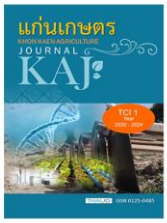
วารสารแก่นเกษตร THAIJO

Content List Available at ThaiJo

Khon Kaen Agriculture Journal

Journal Home Page : https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agkasetkaj



การพัฒนาระบบการให้อาหารปลาแบบอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลานิล

Development of an automatic fish feeder system for Tilapia culture

ชนาภา เทพเสนา[1], อาทิตย์ คูณศรีสุข[1] และ สมร พรชื่นชูวงศ์[2]*

Chanapa Thepsena[1], Atit Koonsrisook[1] and Samorn Ponchunchoovong[2]*

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
[1] School of Mechanical Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology
[2] สาขาวิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
[2] School of Animal Technology and Innovation, Institute of Agricultural Technology, Suranaree University of Technology

บทคัดย่อ: ในทศวรรษที่ผ่านมา ระบบการเพาะเลี้ยงปลานิลในประเทศไทยนิยมเลี้ยงในเชิงพาณิชย์เป็นส่วนใหญ่ ประสิทธิภาพผลผลิตของผู้เพาะเลี้ยงปลาขึ้นอยู่กับการจัดการเกี่ยวกับการให้อาหาร อาทิ ประเภท ความถี่ในการให้อาหาร รวมทั้งการจัดการ การให้อาหารซึ่งส่วนใหญ่นิยมให้อาหารด้วยแรงงานคน โดยใช้วิธีการให้กินจนอิ่ม อย่างไรก็ตาม พบว่าการให้อาหารด้วยคนมักให้อาหารเกินความต้องการของปลา ส่งผลเสียคือทำให้ประสิทธิภาพในการใช้อาหารลดลง มีการสะสมของของเสียในน้ำ อีกทั้งในปัจจุบันมักพบปัญหาขาดแคลนแรงงานคนในภาคการเกษตร ด้วยสาเหตุที่กล่าวมา ล้วนทำให้เกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจสำหรับผู้เพาะเลี้ยงปลา ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงออกแบบและสร้างเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติ โดยใช้ Arduino Mega เป็นตัวควบคุม มีการติดตั้งระบบแจ้งเตือนข้อความอัตโนมัติไปยังผู้เลี้ยงและใช้โซลาร์เซลล์เป็นแหล่งพลังงาน จากนั้นทำการทดสอบเปรียบเทียบวิธีการให้อาหารโดยใช้เครื่องให้อาหารอัตโนมัติกับวิธีการให้อาหารโดยใช้แรงงานคน โดยเลี้ยงปลานิลในบ่อดินขนาด (15×50×1.5 m^3) ทำการสุ่มปลาทดลองที่มีน้ำหนักเฉลี่ยของปลาทดลองเริ่มต้นหนัก 473.64 $\pm$ 8.73 กรัมต่อตัว จำนวน 500 ตัว/บ่อ (อัตราการปล่อย 2.25 ตัวต่อตารางเมตร) และให้อาหารเป็นระยะเวลา 4 เดือน (เมษายน-กรกฎาคม 2562) โดยให้อาหารสำเร็จรูปทางการค้า 3% ต่อน้ำหนักตัว วันละ 2 ครั้ง คือ เวลา 9:00 น. และ 16:00 น. ทำการสุ่มปลาทุก ๆ เดือน โดยสุ่มจำนวน 50 ตัวต่อบ่อ เพื่อนำไปประเมินการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลานิล ผลที่ได้พบว่า น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักสุดท้าย อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของปลานิล ที่ให้อาหารด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (CV) ต่ำกว่าการให้ด้วยแรงงานคน แสดงให้เห็นถึงความสม่ำเสมอของน้ำหนักปลาที่เลี้ยงมีขนาดใกล้เคียงกัน และข้อมูลของคุณภาพน้ำ ได้แก่ DO, pH และค่าอุณหภูมิของน้ำที่บันทึกได้จากเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ มีค่า 5.82 ± 2.63 mg/L, 7.09 ± 0.93 and 27.63 ± 0.89 °C ตามลำดับ โดยค่าคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาทั้งสองบ่อมีค่าใกล้เคียงกัน และเป็นค่าที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงปลา จากงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้เครื่องให้อาหารอัตโนมัติที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น สามารถเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนแรงงานในภาคการเกษตรและเพิ่มความแม่นยำของปริมาณอาหารที่ให้

คำสำคัญ: เครื่องให้อาหารอัตโนมัติ; ปลานิล; การเจริญเติบโต; ประสิทธิภาพการใช้อาหาร

ABSTRACT: In the last decade, intensive Tilapia culture has become the most important for Thailand. The productive performance of fish farming depends on feeding management, including feeding frequency and feeding management that can have a significant impact on the success of aquaculture fish. Human feeder was usually adopted to feed to apparent visual satiety. However, most available feeding amount tend to over-estimate feed requirements resulting in over feeding, poor feed efficiency, feed waste, poor water quality and nowadays agriculture sectors are lacking of employees. These causes affecting to economic disadvantages for fish farmers. An automation fish feeder

* Corresponding author: samorn@sut.ac.th

Received: date; March 23, 2021 Accepted: date; July 19, 2021 Published: date; February 5, 2022

could be played an important role to solve insufficient Agri-employees and improve feed consistency. Therefore, this research aimed to design and construct an automatic feeder using Arduino Mega as a microcontroller with contain warning system using solar cell. Experimental tilapia was randomly and weighted 500 fish per each pond (15×50×1.5 m^3) with an average initial weight of 473.64 ± 8.73 g and reared for four months during April to July, 2019. Fish from each pond were fed twice a day with commercial diet at a rate of 3% body weight, at 9 a.m. and 4 p.m. Fifty fish from each pond were random and weighted every month. Two different feeding methods (an automatic feeder and human feeder) were determined. Coefficient of variation (CV) of weight gain, final weight, average daily gain (ADG), feed efficiency (FE) and protein efficiency ratio (PER) of tilapia were lower, when an automatic feeder was applied compared to human feeder. During the experimental trial the mean value of dissolved oxygen, pH and temperature from an automatic feeder were 5.82 ± 2.63 mg/L, 7.09 ± 0.93 and 27.63 ± 0.89 ℃, respectively. These values were similar to human feeder and suited for fish culture. These results demonstrate that use of an automatic feeder can improve the weight consistency of Tilapia.
Keywords: automatic feeder; tilapia; growth performances; feed utilization

