

การพัฒนาเครื่องแยกขยะจากผลปาล์มแบบตะแกรงหมุน Development of Palm-Waste Separator with Rotary Grate

อามีน อาลีหมัลบารี, ทินพัฒน์ พัฒน์ชู, อัจฉริยะ กลิ่นดี, อภิเชษฐ์ เลขวิริยะกุล, มั๊กตาร์ แวหะยี* และ กำพล ประทีปชัยกูร

สถานวิจัยเทคโนโลยีพลังงานและภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112

*: E-mail: wmakatar@eng.psu.ac.th, เบอร์โทร: 074-287231, เบอร์โทรสาร: 074-558830

บทคัดย่อ

โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มแบบรวมเมล็ดในปาล์ม จะต้องใช้วัตถุดิบจากปาล์มร่วงที่ต้องซื้อจากลานเทพาล์ม ลูกปาล์มร่วงที่รับซื้อส่วนใหญ่จะปะปนด้วยขยะ ซึ่งต้องมีการแยกขยะก่อนที่จะทำการอบปาล์ม เครื่องแยกขยะที่ใช้อยู่ปัจจุบันเป็นแบบตะแกรงสั่น ซึ่งผู้ประกอบการจะพบปัญหาไม่สามารถแยกขยะเปียกได้ สำหรับงานวิจัยนี้จะพัฒนาเครื่องแยกขยะจากผลปาล์มแบบตะแกรงหมุน ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบตะแกรงทรงกระบอกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 58.8 cm และมีความยาว 124 cm วางบนล้อรับน้ำหนักโดยทำมุมเอียงกับแนวระดับ ลูกปาล์มร่วงที่ผสมขยะถูกเทเข้าไปในถังหมุน (ด้านที่สูง) ระหว่างที่ตะแกรงถูกหมุน ขยะจะหลุดออกระหว่างตะแกรง ลูกปาล์มถูกลำเลียงออกอีกด้าน (ด้านที่ต่ำ) ในการทดสอบจะใช้ลูกปาล์มร่วง 10 kg ผสมขยะ 1 kg โดยทดสอบกรณีลูกปาล์มผสมขยะแบบแห้งและแบบเปียก ในกรณีที่ทดสอบลูกปาล์มผสมขยะแบบเปียก จะเติมน้ำ 0.5 kg และคลุกเคล้าให้ตัวอย่างเปียกทั่วกัน สำหรับความเร็วรอบของตะแกรงหมุนกำหนดให้คงที่ที่ 14 รอบ/นาที และความเอียงของตะแกรงเทียบกับแนวระดับได้ปรับที่มุม 5, 10 และ 15 องศา จากการทดสอบพบว่า ที่มุมเอียงของตะแกรงหมุน 15 องศา สามารถแยกขยะจากลูกปาล์มได้มากที่สุดและใช้ระยะเวลาในการแยกขยะน้อยสุด ทั้งกรณีตัวอย่างแบบแห้งและแบบเปียก

คำหลัก: ปาล์มน้ำมัน, เครื่องแยกขยะแบบตะแกรงสั่น, เครื่องแยกขยะแบบตะแกรงหมุน

Abstract

Defoliation palm fruits are generally used to be raw material in palm oil milling factory with kernel mixed extraction type. Most of the defoliation palm fruits are mixed with waste. Before sterilizing, the waste has to be separated from the palm fruits. A vibration grate separator is currently used. However, the limitation of the separator is that the wet condition of palm fruits and waste can't be separated. In this research, a rotary grate separator for palm-waste separating was invented. The grate was cylinder which has 58.8 cm in a diameter and 124 cm in a length. The grate was placed on supported rollers and was inclined to the horizontal line. The mixer of palm fruits and waste was interred in the higher side of rotary grate. While the grate was rotating, the waste drop through the space of grate and the palm fruits was conveyed out to the lower side. For the dry samples, 10 kg of the palm fruits and 1 kg of the waste were mixed while for the wet sample, 0.5 kg of water was mixed and stirred. The rotary grate was rotated at 14 rpm, and the inclination of the grate respecting to the horizontal line

was varied at 5, 10 and 15 degrees. The results showed that the inclination of the grate with 15 degrees is the best due to maximizing separated waste and minimizing separation time.

