บทที่ 5

อภิปรายผล และสรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของการเพาะเลี้ยง *O.okeni* TISTR 8549 ในน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร โดยทำการเพาะเลี้ยงแบบเติมอากาศ และไม่เติมอากาศ เป็นระยะเวลา 21วัน พบว่ามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำและปริมาณชีวมวลของสาหร่ายดังนี้

คุณภาพน้ำ

ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน (NO_3-N) ตลอดการเพาะเลี้ยง ในชุดการทดลองที่มีการเติมอากาศ และในชุดการทดลองที่ไม่เติมอากาศ NO_3-N มีค่า 1.9 – 2.6 และ 1.83 – 8.87 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่มีการเติมอากาศและไม่เติมอากาศ ซึ่งมีค่า 1.93 – 48.13 และ 1.8 – 119.73 มิลลิกรัมต่อลิต พบว่าปริมาณ NO_3-N ในทั้ง 2 ชุดการทดลองมีค่าน้อยกว่าชุดควบคุมอย่างชัดเจน ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากการดูดดึงไปใช้ของสาหร่าย แต่ค่า NO_3-N ที่ลดลงจาก 3.60 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็น 1.90 และ1.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ในชุดการทดลองที่มีการเติมอากาศ และชุดการทดลองที่ไม่เติมอากาศ ในช่วงแรกของการเพาะเลี้ยงไม่เป็นผลมาจากการดูดดึงไปใช้ของสาหร่ายเนื่องจากมีการลดลงในลักษณะเดียวกันในทั้ง 2 ชุดควบคุม เมื่อนำผลการทดลองในชุดการทดลองที่มีการเติมอากาศ และไม่เติมอากาศ มาเปรียบเทียบกันพบว่าในชุดการทดลองที่มีการเติมอากาศมีความปริมาณ NO_3-N น้อยกว่าชุดการทดลองที่ไม่มีการเติมอากาศ ความเข้มข้นในชุดการทดลองที่เติมอากาศเมื่อสิ้นสุดการเพาะเลี้ยงมีค่าร้อยละการลดลง 27.78 % และในชุดการทดลองที่ไม่เติมอากาศมีค่าเพิ่มขึ้น 246.38 % ดีกว่าการเพาะเลี้ยง *Chlorella* sp. ในน้ำทิ้งจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพมูลสุกรซึ่งมีค่า NO_3-N เพิ่มขึ้น 15.07 – 340.81 % (วีนา ชานนท์, 2535)

ปริมาณไนไตรท-ไนโตรเจน (NO_2-N) ตลอดการเพาะเลี้ยง ในชุดการทดลองที่มีการเติมอากาศ NO_2-N มีค่า 1.33 – 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดควบคุมมีค่า 1.67 – 18.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และในชุดการทดลองที่ไม่เติมอากาศ มีค่า 1.0 – 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดควบคุมมีค่า 1.33 – 46.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้ง 2 การทดลองตลอดการเพาะเลี้ยงมีค่าความเข้มข้นน้อยกว่าชุดควบคุม ซึ่งเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในทั้ง 2 ชุดควบคุม และชุดการทดลองที่มีการเติมอากาศมีน้อยที่สุด ซึ่งการเพิ่มขึ้นนี้เกิดจากการเพิ่มขึ้นของ NH_4-N ทำให้ NH_4-N เปลี่ยนรูปมาอยู่ในรูป NO_2-N เร็วขึ้น

ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_4-N) ตลอดการเพาะเลี้ยง ในชุดการทดลองที่มีการเติมอากาศ NH_4-N มีค่า 0 – 8.16 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดควบคุมมีค่า 0 – 9.87 มิลลิกรัมต่อลิตร ในชุดการทดลองที่มีการเติมอากาศและ ชุดควบคุม ปริมาณแอมโมเนียจะหมดไปในเวลาที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งสันนิษฐานว่าแอมโมเนียอาจถูกกำจัดโดยการไล่ก๊าซ (air stripping) เนื่องจากในการทดลองมี pH สูง (Cañizares-Villanueva, 1993) หรือถูกออกซิไดซ์ไปเป็นไนไตรทโดยจุลินทรีย์ (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2544) ในชุดการทดลองที่ไม่เติมอากาศ มีค่า 12.02 – 52.81 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดควบคุมมีค่า 0 – 16.74 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณแอมโมเนียในชุดควบคุมที่ไม่เติมอากาศจะหมดไปในวันที่ 15 ของการทดลองส่วนในชุดการทดลองที่ไม่เติมอากาศปริมาณ NH_4-N มีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นผลมาจากสาหร่ายที่ทับถมกันเมื่อตายลงซากจะถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียกลับมาเป็นแอมโมเนีย (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2544)

ทีเคเอ็น ไนโตรเจน (TKN) ตลอดการเพาะเลี้ยง ในชุดการทดลองที่มีการเติมอากาศ TKN มีค่า 5.00 – 40.33 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดควบคุมมีค่า 5.67 – 43.33 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเข้มข้นของ TKN ในชุดการทดลองทีมีการเติมอากาศมีค่าการลดลงที่ใกล้เคียงกับชุดควบคุม และในชุดการทดลองที่ไม่เติมอากาศ มีค่า 31.67 – 56.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดควบคุมมีค่า 5.00 – 56.67 มิลลิกรัมต่อลิตร ตลอดการเพาะเลี้ยงชุดการทดลองที่ไม่เติมอากาศ TKN มีการลดลงในปริมาณที่น้อยมากเมื่อเปรียบกับชุดควบคุมซึ่งมีค่าการลดลงอย่างต่อเนื่อง การเพิ่มขึ้นของ TKN ในชุดการทดลองที่ไม่เติมอากาศ สันนิษฐานได้ว่าเกิดจากการเพิ่มขึ้นของแอมโมเนียในระบบ ค่า TKN อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร (ตาราง 18 ภาคผนวก ข)

ไนโตรเจนทั้งหมด (TN) ตลอดการเพาะเลี้ยง ในชุดการทดลองที่มีการเติมอากาศ TN มีค่า 14.33 – 83.90 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดควบคุมมีค่า 63.4 – 90.60 มิลลิกรัมต่อลิตร และในชุดการทดลองที่ไม่เติมอากาศ มีค่า 75.2 – 1 14.83 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดควบคุมมีค่า 111.80 – 186.53 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อสิ้นสุดการทดลองปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดใน ชุดการทดลองที่มีการเติมอากาศและไม่เติมอากาศ ลดลง 89.27 % และ 64.01 % ตามลำดับ ซึ่งมีการการลดลงมากกว่าชุดควบคุม แสดงให้เห็นว่า สาหร่ายมีส่วนสำคัญในการลดปริมาณไนโตรเจนในระบบ

ปริมาณออโธฟอสเฟต (PO_4^{3-}) ตลอดการเพาะเลี้ยง ในชุดการทดลองที่มีการเติมอากาศ PO_4^{3-} มีค่า 43.62 – 65.84 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดควบคุมมีค่า 57.63 – 66.73 มิลลิกรัมต่อลิตร และในชุดการทดลองที่ไม่เติมอากาศ มีค่า 41.30 – 78.68 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดควบคุมมีค่า 87.60 – 104.20 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นในชุดการทดลองที่เติมอากาศเมื่อสิ้นสุดการเพาะเลี้ยงมีค่าร้อยละการลดลง 58.63 % และในชุดการทดลองที่ไม่เติมอากาศมีค่า 60.83 %

แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการลดปริมาณ PO_4^{3-} ของ *O. okeni* TISTR 8549 เมื่อเปรียบกับการเพาะเลี้ยง *Phormidium* sp.ในน้ำเสียซึ่งสามารถลด PO_4^{3-} ได้ 13.24 % (ประดิษฐา ชื่นจำรูญ, 2547) ผลจากการเพาะเลี้ยงค่า PO_4^{3-} ยังค่อนข้างสูง แต่ในน้ำไม่เป็นพิษหรือทำอันตรายต่อสัตว์น้ำ เพียงแต่เป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของแหล่งน้ำ เนื่องจากการเจริญเติบโตของพืชน้ำ และสาหร่าย (ไมตรี ดวงสวัสดิ์และจารุวรรณ สมศิริ, 2530)

ความต้องการออกซิเจนทางเคมี (COD) ตลอดการเพาะเลี้ยง ในชุดการทดลองที่มีการเติมอากาศ COD มีค่า 49.00 – 93.67 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดควบคุมมีค่า 51.00 – 98.67 มิลลิกรัมต่อลิตร และในชุดการทดลองที่ไม่เติมอากาศ มีค่า 37.67 – 94.33 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดควบคุมมีค่า 48.33 – 132.33 มิลลิกรัมต่อลิตร ตลอดการทดลองค่า COD มีการเปลี่ยนแปลงตลอด เนื่องจากในการเก็บน้ำตัวอย่างเพื่อทำการวิเคราะห์ มีเซลล์สาหร่ายอยู่ในน้ำตัวอย่างทำให้เมื่อทำการวิเคราะห์ค่า COD ค่าที่ได้จึงมีที่ไม่แน่นอน ค่า COD ในการทดลองมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร (ตาราง 16 ภาคผนวก ข)

อุณหภูมิ (Temperature) ตลอดการเพาะเลี้ยง อุณหภูมิของน้ำในชุดการทดลองที่มีการเติมอากาศ และในชุดการทดลองที่ไม่เติมอากาศ มีค่า 27.20 – 30.6 และ 26.87 – 30.57 องศาเซลเซียส ทั้ง 2 การทดลองมีค่าใกล้เคียงกันซึ่งเป็นอุณหภูมิที่สาหร่ายสามารถเจริญเติบโตได้

ความเป็นกรด - ด่าง (pH) ตลอดการเพาะเลี้ยง ในชุดการทดลองที่มีการเติมอากาศ และในชุดการทดลองที่ไม่เติมอากาศ pH มีค่า 8.75 – 9.53 และ 8.35 – 9.39 การเพิ่มขึ้นของ pH ในระบบเกิดจากปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย (Cañizares-Villanueva, 1993)

มวลชีวภาพ (Biomass) ในชุดการทดลองที่มีการเติมอากาศ มีค่า 0.03 – 0.37 กรัม/ลิตร (น้ำหนักแห้ง) โดยมีค่าต่ำสุด 0.03 กรัมต่อลิตร (น้ำหนักแห้ง) ในวันที่ 3 ของการเพาะเลี้ยง และมีค่าสูงสุด 0.37 กรัมต่อลิตร (น้ำหนักแห้ง) ในวันที่ 15 ของการเพาะเลี้ยง และในชุดการทดลองที่ไม่เติมอากาศ มีค่า 0.01 – 0.29 กรัมต่อลิตร (น้ำหนักแห้ง) โดยมีค่าต่ำสุด 0.01 กรัมต่อลิตร (น้ำหนักแห้ง) ในวันที่ 3 ของการเพาะเลี้ยง และสูงสุด 0.29 กรัมต่อลิตร (น้ำหนักแห้ง) ในวันที่ 15 ของการทดลอง ทั้ง 2 การทดลองให้ปริมาณมวลชีวภาพที่ใกล้เคียงกัน

ความสัมพันธ์ระหว่างชีวมวลกับปริมาณทีเคเอ็นไนโตรเจน และออโธฟอสเฟต

ในช่วงแรกของการทดลองปริมาณชีวมวลของสาหร่ายมีการลดลงเนื่องจากสาหร่ายยังมีการปรับสภาพต่อน้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง เมื่อสาหร่ายสามารถปรับตัวได้แล้วก็มีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่วันที่ 4 ของการทดลอง ในวันที่ 15 ของการทดลอง สาหร่ายมีการเจริญเติบโตลดลงซึ่งเป็นผลมาจากการลดลงของปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ซึ่งเป็นแหล่งธาตุอาหารสำคัญของสาหร่าย

