การจัดการขยะมูลฝอยจากหลุมฝังกลบเพื่อผลิตเชื้อเพลิงขยะพื้นที่จังหวัดนนทบุรี

Municipal Solid Waste Management from Landfill for Refuse-Derived Fuel Production in Nonthaburi Province

อุดร ระโหฐาน และ ปรางค์ทิพย์ ฤทธิโชติ แก้วเพ็งกรอ*

Udorn Rahothan and Prangtip Rittichote Kaewpengkrow*

วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนรัตนโกสินทร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ นครปฐม 73170

Rattanakosin College for Sustainable Energy and Environment,

Rajamangala University of Technology Rattanakosin, NakhonPathom, 73170

*Corresponding author: Tel 094 5569854. Email: prangtip.kae@rmutr.ac.th

Received: 14 September 2022, Revised: 11 April 2023, Accepted: 24 April 2023, Published online: 30 August 2023

Abstract

The objectives of this work are to study the guidelines for management of landfill waste and the appropriate RDF production according to the context of the Nonthaburi Province. The waste composition and the properties of waste passed through the landfill were considered. The potential of the physicochemical of landfill waste that passed through a multi-stage sorting system was analyzed to improve quality before producing refuse-derived fuel (RDF). The landfill waste is sorted mechanically by pre-shredders. Then, the waste entered the metal sorting step through the magnetic sorting belt. The magnetically separated waste enters the disc screen belt to separate the soil particles. The waste smaller than 80 mm was passed through the air classifier sorting to remove the heavy material. It is then screened by hand-sorting to remove the incombustible material. The waste from the multi-sorting step is compacted into RDF bales. Samples of the landfill waste were taken before and after sorting using the quartering method for physical composition analysis. The results suggested that the waste that had been landfilled for 15 years had a plastic content that increased from 47.32% to 67.93%. In the proximate analysis, the moisture content was 35.80% and high ash content was 60.01 %, and the calorific value was 1,459 kcal/kg, which is lower than the RDF standard. However, after the multi-sorting process that removed the incombustible materials, the RDF indicated that the ash content was lower than 8.80%. Moreover, the calorific value increased to 5,139 kcal/kg, meeting the standard value of RDF. Therefore, the multi-sorting process of landfill waste proves to be an effective way to increase fuel quality and reduce the amount of waste in landfills. It also serves as an appropriate guideline for RDF production to generate electricity for the country in the future.

Keywords: Municipal solid waste, Refuse-derived fuel (RDF), Landfill waste, Solid waste management

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการขยะมูลฝอยเก่าจากหลุมฝังกลบและแนวทางการผลิตเชื้อเพลิงขยะที่เหมาะสมตามบริบทของจังหวัดนนทบุรี โดยทำการศึกษาองค์ประกอบของขยะและวิเคราะห์คุณสมบัติของขยะมูลฝอยที่ผ่านการฝังกลบ พิจารณาศักยภาพสมบัติทางเคมีกายภาพของขยะมูลฝอยที่ผ่านระบบคัดแยกหลายขั้นตอนเพื่อปรับปรุงคุณภาพก่อนนำมาผลิตเชื้อเพลิงขยะ (RDF) ขยะจากหลุมฝังกลบจะผ่านการคัดแยกเชิงกลโดยเครื่องฉีกย่อยขยะเบื้องต้น จากนั้นเข้าสู่การคัดแยกโลหะโดยเครื่องคัดแยกด้วยแม่เหล็ก ขยะที่ผ่านการแยกด้วยแม่เหล็กจะเข้าสู่เครื่องร่อนเพื่อแยกเศษดินขนาดเล็กออก ขยะที่มีขนาดเล็กกว่า 80 มิลลิเมตร จะผ่านการคัดแยกด้วยลมเพื่อคัดแยกวัตถุที่มีน้ำหนักออก แล้วจึงคัดแยกด้วยมือเพื่อเอาวัสดุที่เผาไหม้ไม่ได้ออก ขยะที่ผ่านการคัดแยกนำมาอัดก้อน RDF เป็นขั้นตอนสุดท้าย ทำการสุ่มขยะเก่าในบ่อฝังกลบเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ ทั้งก่อนและหลังการคัดแยกโดยวิธี Quartering จากการศึกษาพบว่าขยะมูลฝอยที่ผ่านกระบวนการฝังกลบเป็นเวลา 15 ปี ที่ผ่านการคัดแยกมีองค์ประกอบที่เป็นพลาสติกเพิ่มขึ้นจากร้อนละ 47.32 เป็นร้อยละ 67.93 เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบแบบประมาณพบว่ามีค่าความชื้นประมาณร้อยละ 35.80 และปริมาณเถ้ามากถึงร้อยละ 60.01 ค่าความร้อนประมาณ 1,459 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม ซึ่งมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานเชื้อเพลิงขยะ เมื่อผ่านกระบวนการคัดแยกหลายขั้นตอนเพื่อคัดวัสดุที่เผาไหม้ไม่ได้ออกก่อน พบว่าปริมาณเถ้าต่ำกว่าร้อยละ 8.80 ค่าความร้อนเพิ่มขึ้นเป็น 5,139 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม ซึ่งมีค่าตามเกณฑ์มาตรฐานของเชื้อเพลิงขยะ ดังนั้นกระบวนการคัดแยกขยะจากหลุมฝังกลบจึงเป็นแนวทางเพิ่มคุณภาพเชื้อเพลิงและลดปริมาณขยะจากหลุมฝังกลบได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังเป็นแนวทางทางการผลิตเชื้อเพลิงขยะเพื่อผลิตไฟฟ้าของประเทศในอนาคต