Keywords: Oil Palm Fruit, Vibration grate separator, Rotary grate separator

1. บทนำ

ผลปาล์มน้ำมันคือ ดอกตัวเมียที่ได้รับการผสมพันธุ์จากเกสรตัวผู้ หลังการผสมเกสรแล้วจะเริ่มมีการเจริญเติบโตโดยใช้เวลาจนถึงวันเก็บเกี่ยวอย่างน้อย 5-6 เดือน ทะลายปาล์มน้ำมัน 1 ทะลาย จะมีขนาดประมาณ 35 x 45 เซนติเมตร ขึ้นอยู่กับอายุและสายพันธุ์รวมทั้งความสมบูรณ์ของต้น แต่ละทะลายจะมีผลประมาณ 500-4,000 ผล และน้ำหนักประมาณ 10-30 กิโลกรัม ผลปาล์มน้ำมันที่อยู่ข้างในทะลายจะมีขนาดเล็กกว่าผลที่อยู่รอบนอก

ผลปาล์มน้ำมัน 1 ลูก มีขนาดประมาณ 2-5 เซนติเมตร น้ำหนักประมาณ 30 กรัม/ผล รูปที่ 1 แสดงส่วนประกอบของผลปาล์มน้ำมัน [1] ชั้นนอกสุดเป็นผิวเปลือก (Exocarp) มีสีแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ ชั้นถัดไปเป็นเนื้อมาก (Mesocarp) เป็นชั้นที่มีน้ำมันและไฟเบอร์เป็นองค์ประกอบหลัก น้ำมันในชั้นนี้เรียกว่า CPO (Crude Palm Oil) ซึ่งจะมีปริมาณ 45-55% เมื่อคืดต่อน้ำหนักผลทั้งลูก น้ำมันมีสีเหลือง จนถึงสีส้มแดง จุดหลอมตัวอยู่ที่ 25-50°C น้ำมันในชั้นนี้เป็นชนิดไม่อิ่มตัวมาก ถัดเข้าไปเป็นชั้นของเมล็ด (Seed) หรือกะลาปาล์ม (Shell) สำหรับชั้นในสุดเป็นเนื้อใน (Kernel) มีสีขาว ชั้นนี้มีส่วนประกอบของน้ำมันอยู่จำนวนมากเช่นกัน ซึ่งเรียกว่า CPKO (Crude Palm Kernel Oil) มีคุณสมบัติแตกต่างจากน้ำมันในส่วนของ Mesocarp มีลักษณะคล้ายกับน้ำมันมะพร้าว ไม่มีสีหรือมีสีขาวอมเหลืองจัดเป็นชนิดอิ่มตัว [2]



รูปที่ 1 ส่วนประกอบของผลปาล์ม [1]

ผลผลิตของปาล์มน้ำมันสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลายทั้งในสินค้าอุปโภคและบริโภค เช่น ส่วนผสมของอาหาร สำหรับประกอบการทำอาหาร ส่วนผสมอาหารสัตว์และสามารถเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตพลังงานทดแทน เช่น ไบโอดีเซล เป็นต้น

อุตสาหกรรมสำหรับสกัดน้ำมันปาล์มสามารถแบ่งตามกระบวนการผลิตได้ออกเป็น 2 ประเภท คือ ทีบแบบแยกเมล็ดในปาล์มและทีบแบบรวมเมล็ดในปาล์ม การทีบแบบแยกเมล็ดในปาล์มนั้นส่วนใหญ่จะเป็นโรงงานขนาดใหญ่ที่มีกำลังการผลิตสูง ใช้ผลปาล์มทั้งทะลายเป็นวัตถุดิบ แล้วนำมาอบด้วยไอน้ำก่อนเข้าเครื่องสกัดแบบสกู ซึ่งจะได้ผลผลิตสองส่วนคือ น้ำมันจากเนื้อปาล์มและน้ำมันจากเมล็ดในปาล์ม

