

การออกแบบและสร้างเครื่องแล่ปลาแบบใบมีดคู่สำหรับธุรกิจชุมชน
Development of Fish Double Blade Filleting Machine
for Community Business

วิทยา หนูช่างสิงห์¹ และ ธนภัทร มะณีแสง^{*2}

Wittaya Nuchangsing¹, and Thanapat Maneesaeng^{*2}

สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์¹

Department of Production Engineering, Faculty of Agricultural and Industrial Technology,
Phetchabun Rajabhat University¹

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์²

Department of Production Technology, Faculty of Agricultural and Industrial Technology,
Phetchabun Rajabhat University²

Email: nazzdex.man@pcru.ac.th

Received : August 1, 2022

Revised : June 10, 2023

Accepted : June 13, 2023

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือการออกแบบและสร้างเครื่องแล่ปลาสำหรับธุรกิจขนาดเล็ก ประกอบด้วย 3 ส่วนที่มีความสำคัญ ได้แก่ ส่วนที่ 1 ชุดแขนประคองลำตัวปลา โดยใช้ประโยชน์จากสรีระของปลานิล และน้ำหนักของปลา เพื่อกำหนดการตั้งค่าชุดประคองลำตัวให้มีความเหมาะสมมากที่สุด ส่วนที่ 2 ชุดใบมีดที่ใช้แยกเนื้อปลาออกจากกระดูกสันหลัง และครีบหางได้ในการแล่เพียงครั้งเดียว และส่วนที่ 3 ชุดสายพานลำเลียงป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นจากแรงสับัดของใบมีดจากการประเมนสมรรถนะการทำงานในการทดลองรูปแบบต่าง ๆ สามารถสรุปได้ว่าสามารถทำงานได้ตามเป้าหมายที่กำหนด โดยเนื้อปลาที่ได้หลังจากการแล่ผ่านการประเมนจากผู้เชี่ยวชาญร้อยละ 95 รวมถึงสามารถลดเวลาในการแล่เหลือเพียง 11.42 วินาทีต่อตัว ซึ่งเร็วกว่า 2 เท่า หากเปรียบเทียบกับ การแล่โดยใช้แรงงานที่มีทักษะความเชี่ยวชาญสูง

คำสำคัญ: เครื่องแล่เนื้อปลา ปลานิล วิสาหกิจชุมชน

ABSTRACT

The objective of this research is to design and construct a fish filleting machine for a small-scale business, consisting of three important components. Firstly, the arm set for supporting the fish body, utilizing the flexibility of Nile tilapia and the weight of the fish to optimize the configuration of the supporting arm set. Secondly, the blade set used to separate the fish meat from the backbone and tail fins in a single operation. Lastly, the conveyor belt set to prevent hazards from the impact of the blades. Based on the evaluation of performance in various experimental models, it can be concluded that the machine can achieve the predetermined goals. The fish meat obtained after the filleting process was assessed by experts and found to be satisfactory in 95% of cases. Additionally, the machine reduced the filleting time by 11.42 seconds per unit, which is more than twice as fast as manual filleting using highly skilled labor.

Keywords: Fish filleting machine, Tilapia, Community business

บทนำ

จากสภาพสังคมที่เปลี่ยนไป ผู้คนใช้ชีวิตบนความเร่งรีบ การทำงานที่มีความแข่งขันสูงส่งผลต่อพฤติกรรมผู้บริโภค มนุษย์จึงจำเป็นต้องปรับตัว และใช้เวลาในการจัดเตรียมและการประกอบอาหารน้อยลง ผลิตภัณฑ์แปรรูปจึงได้รับความนิยมจากผู้บริโภคมากขึ้น จากงานวิจัยของบริษัท A.C. Nielsen บริษัทด้านข้อมูลทางการตลาดของอเมริการะบุไว้ว่าผู้บริโภคชาวไทยติดอันดับต้น ๆ ของโลกที่นิยมอาหารแปรรูป เนื่องจากมีความสะดวก รวดเร็ว ราคาไม่แพง และสามารถเก็บไว้ได้นานเหมาะกับการใช้ชีวิตในสังคมเมือง และคาดว่าใน 5 ปีข้างหน้า ตลาดอาหารแปรรูปจะมีการเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (กมลพิพัฒน์ ชนะสิทธิ และคณะ, 2561) จึงเป็นโอกาสดีต่อผู้ประกอบการที่ต้องการสร้างโอกาสในด้านธุรกิจ จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์และจำหน่ายในรูปแบบอื่นๆ ควบคู่กันไปด้วย ทั้งในรูปแบบ ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อสัตว์ แบบที่ไม่มีการลดขนาด (Non-comminuted products) และลดขนาด (Comminuted products) ที่สะดวกต่อการนำมาปรุงอาหาร และสามารถเก็บไว้ได้เป็นเวลานาน ซึ่งตลอดระยะเวลา 20 ปีที่ผ่านมาผู้คนเริ่มหันมาให้ความสนใจกับปลากันมากขึ้น เนื่องจากคุณค่าทางอาหารจากเนื้อปลาประกอบด้วยปริมาณไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีปริมาณสูง แต่มีปริมาณโคเลสเตอรอลต่ำ ซึ่งการกินปลาอยู่ในวัฒนธรรมการกินอาหารของคนไทยมาตลอด และมีหลักฐานทาง

