



การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย
ระดับชาติ ครั้งที่ 20 วันที่ 14-15 มีนาคม 2562
ณ โรงแรมฮาร์ตโรค พัทยา จังหวัดชลบุรี
Available online at www.tsaе.asia

การประเมินวัฏจักรชีวิตของการเพาะเลี้ยงปลานิลระยะวัยอ่อนในระบบน้ำหมุนเวียน

Life Cycle Assessment of Raising Juvenile Tilapia Farming in Water Recirculating System

ปณิชา ชูดีชัยจรัส^{1*}, วิมลศิริ ปรีดาสวัสดิ์¹, ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์¹, ชีวิน อรรถสาสน์², อภิชัย สุวัฒน์ศิลป์³

¹หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ, 10140

²สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ, 10140

³บริษัท สุรียนฟาร์ม จำกัด, ชัยภูมิ, 36000

*Corresponding author: Tel: +66-8-5912-9253, E-mail: w.ooy@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของการเพาะเลี้ยงปลานิลวัยอ่อนในระบบน้ำหมุนเวียน โดยใช้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิตแบบ Cradle to Gate สำหรับการเลี้ยงปลานิลขนาดเริ่มต้นน้ำหนัก 3.0 g จนถึงปลานิลที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 21.7 g ที่ส่งถึงมือเกษตรกร ณ ฟาร์มเพาะเลี้ยง ข้อมูลในงานวิจัยนี้ได้จากการเลี้ยงปลาจำนวน 2 รอบการเลี้ยง ปี พ.ศ. 2560 โดยมีระยะเวลาการเลี้ยงเฉลี่ย 68 วันต่อรอบ อัตราการรอดเฉลี่ยร้อยละ 87.55 และอัตราการแลกเนื้อเฉลี่ย 1.05 จากผลการวิจัย พบว่าการเลี้ยงปลานิลวัยอ่อนในระบบน้ำหมุนเวียนปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็นปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า $6.56 \text{ kg CO}_2\text{-eq kg}_{\text{fish}}^{-1}$ และการก่อให้เกิดภาวะการเพิ่มสารอาหารในน้ำทิ้ง (Eutrophication potential) จากการเพาะเลี้ยงปลานิลคิดเป็นค่าเฉลี่ยการปลดปล่อยฟอสเฟต $0.004 \text{ kg PO}_4^{3-}\text{-eq kg}_{\text{fish}}^{-1}$ โดยพบว่าการใช้ไฟฟ้าส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด ซึ่งผลกระทบส่วนใหญ่เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในการหมุนเวียนน้ำ และเติมอากาศ คิดเป็นค่าเฉลี่ย $7.83 \text{ kWh kg}_{\text{fish}}^{-1}$

คำสำคัญ: การประเมินวัฏจักรชีวิต, ปลานิล, ระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำหมุนเวียน

Abstract

This research focused on the life cycle analysis of the juvenile Tilapia fish farming in the recirculated water system. The framework of this life cycle analysis was set as a Cradle to Gate type. The system was started from the 3.0-g-fish as received to 21.7-g-fish as an average weight before selling to farmers for further nurturing. The data for this research were obtained from 2 cultivation crops, 68 days per crop in the year 2017, with the survival rate of 87.55% and the meat exchange rate of 1.05. The environmental concern of greenhouse effect was estimated to be about $6.56 \text{ kg CO}_2\text{-eq kg}_{\text{fish}}^{-1}$ product. Furthermore, the eutrophication potential was calculated to be about $0.004 \text{ kg PO}_4^{3-}\text{-eq kg}_{\text{fish}}^{-1}$ product. Moreover, in terms of energy, the power consumption for aeration and water recirculation contributed the most impact, accounting for $7.83 \text{ kWh kg}_{\text{fish}}^{-1}$.

Keywords: Life Cycle Assessment, Tilapia, Recirculating Aquaculture System

1 บทนำ

การเพาะเลี้ยงปลาเป็นอุตสาหกรรมการเกษตรขนาดใหญ่ในประเทศไทย ปลานิลเป็นปลาที่นิยมเลี้ยงเนื่องจากมีผลกำไรต่อหน่วยการผลิตสูง จากข้อมูลกรมประมง พบว่าในปี พ.ศ. 2559 มีการเพาะเลี้ยงปลานิลปริมาณ 174,899 ตัน คิดเป็นมูลค่า 9,000 ล้านบาท (Aquaculture Genetics Research and Development Division, 2016) ปลานิล เป็นสินค้าประมงหลักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เนื่องจากเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ โดยการผลิตปลานิลของไทยในปัจจุบันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ซึ่งได้ผลิตประมาณ