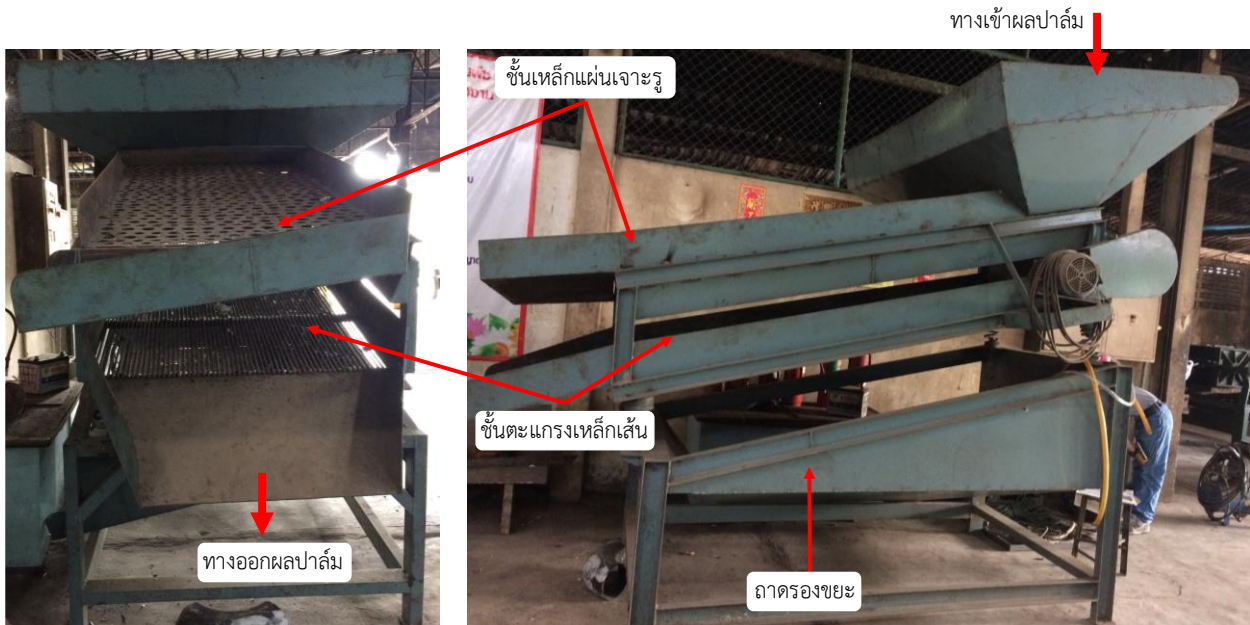
สำหรับอีกวิธีคือการทีบแบบรวมเมล็ดในปาล์ม โดยส่วนใหญ่ใช้กับโรงงานขนาดเล็ก ซึ่งจะรับเฉพาะผลปาล์มร่วง จากนั้นจะให้ความร้อนโดยการย่างก่อนที่จะนำผลปาล์มที่ได้ไปทีบในขั้นตอนต่อไป สำหรับลูกปาล์มร่วงทางโรงงานจะรับซื้อจากลานเทปาล์ม หรือจากเกษตรกรโดยตรง ลูกปาล์มร่วงที่รับซื้อส่วนใหญ่จะปะปนด้วยขยะ เช่น ฝอยที่มาจากทางใบปาล์มและทะลายปาล์ม เศษขี้ลูกปาล์ม เศษไม้ เศษหญ้า หรือ เศษหิน ดิน ทราาย เป็น

ต้น เศษขยะที่เป็นแบบฝอยจะถูกแยกโดยใช้คราด ตามที่ได้แสดงในรูปที่ 2 สำหรับเศษขยะอื่นๆ จะแยกจากลูกปาล์มแยก ซึ่งจะต้องป้อนเข้าสู่กระบวนการอบและกระบวนการอื่นๆพร้อมๆ กับลูกปาล์ม ในส่วนขยะที่ปะปนกับลูกปาล์มนี้ จะทำให้เกิดการสูญเสียพลังงาน เนื่องจากต้องมีการลำเลียงและให้ความร้อนในกระบวนการอบพร้อมๆ กับลูกปาล์ม



รูปที่ 2 ขยะที่ปะปนมาพร้อมกับลูกปาล์มร่วง ผู้ประกอบการจะต้องแยกขยะแบบฝอยก่อนเข้าสู่กระบวนการอบ