คำสำคัญ: ขยะมูลฝอย เชื้อเพลิงขยะ (RDF) ขยะหลุมฝังกลบ การจัดการขยะมูลฝอย

บทนำ

องค์ประกอบของขยะมูลฝอยในประเทศไทยโดยทั่วไปประกอบด้วยอินทรียวัตถุเป็นส่วนใหญ่ ได้แก่ อาหาร, กระดาษ, ผ้าและสิ่งทอ ประมาณร้อยละ 50 10 และ 5 ตามลำดับ และสมบัติทางเคมีของขยะมูลฝอย ซึ่งประกอบไปด้วยค่าความชื้นสูง, องค์ประกอบอินทรีย์สูง และค่าความร้อนต่ำ ทำให้ขยะมูลฝอยในประเทศไทย เหมาะกับกระบวนการหมักทำปุ๋ย และการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน [1] จากนโยบายภาครัฐที่มุ่งเน้นการรีไซเคิลขยะ ทำให้มีแนวโน้มปริมาณขยะที่รีไซเคิลได้สูงขึ้น [2] เทคโนโลยีแปลงขยะเป็นพลังงาน (Waste-to-Energy) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่มีบทบาทสำคัญในการผลิตพลังงานและมีการใช้เทคโนโลยีนี้กันอย่างแพร่หลาย ในประเทศที่พัฒนาแล้วรวมถึงประเทศที่กำลังพัฒนา สมบัติทางเคมีของขยะมูลฝอย ซึ่งประกอบไป ด้วย ค่าความชื้นสูง, องค์ประกอบอินทรีย์สูง และค่าความร้อนต่ำ ทำให้ขยะมูลฝอยในประเทศไทยเหมาะกับกระบวนการหมักทำปุ๋ย และการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน การนำขยะมูลฝอยมาผลิตเชื้อเพลิงขยะ (Refuse-Derived Fuel, RDF) เป็นหนึ่งในเทคโนโลยีแปลงขยะเป็นพลังงาน (Waste-to-Energy) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่มีบทบาทสำคัญในการผลิตพลังงานและมีการใช้เทคโนโลยีนี้ กันอย่างแพร่หลายในประเทศที่พัฒนาแล้วรวมถึงประเทศที่กำลังพัฒนาด้วย

การศึกษาคุณสมบัติของ RDF ที่ทำการศึกษาโดย Intharathirat และคณะ [3] แสดงให้เห็นว่าค่าความร้อนของขยะ RDF ควรจะสูงกว่า 15 เมกกะจูลต่อกิโลกรัม และควรมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 25 ปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการเลือกเชื้อเพลิงทางเลือกอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์มีความชื้น (ประมาณร้อยละ 10–15) และค่าความร้อน (ควรมากกว่า 16.7 เมกกะจูลต่อกิโลกรัม) และพบว่าขยะที่ขุดได้จากหลุมฝังกลบมีศักยภาพในการผลิต RDF เนื่องจากค่าความร้อนสูง ค่าความร้อนของขยะที่ขุดแล้วจากบริเวณทิ้งขยะ (29.5 เมกกะจูลต่อกิโลกรัม) สูงกว่า RDF จากขยะสด (19.4 เมกกะจูลต่อ

กิโลกรัม) อย่างไรก็ตามปริมาณความชื้นและการปนเปื้อนของโลหะหนักในขยะที่ขุดพบเกินมาตรฐานของ RDF เป็นผลให้มีการเลือกใช้ trommel screen ที่มีประสิทธิภาพเพื่อแยกเศษดิน (ร้อยละ 55) ออกจากส่วนประกอบของของเสีย (การเผาและการแปรสภาพเป็นแก๊ส) ปัจจุบันมีโรงบำบัดด้วยความร้อน 4 แห่ง อยู่ในประเทศไทย มีสามแห่งที่ใช้ RDF เป็นเชื้อเพลิงในทำนองเดียวกันในอิตาลีมีโรงงาน WTE 17 โรงงาน จากทั้งหมด 53 โรงงาน ใช้ RDF เป็นวัตถุดิบ RDF มีศักยภาพสูงในการเป็นเชื้อเพลิงทางเลือก สำหรับการผลิต RDF ในประเทศไทยอยู่ที่ประมาณ 2.46 เมกกะตันต่อปี ประกอบด้วยพลาสติกร้อยละ 40 ขยะร้อยละ 30 อาหารร้อยละ 10 ขยะกระดาษน้อยกว่าร้อยละ 10 และวัสดุไม่ติดไฟร้อยละ 10 ในขณะที่ค่าความร้อนต่ำ LHV และปริมาณความชื้นประมาณ 19.6 เมกกะจูลต่อกิโลกรัมและ ร้อยละ 12 ตามลำดับ [3]

สำหรับประเทศไทยมี บริษัท ปูนซิเมนต์สามแห่งที่ลงทุนในโรงงานคัดแยกเพื่อการผลิต RDF ในการผลิตกระแสไฟฟ้า ค่าความร้อนที่เหมาะสมสำหรับเตาเผาปูนซีเมนต์คืออย่างน้อย 18.8 เมกกะจูลต่อกิโลกรัม ค่าความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 30 คลอไรด์และกำมะถันมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 1 [4] แสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยี RDF มีความสำคัญและมีบทบาทในการบำบัดและลดปริมาณขยะจำนวนมาก อย่างไรก็ตามความท้าทายที่สำคัญของการใช้ RDF ในเตาเผาซีเมนต์ คือความแปรปรวนของคุณลักษณะของขยะ ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสูง ความต้องการเทคโนโลยีการคัดแยกที่ซับซ้อนและการเก็บรักษามีขนาดใหญ่ นอกจากนี้การกำหนดนโยบาย เช่น การกำหนดค่ามาตรฐาน RDF การปล่อยมลพิษทางอากาศและแนวทางการจัดการขยะแบบบูรณาการ ส่วนกลางต้องระบุถึงระดับศักยภาพการใช้ประโยชน์ของ RDF [3,5]