วิชาการทั่วโลกมากมายสนับสนุนให้เห็นว่า การกินปลาช่วยลดการเสียชีวิตจากโรคหลอดเลือดหัวใจ ลดโอกาสเป็นอัมพาต โดยเฉพาะในผู้หญิง (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการส่งเสริมสุขภาพ, 2564) ในประเภทของปลาที่ได้รับความนิยมมากที่สุดคือปลานิล ซึ่งเป็นสัตว์น้ำจืดที่มีมูลค่าจากการจำหน่ายสูง เป็นอันดับหนึ่งติดต่อกันหลายปี ข้อมูลจากกองนโยบายและแผนพัฒนาการประมงระบุว่าในช่วงเดือนแรกของปี พ.ศ.2565 มีปริมาณผลผลิตทั้งหมดจำนวน 220,374 ตัน เพิ่มขึ้นจากปี 2564 ร้อยละ 4.7 คิดเป็นมูลค่ากว่า 10,467 ล้านบาท โดยสัดส่วนมูลค่าการส่งออกแยกตามผลิตภัณฑ์ คือ ปลาทั้งตัวแช่แข็ง ร้อยละ 71 เนื้อปลาแช่แข็งแช่แข็งร้อยละ 27.2 และปลามีชีวิตเพียงแช่แข็งร้อยละ 1.8 (เกวลิน หนูฤทธิ์, 2565) ลักษณะเฉพาะของปลานิลเป็นปลาที่เลี้ยงง่าย กินอาหารได้หลายชนิด สามารถดำรงชีวิตอยู่ในน้ำที่มีคุณภาพต่ำ เนื้อสีขาวนวลรับประทาน โปรตีนสูง สามารถนำไปประกอบอาหารได้หลากหลายประเภท และเมื่อผ่านกรรมวิธีถนอมอาหารในรูปแบบต่าง ๆ สามารถเก็บไว้รับประทานได้นานยิ่งขึ้น เช่น การตากแห้ง การแช่แข็ง การรมควัน (สุริยัน อุตโตร และคณะ, 2564) รวมถึงสามารถเพาะเลี้ยงได้จากการแปรรูปมาใช้ทดแทนปลาป่นในสูตรอาหารสำหรับเป็นอาหารปลา (*oreochromis niloticus*) (Abarra et al, 2017) ส่งผลให้มีผู้ประกอบการจำนวนมากนำเนื้อปลานิลมาใช้ในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น ปลาหยอง น้ำพริก ไส้กรอก กุนเชียง สร้างรายได้ให้ผู้ประกอบการจำนวนมาก แต่อย่างไรก็ตามกระบวนการแปรรูปมักจะมีขั้นตอนมากกว่าการขายปลาสดเพียงอย่างเดียว ในการแลเนื้อปลา 1 ตัวต้องใช้เวลาประมาณ 0.25-1.20 นาทีต่อปลา 1 ตัว ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้แล แต่ละวันสถานประกอบการต้องแลปลาประมาณ 500 ตัว หรือประมาณ 1000 กิโลกรัม จำเป็นต้องใช้แรงงานอย่างน้อย 4 คน เพื่อให้แลเสร็จในช่วงเช้ามืดนำเนื้อปลาไปแปรรูปต่อในช่วงบ่าย ๆ ส่งผลให้แต่ละเดือนมีต้นทุนแรงงานในการแลปลากว่า 17,500 บาท ผู้ประกอบการในธุรกิจขนาดเล็กจึงจำเป็นต้องแบกรับภาระค่าใช้จ่ายในด้านแรงงานที่เพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากขาดเทคโนโลยี ซึ่งต่างจากผู้ประกอบการรายใหญ่ที่มีความพร้อมมากกว่า

ดังนั้นเป้าหมายในงานวิจัยนี้คือการพัฒนาเครื่องแลเนื้อปลาสำหรับปลาที่มีลำตัวลำตัว แบบแบนข้าง (Compressed) หรือปลาที่มีรูปร่างลำตัวลำตัวแบนข้างเมื่อมองภาคตัดขวาง จะเห็นลำตัวด้านซ้ายและด้านขวาแบนเข้าหากัน เช่น ปลานิล ปลาทะเพียน ปลานวลจันทร์ ปลาจีน ปลาเยี่ยง เพื่อส่งเสริมการพัฒนาศักยภาพการแข่งขันของผู้ประกอบการธุรกิจขนาดเล็ก ซึ่งในปี 2551 ได้มีการออกแบบและสร้างเครื่องแลปลาแบบแนวตั้งใบมีดเดียวสำหรับชุมชนรุ่นแรก และพบว่าเครื่องจักรสามารถแลเนื้อปลาได้เร็วกว่าคนแล 2 เท่า แต่ต้องเสียเวลาจำนวนมากไปกับการนำชิ้นงานไปยึดกับอุปกรณ์นำป้อน ก่อนที่จะนำปลาเข้าสู่ชุดใบมีดที่มีลักษณะคล้ายใบเลื่อยที่มีแนวตั้ง อีกทั้งต้องคอยประคองเพื่อไม่ให้เกิดการสะบัดจากแรงของใบมีด และยังต้องใช้ผู้ปฏิบัติงานจำนวน 2 คนเพื่อควบคุมและช่วงประคองลำตัวของปลาในขณะที่แล และต้องนำก้างออกจากเนื้อปลา เนื่องจากอีกด้านยังมีก้างปลาติดอยู่ ดังนั้นทีมผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาเครื่องแลปลาในรูปแบบแนวนอนเพื่อให้

เหมาะสมกับลำตัวปลา รวมถึงใช้ใบมีดคู่และออกแบบให้มีชุดประคองลำตัวปลาเพื่อไม่ให้เกิดการสะบัดจากแรงของใบมีดในแต่ละครั้ง รวมถึงเนื้อปลาทั้ง 2 ด้านจะไม่มีส่วนของก้างติดอยู่เหมือนกับชิ้นงานที่ได้จากเครื่องแล่ปลาแบบเดิม ผู้ปฏิบัติงานจึงไม่ต้องเสียเวลาในการนำก้างออกหลังจากการแล่ โดยการพัฒนาระบบอาศัยการทำงานร่วมกัน 3 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ ส่วนที่ 1 ชุดแขนประคองลำตัวปลา ส่วนที่ 2 ชุดใบมีดเดี่ยวแนวตั้งเป็นชุดใบมีดคู่แบบแนวนอน และส่วนที่ 3 การกำหนดความเร็วของสายพานลำเลียงเพื่อให้สอดคล้องกับการแล่ จากนั้นประเมินสมรรถนะการทำงานโดยพิจารณาจากความสามารถในการแยกเนื้อ ในการทดลองรูปแบบต่าง ๆ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงาน และคุณภาพของชิ้นงานที่ได้รับเพื่อเปรียบเทียบกับเครื่องแล่ด้วยใช้แรงงาน

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. ออกแบบและสร้างเครื่องแล่เนื้อปลาใบมีดคู่สำหรับธุรกิจชุมชน
2. ประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องแล่เนื้อปลา