200,00 ตันต่อปี คิดเป็นร้อยละ 4 ของผลผลิตสัตว์น้ำในประเทศ (Ministry of Agriculture, 2016) ผลผลิตส่วนใหญ่ใช้ในการบริโภคภายในประเทศ และมีการส่งออกประมาณร้อยละ 10 ทำให้การเพาะเลี้ยงปลานิลทั้งแบบในบ่อดินและกระชังมีการขยายตัวเพิ่มสูงขึ้น ด้วยสาเหตุดังกล่าวจึงมีการปล่อยน้ำเสียที่มีปริมาณธาตุอาหารสูงลงสู่แหล่งน้ำในปริมาณที่มากขึ้น ทำให้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จึงนำไปสู่การกำหนดแนวทางหรือมาตรการเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับอุตสาหกรรม การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอย่างยั่งยืน เช่น มาตรฐานการปฏิบัติทางการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ดี (Good Aquaculture Practices: GAP) และเพื่อให้ผลผลิตสัตว์น้ำของประเทศไทยมีคุณภาพตาม

มาตรฐานสากล มีความปลอดภัย สามารถตอบสนองต่อความต้องการของตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศ และเป็น การเพิ่มโอกาสทางการแข่งขันเพื่อสร้างรายได้จากการส่งออก ให้กับประเทศ ทั้งยังเป็นการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด เกิดความยั่งยืนทางการเกษตรและไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อ สิ่งแวดล้อม (Good Aquaculture Practice, 2016)

ปัจจุบันการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบเดิม แบบบ่อดินหรือ ในกระชัง มีแนวโน้มจะพัฒนาไปเป็นการเลี้ยงสัตว์น้ำ ในระบบปิดหรือการเลี้ยงในระบบน้ำหมุนเวียน (Recirculating Aquaculture System: RAS) ซึ่งมีประสิทธิภาพมากกว่าระบบ การเลี้ยงแบบดั้งเดิม เพราะสามารถควบคุมคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยง ได้ ทั้งยังปลดปล่อยของเสียออกสู่สิ่งแวดล้อมน้อยและลดการใช้ ทรัพยากรน้ำ ข้อดีในการเลี้ยงสัตว์น้ำโดยใช้ระบบ RAS คือ ลดปริมาณการใช้น้ำใหม่เข้าสู่ระบบการเลี้ยง สามารถเลี้ยง สัตว์น้ำในที่ห่างไกลจากแหล่งน้ำได้และเพิ่มความหนาแน่น ในการเลี้ยงได้ ส่วนข้อเสียของระบบ RAS มีการลงทุนสูง และยังมี ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเครื่องมือต่างๆ ในระบบการเลี้ยง (van Rijn, 2013) จึงถูกใช้เป็นแนวทางหนึ่งของการจัดการ การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอย่างยั่งยืน อย่างไรก็ตามการเลี้ยงปลาใน ระบบน้ำหมุนเวียนก็ยังไม่เป็นที่นิยมในประเทศไทยเนื่องจากต้อง ลงทุนและมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานสูง

จากประเด็นที่กล่าวมาข้างต้น งานวิจัยนี้จึงนำหลักการ ประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ มาใช้ในการประเมินวัฏจักร ชีวิตของการเพาะเลี้ยงปลานิลระยะวัยอ่อนในระบบ RAS โดยใน งานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมโดยใช้การ ประเมินวัฏจักรชีวิตของ การเลี้ยงปลานิลวัยอ่อนโดยกำหนด ขอบเขตแบบ Cradle to Gate เพื่อนำข้อมูลมาใช้เพื่อช่วย ปรับปรุงกระบวนการผลิต ให้มีประสิทธิภาพเพื่อเป็นแนวทางที่ สามารถลดต้นทุนการผลิตได้