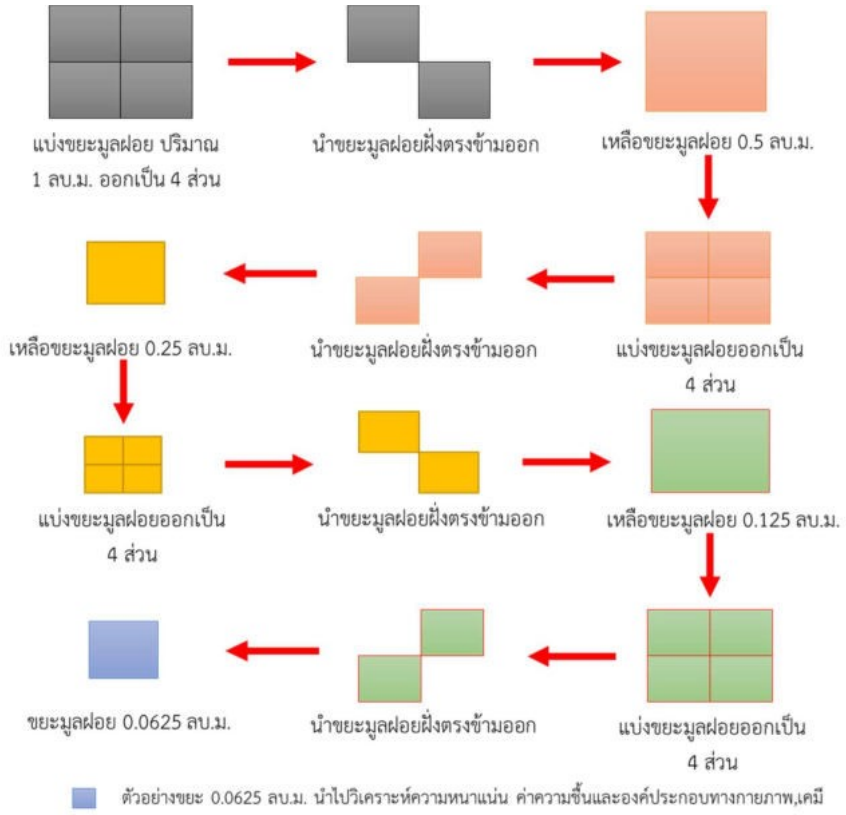
งานวิจัยนี้จึงสนใจแนวทางการจัดการขยะจากหลุมฝังกลบเพื่อผลิตพลังงานอย่างยั่งยืน โดยการนำขยะจากหลุมฝังกลบเพื่อผลิตเชื้อเพลิงขยะของจังหวัดนนทบุรีสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตกระแสไฟฟ้า มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบขยะและคุณสมบัติทางเคมีความร้อนที่ผ่านการฝังกลบ ประสิทธิภาพของกระบวนการคัดแยกขยะเพื่อผลิตขยะ RDF ของประเทศไทย

วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาแนวทางการจัดการขยะเก่าจากหลุมฝังกลบโดยกระบวนการคัดแยกหลายขั้นตอน เพื่อคัดแยกวัสดุที่เผาไหม้ไม่ได้ออกก่อนนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงฟ้าขยะและผลิตกระแสไฟฟ้า แหล่งของขยะมาจากศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยองค์การบริหารส่วนจังหวัดนนทบุรี โดยขยะที่ผ่านการฝังกลบมีลักษณะดังภาพที่ 1

ภาพที่ 1 ขยะจากหลุมฝังกลบ (a) กองขยะหลุมฝังกลบอายุ 10 ปี (b) การสุ่มตัวอย่างขยะจากหลุมฝังกลบ

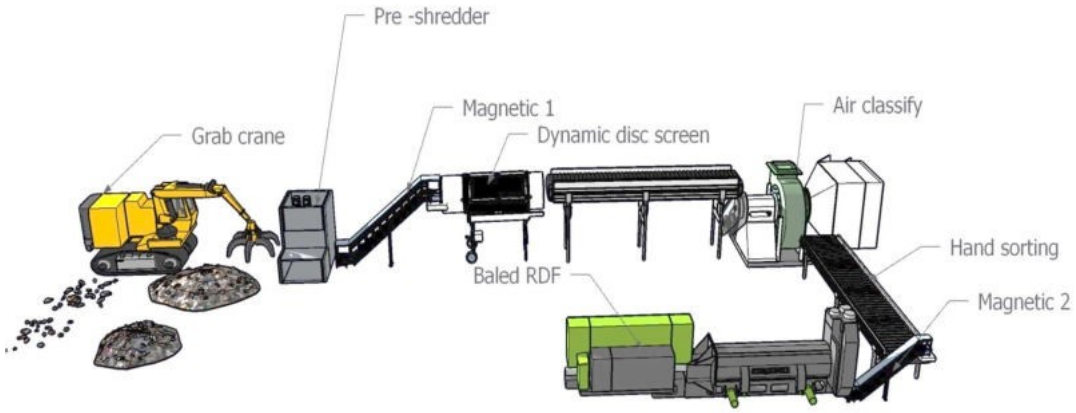
ผู้วิจัยทำการศึกษาขยะจากบ่อฝังกลบ ณ ตำบลคลองขวาง อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี โดยทำการสุ่มขยะเก่าในบ่อฝังกลบที่มีอายุขยะ 15 ปี ทำการสุ่มตัวอย่างวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพของขยะเก่าทั้งก่อนเข้าระบบคัดแยกและหลังจากเข้าระบบคัดแยกแล้ว เพื่อให้ทราบถึงองค์ประกอบขยะจากบ่อฝังกลบต่างๆ และนำขยะบางส่วนเข้าห้องปฏิบัติการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีต่อไป งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษากระบวนการผลิตเชื้อเพลิงจากขยะฝังกลบ ในพื้นที่กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลนนทบุรี โดยมีบริษัทเอกชนเป็นผู้ลงทุน โดยมีเป้าหมายเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิง RDF ให้กับโรงไฟฟ้าแบบฟลูอิดไดซ์เบดขนาด 9.5 เมกกะวัตต์