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากการตัด หั่น หรือการแล่ มีความแตกต่าง ตามลักษณะและคุณสมบัติของอาหาร กระบวนการแล่จึงจำเป็นต้องออกแบบให้มีความเหมาะสม โดยอาศัยผลลัพธ์จากการทดลอง และปรับปรุงจากข้อผิดพลาดจากการทดลองที่ผ่านมา โดยทั่วไปพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย อุณหภูมิอาหาร การหมุน คุณสมบัติความเร็วของชุดใบมีด รวมถึงพารามิเตอร์อื่น ๆ ที่จำเป็นต้องตั้งค่า (Bremer and Matthiesen, 2020) จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมาพบว่าการพัฒนาเครื่องจักรเพื่อนำมาใช้เพิ่มศักยภาพในกระบวนการผลิตให้กับธุรกิจขนาดเล็ก ตัวอย่างเช่น ในงานวิจัย เพชรรัตน์ วงษ์จันทา และสยาม เสริมทรัพย์ (2553) และ วิจิตชัย วงษ์แจ้ง และคณะ (2564) ที่ได้พัฒนาเครื่องตัดแยกหัวปลาออกจากลำตัว โดยเพชรรัตน์ และคณะ (2553) ได้ออกแบบกลไกการตัดหัวปลาตามแนวเส้นรอบวงและอาศัยอุปกรณ์จับยึดตัวปลาที่ติดตั้งตามแนวเส้นรอบวงหมุนพาตัวปลาเข้าสู่ชุดใบมีด จากการทดสอบพบว่าภายในระยะเวลา 1 นาทีสามารถตัดหัวปลาที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 320 กรัม ได้ 35-40 ตัว (เพชรรัตน์ วงษ์จันทา และสยาม เสริมทรัพย์, 2553) เครื่องตัดหัวปลาได้มีการพัฒนาขึ้นอีกครั้งในงานวิจัยของ วิจิตชัย วงษ์แจ้ง และคณะ (2564) สำหรับการตัดหัวปลาสดที่มีน้ำหนักระหว่าง 0.23-0.25 กิโลกรัม โดยใช้หลักการทำงานแบบจานหมุนเหวี่ยงเพื่อให้ตัวปลาเข้าสู่ชุดใบมีด จากผลการทดสอบพบว่าปลา 1 ตัวใช้เวลาเฉลี่ยเพียง 6.2 วินาที (วิจิตชัย วงษ์แจ้ง และคณะ, 2564) นอกจากการตัดหัวปลาออกจากส่วนตัวแล้ว มีนักวิจัยบางกลุ่มได้พัฒนาเครื่องจักรสำหรับการคัดแยกเนื้อปลาออกจากก้างและกระดูก เพื่อนำเนื้อปลาที่ได้ไปใช้ประโยชน์สำหรับการแปรรูปในรูปแบบต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น ในงานวิจัยของ วิทยา หนูช่างสิงห์ (2551) และ สยาม เสริมทรัพย์ (2556) ซึ่งวิทยา หนูช่างสิงห์ (2551) ได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องแล่ปลาแบบแนวตั้งใบมีดเดี่ยวสำหรับธุรกิจชุมชน ผลจากการทดลองพบว่าเครื่องจักรสามารถแล่เนื้อปลาได้เร็วกว่าคนแล่ 2 เท่า แต่ผู้ปฏิบัติจำเป็นต้องนำชิ้นงานไปยึดกับ

อุปกรณ์นำป้อน ก่อนที่จะนำปลาเข้าสู่ชุดใบมีดที่มีลักษณะคล้ายใบเลื่อยที่มีแนวตั้ง และต้องคอยประคองเพื่อไม่ให้เกิดการสะบัดจากแรงของใบมีด รวมถึงหลังจากการแลต้องนำก้างที่ติดอยู่อีกฝั่งออก กับผลิตภัณฑ์แปรรูปที่ต้องใช้เพียงเนื้อปลา (วิทยา หนูช่างสิงห์, 2551) ส่วนในงานวิจัยของ สยาม เสริมทรัพย์ (2556) ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบการคัดแยกเนื้อปลาจากกระดูกและก้างโดยใช้ลูกกลิ้งเพื่อกดทับ และบีบเนื้อปลากับแผ่นสแตนเลส 4 มิลลิเมตรเพื่อแยกเนื้อปลาออกจากก้างปลา เนื้อปลาที่ได้จะมีลักษณะแบบหลอดขนาดในกลุ่มบดหยาบ (สยาม เสริมทรัพย์, 2556) แต่ในการออกแบบกลไกการแลเนื้อจากกระดูกสันหลัง และครีบหาง แต่ยังคงไว้ซึ่งชิ้นปลาในรูปแบบไม่ลดขนาดยังไม่มีการพัฒนา และที่ผ่านมายังคงต้องใช้แรงงานคนสำหรับกระบวนการผลิตในรูปแบบดังกล่าว ซึ่งใช้เวลาในการแลเฉลี่ย 1.20 นาที ต่อปลา 1 ตัว และในแต่ละวันต้องแลปลาจำนวน 500 กิโลกรัม หากปลาขนาดน้ำหนักเฉลี่ย 500 กรัมต่อ 1 ตัว สถานประกอบการต้องต้องใช้แรงงาน 4 คน (ณัฐฉิ บุญสายัง และ คณะ, 2557)

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องแลปลา โดยแบ่งการดำเนินการวิจัยได้ออกเป็น 2 ระยะ ในระยะแรกเป็นการออกแบบกลไกการทำงานของเครื่องแลปลา ส่วนระยะที่ 2 เป็นการประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องแลเนื้อปลา โดยมีรายละเอียดวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. การออกแบบวิธีการตั้งค่าชุดแขนประคองต้องใช้ประโยชน์จากสรีระของปลานิล เพื่อหาความสัมพันธ์จากความโตของแก้มปลา และน้ำหนักของปลา ดังนั้นกลุ่มตัวอย่างในการทดลองสำหรับระยะนี้คือปลานิลจำนวน 150 ตัว โดยที่ปลานิลต้องมีขนาดระหว่าง 500-1,300 กรัม ที่มีรูปแบบการสุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (accidental sampling)

2. การประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องแลเนื้อปลา จำเป็นต้องใช้ปลานิลในการแลเพื่อให้ผลลัพธ์ที่สามารถบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพจากการทำงานของเครื่องจักร ดังนั้นจึงกำหนดให้กลุ่มประชากรคือผู้เชี่ยวชาญจากสถานประกอบการแปรรูปจำนวน 5 ท่าน เพื่อทำหน้าที่เป็นผู้ตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงาน และกลุ่มตัวอย่างคือจำนวนของปลา 30 ตัวในการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักร

เครื่องมือการวิจัย

1. เครื่องแลปลาแบบใบมีดคู่
2. แบบบันทึกการทดสอบเพื่อใช้ตรวจสอบคุณภาพของเนื้อปลาที่ได้หลังจากการแล