และการลดความเข้มแสงลง เนื่องจากสาหร่ายมีความหนาแน่นมากและบังแสงกันเอง (ศิริเพ็ญ ตรัยไชยาพร, 2537)

การออกแบบระบบ HRAP ออกแบบโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ได้ความลึกของบ่อ 0.17 เมตร กำหนดขนาดของบ่อโดยใช้อัตราส่วนความยาวต่อความกว้างมากกว่า 2/1 ได้บ่อขนาด 3x1 เมตร มีปริมาณการใช้งาน 0.51 ลูกบาศก์เมตร ระยะเวลากักเก็บ (HRT) จากการคำนวณได้ HRT ที่ 2 วัน โดยที่มีปริมาตรน้ำเข้า 0.25 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน หรือ 10.41 ลิตรต่อชั่วโมง โดยขนาดที่ได้นี้เป็นขนาดที่ใช้ในการศึกษา

สรุปผลการวิจัย

การคัดเลือกสาหร่ายเบื้องต้นได้สายพันธุ์สาหร่ายที่สามารถเจริญเติบโตได้ในน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรจำนวน 3 สายพันธุ์ และสามารถคัดแยกได้จากน้ำทิ้งอีก 1 สายพันธุ์ คือ *Oscillatoria obscura* TISTR 8245 *Oscillatoria okeni* TISTR 8549 *Phormidium angustissimum* TISTR 8247 และ *Oscillatoria* sp. TISTR 8869 ตามลำดับ

การศึกษาประสิทธิภาพในการลดไนเตรท – ไนโตรเจน และออโธฟอสเฟส ในน้ำทิ้งฟาร์มสุกรจากบ่อบำบัดแบบบ่อ พบว่าสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวสายพันธุ์ *Oscillatoria okeni* TISTR 8549 มีประสิทธิภาพในการลดไนเตรท – ไนโตรเจนและ ออโธฟอสเฟต ดีที่สุด และให้ปริมาณชีวมวลที่ดีที่สุด

การเพาะเลี้ยง *O. okeni* TISTR 8549 ในน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรในระบบที่มีการเติมอากาศและไม่เติมอากาศ ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรในระบบที่มีการเติมอากาศจะมีประสิทธิภาพในการลด NO_3-N, TKN และ TN ได้ดีกว่าระบบที่ไม่มีการเติมอากาศ และให้ผลผลิตมวลชีวภาพในปริมาณที่ดีกว่าด้วยเช่นกัน

การออกแบบระบบบำบัดแบบ HRAP ในการออกแบบครั้งนี้เพื่อใช้เป็นแนวทางในการทำการศึกษาต่อไป ขนาดของระบบจึงมีขนาดเล็กเพื่อทำให้เกิดความสะดวกในการทำการทดลอง ซึ่งขนาดของระบบจริงได้ทำการออกแบบไว้ ซึ่งจากการคำนวณระบบมีประสิทธิภาพในการลด BOD ได้ 85 % (ภาคผนวก ข)

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับระบบอื่นเนื่องจากระบบที่ทำการออกแบบในครั้งนี้เป็นระบบที่ออกแบบเพื่อให้เกิดสาหร่ายในปริมาณที่สูงเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

2. ควรมีการศึกษาระบบที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวสาหร่ายที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการเก็บเกี่ยวให้มีประสิทธิภาพ และมีค่าใช้จ่ายการดำเนินงานต่ำ

3. ควรมีการศึกษาคุณค่าทางอาหารของสาหร่ายเพื่อให้ทราบถึงคุณประโยชน์ของสาหร่ายที่ผลิตได้

4. ควรมีการศึกษาถึงความคุ้มค่าในด้านเศรษฐศาสตร์ของระบบด้วย