บทนำ

ปลานิลมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของไทย มีการเพาะเลี้ยงสูงเป็นลำดับ 1 ติดต่อกันหลายปี ในปี พ.ศ. 2563 คาดว่าผลผลิตปลานิล 205,971 ตัน ลดลงร้อยละ 3.7 เนื่องจาก เกษตรกรยังคงประสบภัยแล้งต่อเนื่องจากปี 2562 (เกวลิน, 2563) อย่างไรก็ตาม กรมประมงได้มีแนวทางบริหารจัดการเพื่อแก้ไขปัญหาของผลผลิตปลานิล “การพัฒนาเกษตรกรเข้าสู่ Smart Farmer” เพื่อพัฒนาศักยภาพเกษตรกรด้านการผลิต การแปรรูป และการตลาด ในการประกอบอาชีพการเลี้ยงปลานิล โดยใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วย เพื่อเพิ่มผลผลิต ลดต้นทุนการเลี้ยง เป็นหนึ่งในมาตรการที่รัฐบาลสนับสนุน สืบเนื่องจากการเลี้ยงปลานิลส่วนใหญ่ที่ผ่านมา นิยมใช้แรงงานคนในการให้อาหารปลา ทำให้เกิดปริมาณอาหารที่ให้ไม่มีความแม่นยำ ให้น้อยหรือมากเกินไป จึงน่าจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ปลาในบ่อเลี้ยงมีน้ำหนักไม่สม่ำเสมอ ประสิทธิภาพในการใช้อาหารลดลง อีกทั้งหากให้อาหารมากเกินไป จะส่งผลเสียต่อคุณภาพน้ำและเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิตจากค่าอาหารปลาที่มากเกินไป (Mattos et al., 2016) นอกจากนี้ ยังมีปัญหาเรื่องค่าจ้างแรงงานที่เพิ่มสูงขึ้น ปัญหาการขาดแคลนแรงงานในภาคการเกษตร

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าเครื่องให้อาหารปลามีหลากหลายรูปแบบ โดยรูปแบบส่วนใหญ่มุ่งเน้นไปที่การออกแบบและสร้างเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติที่สามารถให้อาหารได้ตามเวลาที่ต้องการ และส่วนใหญ่นิยมออกแบบเป็นเครื่องให้อาหารแบบอยู่กับที่ (fixed feeder) มากกว่าเครื่องให้อาหารแบบเคลื่อนที่ (mobile feeder) เนื่องจากมีต้นทุนต่ำกว่า (Zulkefly, 2010) จากการรวบรวมงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า การออกแบบเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติ นิยมใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (microcontroller) เป็นระบบควบคุมการทำงาน เนื่องจาก เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กที่มีฟังก์ชันประมวลผล และหน่วยความจำมีราคาไม่แพง (Noor et al., 2012, Ozigbo et al., 2013 และ Premalatha et al., 2017) อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาของ Chang et al. (2005), Shaari et al. (2011) และ Wei et al. (2017) เลือกใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (programmable logic control, PLC) เป็นตัวควบคุมการทำงานของระบบให้อาหารปลา เนื่องจากสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานได้ง่าย แต่มีราคาแพงกว่าเมื่อเทียบกับการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ อีกทั้งงานวิจัยที่ผ่านมาส่วนใหญ่สร้างเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติ โดยใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้า จ่ายพลังงานให้กับระบบ และงานวิจัยที่ผ่านมาส่วนใหญ่ไม่มีการส่งข้อมูลแจ้งเตือนไปยังผู้เลี้ยง (Chang et al., 2005, Shaari et al., 2011, Noor et al., 2012, Ozigbo et al., 2013, Ogunlela and Adebayo, 2016 และ Premalatha et al., 2017) ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงออกแบบและสร้างเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติสำหรับปลานิล โดยเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมระบบ และมีการติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์เป็นแหล่งจ่ายพลังงาน อีกทั้งมีการติดตั้งระบบการส่งข้อมูลต่าง ๆ และมีการส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังโทรศัพท์มือถือของผู้เลี้ยง และมีการประเมินระยะเวลาคืนทุน

วิธีการศึกษา

การพัฒนาระบบให้อาหารปลาอัตโนมัติ แบ่งวิธีการศึกษาออกเป็น 3 ส่วน คือ 1) การทำงานของเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติ 2) ระบบควบคุมเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติ และ 3) การเตรียมปลาทดลองและวิธีการให้อาหาร

เครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติที่สร้างขึ้นประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้ 1) ฝาถังเก็บอาหาร 2) ถังเก็บอาหาร (hopper) ที่มีรูทางออกของถังเก็บอาหาร 3) โบลเวอร์ (blower) ทำหน้าที่เป่าอาหารออกไปจากท่อทางออกอาหาร 4) แผ่นจานหมุนเจาะรูขนาดเท่ากับรูทางออกของถังเก็บอาหาร จำนวน 4 รู ซึ่งต่อเข้ากับมอเตอร์ ทำหน้าที่เปิดปิดจ่ายอาหาร 5) มอเตอร์ ทำหน้าที่ควบคุมการเปิดปิดจ่ายอาหาร 6) ท่อทางออกของอาหารภายใน ซึ่งต่ออยู่กับโบลเวอร์ และ 7) ท่อทางออกอาหารภายนอก โดยส่วนต่าง ๆ ของเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติ ดังแสดงใน **Figure 1**

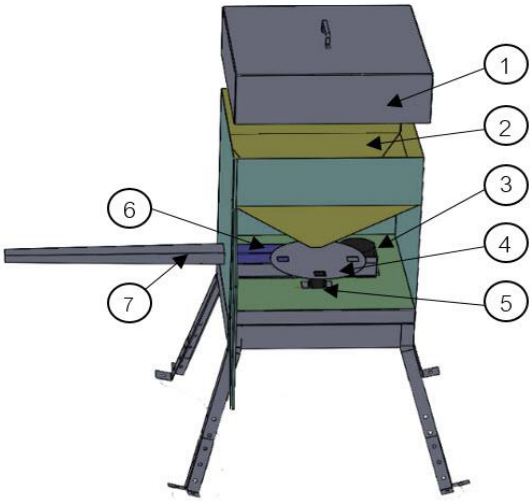


Figure 1 Components of an automatic fish feeder

Remark: 1 = Cover of hopper; 2 = Hopper; 3 = Blower; 4 = Rotary plate; 5 = Motor; 6 = Internal feed pipe; 7 = External feed pipe

1. การทำงานของเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติ

เครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติมีระบบการทำงาน คือ เมื่อถึงเวลาการให้อาหาร มอเตอร์จะทำงานหมุนแผ่นจานหมุน ให้รูเจาะของแผ่นจานหมุนมาตรงกับรูทางออกของถังเก็บอาหาร จากนั้นโบลเวอร์จะทำหน้าที่เป่าให้อาหารไหลไปตามท่อ เพื่อลงสู่บ่อปลาต่อไป ซึ่งเครื่องต้นแบบให้อาหารปลาอัตโนมัติที่สร้างเสร็จสมบูรณ์แสดงดัง **Figure 2**

Figure 2 Prototype of automatic fish feeder

2. ระบบควบคุมเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติ

ระบบควบคุมเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติ เป็นระบบที่ควบคุมให้เครื่องทำงานตามกำหนดเวลาที่ให้อาหาร คือ (9:00 น. และ 16:00 น.) โดยมีแหล่งจ่ายพลังงานของระบบเป็นโซลาร์เซลล์และใช้บอร์ด Arduino Mega เป็นระบบควบคุม ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิดหนึ่ง ทำหน้าที่เป็นหน่วยประมวลผลกลางของระบบ มีหน้าที่ควบคุม สั่งการ และรับส่งข้อมูล และใช้ real time clock ควบคุมการให้อาหารตามเวลา โดยมีอุปกรณ์ส่วนที่เป็นอินพุต ในระบบ ได้แก่ real time clock, load cell sensor, DO sensor, pH sensor, temperature sensor, photoelectric sensor และปุ่มกด ส่วนอุปกรณ์ที่เป็นเอาต์พุต ได้แก่ relay module, HX711 module, หน้าจอแอลซีดี มอเตอร์ และโบลเวอร์ และมี ESP8266 module ซึ่งเป็นโมดูล Wi-Fi ชนิดหนึ่ง เป็นสื่อกลางให้อุปกรณ์ต่าง ๆ เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต โดยกระบวนการทำงานของระบบ แสดงใน **Figure 3**