วิธีการวิเคราะห์

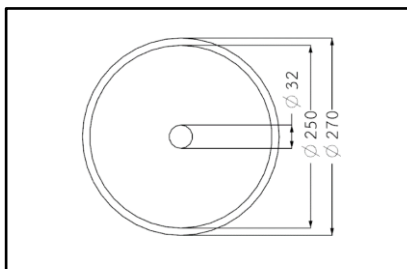
ในการออกแบบการออกแบบชุดแขนประกอบ คณะผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (regression analysis) หาความสัมพันธ์ระหว่าง น้ำหนัก และความโตส่วนแก้ม เพื่อนำมาวิเคราะห์หาการตั้งค่าระยะห่างระหว่างแขนประกอบให้มีความเหมาะสม ส่วนในการพิสูจน์ว่าการออกแบบการตั้งค่าแขนประกอบส่งต่อคุณภาพของชิ้นงาน ผู้ได้เลือกใช้การทดสอบไคสแควร์ (chi-squared test) เพื่อยืนยันสมมติฐานดังกล่าว ทั้ง 2 วิธีการผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม Minitab เวอร์ชัน 16 ในการประมวลผล

ขั้นตอนวิธีการดำเนินงานวิจัย

1. ระยะของการออกแบบกลไกการทำงานของเครื่องแล่ปลา

1.1 การออกแบบชุดใบมีด และระบบส่งกำลัง

จากงานวิจัยของ Vökl (2012) ได้ระบุไว้ว่ามุม 20-33 องศา สามารถลดแรงเกาะส่งผลต่อการลดแรงเสียดทานระหว่างชิ้นงานและใบมีดได้ดี (Vökl, 2012) และในงานวิจัยของ ณัฐวุฒิ และคณะ (2557) ได้ทดลองตัดเฉือนเนื้อปลากับใบมีดที่มีมุมเอียงแตกต่างกัน 3 ระดับที่ความความเร็ว 1,420 รอบต่อนาที โดยพิจารณาเนื้อปลาที่หลงเหลืออยู่ที่ชุดใบมีด ซึ่งพบว่ามุมเอียงเท่ากับ 22 องศา มีความเหมาะสมมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ มุมเอียง 20 และ 25 องศา (ณัฐวุฒิ บุญสายัง และ คณะ, 2557) ดังนั้นจึงกำหนดให้ใบมีดทำมุมเอียงเท่ากับ 22 องศา แต่ต้องคำนึงถึงแรงที่มากกระทำและระยะเวลาการตัดเฉือน (rate-dependence) เพื่อให้ได้ลักษณะมีดที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ผู้วิจัยจึงได้สอบการการแล่กับใบมีดรูปแบบต่าง ๆ และพบว่าใบมีดแบบวงกลม (Circular Blades) มีประสิทธิภาพในการแล่เนื้อปลาได้ดีที่สุด แต่ต้องคำนึงถึงความเร็วรอบที่เหมาะสมเพื่อให้สอดคล้องกับเวลาที่ลำตัวปลาวี้งผ่านชุดใบมีด ซึ่งหากใช้ความเร็วรอบของชุดใบมีดต่ำเกินไป อาจส่งผลให้เนื้อปลาเสียรูป จากแรงกระทำจากชุดใบมีด (Schuldt, 2018) ดังนั้นจึงนำผลลัพธ์ที่ได้มาออกแบบและพัฒนาใบมีดแบบวงกลม (Circular Blades) จำนวน 2 เล่ม จากเหล็กกล้าสเตนเลสเกรด 304 โดยมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 270 มิลลิเมตร และหนา 3 มิลลิเมตร เพื่อทำหน้าที่ในการแล่เนื้อปลาทั้ง 2 ด้าน การขับเคลื่อนอาศัยต้นกำลังจากมอเตอร์ขนาด 1.5 แรงม้า ความเร็ว 1,420 รอบต่อนาที และจากสมการที่ 1 สามารถคำนวณหาความเร็วขอบ (Surface speed) ของชุดใบมีดได้เท่ากับ 20 เมตรต่อนาที



ภาพประกอบ 1 ขนาดและมุมของใบมีด

$$V = \frac{\pi \times d \times n}{1000 \times 60} \quad (2)$$

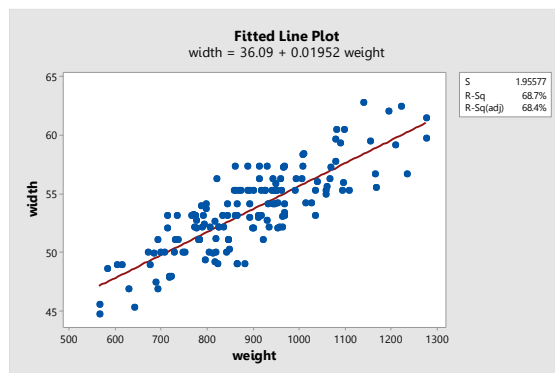
เมื่อ V = ความเร็วรอบ (เมตร / วินาที)

d = เส้นผ่านศูนย์กลางของชุดใบมีด

n = ความเร็วรอบของมอเตอร์ต้นกำลัง (รอบ/นาที)

1.2 การออกแบบชุดแขนประคองจากการทดสอบการทำงานของเครื่องแล่ปลา

จากงานวิจัยของ วิทยา หนูช่างสิงห์ (2551) พบว่าใบมีดที่มีลักษณะคล้ายใบเลื่อยแนวตั้ง ผู้ปฏิบัติงานจำเป็นต้องใช้ชุดอุปกรณ์จับยึดตัวปลา หรือผู้ปฏิบัติงานอีก 1 คนคอยประคองตลอดกระบวนการเพื่อไม่ให้เกิดการสะบัดที่มาจากแรงของใบมีดระหว่างการแล่ (วิทยา หนูช่างสิงห์, 2551) คณะผู้วิจัยจึงปรับปรุงให้เป็นการป้อนเป็นแบบแนวนอน โดยใช้สายพานลำเลียง และใช้น้ำช่วยหล่อลื่นเพื่อลำเลียงปลาเข้าสู่ชุดใบมีด และผู้ปฏิบัติงานจำเป็นต้องประคองลำตัวปลาให้ส่วนของกระดูกสันหลังของปลาอยู่กึ่งกลางระหว่างใบมีดทั้ง 2 ใบมากที่สุด เพื่อให้แล่เนื้อปลาได้โดยไม่มีส่วนของกระดูกสันหลังติดปะปนออกมากับเนื้อปลา หรือไม่ให้ปลาถูกเฉือนไปด้านในด้านหนึ่งมากเกินไป ดังนั้นในการออกแบบวิธีการตั้งค่าของชุดแขนประคองผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (regression analysis) เพื่อใช้ประโยชน์จากการตรวจวัดน้ำหนัก และความโตส่วนแก้มจากปลานิลทั้งหมด 150 ตัว และนำผลลัพธ์จากความสัมพันธ์มาใช้ในการตั้งค่าแขนสำหรับประคองให้มีความเหมาะสมกับลำตัวปลาแต่ละตัว