2 วิธีดำเนินงาน

2.1 Life Cycle Assessment (LCA)

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการเพาะเลี้ยงปลานิลวัยอ่อน ครอบคลุมการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม การเพาะเลี้ยงปลานิลในระบบ RAS การเก็บรวบรวมข้อมูลที่ต้อง ใช้ในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์การ จำแนกข้อมูลสารขาเข้า ได้แก่ วัตถุดิบและพลังงาน สารขาออก ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ ของเสียและมลพิษที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม โดย ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมเฉลี่ยต่อ 1 Crop ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย สารขาเข้า ได้แก่ ปลานิลจำนวน 58,061 ตัว น้ำหนักปลารวม 174.18 kg อาหารเม็ด 1,097.4 kg พลังงาน ไฟฟ้า 7.83 kWh kg_{fish}⁻¹ น้ำ 108 m³ สารขาออก ได้แก่ ปลานิล จำนวน 49,308 ตัว น้ำหนักปลารวม 1,070 kg ของเสียตะกอน ขี้ปลา 132.45 kg น้ำทิ้ง 108 m³ งานวิจัยนี้ศึกษาวัฏจักรชีวิต ของการเลี้ยงลูกปลาขนาด 3.0 g ให้ได้ถึงช่วงปลาขนาดเฉลี่ย 21.7 g เพื่อจำหน่ายให้กับเกษตรกรผู้เลี้ยงต่อไปบ่อดินหรือ

กระชัง โดยใช้หลักการ LCA พิจารณาแบบ Cradle to Gate โดยกำหนดให้ใช้การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยใช้ วิธีการประเมินผลกระทบด้วยวิธี ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.02 นำมาใช้ในการประเมิน ซึ่งเป็นวิธีการประเมินผลกระทบที่ อาจเกิดขึ้นจากการปล่อยมลพิษจากแหล่งผลิตสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็น การวิเคราะห์ผลกระทบขั้นกลาง (Midpoint Approach) โดยดัชนีชี้วัดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่นำมาใช้ประเมินดังกล่าว ดำเนินการตามมาตรฐานองค์การระหว่างประเทศ ISO 14000 (Thailand Greenhouse Gas Management Organization, 2018) การดำเนินงานวิจัยเริ่มตั้งแต่การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัย ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งครอบคลุมทุกขั้นตอน ได้แก่ (1) การเพาะเลี้ยง (2) การขนส่ง (3) การคำนวณเพื่อประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (4) การแปลผลการศึกษา การศึกษานี้กำหนดให้ใช้การ ประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้รวบรวมตามบัญชีรายการ สารขาเข้า สารขาออก จากกระบวนการเลี้ยงปลานิลระยะวัย อ่อนในฟาร์มน้ำหมุนเวียน และคำนวณค่าผลกระทบต่อ สิ่งแวดล้อมรวมถึงการขนส่งที่มาจากขั้นตอนการส่งปลา

2.2 เป้าหมายและขอบเขตในการศึกษา

เป้าหมายหลักของการศึกษานี้เป็นการประเมินค่าผลกระทบต่อ สิ่งแวดล้อมของปลานิลระยะวัยอ่อนในระบบน้ำหมุนเวียน โดยการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต เริ่มต้นจากปลาขนาด 3.0 g เลี้ยงจนปลามีขนาด 21.7 g ในระบบน้ำหมุนเวียน งานวิจัยนี้ดำเนินการตามอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040 (ISO 14040, 2006) โดยการประเมินผลกระทบในด้านต่างๆ ซึ่งเป็นการ ประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในขั้นกลาง โดยกำหนดหน่วย การศึกษาต่อผลผลิต 1 kg

จากการผลิตปลานิลวัยอ่อนในระบบ RAS ค่าในการก่อให้เกิด ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม คำนวณโดยใช้โปรแกรม SimaPro 8.5.2.0 โดยดัชนีชี้วัดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่นำมาใช้ ได้แก่ ศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential, GWP) ศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะการเพิ่มขึ้นของ ธาตุอาหารในน้ำ (Eutrophication Potential, EP) ก่อให้เกิด ความเป็นกรด (Terrestrial Acidification) และการใช้ที่ดิน (Land Use)

2.3 ระบบน้ำหมุนเวียน

งานวิจัยนี้ทำการเก็บข้อมูลการเลี้ยงจากฟาร์มเพาะเลี้ยง ปลานิลวัยอ่อนในจังหวัดชัยภูมิ ซึ่งมีการเลี้ยงในระบบน้ำ หมุนเวียนแสดงดัง Figure 1 เป็นวิธีการเลี้ยงสัตว์น้ำในระบบปิด ประกอบด้วย บ่อเลี้ยง ระบบหมุนเวียนน้ำ ระบบบำบัด (ไบโอฟิวเตอร์) ระบบให้อากาศ และระบบฆ่าเชื้อโรค น้ำที่ผ่าน ไบโอฟิวเตอร์จะถูกบำบัด จากนั้นน้ำจะวนกลับเข้าบ่อเลี้ยง ผลผลิตปลานิลที่ได้จะถูกขนส่งต่อไปยังจังหวัดอุบลราชธานีให้ เกษตรกรผู้เลี้ยงบ่อดินหรือกระชัง