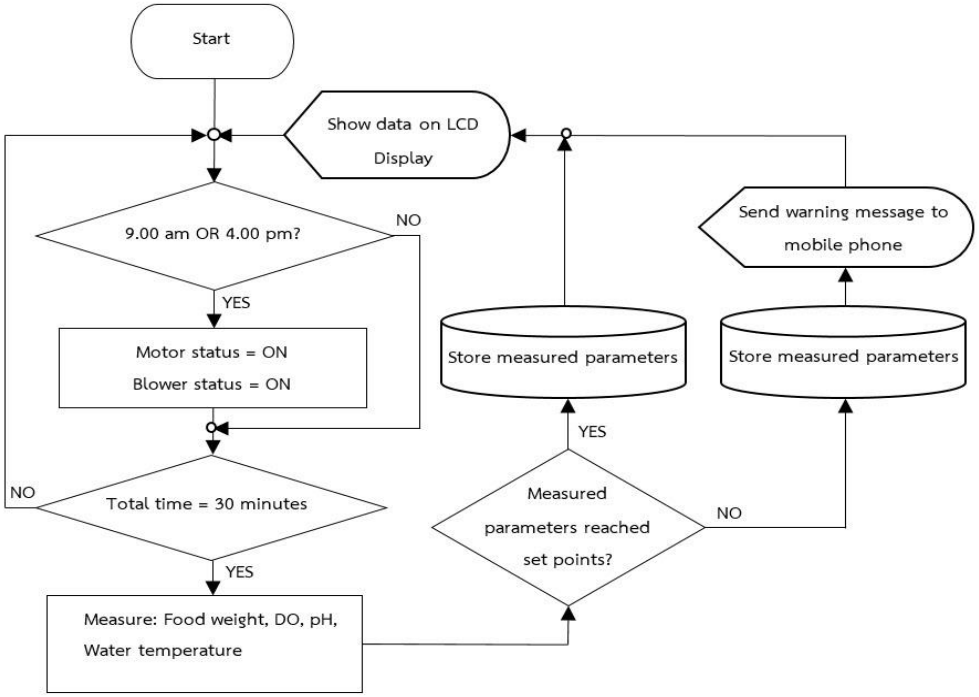


Figure 3 Flowchart of system controller

จาก **Figure 3** กำหนดระบบให้อาหารตามเวลา คือ เวลา 9:00 น.และ 16:00 น. โดยมอเตอร์และ blower จะทำงานและจ่ายอาหารออกมา ในขณะเดียวกัน ทุก ๆ 30 นาที ระบบจะดำเนินการตรวจสอบและวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เช่น การตรวจวัดน้ำหนักของอาหารในถังเก็บอาหาร การวัดค่า Dissolved Oxygen (DO) ค่า pH และค่าอุณหภูมิในน้ำ โดยใช้ load cell sensor, DO sensor, pH sensor และ temperature sensor ตามลำดับ นำค่าที่วัดได้ไปเปรียบเทียบกับค่าที่กำหนดไว้ เมื่อค่าที่วัดได้เป็นไปตามเงื่อนไขและอยู่ในช่วงที่กำหนดไว้ ระบบจะส่งข้อมูลค่าที่วัดได้ไปเก็บไว้ที่ server หรือ cloud และแสดงข้อมูลค่าที่วัดได้บนหน้าจอแอลซีดี ของเครื่องให้อาหารปลา แต่หากไม่เป็นไปตามเงื่อนไขระบบจะส่งข้อมูลค่าที่วัดได้ไปเก็บไว้ที่ server จากนั้นจะส่งข้อมูลแจ้งเตือนไปยังโทรศัพท์ของผู้เลี้ยงผ่านแอปพลิเคชัน LINE และแสดงข้อมูลค่าที่วัดได้บนหน้าจอแอลซีดี

3. การเตรียมปลาทดลองและการให้อาหาร

นำปลานิลแปลงเพศที่มีน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 473.64 $\pm$ 8.73 กรัมต่อตัว มาเลี้ยงในบ่อดินขนาดกว้าง 15 เมตร ยาว 50 เมตร ลึก 1.5 เมตร ณ ฟาร์มประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ทำการเลี้ยงปลาจำนวน 2 บ่อ โดยปล่อยปลาจำนวน 500 ตัว/บ่อ โดยปล่อยปลา 2.25 ตัวต่อตารางเมตร และให้อาหารปลาจากสูตรทางการค้าในอัตรา 3% ต่อน้ำหนักตัว (ฝ่ายบริการวิชาการสัตว์น้ำ บริษัท เบทาโกร จำกัด มหาชน, 2557) โดยให้อาหารวันละ 2 ครั้ง (เวลา 09:00 น. และ 16:00 น.) เปรียบเทียบวิธีการให้อาหารที่แตกต่างกัน

(โดยบ่อที่ 1 ให้อาหารด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ และบ่อที่ 2 ให้อาหารด้วยแรงงานคน) เป็นระยะเวลา 4 เดือน (เมษายน-กรกฎาคม 2562) จากนั้นทำการสุ่มปลาทุก ๆ เดือน จำนวน 50 ตัว หรือ 10% ของจำนวนปลาทั้งหมดมาชั่งน้ำหนัก เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลของการให้อาหารแต่ละวิธีต่อการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลานิล ดังสูตรการคำนวณที่ 1–6 เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (coefficient of variation, CV) ค่าเฉลี่ย (mean) ค่าสูงสุด (maximum) ค่าต่ำสุด (minimum) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง ที่ได้รับอาหารด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน ด้วยวิธี Descriptive Statistic และใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Version 17.0 ในการวิเคราะห์

$$\text{Final weight (g)} = \frac{\text{น้ำหนักปลารวมหลังสิ้นสุดการเลี้ยง}}{\text{จำนวนปลาทั้งหมด}} \quad (1)$$

$$\text{Weight gain (g)} = \text{น้ำหนักปลาเฉลี่ยหลังสิ้นสุดการเลี้ยง} - \text{น้ำหนักปลาเฉลี่ยเริ่มต้น} \quad (2)$$

$$\text{Average daily gain, ADG (g/fish/day)} = \frac{\text{น้ำหนักปลาเฉลี่ยหลังสิ้นสุดการเลี้ยง} - \text{น้ำหนักปลาเฉลี่ยเริ่มต้น}}{\text{ระยะเวลาการเลี้ยง}} \quad (3)$$

$$\text{Feed conversion ratio, FCR} = \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่ให้}}{\text{น้ำหนักปลาเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น}} \quad (4)$$

$$\text{Feed efficiency, FE (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักปลาเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น}}{\text{น้ำหนักอาหารที่ให้}} \times 100 \quad (5)$$

$$\text{Protein efficiency ratio, PER} = \frac{\text{น้ำหนักปลาเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น}}{\text{น้ำหนักของโปรตีนในอาหารที่ปลาได้รับ}} \quad (6)$$