ภาพประกอบ 2 ผลลัพธ์จากวิธีการวิเคราะห์การถดถอย

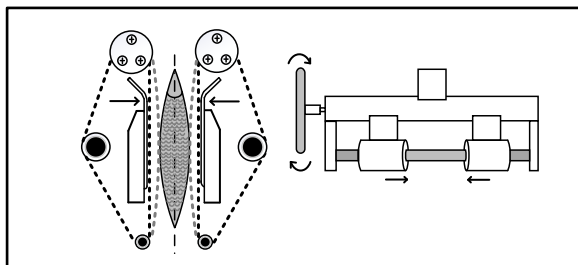
$$\text{width} = 36.09 + 0.01952(\text{weight}) \quad (2)$$

โดยกำหนดให้

width = ความกว้างของส่วนหัวของปลา

weight = น้ำหนักของปลา

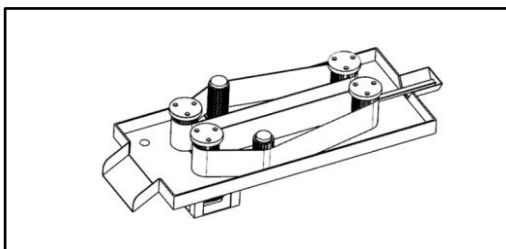
เมื่อพิจารณาค่า R-squared ในสมการที่ 2 ถึงความสามารถของสมการในการทำนายความสัมพันธ์ระหว่าง น้ำหนักและขนาดความโตของแก้มปลา พบว่าสมการมีความสามารถร้อยละ 67.70 ซึ่งถือว่าสามารถเป็นตัวแทนความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต้นและปัจจัยตามได้ (Montgomery, 2010) และจากสมการดังกล่าวผู้วิจัยสามารถออกแบบวิธีการปรับแขนสำหรับประกอบลำตัวปลาทั้ง 2 ข้าง เพื่อบีบลำตัวปลาให้อยู่กึ่งกลาง ตัวอย่างเช่น หากปลามีน้ำหนักตัวที่ 900 กรัม สามารถทำนายความกว้างจากแก้มของปลาได้ 53.65 มิลลิเมตร จึงใช้สมการดังกล่าวในการตั้งค่าแขนสำหรับประกอบลำตัวปลาทั้ง 2 ข้างได้ และสามารถสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยความกว้างของแก้มปลาตามระยะห่าง ต่อ 100 กรัม ห่างกันเฉลี่ยเพียง 2 มิลลิเมตร จากภาพประกอบ 3 แสดงการทำงานของชุดประกอบลำตัวปลา ผู้ปฏิบัติงานสามารถหมุนวงล้อ (steering wheels) เพื่อให้แขนสำหรับประกอบลำตัวปลาทั้ง 2 ข้างบีบลำตัวปลาให้อยู่ระหว่างกึ่งกลางของใบมีดทั้ง 2 ใบ เพื่อให้สามารถแยกส่วนเนื้อและส่วนกระดูกสันหลังออกจากกันได้อย่างสมบูรณ์



ภาพประกอบ 3 การทำงานของชุดประคองลำตัวปลา

1.3 ชุดสายพานลำเลียง

การกำหนดความเร็วของการป้อนตัวปลาเข้าสู่ใบมีดต้องคำนึงถึงความสอดคล้องระหว่างอัตราแรงที่มากกระทำและระยะเวลาการตัดเฉือน เนื่องจากเนื้อปลามีความหนืด โดยชุดสายพานลำเลียงในภาพประกอบ 4 ประกอบไปด้วย ถาดรองตัวปลา พูเลย์ตึงสายพาน พูเลย์ขับสายพาน จากการทดลองการทำงานเบื้องต้น พบว่าที่ความเร็ว 1.5 รอบ/นาที ชิ้นงานที่ได้จะมีคุณภาพดีมากที่สุด รวมถึงความเร็วดังกล่าวยังป้องกันการสับตัดที่เกิดจากกระบวนการตัดเฉือน



ภาพประกอบ 4 ชุดสายพานลำเลียง

1.4 การทำงานของเครื่องจักร

ขั้นตอนการใช้งานเครื่องจักร เริ่มจากการต่อน้ำเข้าสู่ระบบการทำงาน เพื่อให้ น้ำคอยช่วยลดแรงเสียดทาน ความหนืดของการแล้ และให้ตัวปลาไหลผ่านชุดใบมีดได้ดียิ่งขึ้น จากนั้นวางตัวปลาลงบนช่องลำเลียง ปรับชุดสายพานให้เหมาะสมกับความกว้างของลำตัวปลา เปิดสวิตช์ให้ชุดสายพาน และเปิดสวิตช์ให้ชุดใบมีดทำงาน ผู้ปฏิบัติงานจำเป็นต้องคอยประคอง และค่อยๆ ดันตัวปลาในช่วงแรก จากนั้นชุดสายพานจะทำหน้าที่ช่วยลำเลียงตัวปลาเข้าสู่ชุดใบมีดเพื่อแล่ปลาออกเป็น 3 ส่วน

ประกอบด้วย เนื้อซี่กซ้าย เนื้อซี่กขวา และส่วนกระดูกสันหลัง ดังภาพประกอบ 6 จากนั้นสายพานจะลำเลียงปลาทั้ง 3 ส่วนออกจากเครื่องจักร และไหลลงภาชนะที่เตรียมไว้



ภาพประกอบ 5 เครื่องแล่ปลา



ภาพประกอบ 6 ภาพตัวอย่างจากการแล่ปลานิล

2. การประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องแล่ปลา และการวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากขั้นตอนการปรับปรุงและสร้างเครื่องจักร ในการประเมินสมรรถนะการทำงาน คณะผู้วิจัยได้ออกแบบวิธีการทดสอบการทำงานรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งแต่ละครั้งได้ตั้งสมมุติฐาน และรูปแบบการทดลองที่มีความแตกต่างกัน แต่การประเมินจะพิจารณาจากลักษณะของเนื้อปลา โดยเนื้อปลาที่ได้หลังจากการแล่ต้องไม่มีส่วนกระดูกสันหลังติดมากับเนื้อปลาทั้ง 2 ซีก และระหว่างการปฏิบัติงานได้บันทึกเวลา เพื่อนำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานในแต่ละรูปแบบ โดยมีแบ่งรูปแบบการทดลองออกเป็น 2 รูปแบบโดย การทดลองรูปแบบที่ 1 เป็นการทดลองเบื้องต้นโดยใช้ปลาที่มีน้ำหนักใกล้เคียงกัน และเพื่อทดสอบสมมุติฐานว่าการตั้งแขนประกอบที่เหมาะสม ส่งผลต่อคุณภาพ