สำหรับโรงงานบางแห่งจะใช้เครื่องแยกขยะจากผลปาล์มแบบตะแกรงสั่น ตามที่แสดงในรูปที่ 3 ซึ่งประกอบด้วยตะแกรง 2 ชั้น ชั้นแรกเป็นแบบเหล็กแผ่นรูและชั้นล่างเป็นแบบเหล็กเส้นที่ประกอบห่างกันประมาณ 1.5 cm ตะแกรงทั้งสองชุดวางอยู่บนสปริง ทำมุมเอียงกับแนวระดับ ลูกปาล์มที่มีขยะจะถูกป้อนเข้าด้านบน ในช่วงตะแกรงทั้ง 2 ชั้น เกิดการสั่น ทำให้ลูกปาล์มพร้อมเศษขยะเล็กๆ สามารถผ่านรูเจาะของชั้นเหล็กแผ่นได้และตกลงไปยังชั้นตะแกรงเหล็กเส้น จากนั้นเศษขยะจะตกลงด้านล่างซึ่งเป็นถาดรองขยะ ส่วนลูกปาล์มจะกลิ้งตกไปยังทางออกของผลปาล์มเพื่อเก็บรวบรวมต่อไป อย่างไรก็ตามจะพบปัญหาไม่สามารถแยกขยะเปียกออกจากลูกปาล์มร่วงได้อย่างต่อเนื่อง เนื่องจากเศษขยะเปียกจะติดระหว่างร่องของเหล็กเส้น



รูปที่ 3 เครื่องแยกขยะแบบตะแกรงสั่น

จากปัญหาดังกล่าว ที่ไม่สามารถแยกขยะเปียกได้ ในงานวิจัยนี้จะแก้ไขโดยการออกแบบเครื่องแยกขยะจากผล

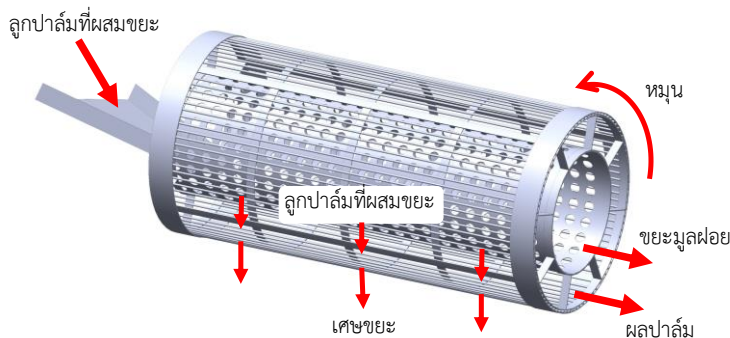
ปาล์มแบบตะแกรงหมุน โดยประยุกต์จากเครื่องแยกขยะเดิมที่เคลื่อนที่แบบสั่นให้เป็นการเคลื่อนที่แบบหมุน ซึ่ง

โครงสร้างจะเป็นเหล็กแผ่นเจาะรูและตะแกรงเหล็กเส้นที่ม้วนเป็นรูปทรงกระบอกแล้วนำมาประกอบกัน

ในอดีตนักวิจัยได้ออกแบบเครื่องแยกลูกปาล์มออกจากทะลาย [3] เป็นลักษณะถังหมุนซึ่งสามารถแยกผลปาล์มออกจากทะลายและแยกขยะออกจากผลปาล์มพร้อมๆ กันได้ แต่อย่างไรก็ตามผลปาล์มที่ได้ต้องเข้าเครื่องแยกขยะแบบละเอียดอีกครั้ง นอกจากนี้มีเครื่องคัดแยกเมล็ดถั่วพันธุ์ฮามาต้า ซึ่งมีลักษณะเป็นตะแกรงหมุนทำหน้าที่คัดแยกเมล็ดถั่วฮามาต้าที่สมบูรณ์ออกจากเมล็ดพันธุ์ถั่วฮามาต้าที่ไม่สมบูรณ์ [4]