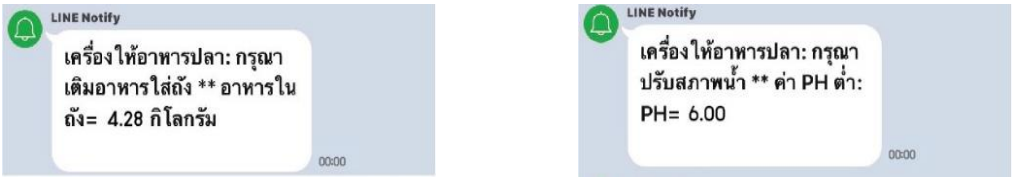
$$\text{Payback period} = \frac{\text{เงินลงทุนเริ่มแรก}}{\text{กระแสเงินสดรับสุทธิต่อปี}} \quad (7)$$

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการออกแบบและทดสอบเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติ สามารถแบ่งผลการศึกษาออกเป็น 3 ส่วน คือ 1) ผลการทำงานของเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติและระบบควบคุม 2) ผลของการใช้เครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติต่อสมรรถภาพการเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลานิล 3) การประเมินระยะเวลาคืนทุน

1. ผลการทำงานของเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติและระบบควบคุม

การออกแบบเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ ได้มีการออกแบบระบบการส่งข้อมูลแจ้งเตือนไปยังโทรศัพท์มือถือของผู้เลี้ยง โดยมีการกำหนดช่วงค่าพารามิเตอร์ที่ยอมรับได้ ดังนี้ น้ำหนักของอาหารในถังเก็บอาหาร $\geq$ 8 กิโลกรัม ซึ่งเป็นน้ำหนักของอาหารปลาที่สามารถเพียงพอสำหรับการเลี้ยงปลา 1 วัน และกำหนดให้ค่าคุณภาพน้ำที่เหมาะสมกับการเพาะเลี้ยงปลานิล ซึ่งได้แก่ ค่า DO $\geq$ 4 mg/L (สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, 2553) ค่า pH อยู่ในช่วง 6.5–8.3 และอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเลี้ยงปลาอยู่ในช่วง 25 ℃ – 32 ℃ (กองวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ, 2560) หากค่าไม่ได้อยู่ในช่วงที่กำหนด ระบบจะส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังโทรศัพท์มือถือของผู้เลี้ยงผ่านแอปพลิเคชัน LINE โดยตัวอย่างผลการแจ้งเตือนแสดงดัง **Figure 4 (a)** และ **(b)** ซึ่งเป็นผลการแจ้งเตือนให้ผู้เลี้ยงมาเติมอาหาร โดยแสดงน้ำหนักอาหารที่เหลืออยู่ในถังเก็บอาหาร และผลการแจ้งเตือนค่า pH ต่ำ ตามลำดับ



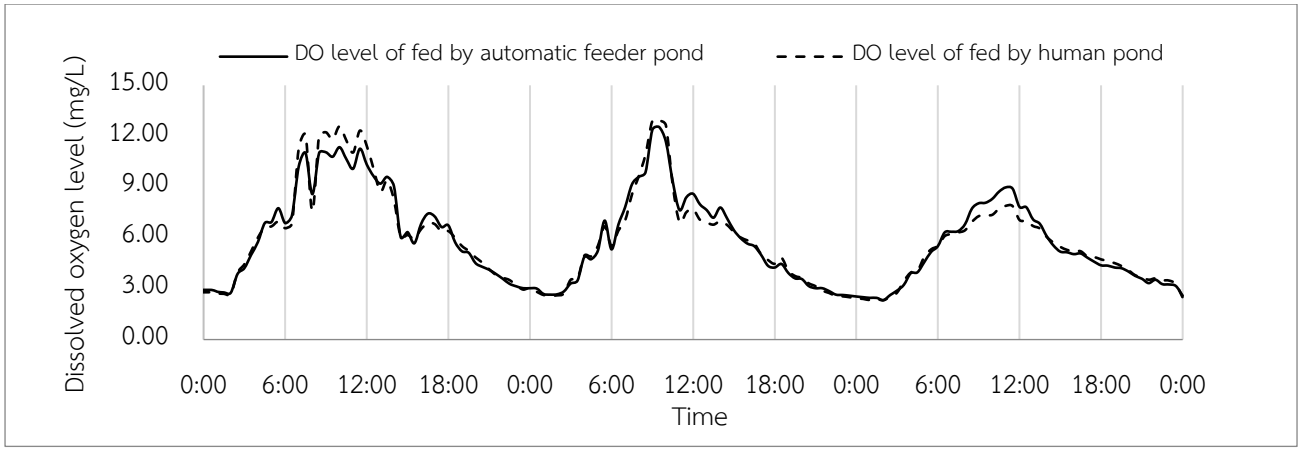
(a) (b)

Figure 4 Notification of feed weight in hopper (a) and pH (b)

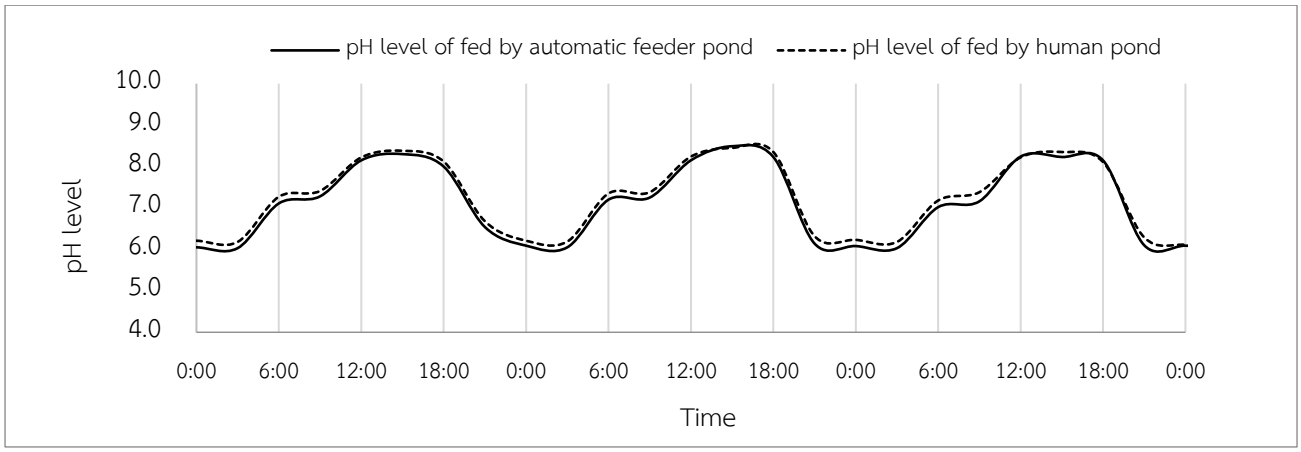
นอกจากการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน LINE ระบบยังมีการแสดงค่าที่วัดได้บนหน้าจอแอลซีดีของเครื่องให้อาหารอัตโนมัติอีกด้วย ดังแสดงใน **Figure 5** การแสดงผลบนหน้าจอแอลซีดีจะไม่มีการแจ้งเตือนว่ามีค่าผิดปกติ ผู้ใช้งานจำเป็นต้องวิเคราะห์ค่าด้วยตนเอง ในขณะที่เครื่องให้อาหารอัตโนมัติจะมีการแจ้งเตือนไปยังโทรศัพท์มือถือและจะรายงานสิ่งผิดปกติที่เกิดขึ้นทันที ซึ่งจะช่วยอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้เลี้ยงได้เป็นอย่างดี