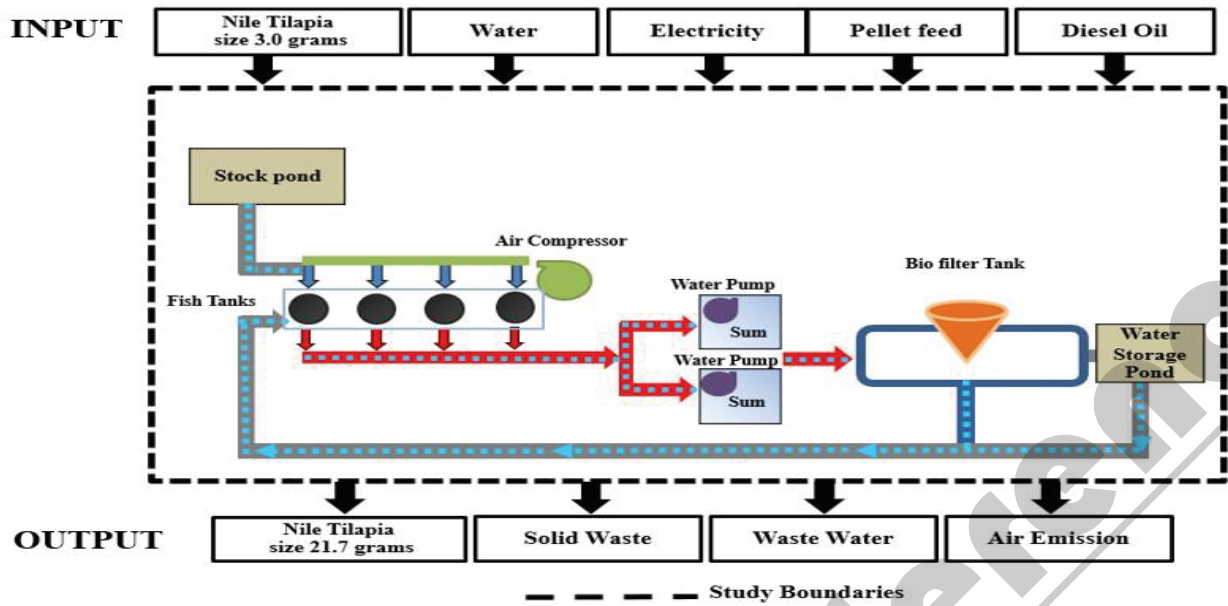


Figure 1 Nile Tilapia Culture Process in the RAS System

2.4 การเตรียมน้ำ

น้ำดิบถูกกักเก็บน้ำในบ่อเก็บน้ำเป็นเวลาอย่างน้อย 21 วัน เพื่อตัดวงจรที่ทำให้เกิดโรคและปรสิตในน้ำตามธรรมชาติ จากนั้นจึงสูบน้ำเข้าสู่บ่อเลี้ยง น้ำจากบ่อเลี้ยงไหลลงสู่รางรับน้ำผ่านระบบดักตะกอน ก่อนเข้าสู่บ่อรวมน้ำ (Sump) และถูกสูบเข้าสู่ถังกรองชีวภาพแบบ Moving Bed น้ำที่ผ่านการบำบัดจะถูกวนกลับเข้าสู่บ่อเลี้ยงอีกครั้งในอัตรา การไหล $18-24 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$

2.5 การเพาะเลี้ยงปลาและระบบควบคุม

ในแต่ละรอบการเลี้ยง เริ่มต้นปลามีขนาด 3.0 g เลี้ยงที่ความหนาแน่นเฉลี่ย 1.6 Kg m^{-3} ระยะเวลาเลี้ยงเฉลี่ย 68 วัน เลี้ยงจนปลามีน้ำหนักเฉลี่ย 21.7 g ซึ่งจะนำไปเลี้ยงต่อในบ่อดินหรือกระชังให้ได้ขนาดตามที่ตลาดต้องการ ในการเลี้ยงให้อาหารจำนวน 8 ครั้งต่อวัน โดยทางฟาร์มออกแบบระบบควบคุมการทำงานโดยอัตโนมัติของปั้มน้ำและเครื่องอัดอากาศ ปั้มน้ำถูกติดตั้งไว้ในบ่อรวมน้ำและดักตะกอน โดยใช้ปั้มน้ำและเครื่องอัดอากาศอย่างละ 2 เครื่อง แต่ละเครื่องจะทำงานสลับกันทุก 24 ชั่วโมง