ภาพที่ 2 การสุ่มตัวอย่างโดยวิธี Quartering

การเก็บตัวอย่างดำเนินการโดยสุ่มจากขยะ โดยแต่ละตัวอย่างที่ทำการสุ่มจะทำตามขั้นตอน คือ ปริมาณที่ทำการสุ่ม คือ 1 ลูกบาศก์เมตร จากนั้นจึงทำการสุ่มตัวอย่างขยะมูลฝอยโดยวิธี Quartering โดยแบ่งขยะออกเป็นสี่ส่วน นำขยะออกครึ่งหนึ่งและคลุกเคล้าขยะให้เข้ากัน แล้วจึงแบ่งขยะออกเป็นสี่ส่วน ทำซ้ำจำนวนสี่ครั้ง จนเหลือขยะ 0.0625 ลูกบาศก์เมตร น้ำหนักประมาณ 10 กิโลกรัม โดยมีขั้นตอนการสุ่มตัวอย่างดังแผนภาพที่ 2 แล้วจึงนำไปทำการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพของขยะตามมาตรฐาน ASTM ได้แก่ ค่าความชื้น (Moisture Content) , ปริมาณเถ้า (Ash Content) คาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon) ASTM D 5373-16 และปริมาณสารระเหย (Volatile Mater) ASTM D 7582-15 รวมถึงการวิเคราะห์แบบแยกธาตุและค่าความร้อน กระบวนการผลิตเชื้อเพลิงขยะจากหลุมฝังกลบมีแผนผังกระบวนการดังภาพที่ 3

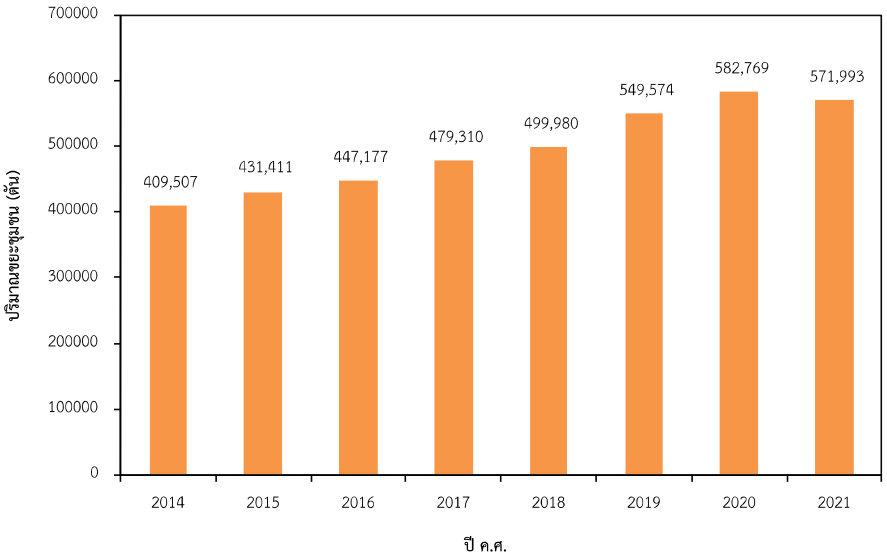
ขยะจากหลุมฝังกลบเข้าสู่กระบวนการสับหยาบ (Pre – shredder) ทำให้ขยะจากหลุมฝังกลบ (LFW) ที่มีขนาดใหญ่ให้มีขนาดเล็กลง เพื่อจะได้สลัดดินที่อยู่ภายในของถุงออกแล้วเข้าเครื่องร่อนดินต่อไป จากนั้นจะถูกนำไปสู่การคัดแยกโลหะ โดยเครื่องคัดแยกด้วยแม่เหล็ก (Magnetic separator) ที่ทำหน้าที่คัดแยกโลหะออกหรือเหล็กที่ปะปนมากับ LW ออกเพราะเป็นสิ่งที่เผาไหม้ไม่ได้และเป็นสิ่งที่โรงไฟฟ้าไม่ต้องการ [7] ขยะที่ผ่านการแยกด้วยแม่เหล็กจะเข้าสู่เครื่องร่อน (Disc screen) ซึ่งทำหน้าที่คัดแยกก้อนหินเศษดินหรือวัตถุที่มีน้ำหนักออกจากถุงพลาสติกขนาดของรูเพลาที่ร่อน 80 มิลลิเมตร ไม่ว่าจะเป็นแก้วหรือพลาสติกที่มีขนาดเล็กกว่า 80 มิลลิเมตร จะตกลงไปที่สายพาน ขยะที่มีขนาดเล็กกว่า 80 มิลลิเมตร จะผ่านการคัดแยกด้วยลม (Air separator) ทำหน้าที่ คัดแยกวัตถุที่มีน้ำหนักออก โดยจะมีลมพัดเศษพลาสติกหรือวัตถุที่มีน้ำหนักเบาไปยังขั้นตอนถัดไปเมื่อแยกวัสดุที่มีน้ำหนักเบาแล้ว จึงคัดแยกด้วยมือ (hand sorting) ซึ่งใช้เจ้าหน้าที่คอยคัดแยกสิ่งที่ไม่ต้องการออก เช่น ยาง ท่อ pvc หรือเศษโลหะที่หลุดรอดจากกระบวนการก่อนหน้า เพื่อไม่ให้ติดไปกับขยะที่จะนำไปอัดก้อน ขยะที่ผ่านการแยกด้วยมือขั้นสุดท้ายจะถูกนำมาอัดก้อน RDF (RDF – Baler) ที่มีอัตราการผลิต 30 ก้อนต่อชั่วโมง ขนาด 1 x 1.2 เมตร เชื้อเพลิงขยะอัดก้อนเพื่อความสะดวกในการจัดเก็บและขนย้าย ก่อนนำไปกระจายเป็นชิ้นเพื่อเข้าโรงไฟฟ้าต่อไป