ของเนื้อปลาที่ได้หลังจากการแล่ ส่วนในการทดลองรูปแบบที่ 2 เป็นการทดลองเพื่อหาประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องจักรร่วมกับผู้เชี่ยวชาญในสถานที่ประกอบการ จากนั้นสังเกตคุณภาพเนื้อปลาและเวลาที่ได้ โดยมีเงื่อนไขว่าชิ้นงานที่ผ่านการพิจารณาต้องไม่มีส่วนกระดูกสันหลัง ติดที่เนื้อปลาทั้ง 2 ซีก หรือมีเพียงเล็กน้อย แต่ถ้าหากมีส่วนกระดูกสันหลังติดที่เนื้อปลาทั้ง 2 ซีกจะถือว่าชิ้นงานนั้นไม่ผ่านเงื่อนไขการตรวจสอบ โดยการทดสอบครั้งนี้ จะให้ผู้เชี่ยวชาญจากสถานประกอบการแปรรูปจำนวน 5 ท่าน ทำหน้าที่เป็นผู้ตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงาน หากผ่านการตรวจสอบจาก 4 ท่านใน 5 ให้ถือว่าชิ้นงานที่ได้มีคุณภาพ

ผลการวิจัย

การทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่องจักรได้เลือกใช้ปลานิลเป็นตัวอย่าง เนื่องจากเป็นหนึ่งในปลาที่ได้รับความนิยมของคนไทยมากที่สุดในการนำมาปรุงอาหารและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์มากที่สุด ผลลัพธ์จะพิจารณาจากลักษณะชิ้นงานที่ได้จากในรูปแบบ และเงื่อนไขการทดลองที่แตกต่างกัน ซึ่งอธิบายได้ดังนี้

ผลการทดลองรูปแบบ 1 แสดงให้เห็นว่าหากปรับแขนประคองลำตัวปลาไม่เหมาะสมจะทำให้ปลาเอียงไปในด้านใดด้านหนึ่ง ผู้วิจัยเลือกใช้ปลาที่มีน้ำหนัก 700 กรัม ซึ่งเป็นที่นิยมของผู้บริโภคมากที่สุด จากนั้นใช้ฟังก์ชัน Response Optimization วิเคราะห์หาการตั้งค่าระยะห่างระหว่างแขนประคองให้มีความเหมาะสม ซึ่งควรตั้งค่าห่างกัน 48.03 มิลลิเมตร และเมื่อพิจารณาจากช่วงความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 (confidence interval) จะพบว่าการตั้งค่าดังกล่าวเหมาะกับปลาที่มีน้ำหนักระหว่าง 675-725 กรัม ขั้นตอนต่อไปคือตรวจสอบสมมติฐานว่าการปรับตั้งมีความสัมพันธ์กับการยอมรับคุณภาพของชิ้นงานหลังจากแล่หรือไม่ เมื่อประเภทของข้อมูลของเหตุการณ์ที่สนใจ (y) และตัวแปรที่พิจารณา (x) เป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ (nominal data) ทั้งคู่ จึงใช้การทดสอบไคสแควร์ (chi-squared test) (Montgomery, 2010) ในการตรวจสอบความสัมพันธ์โดยตั้งสมมติฐานไว้ดังนี้

$H_0 : \rho = 0$; การปรับตั้งไม่มีความสัมพันธ์กับการยอมรับคุณภาพของชิ้นงานโดยผู้เชี่ยวชาญ

$H_1 : \rho \neq 0$; การปรับตั้งมีความสัมพันธ์กับการยอมรับคุณภาพของชิ้นงานโดยผู้เชี่ยวชาญ

จากผลการทดลองพบว่า ในกรณีที่มีการตั้งค่าชิ้นงานทั้งหมดจะได้รับการยอมรับ แต่หากไม่ตั้งค่ามีชิ้นงานเพียงร้อยละ 53.33 ที่ผ่านการยอมรับ และผลการวิเคราะห์จากการทดสอบไคสแควร์ p-value มีค่า 0.010 ซึ่งน้อยกว่า α จึงต้องปฏิเสธสมมติฐานหลัก และยอมรับสมมติฐานรอง

(Ian Wedgwood, 2016) กล่าวคือ การตั้งค่าแขนประกอบมีความสัมพันธ์กับการยอมรับคุณภาพของชิ้นงาน

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบการทำงานเบื้องต้น

ครั้งที่	น้ำหนัก (กรัม)	ลักษณะการหล่อของตัวปลา		เวลา
		ซ้าย	ขวา	
1	มีการปรับตั้ง	✓	✓	10.45
2		✓	✓	9.87
3		✓	✓	10.35
4		✓	✓	10.12
5		✓	✓	9.67
6	ไม่มีการปรับตั้ง	✓	X	12.91
7		✓	✓	12.31
8		X	X	12.10
9		X	X	12.22
10		✓	✓	12.16



ภาพประกอบ 7 การทดสอบเครื่องจักรในสถานประกอบการ

ส่วนทดลองผลจากการในรูปแบบที่ 2 เพื่อหาสมรรถนะการทำงานของเครื่องจักรร่วมกับผู้เชี่ยวชาญในสถานที่ประกอบการจริง ในการทดลองครั้งนี้ใช้ปลาจำนวน 20 ตัว โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม ประกอบด้วยปลาที่มีน้ำหนัก 700 800 และ 900 กรัม ตามลำดับ และใช้การตั้งค่าแขนประคองลำตัวปลาโดยใช้สมการที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอย

ตารางที่ 3 การทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่องจักร

ครั้งที่	น้ำหนัก (กรัม)	ลักษณะการแล่ของตัวปลา		เวลา (วินาที)
		ซ้าย	ขวา	
1	700	✓	✓	13.14
2	700	✓	✓	10.31
3	700	✓	✓	11.61
4	700	✓	X	9.55
5	700	✓	✓	10.58
6	800	✓	✓	13.55
7	800	✓	✓	10.14
8	800	✓	✓	9.66
9	800	✓	✓	10.41
10	800	✓	✓	9.33
11	900	✓	✓	12.87
12	900	✓	✓	10.63
13	900	✓	✓	10.88
14	900	✓	✓	11.07
15	900	✓	✓	11.42
16	1,000	✓	X	13.73
17	1,000	✓	✓	11.43
18	1,000	✓	X	13.14
19	1,000	✓	✓	11.87
20	1,000	X	✓	13.11
เวลาเฉลี่ย	11.42	เวลาเฉลี่ย	11.42	เวลาเฉลี่ย