2.6 การขนส่ง

ปลาจะถูกขนส่งไปยังเกษตรกรในจังหวัดอุบลราชธานี ใช้รถกระบะ 4 ล้อ เป็นยานพาหนะ ขาไปเป็นการบรรทุกเต็ม น้ำหนัก ขากลับตึรลเปล่า โดยมีระยะทางเฉลี่ยไปกลับ 1,826 km

2.7 การประเมินผลกระทบ (Life Cycle Impact Assessment: LCIA)

ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของสารขาเข้าและสารขาออกที่ได้จาก Table 1 จะถูกนำมาจำแนกข้อมูลเข้าสู่กลุ่มผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยใช้ค่า Characterisation Factor

จาก Table 2 และทำการแปลงค่าข้อมูลสิ่งแวดล้อมให้เป็นค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นการประเมินการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในชั้นกลาง โดยกลุ่มผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เลือกพิจารณา ศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential, GWP) ศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในน้ำ (Eutrophication Potential, EP) ก่อให้เกิดความเป็นกรด (Terrestrial Acidification) และการใช้ที่ดิน (Land Use)

2.8 การแปลผลการศึกษา (Life Cycle Interpretation)

การแปลผลการศึกษาเป็นการนำข้อมูลที่ได้จากการประเมินผลกระทบ มาตีความจำแนกกลุ่มผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และแปลผลของสารขาเข้าและสารขาออกที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสรุปผลที่ได้จากการประเมินดังกล่าว โดยสามารถระบุประเด็นปัญหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการเพาะเลี้ยงในฟาร์ม โดยแสดงผลในรูปแบบปริมาณของก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยคิดเทียบเป็นปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($\text{kg CO}_2 \text{ eq}$) การก่อให้เกิดภาวะการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในน้ำที่ปลดปล่อย คิดเป็นปริมาณฟอสเฟตเทียบเท่า ($\text{kg PO}_4^{3-} \text{ eq}$) การก่อให้เกิดฝนกรด และการใช้พื้นที่

3 ผลและวิจารณ์

3.1 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม

การเก็บข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในระบบการเพาะเลี้ยงปลานิลวัยอ่อนในระบบน้ำหมุนเวียน แสดงดัง Table 1 จากการพิจารณา สารขาเข้า สารขาออกทั้ง 2 Crops พบว่ารอบการเลี้ยงที่ 2 มีจำนวนผลผลิตปลานิลมากกว่ารอบการเลี้ยงที่ 1 ทำให้เมื่อคำนวณค่าพลังงานที่ใช้ต่อกิโลกรัมปลา

ทำให้มีค่าการใช้พลังงานน้อยกว่าการใช้พลังงานในการเลี้ยงรอบแรก เนื่องจาก Crop 2 มีการเลี้ยงที่ความหนาแน่นสูง แสดงดัง Table 3 แต่ระบบก็ยังใช้พลังงานไฟฟ้าเท่าเดิม และได้ผลผลิตจำนวนปลาที่มากกว่า

จากผลการศึกษางานวิจัยนี้ พบว่า การใช้พลังงานไฟฟ้าในการดำเนินการระบบคิดเป็นค่าเฉลี่ย 7.83 kWh kg_{fish}⁻¹ จาก Table 1 จะเห็นได้ว่าอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อผลผลิตของ Crop 1 มีค่ามากกว่า Crop 2 ประมาณ 14 % จะเห็นได้ว่าผลการศึกษาที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงกว่าจากรายงานวิจัยที่ได้ศึกษาการเลี้ยงปลานิล พบว่า การใช้พลังงานไฟฟ้าในการดำเนินการระบบคิดเป็น 4.15 kWh kg_{fish}⁻¹ (Appiah-Kubi, 2012)

จากรายงานการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการเลี้ยงระบบน้ำหมุนเวียนกับระบบน้ำไหลผ่าน พบว่าระบบน้ำหมุนเวียนใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่า 24-40 % โดยสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการหมุนเวียนน้ำและการเติมอากาศมีค่าใกล้เคียงกัน (D'Orbcastel, 2009)

