สรุปผลการวิจัย

การคัดเลือกชนิดพืชที่ใช้ปลูกในระบบบำบัด ในระยะแรกพยายามเลือกพืชที่ขึ้นได้ในป่าชายเลน ที่ขึ้นได้ตามชายฝั่งทะเลโดยทั่วไป อาทิ เช่น โกงกางขนาดเล็ก เป็นต้น แต่พืชป่าชายเลนที่นำมาทดสอบปลูกในระบบจำเป็นต้องใช้ระบบบำบัดที่มีขนาดใหญ่ใช้พื้นที่มาก ไม่เหมาะกับสถานที่ทำการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของฟาร์มและไม่ตรงวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ซึ่งต้องการระบบบำบัดที่มีขนาดเล็กไม่สิ้นเปลืองพื้นที่ นอกจากนี้พืชที่นำมาทดสอบไม่สามารถเจริญเติบโตได้ และตายในที่สุด อาจเป็นเพราะพืชในกลุ่มนี้มีความผสมผสานน้ำทะเลที่ไหลขึ้นมาจากทะเลและน้ำจืดที่ไหลลงไปจากแผ่นดินทำให้มีลักษณะเฉพาะ เมื่อนำมาใช้ในระบบน้ำเค็มเพียงอย่างเดียวจึงไม่สามารถเจริญได้ อีกทั้งพื้นผิวที่ให้พืชยึดเกาะมีผลทำให้เกิดการอุดตันได้ง่าย และทำให้อัตราการไหลของน้ำเสียไหลได้ช้ามาก ไม่ทันกับปริมาณน้ำเสียที่มีปริมาณมากๆ ได้ ดังนั้นจึงให้ความสนใจสาหร่ายทะเลขนาดใหญ่ ได้แก่ สาหร่ายพวงองุ่น (*Caulerpa racemosa*) และสาหร่ายริบบิ้น (*Caulerpa prolifera* (Forsskål) J.V.Lamouroux) และ สาหร่ายผักกาดทะเล (*Ulva rigida* C. Agardh, 1823) เมื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดปริมาณสารประกอบอนินทรีย์ในโตรเจนของสาหร่ายทั้ง 3 ชนิด โดยใช้น้ำทะเลปริมาตร 50 ลิตร ที่ผ่านการใช้เลี้ยงลูกกุ้งกุลาดำวัยอ่อนและมีการสะสมสารประกอบแอมโมเนีย ไนไตรท และไนเตรท เริ่มต้นเท่ากับ 3.98 mgNH_3-N/L, 0.04 mgNO_2-N/L และ 7.49 mgNO_3-N/L ตามลำดับ มีความเค็มที่ 31 ส่วนในพันส่วน ค่าความเป็นกรด-ด่าง 8.2 พบว่าความเข้มข้นของ แอมโมเนีย ไนไตรท และไนเตรทในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย *Caulerpa prolifera* สามารถลดความเข้มข้นของแอมโมเนีย ไนไตรท และไนเตรท ได้สูงสุด รองลงมาคือ สาหร่าย *Caulerpa racemosa* และ *Ulva rigida* ตามลำดับ ดังนั้นจึงคัดเลือก สาหร่าย *Caulerpa prolifera* เพื่อใช้การทำวิจัยขั้นต่อไป

ระบบบำบัดที่ออกแบบเป็นรูปแบบการผสมผสานของระบบบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพแบบต่างๆ เข้าด้วยกัน คือ การนำแนวคิดหลักในการใช้พืชในการกำจัดของเสียแบบบึงประดิษฐ์ (Constructed Wetlands) โดยใช้สาหร่ายเป็นตัวแทนของพืชที่ใช้ในระบบ มีส่วนของวัสดุตัวกลางสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ซึ่งเป็นแนวคิดของระบบบำบัดน้ำเสียฟิล์มตรึง และระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ตัวกลางเติมอากาศ (Contract Aeration Process) เพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดของเสียของวัสดุตัวกลางและพืชน้ำที่ใช้ ระบบจึงออกแบบให้เป็นช่องเล็กๆหลายๆ ช่อง มีทางให้น้ำไหลที่ปลายของช่องแต่ละช่องสลับหัว-ท้าย ทำให้ทิศทางการไหลของน้ำไหลกลับไปกลับมาเป็นแนวคิดของระบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch Process) ซึ่งเป็นรูปแบบของระบบดัดแปลงจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอเอส (Activated Sludge Process) และมีส่วนของการตกตะกอน (Sedimentation) ในช่วงแรกของระบบ ซึ่งเป็นรูปแบบของการบำบัดด้วยวิธีทางกายภาพ ดังนั้นระบบบำบัดน้ำเสียที่ออกแบบมาในการวิจัยนี้ จึงมีส่วนประกอบของระบบต่างๆ เข้าด้วยกันดังกล่าว

ข้างต้น เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการกำจัดของเสียได้สูงสุดและมีขนาดเล็กเหมาะสำหรับฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเค็มที่มีพื้นที่จำกัด จึงใช้แนวคิดหลักคือ ระบบการกำจัดของเสียแบบบึงประดิษฐ์ (Constructed Wetlands) แต่เป็นบึงประดิษฐ์แบบดัดแปลงหรือแบบประยุกต์ รวมเรียกเป็น ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์ประยุกต์ (Applied Constructed Wetlands)

