิลทินต่อการเกิด Imposex ในหอยหวาน

จากการศึกษาถึงการสะสมของสารไดบิวทิลทิน (Dibutyltin) ในหอยหวาน โดยนำหอยหวานไปทำการทดสอบในสารไดบิวทิลทินที่ความเข้มข้น 2 ระดับได้แก่ 5 ไมโครกรัมต่อลิตรและ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร ผลการทดลองพบว่า ในชุดทดลองที่ใช้สารไดบิวทิลทินที่ความเข้มข้น 5 ไมโครกรัมต่อลิตรมีการสะสมสารไดบิวทิลทินในหอยใกล้เคียงกับชุดทดลองที่ใช้สารไดบิวทิลทินที่ความเข้มข้น 10 ไมโครกรัมต่อลิตร กล่าวคือ ในชุดทดลองที่ใช้สารไดบิวทิลทินที่ความเข้มข้น 5 ไมโครกรัมต่อลิตร มีการสะสมไดบิวทิลทินในปริมาณ 0.01–0.42 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักเปียก) และในชุดทดลองที่ใช้สารไดบิวทิลทินที่ความเข้มข้น 10 ไมโครกรัมต่อลิตรมีการสะสมสารไดบิวทิลทินในปริมาณ 0.05–0.07 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักเปียก) ซึ่งพบว่าหอยหวานที่ได้รับสารไดบิวทิลทิน 5 ไมโครกรัมต่อลิตรและ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร มีอัตราการการเกิด Imposex แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p < 0.05$) กล่าวคือ หอยหวานในชุดการทดลองที่เติมสารไดบิวทิลทิน 5 ไมโครกรัมต่อลิตรมีอัตราการเกิด Imposex น้อยกว่าหอยหวานในชุดการทดลองที่เติมสารไดบิวทิลทิน 10 ไมโครกรัมต่อลิตร โดยชุดการทดลองที่เติมสารไดบิวทิลทิน 5 มีอัตราการเกิด Imposex ในวันสุดท้ายของการทดลองเท่ากับ 10% และชุดการทดลองที่เติมสารไดบิวทิลทิน 10 ไมโครกรัมต่อลิตร มีอัตราการการเกิด Imposex 13.33% ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการสะสมของสารไดบิวทิลทินในหอยหวานในทั้ง 2 ชุดการทดลองมีผลต่อระบบ Endocrine เช่นเดียวกับสารไตรบิวทิลทินในหอยหวานและส่งผลให้การเกิด Imposex ในหอยหวาน สอดคล้องกับงานวิจัยของไบรอันและคณะ (Bryan, Gibbs & Burt, 1980) โดยพบว่า สารไดบิวทิลทินมีผลต่อการพัฒนาอวัยวะเพศชาย (Penis) ในหอยเพศเมียที่เรียกว่าการเกิด Imposex แต่ข้อมูลเกี่ยวกับสารไดบิวทิลทินที่มีผลต่อระบบต่าง ๆ ภายในหอยหวานที่สามารถทำให้หอยหวานเกิด Imposex ยังไม่เพียงพอจึงควรมีการศึกษาต่อไปในอนาคต

ผลของสารโมโนบิวทิลทินต่อการเกิด Imposex ในหอยหวาน

จากการศึกษาถึงการสะสมของสารโมโนบิวทิลทิน (Monobutyltin)ในหอยหวานโดยนำหอยหวานไปทำการทดสอบในสารโมโนบิวทิลทินที่ความเข้มข้น 2 ระดับได้แก่ 5 ไมโครกรัมต่อลิตรและ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร ผลการทดลองพบว่า ในชุดทดลองที่ใช้สารโมโนบิวทิลทินที่ความเข้มข้น 5 ไมโครกรัมต่อลิตร มีการสะสมสารไตรบิวทิลทินในหอยใกล้เคียงกับชุดทดลองที่ใช้สาร