Table 1 Inventory Summary of Nile Tilapia Production System

Input	Unit	Crop 1	Crop 2
Fingerling Size (30 Days Old)	3.0 g kg	175	198.94
Pellet Feed*	kg kg _{fish} ⁻¹	1.02	1.07
Fresh Water*	m ³ kg _{fish} ⁻¹	0.88	0.75
Energy Consumption			
Water Pumping*	kWh kg _{fish} ⁻¹	4.29	3.59
Aeration*	kWh kg _{fish} ⁻¹	4.16	3.46
Total*	kWh kg _{fish} ⁻¹	8.45	7.35
Transportation	km	25	25
Output	Unit	Crop 1	Crop 2
End Production Nile			
Tilapia Size (68 Days Old)	21.7 g kg	925	1,169
Solid Waste*	kg kg _{fish} ⁻¹	0.13	0.13
Water Waste*	m ³ kg _{fish} ⁻¹	0.88	0.75
COD	mgL ⁻¹	72.36	52.7
BOD	mgL ⁻¹	9.71	9.71
Total Phosphate	mgL ⁻¹	3.73	1.57
Total Nitrogen	mgL ⁻¹	11.96	2.28
Transportation			
Distance	km	1,480	2,100

*Data indicate in the table are calculated per kilogram of output fish.

Table 2 Characterisation Factors (Ecoinvent, 2019)

	Characterisation Factors			
	GHG (kgCO ₂ eq) kg ⁻¹	Eutrophication (kgPO ₄ ³⁻ eq)kg ⁻¹	Acidification (kgSO ₂ eq) kg ⁻¹	Land Use (m ² eq) kg ⁻¹
Feed	26.418	0.002403	0.074716	13.26006
Transport	0.312	-	0.312	-
Electricity	0.495	0.00531	0.001154	0.007551

Table 3 System Details

List	Unit	Crop 1	Crop 2
Density	kg m ⁻³	1.40	1.80
FCR		1.02	1.07
Average Daily Growth	g day ⁻¹	0.28	0.26
Survival Rate	%	89.58	85.51

3.2 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม

Table 4 Environmental Impact per Kilogram of Fish

Impact Categories	Emission			
	Crop 1	Crop 2	Average	
GWP (kg CO ₂ eq)	Feed	1.95	2.04	6.56
	Transport	0.58	0.77	
	Electricity	4.18	3.63	
	Total	6.70	6.45	
EP (kg PO ₄ ³⁻ eq)	Feed	0.0007	0.0007	0.0044
	Transport	-	-	
	Electricity	0.0040	0.0038	
	Total	0.0050	0.0040	
Terrestrial Acidification (kg SO ₂ eq)	Feed	0.0056	0.0059	0.0178
	Transport	-	-	
	Electricity	0.0097	0.0085	
	Total	0.0176	0.0174	
Land Use (m ² eq)	Food	1.83	1.91	1.93
	Transport	-	-	
	Electricity	0.06	0.06	
	Total	1.89	1.96	

การเลี้ยงปลานิลด้วยอ่อนส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางตรง ได้แก่ การปล่อยน้ำเสียก่อให้เกิดภาวะการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารลงสู่แหล่งน้ำ แสดงผลในรูปปริมาณฟอสเฟตเทียบเท่า (kg PO₄³⁻ eq) และการใช้พื้นที่ ส่วนผลกระทบทางอ้อมได้แก่ การใช้พลังงานไฟฟ้าในการดำเนินการระบบ การขนส่งปลา และอาหารที่ใช้เลี้ยงปลา โดยแสดงผลในรูปปริมาณของก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยคิดเทียบเป็นปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kg CO₂ eq) การก่อให้เกิดฝนกรด (kg SO₂ eq) และการใช้พื้นที่ (m² eq) ซึ่งข้อมูลทั้งหมดแสดงดัง Table 4 พบว่าผลกระทบในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนมีค่าเฉลี่ยของทั้งระบบ 6.56 kg CO₂ eq kg_{fish}⁻¹ โดยมีสาเหตุหลักมาจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในการดำเนินการ คิดเป็น 66.64% รองลงมาคือผลกระทบมาจากการผลิตอาหารเม็ด 29.10% และการขนส่งปลา 8.68% จากข้อมูลดังกล่าวพบว่าการเลี้ยงปลานิลด้วยอ่อนในงานวิจัยนี้ ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนสูงกว่าจากรายงานการศึกษาการเลี้ยงปลาค็อดในระบบน้ำหมุนเวียน ซึ่งมีค่า 2.61 kg CO₂ eq kg_{fish}⁻¹ (Bodiola, et. al, 2017) นอกจากนี้ยังมีผลกระทบจากการเพาะเลี้ยงในระบบน้ำหมุนเวียน ยังก่อให้เกิดผลกระทบในการก่อให้เกิดฝนกรด และการใช้พื้นที่ ดังแสดงใน Table 4