จากแนวคิดทั้งหมด ทีมวิจัยได้พัฒนาเครื่องแยกขยะจากผลปาล์มแบบตะแกรงหมุน ซึ่งมีข้อดีคือ สามารถช่วยแยกขยะขนาดใหญ่ เช่น ขยะฝอย เป็นต้น และเศษขยะขนาดเล็กได้พร้อมๆ กัน และสามารถแยกขยะเปียกที่เครื่องแยกขยะแบบตะแกรงสั่นไม่สามารถทำได้อย่างต่อเนื่อง ในเบื้องต้นจะศึกษาผลของมุมเอียงของตะแกรงเทียบกับแนวระดับที่ 5, 10 และ 15 องศา โดยศึกษากรณีขยะแห้งและขยะเปียก

2. ชุดทดลองและวิธีการทดลอง



(ก) โครงสร้างของถังหมุน



(ข) รูปถ่ายตัวถังหมุน

รูปที่ 4 ตัวถังหมุนแยกขยะจากผลปาล์ม

จากรูปที่ 5 แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องแยกขยะที่ใช้ในการทดลอง ตัวตะแกรงถังหมุนจะวางอยู่บนโครงสร้างฐานบนซึ่งจะมีถังรองรับน้ำหนักทั้งหมด 4 ชุด โดยมีลูกกลิ้งด้านบน 1 ชุด ที่อยู่ด้านตรงข้ามเฟืองขับทำหน้าที่ประคองให้ถังหมุนอยู่ในตำแหน่งคงที่ สำหรับ

2.1 ชุดทดลอง

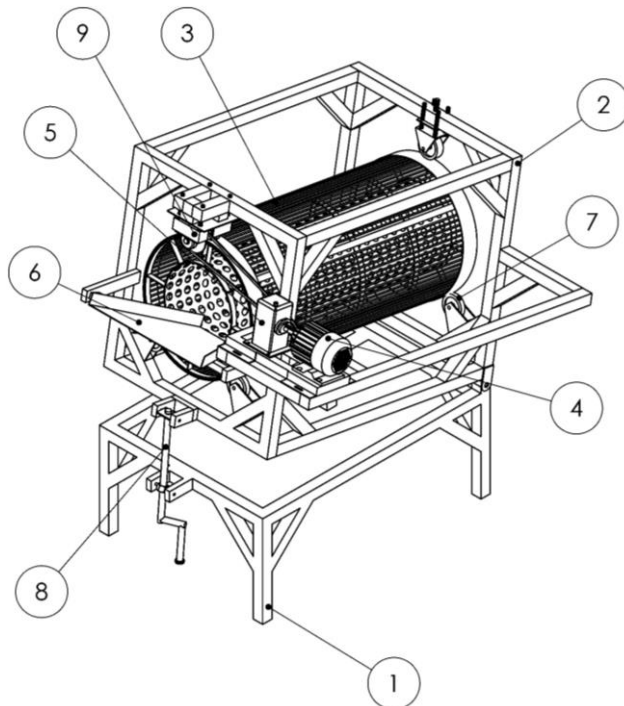
จากรูปที่ 4 แสดงต้นแบบตะแกรงถังหมุนสำหรับแยกขยะออกจากผลปาล์มที่ใช้ในการทดลอง ตัวตะแกรงถังหมุนจะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ตะแกรงชั้นในที่ทำมาจากเหล็กแผ่นเจาะรู ซึ่งรูที่เจาะมีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 30 mm ตัดให้มีขนาด 114x124 cm จากนั้นเข้าเครื่องม้วนเพื่อให้เป็นรูปทรงกระบอกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 36 cm และตะแกรงชั้นนอกที่ทำมาจากเหล็กเส้นหน้าตัดกลม เชื่อมประกอบกันเป็นตะแกรงทรงกระบอก จากนั้นประกอบตะแกรงชั้นในและชั้นนอกโดยนำเหล็กเส้นแบนมาเชื่อมติดระหว่างตะแกรงชั้นในและชั้นนอก

หลักการแยกขยะออกจากผลปาล์ม ลูกปาล์มที่มีขยะผสมอยู่จะถูกป้อนเข้าตะแกรงชั้นใน ในระหว่างที่ตะแกรงหมุน ขยะที่มีขนาดใหญ่ เช่น ขยะมูลฝอย จะไปตกอีกด้านหนึ่งและลูกปาล์มผสมขยะที่มีขนาดเล็กจะตกลงไปยังตะแกรงชั้นนอก จากนั้นเศษขยะที่มีขนาดเล็กจะตกด้านล่างระหว่างเหล็กเส้นและผลปาล์มจะตกอีกด้านหนึ่งเพื่อทำการเก็บรวบรวมต่อไป