Figure 5 Output value on the LCD display

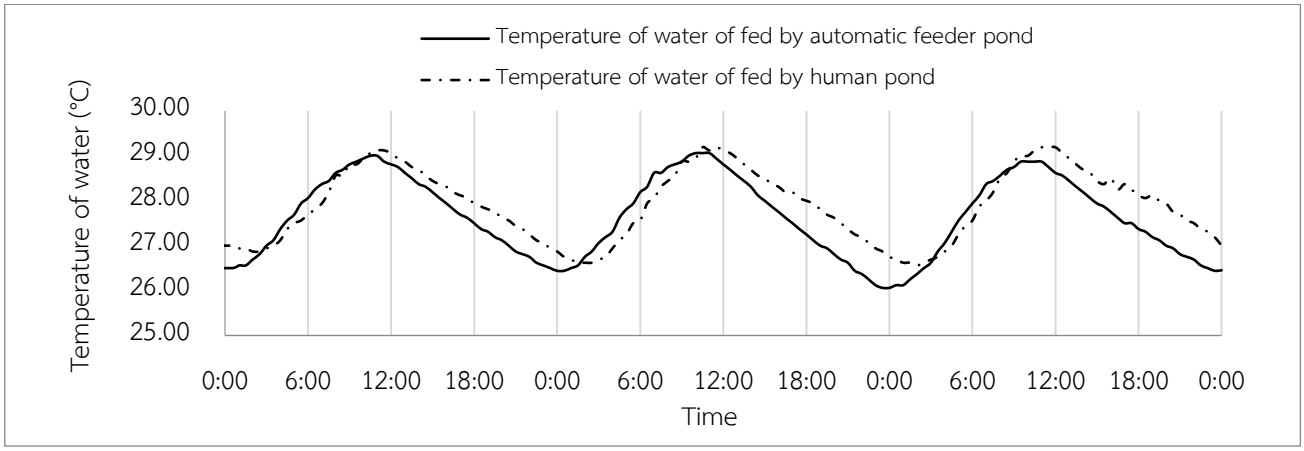
นอกจากนี้ เครื่องให้อาหารอัตโนมัติ สามารถแสดงค่าน้ำหนักของอาหารในถังเก็บอาหาร ค่า DO ค่า pH และค่าอุณหภูมิ ของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาโดยระบบมีการเก็บบันทึกข้อมูลผู้เลี้ยงสามารถเปิดดูข้อมูลได้ สำหรับบ่อที่ให้ด้วยคนจะต้องมีการจดบันทึกโดยใช้แรงงานคน จากการศึกษาครั้งนี้ ทำการเก็บข้อมูลค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้น เป็นเวลา 15 วัน คือ วันที่ 1–15 กรกฎาคม 2562 พบว่า ค่า DO ค่า pH และค่าอุณหภูมิของน้ำ ในบ่อเลี้ยงปลาทั้งสองบ่อเป็นค่าที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงปลา ดังนี้ ค่า DO เฉลี่ยของบ่อที่ให้ด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติมีค่าเท่ากับ 5.82 $\pm$ 2.63 mg/L และบ่อที่ให้ด้วยคนมีค่าเท่ากับ 5.81 $\pm$ 2.71 mg/L ค่า pH เฉลี่ยของบ่อที่ให้ด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติเปรียบเทียบกับบ่อที่ให้อาหารด้วยคน มีค่าเท่ากับ 7.09 $\pm$ 0.93 และ 7.20 $\pm$ 0.90 ตามลำดับ อุณหภูมิเฉลี่ยของบ่อที่ให้ด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติมีค่าใกล้เคียงกับที่ให้ด้วยคน คือมีค่าเท่ากับ 27.63 $\pm$ 0.89 °C และ 27.90 $\pm$ 0.80 °C ตามลำดับ เพื่อให้เห็นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำที่วัดได้ในรอบวัน (0:00, 06:00, 12:00, 18:00 และ 00:00) ผู้วิจัยได้นำเสนอข้อมูลต่อเนื่องกันเป็นเวลา 3 วัน คือระหว่าง วันที่ 7 – 9 กรกฎาคม 2562 ซึ่งพบว่า ค่า DO เพิ่มขึ้นในช่วงเวลากลางวันและลดลงในช่วงเวลากลางคืน โดยค่า DO จะต่ำสุดหลังเที่ยงคืน (0:00) ดังแสดงใน **Figure 6 (a)** เนื่องจาก ช่วงเวลากลางวันมีแสงแดดทำให้เกิดกระบวนการสังเคราะห์แสง โดยมีคลอโรฟิลล์ทำหน้าที่ดูดพลังงานแสงจากดวงอาทิตย์แล้วเปลี่ยนวัตถุดิบ คือ น้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ ให้เป็นน้ำตาลกลูโคส น้ำ และ ออกซิเจน ปริมาณออกซิเจนในช่วงเวลากลางวันจึงสูงกว่าช่วงเวลากลางคืน ส่วนช่วงเวลากลางคืนไม่มีการสังเคราะห์แสง ขณะเดียวกัน มีการหายใจของสิ่งมีชีวิตในบ่อเลี้ยงปลาเกิดขึ้นตลอดเวลา ส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง ค่า DO จึงลดลง เช่นเดียวกับ ค่า pH จะเพิ่มขึ้นในช่วงเวลากลางวันและลดลงในช่วงเวลากลางคืน ดังแสดงใน **Figure 6 (b)** เนื่องจาก ในช่วงเวลากลางคืนมีการสะสมของคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้เกิดกรดคาร์บอนิกในน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ (Stone and Thomforde, 2004) ส่งผลให้ค่า pH ลดลง จากการศึกษาในครั้งนี้ ระบบมีการแจ้งเตือนค่า pH ซึ่งมีค่าต่ำเกณฑ์ (6.00) ณ เวลา 00:00 น. ดังแสดงใน **Figure 4 (b)** ส่วนอุณหภูมิน้ำเพิ่มขึ้นในช่วงเวลากลางวันและลดลงในช่วงเวลากลางคืน โดยอุณหภูมิที่วัดได้อยู่ในช่วง 26.06 °C – 29.19 °C ยังเป็นช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงปลานิล ซึ่งอยู่ในช่วง 25 °C – 32 °C ดังแสดงใน **Figure 6 (c)**



(a)



(b)



(c)

Figure 6 Daily pattern of dissolved oxygen (DO) level (a), pH level (b) and Temperature (c) of water in pond Tilapia fed by an automatic feeder and human feeder

เพื่อแสดงถึงจุดเด่นของเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยจึงทำการเปรียบเทียบลักษณะของเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติที่สร้างขึ้นกับเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติที่จำหน่ายในประเทศ (Saturday auto feed, 2561) และเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติที่มีจำหน่ายในต่างประเทศ (Texas hunter products, 2018) โดยเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติที่สร้างขึ้น มีจุดเด่นคือ เครื่องสามารถส่งข้อมูลการแจ้งเตือนต่าง ๆ เช่น น้ำหนักของอาหารในถังเก็บเมื่ออาหารใกล้หมดถัง และการแจ้งเตือนค่าคุณภาพน้ำ (ค่า DO,

pH และอุณหภูมิน้ำ) ไปยังมือถือของผู้เลี้ยงได้ ซึ่งจะช่วยลดความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นได้ เช่น เมื่อค่า DO ต่ำ ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ปลาตาย การแจ้งเตือนค่า DO จะช่วยทำให้ผู้เลี้ยงสามารถตัดสินใจเปิดเครื่องเติมออกซิเจนหรือเครื่องตีน้ำได้ทันเวลา นอกจากนี้ ทีมวิจัยได้มีการออกแบบเครื่องให้ใช้แหล่งจ่ายพลังงานจาก solar cell ซึ่งเหมาะกับพื้นที่ ที่ไม่มีไฟฟ้า อีกทั้งเครื่องที่สร้างขึ้นนี้ยังสามารถบันทึกข้อมูลค่า DO, pH และอุณหภูมิที่วัดได้ตลอดเวลา ทำให้สามารถติดตามความผิดปกติของคุณภาพน้ำที่เกิดขึ้นได้ รายละเอียดดังแสดงใน **Table 1**