ภาพที่ 3 แผนผังเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต RDF

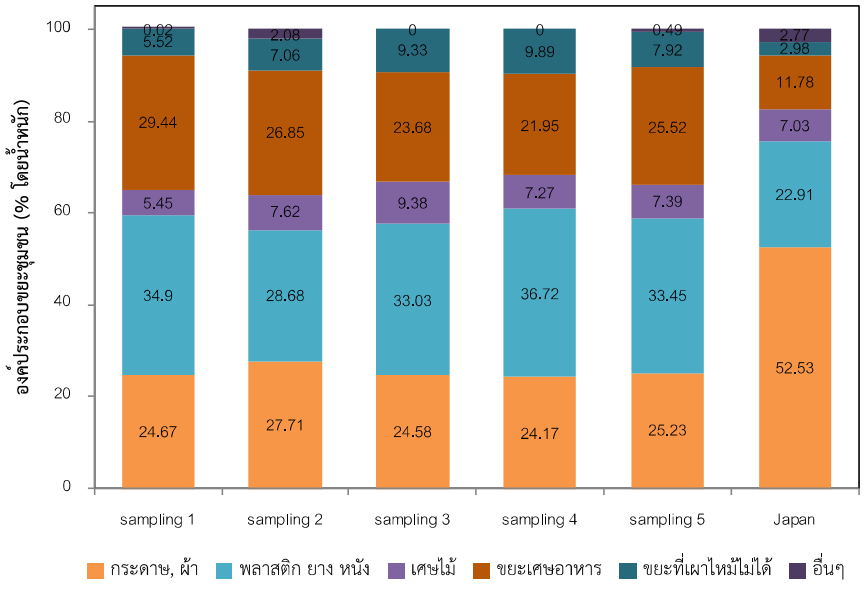
ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

สถานรับกำจัดขยะมูลฝอยนนทบุรีตั้งอยู่บนพื้นที่ ตำบลคลองขวาง อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี รับขยะมูลฝอยปริมาณ 1,000 ตันต่อวัน จากการศึกษาพบว่ามีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี และมีปริมาณลดลงเล็กน้อยในปี 2021 ทั้งนี้เนื่องมาจากสถานการณ์โรคระบาด covid-19 ดังภาพที่ 4 องค์ประกอบของขยะมูลฝอยในประเทศไทยโดยทั่วไปประกอบด้วยอินทรียวัตถุเป็นส่วนใหญ่ ได้แก่ เศษอาหาร ,กระดาษ, ผ้าและสิ่งทอ



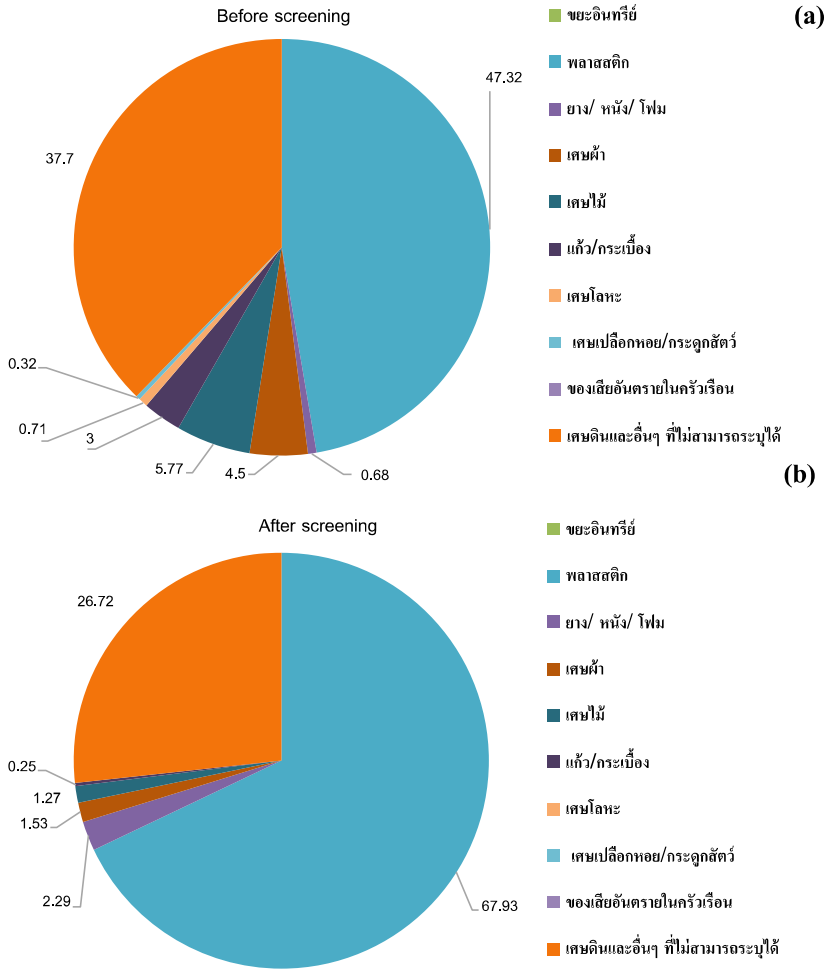
ภาพที่ 4 ปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนของจังหวัดนนทบุรี

จากการศึกษาองค์ประกอบขยะชุมชนของจังหวัดนนทบุรีในช่วงฤดูฝนปี พ.ศ. 2562 ดังภาพที่ 5 จากการศึกษาองค์ประกอบขยะชุมชนของจังหวัดนนทบุรีพบว่า องค์ประกอบหลักคือขยะพลาสติก ยาง และหนัง ร้อยละ 28.68-36.42 (ฐานแห้ง) รองลงมาคือ ขยะจากครัวเรือนร้อยละ 21.95-29.44 กระดาษและสิ่งทอร้อยละ 24.17-27.71วัสดุที่เผาไหม้ไม่ได้ร้อยละ 7.06-9.89 อย่างไรก็ตามองค์ประกอบขยะของประเทศไทยมีปริมาณขยะอินทรีย์น้อยกว่าประเทศในกลุ่มอาเซียนเช่น ประเทศเวียดนาม [6] เมื่อเปรียบเทียบกับขยะของประเทศญี่ปุ่นจะเห็นว่า มีขยะกลุ่มสารอินทรีย์จากครัวเรือนของไทยสูงกว่าประเทศญี่ปุ่นมากกว่า 2 เท่า เช่นเดียวกับขยะที่เผาไหม้ไม่ได้ ทั้งนี้เนื่องจากประเทศไทยยังไม่มีการส่งเสริมการคัดแยกขยะจากครัวเรือนอย่างต่อเนื่อง



ภาพที่ 5 องค์ประกอบขยะชุมชนของจังหวัดนนทบุรี จำนวนตัวอย่าง 5 แห่ง

ผลงานวิจัยองค์ประกอบขยะชุมชนของจังหวัดนนทบุรี มีความสอดคล้องกับองค์ประกอบขยะของจังหวัดเชียงราย ที่พบว่าประมาณร้อยละ 40 ของขยะมูลฝอยประกอบด้วยขยะอินทรีย์ [11] อย่างไรก็ตามพบปริมาณถุงพลาสติกสูงถึงร้อยละ 60 ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่ทำให้ขยะเชื้อเพลิงมีค่าความร้อนสูงขยะ RDF ก่อนการคัดแยกและที่ผ่านการคัดแยก แบ่งองค์ประกอบออกเป็น 10 ประเภท ประกอบด้วย ขยะอินทรีย์ พลาสติก ยาง/ หนัง/ โฟม เศษผ้า เศษไม้ แก้ว/ กระเบื้อง เศษโลหะ เศษเปลือกหอย/กระดูกสัตว์ ของเสียอันตรายในครัวเรือน เศษดินและอื่นๆ ที่ไม่สามารถระบุได้ หลังการคัดแยกพบว่าสัดส่วนของวัสดุที่ไหม้ไฟได้เป็นเชื้อเพลิงมีปริมาณสูงขึ้น โดยเฉพาะขยะพลาสติกที่มีปริมาณสูงขึ้นจากร้อยละ 47.32 เป็น 67.93 ซึ่งผลให้ มีค่าความร้อนที่สูงขึ้น นอกจากนี้ขยะที่เผาไหม้ไม่ได้ เช่น เศษเหล็ก ตะปู ขยะกลุ่ม PVC ที่ก่อให้เกิดสารไดออกซิน ถูกคัดแยกออกก่อนนำไปใช้ในการเผาไหม้ ซึ่งทำให้การเผาไหม้เพื่อผลิตพลังงานมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น องค์ประกอบขยะ RDF ที่ผ่านการคัดแยกเชิงกลหลายขั้นตอนดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 องค์ประกอบขยะ RDF ที่ผ่านการคัดแยกเชิงกล (a) ก่อนการคัดแยก (b) หลังการคัดแยก

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบแบบประมาณและแบบแยกธาตุขยะจากหลุมฝังกลบทางเคมีของขยะ RDF จากหลุมฝังกลบ จังหวัด นนทบุรีตามมาตรฐาน ASTM โดยวิเคราะห์ขยะ RDF จากหลุมฝังกลบ และส่วนที่ผ่านเครื่องคัดแยกจากกระบวนการผลิต ขยะ RDF ที่ฝังกลบมาผ่านกระบวนการผลิตในกระบวนการคัดแยก การวิเคราะห์แบบประมาณ ซึ่งประกอบไปด้วย ค่าความชื้นสูง, องค์ประกอบอินทรีย์สูง และค่าความร้อนต่ำ ดังตารางที่ 1 พบว่าขยะที่ผ่านกระบวนการคัดแยกมีค่าความชื้นลดลงอย่างมาก ปริมาณขี้เถ้าลดลงจากร้อยละ 60.01 เหลือ 8.80 และมีค่าความร้อนสูงขึ้นจากเดิมถึงร้อยละ 71 ซึ่งค่าความร้อนเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญของคุณสมบัติเชื้อเพลิงจากขยะ ดังนั้นกระบวนการคัดแยกหลายขั้นตอนจึงเป็นส่วนที่สำคัญในการเพิ่มค่าความร้อนให้กับเชื้อเพลิงขยะ RDF [7,8] จากการศึกษางานวิจัยของ Infiesta, L.R และคณะ [7] ที่ทำการศึกษาการคัดแยกขยะชุมชนของจากเทศบาลเมือง Boa Esperança, Minas Gerais, ประเทศบราซิลเพื่อผลิตเชื้อเพลิง RDF ที่มีการออกแบบสายการผลิตขยะ RDF ในระดับอุตสาหกรรม (SWPL) สามารถแปลงขยะประมาณ 55 ตันวัน เป็นเชื้อเพลิง RDF 30 ตันต่อวัน พบว่า RDF ที่ผ่านกระบวนการคัดแยกมีความชื้นลดลงจากร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก เหลือเพียงร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก ค่าความร้อนสูงขึ้นเท่ากับ 16.3 เมกกะจูลต่อกิโลกรัม [6] ซึ่งผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีกายภาพงานวิจัยดังกล่าวมีความสอดคล้องกับงานวิจัยนี้