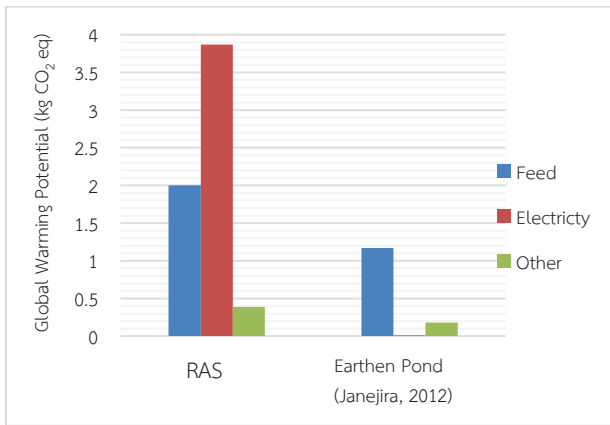


Figure 2 Global Warming Potential from Tilapia Production in RAS and Earthen Pond

Figure 2 แสดงให้เห็นว่ากลุ่มผลกระทบในด้านศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนส่วนใหญ่มาจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในการดำเนินการ รองลงมา คือ กระทบการผลิตอาหาร จากรายงานการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของการเพาะเลี้ยงปลานิลในบ่อดิน พบว่า การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกส่วนใหญ่มาจากการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการผลิตอาหารเม็ด (Janejira, 2012) และจากรายงานการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของการเลี้ยงปลานิลและปลาดุก พบว่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลักๆ มาจากกระบวนการผลิตอาหารสัตว์ (Patcharaporn, et.al, 2013)

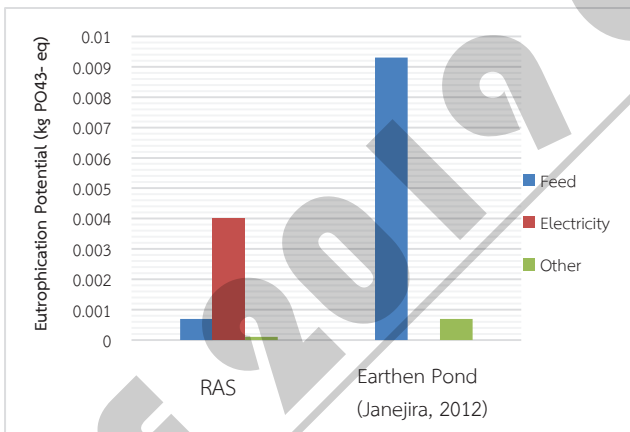


Figure 3 Eutrophication Potential from Tilapia Production in RAS and Earthen Pond

Figure 3 แสดงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านการก่อให้เกิดภาวะการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในน้ำ โดยการเลี้ยงปลานิลวัยอ่อนในระบบน้ำหมุนเวียนมีค่าเฉลี่ย $0.004 \text{ kg PO}_4^{3-} \text{ eq kg}_{\text{fish}}^{-1}$ ซึ่งต่ำกว่าการเลี้ยงในบ่อดินที่มีค่า $0.03 \text{ kg PO}_4^{3-} \text{ eq kg}_{\text{fish}}^{-1}$ จากการเปรียบเทียบกับงานวิจัย Janejira (2012) ดังรูป Figure 3 พบว่าการเลี้ยงในบ่อดินมีภาวะการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในน้ำมากกว่าในระบบน้ำหมุนเวียน ทั้งนี้อาจมีสาเหตุหลักมาจากความเข้มข้นของ BOD และ Total Nitrogen ของน้ำขาออกจากระบบ นอกจากนี้ค่า

Total Phosphate ในระบบน้ำหมุนเวียนมีค่าที่ต่ำกว่าเนื่องมาจากการเลี้ยงในบ่อดินจะมีของเสียจากการขับถ่ายและเศษอาหารที่ปลากินเหลือสะสมที่ก้นบ่อ เมื่อสารอินทรีย์เหล่านี้เกิดการย่อยสลายปลดปล่อยธาตุอาหารทำให้ปริมาณของธาตุอาหารในน้ำสูงกว่าในระบบน้ำหมุนเวียน ซึ่งมีการดักตะกอนที่ปลาและเศษอาหารที่เหลือออกจากระบบ จึงทำให้ไม่เกิดการสะสมของสารอินทรีย์ในระบบ นอกจากนี้น้ำเสียในระบบน้ำหมุนเวียนที่ผ่านการบำบัดแล้วจะถูกหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ในบ่อเลี้ยงทำให้ปริมาณน้ำเสียที่ปล่อยทิ้งจากระบบการเลี้ยงต่ำกว่า