ด้านเฟืองขับจะถูกกดด้วยชุดขับ โดยลูกกลิ้งที่อยู่ด้านบนและชุดเฟืองขับจะถูกกดด้วยสปริงเพื่อให้สามารถปรับระยะการกดได้ ด้านข้างมีชุดเฟืองและมอเตอร์ขับเคลื่อน ซึ่งสามารถปรับความเร็วรอบได้โดยใช้อินเวอร์เตอร์ ตัวถังหมุนจะถูกหมุนด้วยความเร็วรอบ 14 รอบ/นาที

นอกจากนี้ตัวเครื่องสามารถปรับองศาการเอียงของ

ตะแกรงหมุนได้โดยใช้สตัดปรับองศาเอียง



รูปที่ 5 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องแยกขยะจากผลปาล์ม 1. โครงสร้างฐานล่าง 2. โครงสร้างฐานบน 3. ตะแกรงหมุน 4. มอเตอร์ 5. ชุดเฟืองทด 6. ถาดป้อนผลปาล์ม 7. ล้อโรลเลอร์ 8. สตัดปรับองศาเอียง

2.2 วิธีการทดลอง

สำหรับการทดสอบจะใช้ลูกปาล์มร่วง 10 kg และขยะ 1 kg ผสมกัน โดยทดสอบ 2 กรณี คือ 1) ลูกปาล์มที่ผสมขยะแบบแห้ง และ 2) ลูกปาล์มที่ผสมขยะแบบเปียก ในกรณีที่ทดสอบลูกปาล์มที่ผสมขยะเปียก จะเติมน้ำ 0.5 ลิตร และคลุกเคล้าให้ตัวอย่างเปียกทั่วกัน จากนั้นจะนำลูกปาล์มร่วงที่ผสมขยะเทเข้าไปในถังหมุน (ด้านที่สูง) ซึ่งจะทำให้ลูกปาล์มร่วงที่ผสมขยะจะตกลงบนตะแกรง จากนั้นตะแกรงจะหมุนเพื่อทำการแยกขยะออกจากผลปาล์ม

ในการวัดผลการทดลองจะชั่งน้ำหนักผลปาล์มและน้ำหนักขยะ (ก่อนแยกและหลังแยกขยะ) โดยทดลองที่มุมเอียงของตะแกรงเทียบกับแนวระดับที่มุม 5, 10 และ 15 องศา

3. ผลการทดลอง

รูปที่ 6 แสดงลูกปาล์มที่ผสมขยะก่อนเข้าเครื่องแยกขยะสำหรับที่ใช้ในการทดลอง จากรูปจะสังเกตเห็นได้ว่า ลูก

ปาล์มร่วงจะปะปนด้วยเศษไม้ เศษหญ้า หรือ เศษดิน เป็นต้น เมื่อทำการป้อนเข้าเครื่องแยกขยะจะได้ลูกปาล์มร่วงที่ไม่ปะปนขยะ ตามที่แสดงดังรูปที่ 7 และขยะที่เป็นเศษไม้ เศษหญ้า หรือ เศษดิน ตามที่แสดงดังรูปที่ 8



รูปที่ 6 ลูกปาล์มที่ผสมขยะก่อนเข้าเครื่องแยกขยะ
(กรณีแบบเปียก)



รูปที่ 7 ลูกปาล์มร่วงที่ได้หลังจากเข้าเครื่องแยกขยะ
(กรณีแบบเปียก)



รูปที่ 8 ขยะที่ได้หลังจากเข้าเครื่องแยกขยะ
(กรณีแบบเปียก)

จากตารางที่ 1 แสดงผลการทดลองกรณีตัวอย่างแห้ง พบว่ามุมเอียงของตะแกรงที่ 15 องศา สามารถแยกลูกปาล์มออกจากขยะได้มากที่สุดและใช้ระยะเวลาในการแยกน้อยสุด สำหรับมุมเอียงของตะแกรงที่ 10 และ 5 องศา ใช้ระยะเวลานานกว่า นอกจากนี้พบว่าที่มุมเอียงของตะแกรงที่ 5 องศา ผลปาล์มที่ใช้ในการทดลองเกิดตกหล่นด้านหน้าเครื่องขณะที่ใส่ผลปาล์มเพื่อทำการแยกขยะ

ตารางที่ 1 ผลการทดลองกรณีตัวอย่างแห้ง (ปาล์ม 10 กก. และขยะ 1 กก.)