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของขยะ RDF จากหลุมฝังกลบ

รายละเอียด	**ขยะจากหลุมฝังกลบ (% wt.)**	**S.D.**	**ขยะ RDF (% wt.)**	**S.D.**
องค์ประกอบแบบประมาณ				
ค่าความชื้น (% as received)	35.80	± 4.9	1.08	± 1.6
ปริมาณขี้เถ้า (% at dry basis)	60.01	± 7.2	8.80	± 5.4
ประมาณสารระเหย (% at dry basis)	39.16	± 2.9	98.61	± 6.0
ประมาณคาร์บอนคงที่ (% at dry basis)	0.65	± 4.4	1.59	± 11.7
องค์ประกอบแบบแยกธาตุ (% wt. at dry basis)				
คาร์บอน	23.05	± 9.4	40.49	± 9.4
ไฮโดรเจน	4.18	± 5.7	7.71	± 0.3
ไนโตรเจน	10.74	± 2.6	29.84	± 10.4
ออกซิเจน	1.28	± 0.4	12.38	± 1.7
ซัลเฟอร์	0.37	± 0.1	0.18	± 0.1
คลอรีน	0.37	0.0	0.60	± 0.1
ค่าความร้อนสูง (kcal/kg at as received)	1,459.8	± 1.9	5,139.9	± 9.4

นอกจากนี้หากพิจารณาในแง่ของประสิทธิภาพการใช้พลังงานเทคโนโลยีฟลูอิดไดซ์เบด พบว่าการนำ SRF หรือขยะที่ผ่านการคัดแยกก็สามารถรับประกันการผลิตไฟฟ้าที่เพียงพอ (ตอบสนองตลาดความต้องการ) ของโรงไฟฟ้าได้ [13] จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่ากระบวนการคัดแยกส่งผลให้ขยะที่ผ่านการคัดแยกมีคุณสมบัติทางความร้อนที่ดีที่ดีขึ้น

เหมาะสมไปผลิตเชื้อเพลิงแข็งในโรงไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ [14,15] ซึ่งเป็นข้อดีของงานวิจัยนี้ อย่างไรก็ตามยังต้องคำนึงถึงต้นทุนของการผลิตเชื้อเพลิง RDF ซึ่งเป็นส่วนที่ควรศึกษาในงานวิจัยต่อไป

เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบแบบแยกธาตุจะเห็นว่าปริมาณคาร์บอนของขยะ RDF มีค่าสูงขึ้น ปริมาณซัลเฟอร์และคลอรีนค่อนข้างต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด [9-12] ซึ่งชี้ให้เห็นว่าขยะ RDF ซึ่งช่วยลดการก่อให้เกิดแก๊สมลพิษ เช่น SO_x และ ไดออกซินได้ อย่างไรก็ตามยังพบปริมาณไนโตรเจนที่ค่อนข้างสูงที่อาจเกิดแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ได้เมื่อนำไปเผาไหม้ จึงต้องมีกระบวนการบำบัดก๊าซมลพิษ เมื่อนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงต่อไป เมื่อพิจารณาปริมาณเถ้าจากขยะที่ผ่านการฝังกลบ พบว่าผลการวิเคราะห์มีแนวโน้มใกล้เคียงกับกับงานวิจัยของ Rotheut และคณะ ที่ทำการศึกษาการเผาไหม้ขยะจากหลุมฝังกลบร่วมกับขยะชุมชน พบว่าปริมาณของเถ้าจากขยะที่ผ่านการฝังกลบสูงในช่วงร้อยละ 26.7 – 49.6 ซึ่งมาจากองค์ประกอบอนุภาคขนาดเล็กของเศษดินที่ปิดฝังขยะ [13]