โมโนบิวทิลทินที่ความเข้มข้น 10 ไมโครกรัมต่อลิตรกล่าวคือ ในชุดทดลองที่ใช้สาร โมโนบิวทิลทินที่ความเข้มข้น 5 ไมโครกรัมต่อลิตรมีการสะสมโมโนบิวทิลทินในปริมาณ 0.04-1.18 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักเปียก) และในชุดทดลองที่ใช้สารโมโนบิวทิลทินที่ความเข้มข้น 10 ไมโครกรัมต่อลิตรมีการสะสมสารโมโนบิวทิลทินในปริมาณ 0.04–1.12 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักเปียก) ซึ่งพบว่าหอยหวานที่ได้รับสารโมโนบิวทิลทิน 5 ไมโครกรัมต่อลิตรและ 10 ไมโครกรัมต่อลิตรมีอัตราการ Imposex แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p < 0.05$) กล่าวคือ หอยหวานในชุดการทดลองที่เติมสารโมโนบิวทิลทิน 5 ไมโครกรัมต่อลิตรมีอัตราการเกิด Imposex น้อยกว่าหอยหวานในชุดการทดลองที่เติมสารโมโนบิวทิลทิน 10 ไมโครกรัมต่อลิตร โดยชุดการทดลองที่เติมสารโมโนบิวทิลทิน 5 มีอัตราการเกิด Imposex ในวันสุดท้ายของการทดลองเท่ากับ 10% และชุดการทดลองที่เติมสารโมโนบิวทิลทิน 10 ไมโครกรัมต่อลิตร มีอัตราการการเกิด Imposex 13.33% ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก การสะสมของสารโมโนบิวทิลทินในหอยหวานในทั้ง 2 ชุดการทดลองมีผลต่อระบบ Endrocrine ในหอยหวานและส่งผลให้การเกิด Imposex ในหอยหวาน แต่ทั้งนี้ยังไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของสารโมโนบิวทิลทินต่อการเกิด Imposex อย่างชัดเจนในหอยทะเลจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไปในอนาคต

จากการทดลองในครั้งนี้พบว่าปริมาณของสาร ไตรบิวทิลทิน และสาร Metabolites (ไดบิวทิลทิน และ โมโนบิวทิลทิน) ที่พบในสิ่งแวดล้อมสามารถทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในสิ่งแวดล้อมได้แม้จะมีเพียงเล็กน้อย รวมทั้งพบว่าสารไตรบิวทิลทิน มีความเป็นพิษต่อหอยหวานทำให้เกิดการเปลี่ยนเพศจากเพศผู้เป็นเพศเมีย (Imposex) ในหอยหวานและหอย *Nucella lapillus* (Bryan, Gibbs & Burt, 1988) และสามารถทำให้หอย *Nucella lapillus* เพศเมีย เป็นหมันได้ที่ความเข้มข้นประมาณ 3–5 ng/l (Gibbs, Pascoe & Burt, 1988) นอกจากนั้นสารไตรบิวทิลทินยังมีผลต่ออัตราการตายของหอย *Crassostrea gigas* ที่พบได้ในบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกในตัวอ่อนมากกว่าในตัวเต็มวัย โดยมี ค่า 96-hr LC_{50} เท่ากับ 1.557 ไมโครกรัมต่อลิตร ในตัวอ่อน และ 282.2 ไมโครกรัมต่อลิตร ในตัวเต็มวัย (Thain, 1983)

การปนเปื้อนของสารไตรบิวทิลทิน ไดบิวทิลทิน และโมโนบิวทิลทินแม้แต่เพียง 5 และ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร อาจจะทำให้ส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของหอยหวานได้ และถ้าปริมาณไตรบิวทิลทิน และสารตัวกลาง (ไดบิวทิลทินและโมโนบิวทิลทิน) ยังคงมีอยู่ในตัวหอยหวานหรือไม่ถูกกำจัดให้หมดไปอาจส่งผลกระทบต่อสัตว์ทะเลชนิดอื่นๆและมนุษย์ซึ่งเป็นผู้บริโภคหอยหวานทั้งทางตรงและทางอ้อมในที่สุดแม้ว่าในขณะนี้ไม่มีรายงานที่กล่าวถึงพิษของสารทั้ง 3 ชนิดต่อมนุษย์โดยตรง ดังนั้นการเฝ้าระวังและติดตามผลกระทบในประเทศไทยจะช่วย

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ให้มีมาตรการในการป้องกันและแก้ไขปัญหาได้ทันท่วงทีก่อนที่จะเกิดผลเสียที่ยากต่อการแก้ไขในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาถึงกลไกในการย่อยสลายและการเกิด Imposex ของสารไตรบิวทิลทิน ไดบิวทิลทิน และโมโนบิวทิลทินในหอยทะเลต่อไปในอนาคต

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University