องศาการเอียง (degree)	น้ำหนักผลปาล์ม (กิโลกรัม)	น้ำหนักขยะ (กิโลกรัม)	เวลา (นาที)	หมายเหตุ
5	8.6	1.0	3.00	ผลปาล์มตกทางด้านหน้าเครื่อง 1.4 กิโลกรัม
10	10.0	1.0	1.50	-
15	10.0	1.0	1.20	-

ตารางที่ 2 ผลการทดลองกรณีตัวอย่างเปียก (ปาล์ม 10 กก. และขยะ 1 กก. และน้ำ 0.5 กก.)

องศาการเอียง (degree)	น้ำหนักผลปาล์ม (กิโลกรัม)	น้ำหนักขยะ (กิโลกรัม)	เวลา (นาที)	หมายเหตุ
5	8.7	1.1	3.00	ผลปาล์มตกทางด้านหน้าเครื่อง 1.4 kg
10	10.4	1.0	1.50	-
15	10.3	1.2	1.25	-

สำหรับตารางที่ 2 แสดงผลการทดลองกรณีตัวอย่างเปียก พบว่ามุมเอียงของตะแกรงที่ 15 องศาสามารถแยกลูกปาล์มออกจากขยะได้มากที่สุดและใช้ระยะเวลาในการแยกน้อยสุด แต่สำหรับมุมเอียงของตะแกรงที่ 10 และ 5 องศา ใช้ระยะเวลานานกว่า นอกจากนี้พบว่าที่มุมเอียงของตะแกรงที่ 5 องศา ผลปาล์มที่ใช้ในการทดลองเกิดตกหล่นด้านหน้าเครื่องขณะที่ใส่ผลปาล์มเพื่อทำการแยกขยะ นอกจากนี้พบว่าที่มุมเอียงของตะแกรงที่ 10 และ 15 องศา ซึ่งน้ำหนักผลปาล์มหลังทำการแยกได้มีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจจะเกิดจากน้ำหนักของน้ำที่ผสมลงไป 4.

4. สรุปผลการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบเครื่องแยกขยะจากผลปาล์มจากเดิมที่เป็นแบบตะแกรงสั้นมาเป็นแบบตะแกรงหมุนซึ่งได้ศึกษาผลของมุมเอียงของตะแกรงที่มีต่อการคัดแยกขยะแบบแห้งและแบบเปียกออกจากผลปาล์ม จากการทดสอบพบว่า มุมเอียงของตะแกรงที่ 15 องศา สามารถแยกลูกปาล์มออกมาจากขยะได้มากที่สุดและใช้ระยะเวลาในการแยกขยะน้อยสุดเทียบกับกรณีมุมเอียงที่ 10 และ 5 องศา

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ซึ่งเป็นโครงการของนักศึกษาระดับปริญญาตรี

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] อามีน อาลีหมัลบารี, มักรัตร์ แวหะยี, ชยุด นันทุสสิต, การทบทวนเอกสาร: กระบวนการของการสกัดน้ำมันปาล์มในประเทศไทย, สถานวิจัยเทคโนโลยีพลังงาน และ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- [2] ชนินทร พรหมภดล, 2550, การวิเคราะห์และออกแบบตู้ตั้งปาล์ม, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- [3] สันห์ชัย กลิ่นพิกุล, ชิต ลีมวรพันธ์, 2544, เครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะเลาะปาล์มสด, ประเทศไทย, เลขสิทธิบัตร 10593
- [4] ประภาภรณ์ แสงวิจิตร, 2550, เครื่องคัดแยกเมล็ดพันธุ์ถั่วฮามาต้าแบบตาข่ายทรงกระบอก, ประเทศไทย, เลขสิทธิบัตร 21972