ประสิทธิภาพของระบบบำบัดที่ใช้ในการวิจัย สามารถลดความเข้มข้นของสารประกอบแอมโมเนีย ไนไตรท และไนเตรท เริ่มต้นจาก 4.64 mgNH_3-N/L, 0.04 mgNO_2-N/L และ 16.9 mgNO_3-N/L ตามลำดับ ที่ความเค็ม 32 ส่วนในพันส่วน ความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 8.4 เหลือความเข้มข้นของ แอมโมเนีย ไนไตรท และไนเตรท มีค่าเท่ากับ 0.25 mgNH_3-N/L, 0.03 mgNO_2-N/L และ 4.78 mgNO_3-N/L ตามลำดับ ในเวลาเพียง 72 ชั่วโมง ซึ่งเป็นระดับที่ไม่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ ทำให้น้ำที่ผ่านการบำบัดสามารถนำกลับไปใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำซ้ำได้อีก และเมื่อทดสอบประสิทธิภาพระบบบำบัดกับการอนุบาลลูกกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) วัยอ่อน ที่ความหนาแน่น 800,000 ตัวต่อปริมาตร 1 ลูกบาศเมตร ที่ปริมาณน้ำ 2 ลูกบาศเมตร ที่ความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน ความเป็นกรด-ด่าง 8.0 พบว่าการเลี้ยงที่ใช้ควบคู่กับระบบบำบัดมีการสะสมความเข้มข้นของแอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรท เท่ากับ 0.09-0.30 mgNH_3-N/L, 0.01-0.03 mgNO_2-N/L และ 15.4 mgNO_3-N/L ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะต่อการเพาะเลี้ยง ลูกกุ้งกุลาดำสามารถเจริญได้ดี แม้นว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลองลูกกุ้งกุลาดำในชุดการทดลองและชุดควบคุมจะมีอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ($P>0.05$) แต่ชุดการเลี้ยงที่ควบคู่กับระบบบำบัดมีการสะสมของไนเตรท ไนไตรท์ และแอมโมเนียต่ำ ไม่ก่อให้เกิดความระคายเคืองต่อสัตว์น้ำโดยไม่ต้องทำการเปลี่ยนน้ำเป็นระยะเช่นเดียวกับชุดควบคุมซึ่งเป็นการเลี้ยงลูกกุ้งกุลาดำแบบปกติ คือไม่ใช้ระบบบำบัด ช่วยประหยัดน้ำเค็มได้ 30-35 เปอร์เซ็นต์ หรือประมาณ 600-700 ลิตรต่อปริมาตรการเลี้ยง 2 ลูกบาศเมตร เพียงช่วง 14 วันของการเลี้ยงต้องเปลี่ยนถ่ายน้ำเค็มถึง 4,200-4,900 ลิตรต่อการเลี้ยงลูกกุ้ง 1 บ่อ ประมาณ 6,200-6,900 ลิตร จะเห็นได้ว่าการเลี้ยงโดยใช้ระบบบำบัดร่วมด้วยจะประหยัดน้ำทะเลที่ใช้เลี้ยงได้ 3-3.5 เท่าโดยประมาณ และน้ำที่ใช้เลี้ยงสามารถใช้ทำการเพาะเลี้ยงในรอบต่อๆ ไปได้อีก ช่วยลดต้นทุนในการจัดหาน้ำเค็มสำหรับการเพาะเลี้ยง อาทิ ค่าใช้จ่ายในขนส่งน้ำเค็มจากแหล่งน้ำเค็มที่มีความสะอาดไปยังฟาร์มเพาะเลี้ยง นอกจากนี้ยังช่วยลดปัญหาในการถ่ายน้ำเค็มออกสู่สภาวะแวดล้อมที่อยู่รอบข้างได้ด้วย

สรุปได้ว่าบึงประดิษฐ์ประยุกต์ที่ได้จากการทำวิจัยนี้ สามารถใช้ได้ดีในการบำบัดน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเค็มสามารถลดปริมาณสารอินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ จนถึงระดับที่สามารถนำกลับมาใช้ในการเพาะเลี้ยงได้ สามารถลดพลังงานและค่าใช้จ่ายในการขนส่งหรือสูบน้ำเค็มมาใช้ในการเพาะเลี้ยงได้ สามารถลดการปล่อยทิ้งน้ำเค็ม ทำให้เกิดความสมดุลของระบบนิเวศและสภาพแวดล้อม ซึ่งเป็นความหวังสูงสุดของการทำการวิจัยในครั้งนี้ และจากประสิทธิภาพของระบบที่มีขนาดเล็ก ผู้ทำวิจัยคาดว่าน่าจะมีแนวโน้มที่สามารถต่อยอดการวิจัยให้มีประสิทธิภาพ

ยิ่งขึ้นได้ในอนาคต สามารถประยุกต์ไปให้ได้กับการบำบัดน้ำเสียได้อีกในหลายๆ รูปแบบ ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างสูงสุดต่อการวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ชีวภาพและสิ่งแวดล้อมต่อไป

ข้อเสนอแนะ

ควรทำการวิจัยให้ได้ระบบที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นไปอีกในอนาคต และควรทำการทดลองกับพืชน้ำเค็มเศรษฐกิจอื่นที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นอาหารได้ในทำนองเดียวกับสาหร่ายทะเล หรือแม้นแต่พืชที่สามารถใช้สกัดสารที่ใช้เป็นตัวยารักษาโรค วิตามิน อาหารเสริม หรือยาต้านมะเร็ง ซึ่งจะเป็นการได้ประโยชน์ทั้งสองด้าน คือ ลดสภาวะการปนเปื้อนต่อสิ่งแวดล้อมประการที่หนึ่ง และได้เก็บเกี่ยวผลผลิตจากการบำบัดด้วย