Table 1 The comparisons of automatic fish feeder use in present study and automatic fish feeder is sold in Thailand and automatic fish feeder is sold in abroad

Parameters	automatic fish feeder	automatic fish feeder from Thailand[1]	automatic fish feeder from abroad[2]
Feeding time	yes	yes	yes
Feed capacity (kg)	20	15	31.75 - 113.40
Energy supply	solar cell	electricity supply	solar cell
Notification to user	yes	no	no
DO display	yes	no	no
pH display	yes	no	no
Temperature display	yes	no	no
Data recording (DO, pH and Temperature)	yes	no	no

[1] (Saturday auto feed, 2561)

[2] (Texas hunter products, 2018)

2. ผลของการใช้เครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติต่อสมรรถภาพการเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลานิล

สมรรถภาพการเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลานิล ที่ระยะเวลาการเลี้ยงต่าง ๆ 30, 60, 90 และ 120 วัน เมื่อได้รับอาหารด้วยวิธีการที่แตกต่างกันคือ ให้อาหารด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ และการให้อาหารด้วยแรงงานคน ได้ผล ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (CV) ดังแสดงใน **Table 2 - 5** ตามลำดับ จากตารางเห็นได้ว่าวิธีการให้อาหารที่แตกต่างกันมีผลต่อความสม่ำเสมอของสมรรถภาพการเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลานิล ซึ่งประเมินได้จากค่า CV โดยพบว่าสมรรถภาพการเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลานิลที่ให้อาหารด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติจะมีค่า CV มีค่าใกล้เคียงกับการให้ด้วยแรงงานคน ในขณะเดียวกันการให้อาหารด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ ทำให้แนวโน้มของ ค่า weight gain, FE, FCR และ PER ตลอดการเลี้ยงในแต่ละเดือน มีค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนลดลง เมื่อปลามีการเลี้ยงนานขึ้น (อายุเพิ่มขึ้น) และมีค่าต่ำกว่าการให้อาหารด้วยแรงงานคน ดังแสดงใน **Table 2 - 5** ซึ่งค่าความแปรปรวนที่ลดลงนี้ แสดงให้เห็นถึงความสม่ำเสมอของน้ำหนักปลาที่เลี้ยง (ปลามีขนาดใกล้เคียงกัน) ซึ่งส่งผลดีต่อเกษตรกรผู้เลี้ยงปลา เพราะไม่ถูกกดราคาจากผู้ซื้อ นำไปสู่การเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร

Table 2 Average values of initial weight (IW), final weight (FW), weight gain (WG), Average daily gain (ADG), feed efficiency (FE), protein efficiency ratio (PER) and coefficient of variation, (CV) of Tilapia with different feeding methods (Automatic feeder and Human feeder) during 30 days

Parameters	Feeding method									
	Automatic feeder					Human feeder				
	Minimum	Maximum	Mean	SD	CV (%)	Minimum	Maximum	Mean	SD	CV (%)
IW (g)	349.00	615.00	470.56	68.45	14.55	364.00	598.00	476.72	55.38	11.62
FW (g)	625.00	799.00	730.84	54.33	7.43	622.00	798.00	730.28	55.56	7.61
WG (g)	181.00	289.00	260.28	25.04	9.62	199.00	294.00	253.56	26.45	10.43
ADG (g/fish/day)	6.03	9.63	8.68	0.83	9.62	6.63	9.80	8.45	0.88	10.43
FCR	4.62	7.38	5.19	0.56	10.79	4.54	6.71	5.33	0.58	10.97
FE (%)	13.55	21.64	19.49	1.88	9.63	14.90	22.01	18.98	1.98	10.43
PER	0.45	0.72	0.65	0.06	9.64	0.50	0.73	0.63	0.07	10.34

Table 3 Average values of initial weight (IW), final weight (FW), weight gain (WG), Average daily gain (ADG), feed efficiency (FE), protein efficiency ratio (PER) and coefficient of variation, (CV) of Tilapia with different feeding methods (Automatic feeder and Human feeder) during 60 days

Parameters	Feeding method									
	Automatic feeder					Human feeder				
	Minimum	Maximum	Mean	SD	CV (%)	Minimum	Maximum	Mean	SD	CV (%)
IW (g)	349.00	615.00	470.56	68.45	14.55	364.00	598.00	476.72	55.38	11.62
FW (g)	836.00	1,140.00	974.32	84.40	8.66	848.00	1,148.00	974.36	85.82	8.81
WG (g)	467.00	551.00	503.76	24.22	4.81	454.00	559.00	497.64	34.00	6.83
ADG (g/fish/day)	7.78	9.18	8.40	0.40	4.81	7.57	9.32	8.29	0.57	6.84
FCR	2.42	2.86	2.66	0.12	4.69	2.39	2.94	2.70	0.18	6.53
FE (%)	34.96	41.25	37.71	1.81	4.81	33.99	41.85	37.26	2.55	6.83
PER	1.17	1.37	1.26	0.06	4.75	1.13	1.39	1.24	0.08	6.73

Table 4 Average values of initial weight (IW), final weight (FW), weight gain (WG), Average daily gain (ADG), feed efficiency (FE), protein efficiency ratio (PER) and coefficient of variation, (CV) of Tilapia with different feeding methods (Automatic feeder and Human feeder) during 90 days

Parameters	Feeding method									
	Automatic feeder					Human feeder				
	Minimum	Maximum	Mean	SD	CV (%)	Minimum	Maximum	Mean	SD	CV (%)
IW (g)	349.00	615.00	470.56	68.45	14.55	364.00	598.00	476.72	55.38	11.62
FW (g)	922.00	1,181.00	1,027.58	72.18	7.02	955.00	1,301.00	1,076.94	82.57	7.67
WG (g)	522.00	588.00	557.02	15.43	2.77	551.00	703.00	600.22	33.09	5.51
ADG (g/fish/day)	5.80	6.53	6.19	0.17	2.78	6.12	7.81	6.67	0.37	5.50
FCR	2.27	2.56	2.39	0.07	2.81	1.90	2.42	2.23	0.12	5.38
FE (%)	39.08	44.02	41.70	1.16	2.77	41.25	52.63	44.93	2.48	5.51
PER	1.30	1.47	1.39	0.04	2.73	1.37	1.75	1.50	0.08	5.53

Table 5 Average values of initial weight (IW), final weight (FW), weight gain (WG), Average daily gain (ADG), feed efficiency (FE), protein efficiency ratio (PER) and coefficient of variation, (CV) of Tilapia with different feeding methods (Automatic feeder and Human feeder) during 120 days