สรุปผลการวิจัย

การผลิตพลังงานจากขยะจะเกิดขึ้นได้นั้น ต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง ทั้งการสนับสนุนการลงทุนจากภาครัฐและการคัดแยกขยะชุมชนจากภาคครัวเรือน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเชื้อเพลิงขยะ จากข้อมูลปริมาณขยะของจังหวัดนนทบุรีที่มีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปี ทำให้มีปริมาณขยะที่ต้องกำจัดเพิ่มสูงขึ้นและต้องการพื้นที่ฝังกลบมากขึ้น งานวิจัยนี้ทำการศึกษาองค์ประกอบของขยะและวิเคราะห์คุณสมบัติของขยะมูลฝอยที่ผ่านการฝังกลบเพื่อนำมาเป็นเชื้อเพลิงสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้า จากการศึกษาพบว่าขยะชุมชนของจังหวัดนนทบุรีมีองค์ประกอบของวัสดุที่เผาไหม้ได้ค่อนข้างสูง จึงส่งผลให้ขยะชุมชนที่ผ่านการฝังกลบมีองค์ประกอบทางเคมีกายภาพที่เหมาะสมในการใช้เป็นเชื้อเพลิงขยะ RDF โดยขยะจากหลุมฝังกลบที่ผ่านกระบวนการคัดแยกหลายขั้นตอนเพื่อคัดเลือกวัสดุที่เผาไหม้ไม่ได้ออก พบว่าปริมาณเถ้าลดลงจากร้อยละ 60 เหลือเพียงร้อยละ 8.80 ค่าความร้อนเพิ่มขึ้นเป็น 5,139 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม ซึ่งมีค่าตามเกณฑ์มาตรฐานของเชื้อเพลิงขยะซึ่งจัดอยู่ในประเภท RDF 2 ดังนั้นกระบวนการคัดแยกขยะจากหลุมฝังกลบจึงเป็นแนวทางเพิ่มคุณภาพเชื้อเพลิง และลดปริมาณขยะจากหลุมฝังกลบได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังเป็นแนวทางการผลิตเชื้อเพลิงขยะเพื่อใช้ในภาคอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น การนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อนกับโรงเผาปูนซีเมนต์ เชื้อเพลิงหม้อไอน้ำ หรือเป็นเชื้อเพลิงร่วมกับถ่านหินเพื่อผลิตไฟฟ้าของประเทศในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัท สยาม พาวเวอร์ จำกัด ที่ให้การสนับสนุนเครื่องมือและสถานที่ทำวิจัย ร่วมถึงองค์การบริหารส่วนจังหวัดนนทบุรีให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการศึกษาวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] ลีละเศรษฐกุล, อ., และ ปทุมสวัสดิ์, ส. (2016). การวิเคราะห์คุณสมบัติขยะมูลฝอยเพื่อแนวทางการผลิตเชื้อเพลิงขยะของโรงกาจัดขยะมูลฝอยเชิงกลชีวภาพอ่อนนุช. **Journal of Energy and Environment Technology**. 3(2), 50-59.

[2] กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2561). สถานการณ์ขยะมูลฝอยและของเสียอันตรายและการบริหารจัดการขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย. **สรุปสถานการณ์มลพิษของประเทศไทยปี 2561.** 36-39.

[3] Intharathirat, R. and Abdul Salam, P. (2016). Valorization of MSW-to-Energy in Thailand: Status, Challenges and Prospects. **Waste and Biomass Valorization**. 7 (1), 31-57.

[4] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (2554). พลังงานขยะ. **คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน.** 51-60.

[5] Thanopoulos, S., Karellas, S., Kavrakos, M., Konstantellos, G., Tzempelikos, D. and Kourkoumpas, D. (2020). Analysis of Alternative MSW Treatment Technologies with the Aim of Energy Recovery in the Municipality of Vari-Voula-Vouliagmeni. **Waste and Biomass Valorization**. 11 (4), 1585-1601.

[6] Thanh, H.T., Yabar, H. and Higano, Y. (2015). Analysis of the Environmental Benefits of Introducing Municipal Organic Waste Recovery in Hanoi City, Vietnam. **Procedia Environmental Sciences**. 28, 185-194.

[7] Infiesta, L.R., Ferreira, C.R.N., Trovó, A.G., Borges, V.L. and Carvalho, S.R. (2019). Design of an industrial solid waste processing line to produce refuse-derived fuel. **Journal of Environmental Management**. 236, 715-719.

[8] Zhao, L., Giannis, A., Lam, W.-Y., Lin, S.-X., Yin, K., Yuan, G.-A. and Wang, J.-Y. (2016). Characterization of Singapore RDF resources and analysis of their heating value. **Sustainable Environment Research**. 26 (1), 51-54.

[9] Kaewpengkrow, P., Atong, D. and Sricharoenchaikul, V. (2012). Pyrolysis and gasification of landfilled plastic wastes with Ni– Mg– La/Al_2O_3 catalyst. **Environmental Technology**. 33 (22), 1-7.

[10] Srisaeng, N., Tippayawong, N. and Tippayawong, K.Y. (2017). Energetic and Economic Feasibility of RDF to Energy Plant for a Local Thai Municipality. **Energy Procedia**. 110, 115-120.

[11] Duangjaiboon, K., Kitiwan, M. and Kaewpengkrow, P.R. (2021). Co-pelletization of Industrial Sewage Sludge and Rice Straw: Characteristics and Economic Analysis. **Int. Journal of Renewable Energy Development**. 10 (3), 653-662.

[12] Yanasinee, S., Pasukphun, N., Hongtong, A., Keawdunglek, Laor, P., and Apidechkul, T. (2019). Waste Composition Evaluation for Solid Waste Management Guideline in Highland Rural Tourist Area in Thailand. **Applied Environmental Research**. 41 (2), 13-26.

[13] Rotheut, M. and Quicker, P. (2017). Energetic utilisation of refuse derived fuels from landfill mining. **Waste Management**. 62, 101-117.

[14] Gisi, S.D., Chiarelli, A., Tagliente, L. and Notarnicola, M. (2017). Energy, environmental and operation aspects of a SRF-fired fluidized bed waste-to-energy plant. **Waste Management**. 73, 271-286.

[15] Kaniowski, W., Taler, J., Wang, X., Kalemba-Rec, I., Gajek, M., Mlonka-Mędrala, A., and Magdziarz, A. (2022). Investigation of biomass, RDF and coal ash-related problems: Impact on metallic heat exchanger surfaces of boilers. **Fuel**. 326, 125122.