ผลลัพธ์การทดลอง พบว่าชิ้นงาน 76 ชิ้นจาก 80 ชิ้น ได้รับการยอมรับจากผู้เชี่ยวชาญ มีเพียง 4 ที่ไม่ได้รับการยอมรับ คิดเป็นร้อยละ 5 การสูญเสียมักเกิดขึ้นกับปลาที่มีขนาด 1 กิโลกรัม ซึ่งปลาที่

ขนาดใหญ่เกินไปยากต่อการยึดให้ปลาอยู่กึ่งกลาง ต่างจากปลาขนาดเล็กที่สามารถแล่ได้โดยไม่มีชิ้นส่วนของกระดูกสันหลังติดกับเนื้อปลา หรืออาจมีเพียงเล็กน้อยแต่อยู่ในขอบเขตที่ผู้เชี่ยวชาญยอมรับได้

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบรูปแบบการทำงานระหว่างการใช้เครื่องจักรและแรงงานคน

รูปแบบการทำงาน	จำนวนผู้ปฏิบัติงาน (คน)	ระยะเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร (วินาที)	ระยะเวลาเฉลี่ยในการแล่ (วินาที)	กระบวนการหลังจากการแล่
การใช้แรงงานคน	4	-	120	x
เครื่องแล่ปลาแบบแนวตั้งใบมีดเดี่ยวสำหรับธุรกิจชุมชน (2551)	2	40	32	✓
เครื่องแล่ปลาแบบใบมีดคู่	1	20	11.42	x

จากผลลัพธ์จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่าเครื่องจักรมีประสิทธิภาพการทำงานร้อยละ 95 เพียงแต่ผู้ปฏิบัติงานจำเป็นต้องใช้เวลาในการปรับตั้งแขนลำเลียงให้ตัวปลาเข้าสู่ใบมีดได้ในตำแหน่งที่กึ่งกลางพอดี แต่ถึงอย่างไรก็ตามจากการเปรียบเทียบรูปแบบการทำงานระหว่างการใช้เครื่องจักรและแรงงานคนในตารางที่ 4 พบว่าเครื่องจักรสามารถทำงานได้รวดเร็วกว่าการแล่โดยใช้แรงงาน ซึ่งต้องใช้เวลาในกระบวนการแล่เฉลี่ย 120 วินาทีต่อปลา 1 ตัว ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของผู้แล่ แต่ถ้าหากและใช้เครื่องแล่ปลาแบบแนวตั้งใบมีดเดี่ยวที่สร้างขึ้นในปี 2551 ต้องใช้เวลาเฉลี่ย 72 วินาทีต่อปลา 1 ตัว รวมถึงต้องเสียเวลาในการนำเอาก้างอีกฝั่งออกหลังจากการแล่ถ้าหากต้องการใช้แค่เนื้อปลาในการแปรรูป ในขณะที่เครื่องจักรใช้เวลาเฉลี่ยเพียง 11.42 วินาทีต่อตัวเท่านั้น แต่อย่างไรก็ตามเวลาที่ใช้แล่อาจมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากน้ำหนักของปลา

สรุปผล

ผลลัพธ์จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงและพัฒนาเครื่องจักรสามารถนำไปสู่การปรับตั้งเครื่องจักรให้สามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยเฉพาะกับปลาที่มีลักษณะลำตัวแบน ผลจากการทดสอบสมรรถนะการทำงานทำให้ทราบว่า เครื่องจักรสามารถแล่ปลาได้โดยที่เนื้อไม่มีกระดูกสันหลังของปลาติดกว่าร้อยละ 95 และหากพิจารณาจากเวลาที่ใช้ในการแล่ พบว่าเครื่องจักรใช้เวลาในการแล่เฉลี่ยเพียง 11.42 วินาทีต่อตัว ต้องบวกเวลาการตั้งค่าประมาณร้อยละ

40 หรือใช้เวลาทั้งหมด 16 วินาที และเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้แรงงานคนที่ใช้เวลาในการแล่เฉลี่ย 80 วินาทีจะพบว่าเครื่องจักรสามารถแล่ได้รวดเร็วกว่าการใช้แรงงานคน 5 เท่า แต่ปลาที่นำมาแล่ต้องมีน้ำหนักอยู่ระหว่าง 650 - 900 กรัม ถ้าหากมากหรือน้อยกว่าที่กำหนดอาจทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรจะลดลง

อภิปรายผลงานวิจัย

เครื่องจักรสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพตามเป้าหมายที่กำหนด เนื่องจากความเร็รรอบที่เหมาะสมเพื่อให้สอดคล้องกับระยะเวลาที่ลำตัวปลาวีงผ่านชุดใบมีดที่มีรูปแบบที่เหมาะสมสอดคล้องกับงานวิจัยของ Schuldt (2018) ผนวกกับผลลัพธ์จากการใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอย เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้ในการทำนายการตั้งค่าแขนประกอบลำตัวปลา ให้มีความเหมาะสมลำตัวปลา ทำให้ได้เนื้อปลาที่ได้มีคุณภาพสอดคล้องงานวิจัยของ รัตนพร อินทรพานิชย์ และ วรณี มังคละศิริ (2560) สามารถนำชิ้นงานที่ได้ไปใช้แปรรูปตามเงื่อนไขของสถานประกอบการได้ทันที โดย 3 ผลิตภัณฑ์ที่สถานประกอบการได้นำไปใช้เป็นส่วนประกอบได้แก่ ปลาสามปลายอ และกุ้งเชียงปลา เป็นต้น ส่วนผลิตภัณฑ์เนื้อปลาแล่แบบสุญญากาศยังเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ทางสถานประกอบการอยู่ระหว่างการพัฒนาเพื่อตอบสนองตามความต้องการของผู้บริโภคในอนาคต ทั้งนี้เครื่องจักรสามารถใช้ผู้ปฏิบัติงานเพียง 1 คนเท่านั้น จากเดิมที่ต้องใช้ 4 คนต่อวัน และเมื่อวิเคราะห์หาระยะคืนทุนจากหลักการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเบื้องต้น (Hun, 2001) พบว่าถ้าเครื่องจักรมีราคา 94,326 บาท สามารถคำนวณต้นทุนรวมได้ เท่ากับ 222,287.94 บาท มีกำลังการผลิตเท่ากับ 112 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และมีต้นทุนในการผลิตเพียง 0.82 บาทต่อกิโลกรัม ในขณะที่แรงงานคน 1 คนสามารถทำงานได้เพียง 22.5 กิโลกรัมต่อชั่วโมง คิดเป็นต้นทุนเท่ากับ 1.67 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบการทำงานที่ 2,400 ชั่วโมงต่อปี ระยะเวลาคืนทุนของเครื่องจักรจะเท่ากับ 10.71 เดือน และมีจุดคุ้มทุนเท่ากับ 1098.25 ชั่วโมงต่อปี จึงสามารถสรุปได้ว่าสามารถนำมาใช้ทดแทนการแล่ด้วยแรงงานคนได้อย่างมีประสิทธิภาพในต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่า