Parameters	Feeding method									
	Automatic feeder					Human feeder				
	Minimum	Maximum	Mean	SD	CV (%)	Minimum	Maximum	Mean	SD	CV (%)
IW (g)	349.00	615.00	470.56	68.45	14.55	364.00	598.00	476.72	55.38	11.62
FW (g)	1,161.00	1,488.00	1,286.76	85.54	6.65	1,106.00	1,497.00	1,306.98	101.97	7.80
WG (g)	780.00	884.00	816.20	26.38	3.23	733.00	899.00	830.26	51.99	6.26
ADG (g/fish/day)	5.69	6.45	5.96	0.19	3.23	5.35	6.56	6.06	0.38	6.25
FCR	1.51	1.71	1.63	0.05	3.18	1.49	1.82	1.62	0.10	6.40
FE (%)	58.39	66.18	61.10	1.98	3.23	54.87	67.30	62.16	3.89	6.26
PER	1.95	2.21	2.04	0.07	3.24	1.83	2.24	2.07	0.13	6.28

อย่างไรก็ตาม พบว่าปลานิลที่ให้อาหารด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ มีน้ำหนักสุดท้ายในเดือนที่ 3 และ 4 น้อยกว่าที่ให้อาหารด้วยคน ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากโบลเวอร์ของเครื่องให้อาหารอัตโนมัติที่ออกแบบในครั้งนี้มีข้อจำกัด เนื่องจากเครื่องสามารถเป่าอาหารไปได้ไกลในรัศมีประมาณ 2 เมตร ประกอบกับเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ มีท่อทางออกของอาหารที่อยู่นิ่งอยู่กับที่ ทำให้มีการปล่อยอาหารและกระจายตัวในวงแคบเพียงจุดเดียว อาจส่งผลให้การกินอาหารของปลานิลไม่ทั่วถึง ในขณะที่การให้อาหารด้วยคน อาหารจะมีการกระจายตัวเป็นวงกว้างมากกว่าการใช้เครื่องให้อาหารอัตโนมัติ อีกทั้งการให้อาหารของเครื่องอัตโนมัติ อาหารจะค่อย ๆ เคลื่อนที่ออกมาตกกระทบบนผิวน้ำ ทำให้มีการสั่นสะเทือนของน้ำน้อยกว่าการให้อาหารด้วยคน ที่มีการสาดอาหารให้ปลา เป็นการกระตุ้นให้ปลารับรู้และมากินอาหารได้มากกว่า ดังนั้น การออกแบบเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติในครั้งต่อไป ควรใช้โบลเวอร์ที่มีกำลังในการเป่า

อาหารไปได้ไกล ๆ และออกแบบให้ท่อทางออกของอาหารส่วนปลาย สามารถส่ายไปมาได้ เพื่อให้เครื่องให้อาหารอัตโนมัติสามารถนำไปใช้ได้จริงในอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงปลา

3. การประเมินระยะเวลาคืนทุน

การคำนวณหาระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) สำหรับการเลี้ยงปลานิลที่ให้อาหารด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ และการเลี้ยงปลานิลโดยใช้แรงงานคนให้อาหาร ผู้วิจัยยึดหลักการคำนวณโดยคำนึงถึงสภาพจริงของการเลี้ยงปลานิลของเกษตรกรในจังหวัดนครราชสีมา ซึ่งเลี้ยงปลาจำนวน 2 รอบต่อปีต่อบ่อ โดยกำหนดราคาขายปลานิลจากหน้าฟาร์ม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี สำหรับวิธีการให้อาหารทั้ง 2 วิธีมีค่าเท่ากัน คือ 55 บาท/กิโลกรัม และค่าจ้างแรงงานให้อาหารปลามีค่าเท่ากับ 325 บาท/วัน ซึ่งเป็นอัตราค่าจ้างขั้นต่ำของจังหวัดนครราชสีมา (คณะกรรมการค่าจ้าง กระทรวงแรงงาน, 2563) พบว่ากระแสเงินสดรับสุทธิต่อปีเท่ากับ 34,850 บาท เมื่อเลี้ยงปลาด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ ดังกระแสเงินสดที่แสดงใน **Table 6** เมื่อนำมาคำนวณหาระยะเวลาคืนทุน จากสูตรการการคำนวณได้ดังนี้ ระยะเวลาคืนทุน = เงินลงทุนเริ่มแรก/ กระแสเงินสดรับสุทธิต่อปี = 77,680/34,850 = 2.23 ปี = 2 ปี กับ 0.23 x 12 เดือน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2 ปี 3 เดือน ส่วนการเลี้ยงปลาโดยใช้คนให้อาหารมีกระแสเงินสดรับสุทธิต่อปี ขาดทุนเป็นจำนวน 43,150 บาทต่อปีต่อบ่อ จึงไม่สามารถหาระยะเวลาคืนทุนได้ ดังกระแสเงินสดที่แสดงใน **Table 6** อย่างไรก็ตาม ตามสภาพความเป็นจริงการเลี้ยงปลาโดยใช้คนให้อาหารส่วนใหญ่จะไม่ขาดทุน เนื่องจากผู้เลี้ยงจะให้อาหารปลาจำนวนหลายบ่อ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงทำการคำนวณโดยอ้างอิงจากสภาพตามการเลี้ยงจริงของเกษตรกร ซึ่งมีการเลี้ยงปลาเฉลี่ย 3 บ่อต่อคน จึงได้แสดงกระแสเงินสดใน **Table 7** ซึ่งพบว่ากระแสเงินสดรับสุทธิต่อปีของการเลี้ยงปลาโดยใช้คนให้อาหารต่อการเลี้ยงจำนวน 3 บ่อ มีค่าเท่ากับ 26,550 บาท เมื่อนำมาคำนวณหาระยะเวลาคืนทุน พบว่ามีระยะเวลาคืนทุนภายใน 6 เดือน ถึงแม้การให้อาหารปลาด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ จะมีระยะเวลาคืนทุนที่ช้ากว่าการให้อาหารด้วยแรงงานคน แต่อาจเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยแก้ไขปัญหาการขาดแคลนแรงงานภาคการเกษตรและตอบสนองไทยแลนด์ 4.0 ตามนโยบายรัฐบาลเพื่อขับเคลื่อนผู้ประกอบการทางการเกษตรสมัยใหม่ (Smart farmer)

Table 6 The data used for economic analysis of each feeding methods (Automatic feeder and Human feeder) for Nile Tilapia

Lists	Investment cost (Baht)			
	Automatic feeder		Human feeder	
	Year		Year	
	0	**1**	**0**	**1**
1. Initial investment cost (A1)				
1.1 Wages for construction an Automatic feeder	33,000	0	-	-
1.2 Motors, blower, sensors and electronic cost	37,500	0	-	-
1.3 Solar cell costs	2,780	0	-	-
1.4 Pond preparation (used lime 80 kg/pond/5 Baht/kg)	400	0	400	0
1.5 Cages cost (size 2x7x15 m^3) and equipment for fish catching	4,000	0	4,000	0
Total initial investment cost (A1)	**77,680**	**0**	**4,400**	**0**
2. Variable cost (A2)				
2.1 Number/price of fish/pond (500 fish x 5 Baht x 2 crops/year)	0	5,000	0	5,000
2.2 Feed cost/quantities/2 crops (25 Baht/kg x 600 kg x 2 crops/year)	0	30,000	0	30,000
2.3 Labor cost (325 baht/day x 30 days x 8 months)	-	-	0	78,000
Total Variable cost (A2)	**0**	**35,000**	**0**	**113,000**
Total cost expense (A1+A2)	**77,680**	**35,000**	**4,400**	**113,000**
3. Revenue (B)				
Revenue from fish production (55 Baht/kg x 635 kg x 2 crops/year)	**0**	**69,850**	**0**	**69,850**
Total net return [B-(A1+A2)]	**-77,680**	**34,850**	**-4,400**	**-43,150**