4 สรุป

งานวิจัยนี้ศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของการเพาะเลี้ยงปลานิลวัยอ่อนในระบบน้ำหมุนเวียน ผลการวิจัย พบว่าการผลิตปลานิลวัยอ่อน 1 kg ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนมีค่าเฉลี่ย $6.56 \text{ kg CO}_2\text{-eq kg}_{\text{fish}}^{-1}$ การก่อให้เกิดภาวะการเพิ่มสารอาหารในน้ำที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมีค่าเฉลี่ย $0.004 \text{ kg PO}_4^{3-} \text{ eq kg}_{\text{fish}}^{-1}$ การก่อให้เกิดฝนกรดส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมีค่าเฉลี่ย $0.017 \text{ kg SO}_2\text{-eq kg}_{\text{fish}}^{-1}$ และการใช้พื้นที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $1.93 \text{ m}^2 \text{ eq kg}_{\text{fish}}^{-1}$ เมื่อพิจารณาแต่ละกระบวนการที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก พบว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในการหมุนเวียนน้ำและเติมอากาศในฟาร์มมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่ากระบวนการผลิตอาหาร และการขนส่ง โดยมีสาเหตุมาจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในการหมุนเวียนน้ำและเติมอากาศค่อนข้างสูงมาก ดังนั้นการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและต้นทุนการผลิต อาจทำได้โดยการปรับปรุงประสิทธิภาพ การเติมอากาศ รวมถึงการจัดการระบบหมุนเวียนน้ำที่เหมาะสม

5 กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณบริษัท สุรียนฟาร์ม จำกัด ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ศึกษาและให้ข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้ได้จนเสร็จสมบูรณ์และขอขอบพระคุณ ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านกลยุทธ์ธุรกิจที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Vgreen) คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่อนุเคราะห์ให้ใช้โปรแกรม SimaPro 8.5.2.0 ในการวิเคราะห์ข้อมูล

6 เอกสารอ้างอิง

- Aquaculture Genetics Research and Development Division, 2016, Nile Tilapia. Available at: <https://www4.fisheries.go.th/local/index.php/main/site/genetic>. Accessed on Dec 5, 2016. (in Thai)
- Appiah-Kubi, 2012, An economic analysis of the use of recirculating aquaculture systems in the production of Tilapia, Thesis, Norwegian University of Life Sciences
- D'Orbcastel, E. R., Blancheton, J. P., & Aubin, J, 2009, Towards environmentally sustainable aquaculture:

- Comparison between two trout farming systems using Life Cycle Assessment. *Aquacultural Engineering*, 40 (3), 113-119.
- Ecoinvent, 2019, Information on ecoinvent 3 [Online] Available at: <https://www.ecoinvent.org/support/documents-and-files/information-on-ecoinvent-3/information-on-ecoinvent-3.html>. Accessed on February 6, 2019.
- Good Aquaculture Practice; GAP, 2016, production of Nile Tilapia. [Online] Available at: https://www4.fisheries.go.th/local/file_document/20170519150657_file.pdf. Accessed on Dec 4, 2016. (in Thai)
- ISO 14040, 2006, Environmental management-Life cycle assessment-Principles and framework (ISO 14040). International Standard. ISO, Geneva, 20 pp
- Janejira Tessa, 2012, Life Cycle Assessment of Frozen Tilapia Fillet from Thailand. (in Thai), Thesis, kasetsart university, Bangkok Thailand
- Ministry of Agriculture, 2016, production of Nile tilapia [Online], Available: <http://www.thaigov.go.th/index.php/th/news-ministry/2012-08-15-09-40-18/item/99928-99928>, [Dec 4, 2016].
- Badiola M., O.C. Basurko, G. Gabina, D. Mendiola, 2017, Integration of energy audits in the Life Cycle Assessment methodology to improve the environmental performance assessment of Recirculating Aquaculture Systems, *Journal of Cleaner Production* 157, pp 155-166
- Pongpat, P, & Tongpool, R, 2013, Life cycle assessment of fish culture in Thailand: Case study of Nile Tilapia and Striped Catfish. *International Journal of Environmental Science and Development*, 4(5), 608.
- Thailand Greenhouse Gas Management Organization, 2018, (Public Organization) Available at: http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/admin/uploadfiles/emission/ts_11335ee08a.pdf. Accessed on May 13, 2018.
- Van Rijn, J, 2013, Waste treatment in recirculating aquaculture systems. *Aquacultural Engineering*, 53, 49-56.