ข้อเสนอแนะ

1. เครื่องจักรออกแบบมาสำหรับแล่ปลาที่มีลักษณะลำตัวแบน ทำให้ไม่เหมาะสมกับการแล่ปลา ลักษณะรูปร่างทรงกระบอกยาว รูปร่างเรียวยาว เช่น ปลาช่อน ปลาดุก จากการทดสอบเบื้องต้น พบว่าลักษณะของปลาทำให้ยากต่อจับยึด เมื่อเกิดแรงจากใบมีดทำให้เกิดการตัดเฉือนในตำแหน่งที่คาดเคลื่อนจากตำแหน่งที่ต้องการ ส่งผลให้กระดูกสันหลังยังคงติดอยู่ที่เนื้อปลาเป็นจำนวนมาก ในอนาคต

ควรพัฒนาอุปกรณ์ที่เหมาะสมกับปลาที่มีลักษณะกลมยาวเพื่อให้เครื่องจักรทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. การตั้งค่าระยะห่างระหว่างแขนประคองทั้ง 2 ข้างต้องอาศัยการหมุนวงล้อเพื่อควบคุมระยะให้มีความเหมาะสม ดังนั้นควรตั้งค่าโดยใช้ประโยชน์จากแบบจำลองถดถอย และพัฒนาอุปกรณ์ให้สามารถตั้งค่าได้เองอัตโนมัติ เพื่อให้ผู้ประกอบการสามารถทำงานได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น และลดข้อผิดพลาดจากผู้ปฏิบัติงานลง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากทุนอุดหนุนโดยงบประมาณแผ่นดินที่พิจารณาจากโดยผ่านความเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2561 สัญญาเลขที่ PCRU_2561_L019 สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

- กมลพิพัฒน์ ชนะสิทธิ, ประสพชัย พสุนนท, และ อีระวัฒน์ จันทิก. (2561). การวิเคราะห์องค์ประกอบพฤติกรรมและปัจจัยในการเลือกซื้ออาหารแช่แข็งพร้อมรับประทานของนักศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยธนบุรี, 12(27), 56-69.
- เกวลิน หนูฤทธิ์. (2565). รายงานการสำรวจ: สินค้าจากปลานิลและผลิตภัณฑ์. กรุงเทพฯ: กองนโยบายและแผนพัฒนาการประมง กลุ่มเศรษฐกิจการประมง.
- ณัฐภูมิ บุญสายัณ, ปณินต์ คชานันท์, ศุภกิจ เศษวิ, และ อรรถเดช อินพาเพียร. (2557). การสร้างเครื่องแล่นือปลาลำตัวแบน : กรณีศึกษาพัฒนาชุดใบมีดและชุดลำเลียงตัวปลา. (สารนิพนธ์, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์).
- เพชรรัตน์ วงษ์จันทา, และ สยาม เสริมทรัพย์. (2553). การออกแบบและประดิษฐ์เครื่องตัดหัวปลาแบบวงล้อ . กรุงเทพฯ: กรมประมง.
- รัตนพร อินทรพานิชย์, และ วรณิ มังคละศิริ. (2560). การสร้างสมการพยากรณ์การใช้พลังงานด้วยการวิเคราะห์การควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ : กรณีศึกษา โรงงานผลิตเครื่องเสียงติดรถยนต์. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 25(5), 893-905.
- วิจิตชัย วงษ์แจ้ง, สยาม เสริมทรัพย์, สยาม เสริมทรัพย์, และ ศรัณย์ โคตรมะณ . (2564). การพัฒนาเครื่องตัดหัวปลาตุก. กรุงเทพฯ: กรมประมง.

- วิทยา หนูช่างสิงห์. (2551). *การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องแล่นเนื้อปลาตำตัวแบนด้วยมีดเดี่ยววางตัว*. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม สยาม เสริมทรัพย์. (2556). *การพัฒนาเครื่องแยกเนื้อปลาจากกระดูกและก้างแบบลูกกลิ้ง*. กรุงเทพฯ: กรมประมง.
- สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ. (2564). กินปลา มีประโยชน์อย่างไร. [<https://www.thaihealth.or.th>]. สืบค้นจาก <https://www.thaihealth.or.th/?p=226379>
- สุริยัน อุตโตโร, สิงห์ณรงค์ สิรินทรเมธ, สฤทธิ สมโน, พัฒนพล สิริสุวรรณโณะวงษ์ทอง สุภทโท. (2564). การพัฒนาเทคนิคและกระบวนการถนอมอาหารตามภูมิปัญญาท้องถิ่นของวิสาหกิจชุมชน บ้านโนนกาหลง อำเภอพิบูลมังสาหารจังหวัดอุบลราชธานี. *วารสาร มจร อุบลปริทรรศน์*, 6(1), 381-396.
- Abarra, S. T., Velasquez, S. F., Guzman, K. D. D. C., Felipe, J. L. F., Tayamen, M. M., & Ragaza, J. A. (2017). Replacement of fishmeal with processed meal from knife fish *Chitala ornata* in diets of juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture Reports*, 5, 76-83.
- Bremer, F., & Matthiesen, S. (2020). A review of research relating to food slicing in industrial applications. *Journal of Food Engineering*, 268, 109735.
- Hun, D. (2001). *Farm Power And Machinery Management* (10th Edition). Hoboken, New Jersey, USA: Wiley–Blackwell.
- Montgomery, D. C. (2010). *Introduction to Statistical Quality Control* (6th Edition). Hoboken, New Jersey, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Schuldt, S., Witt, T., Schmidt, C., Schneider, Y., Nündel, T., Majschak, J.-P., & Rohm, H. (2018). High-speed cutting of foods: Development of a special testing device. *Journal of Food Engineering*, 216, 36-41.
- Völkl, T. (2012). *Sickle Blade*, European Patent EP000002529903B1.
- Walter, C. (1931). *Slicing Machine*, United states Patent US1957623A.
- Wedgwood, I. (2016). *Lean Sigma--A Practitioner's Guide 2nd Edition*. Hoboken, New Jersey: Prentice Hall 2016.