Table 7 The data used for economic analysis of Human feeder methods for Nile Tilapia per 3 ponds

Lists	Investment cost (Baht)	
	Human feeder	
	Year	
	0	**1**
1.1 Wages for construction an Automatic feeder	-	-
1.2 Motors, blower, sensors and electronic cost	-	-
1.3 Solar cell costs	-	-
1.4 Pond preparation (used lime 80 kg/pond/5 Baht/kg x 3 ponds)	1,200	0
1.5 Cages cost (size 2x7x15 m^3) and equipment for fish catching x 3 ponds	12,000	0
Total initial investment cost (A1)	**13,200**	**0**
2.1 Number/price of fish/pond (500 fish x 5 Baht x 2 crops/year x 3 ponds)	0	15,000
2.2 Feed cost/quantities/2 crops (25 Baht/kg x 600 kg x 2 crops/year x 3 ponds)	0	90,000
2.3 Labor cost (325 baht/day x 30 days x 8 months)	0	78,000
Total Variable cost (A2)	**0**	**183,000**
Total cost expense (A1+A2)	**13,200**	**183,000**
3. Revenue (B)		
Revenue from fish production (55 Baht/kg x 635 kg x 2 crops/year x 3 ponds)	0	**209,550**
4. Total net return [B-(A1+A2)]	**-13,200**	**26,550**

สรุป

เครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติที่สร้างขึ้นนี้ สามารถเป็นแนวทางหนึ่งสำหรับการบริหารจัดการ เพื่อพัฒนาเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงปลา เข้าสู่ Smart Farmer และสามารถช่วยแก้ไขปัญหาการขาดแคลนแรงงานภาคการเกษตร อีกทั้งยังช่วยแก้ไขปัญหาความไม่สม่ำเสมอของน้ำหนักปลาได้อีกด้วย

คำขอบคุณ

ขอขอบพระคุณ ทุนสนับสนุนการทำวิจัยจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช) ผ่านมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คุณสุนัย พลายมี นักวิชาการเกษตรประจำฟาร์มประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี คุณธาราทิพย์ พิทักษ์สงค์ ผู้ช่วยวิจัย และขอบคุณพนักงานประจำฟาร์มประมงทุก ๆ ท่าน ที่มีส่วนช่วยทำให้งานวิจัยนี้ เสร็จสิ้น

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. 2560. การตัดสินใจการลงทุน. แหล่งข้อมูล: https://bsid.dip.go.th/th/category/financial-accounting/fs-investmentdections ค้นเมื่อ 12 เมษายน 2561.

กองวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ. 2560. ความแตกต่างระหว่างเพศและการผสมพันธุ์. แหล่งข้อมูล: http://www.fisheries.go.th/genetic/index.php/2013-11-15-01-35-24/85-2013-11-25-08-28-46/101-2014-02-06-01-52-39?showall=&start=3 ค้นเมื่อ 12 เมษายน 2561.

เกวลิน หนูฤทธิ์. 2563. สถานการณ์การผลิตและการค้าปลานิลและผลิตภัณฑ์ในปี 2563 และแนวโน้มปี 2564. กลุ่มเศรษฐกิจการประมง กองนโยบายและแผนพัฒนาการประมง กรมประมง, กรุงเทพฯ.

คณะกรรมการค่าจ้าง กระทรวงแรงงาน. 2563. ประกาศคณะกรรมการค่าจ้าง เรื่อง อัตราค่าจ้างขั้นต่ำ (ฉบับที่ 10). แหล่งข้อมูล: https://www.mol.go.th/wp-content/uploads/sites/2/2020/01/Prakadwage10-6Jan2020.pdf ค้นเมื่อ 20 มกราคม 2563.

สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด. 2553. คู่มือการปฏิบัติทางการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ดีสำหรับการผลิตสัตว์น้ำ (จี เอ พี). แหล่งข้อมูล: https://www.fisheries.go.th/sf-satun/images/download/gap.pdf ค้นเมื่อ 20 เมษายน 2561.

Chang, C. M., W. Fang, R. C. Jao, C. Z. Shyu, and I. C. Liao. 2005. Development of an intelligent feeding controller for indoor intensive culturing of eel. Aquacultural Engineering. 32(2): 343-353.

Mattos, B.O., E.C.T.N. Filho, K.A., Barreto, L.G.T., Braga, and R.F., Silva. 2016. Self-feeder systems and infrared sensors to evaluate the daily feeding and locomotor rhythms of Pirarucu (*Arapaima gigas*) cultivated in outdoor tanks. Aquaculture. 457: 118-123.

Noor, M. Z. H., A. K. Hussian, M. F. Saaid, M. S. A. M. Ali, and M. Zolkapli. 2012. The design and development of automatic fish feeder system using PIC microcontroller. p. 343- 347. In: 2012 IEEE Control and System Graduate Research Colloquium. July 16–17, 2012, Universiti Teknologi MARA, Shah Alam, Selangor, Malaysia.

Ogunlela, A. O., and A. A. Adebayo. 2016. Development and Performance Evaluation of an Automatic Fish Feeder. Journal of Aquaculture Research and Development. 7(2): 1-4.

Ozigbo, E., C. Anyadike, F. Gbadebo, and R. Okechukwu. 2013. Development of an automatic fish feeder. African Journal of Root and Tuber Crops. 10(1): 27-32.

Premalatha, K., P. Maithili, and J. J. Nandhini. 2017. Smart Automatic Fish Feeder. International Journal of Computer Sciences and Engineering. 5(7): 92-95.

Saturday auto feed. 2561. Saturday auto feed 15 kg. Available: https://www.facebook.com/saturdayautofeed1/ Accessed Apr. 12, 2018.

Shaari, M. F., M. E. I. Zulkefly, M. S. Wahab, and F. Esa. 2011. Aerial fish feeding system. p.2135-2140. In: International Conference on Mechatronics and Automation. August 7-10, 2011, Beijing, China.

Stone, N. M., and H. K., Thomforde. 2004. Understanding your Fish Pond Water Analysis Report. University of Arkansas Cooperative Extension Service Printing Services, Little Rock, AR, USA.

Texas hunter products. 2018. Texas Hunter Products Directional Fish Feeder w/Adjustable Legs - 70 lb. Available: https://www.texashunterproducts.com/fish-feeders/ Accessed Apr. 12, 2018.

Wei, H. C., S. M. Salleh, A. M. Ezree, I. Zaman, M. H. Hatta, B. A. Zain, S. Mahzan, M. N. A. Rahman, and W. A. W. Mahmud. 2017. Improvement of automatic fish feeder machine design. p.1-7 In: International Conference on Material Physics and Mechanics 2017. July 22- 23, 2017, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Langkawi, Malaysia.

Zulkefly, M. E. I. 2010. Development of PLC Controlled Aerial Fish Feeding System. Doctoral dissertation. Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Langkawi, Malaysia.