วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2023.04.002

บทความวิจัย

ศักยภาพการผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะมูลฝอยในพื้นที่บ่อขยะเทกองแบบเปิดโล่ง

อภิชญา สวัสดี[1*] กัลยารัตน์ สุขนันท์ชนะ[2] เสาวลักษณ์ เฮ้าสกุล[3] และ ศศิธร หาสิน[1]

[1] สาขาวิชานวัตกรรมการจัดการสิ่งแวดล้อม, วิทยาลัยนวัตกรรมการจัดการ, มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

[2] สาขาวิชาการจัดการการบริการและการโรงแรม, วิทยาลัยนวัตกรรมการจัดการ, มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

[3] ศูนย์เทคโนโลยีไบโอเซ็นเซอร์และไบโออิเล็กทรอนิกส์, สำนักวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

[*] ผู้ประสานงานเผยแพร่ (Corresponding Author), E-mail: apichaya.s@vru.ac.th

วันที่รับบทความ: 3 พฤศจิกายน 2565; วันที่ทบทวนบทความ: 6 มกราคม 2566; วันที่ตอบรับบทความ: 18 มกราคม 2566
วันที่เผยแพร่ออนไลน์: 13 เมษายน 2566

บทคัดย่อ: การศึกษาศักยภาพการผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะมูลฝอยในพื้นที่บ่อขยะเทกองแบบเปิดโล่ง (Open Dumping) มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจปริมาณขยะมูลฝอยในพื้นที่บ่อขยะ ค่าความร้อน และค่าความชื้นของขยะมูลฝอย เพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์ศักยภาพในการผลิตเชื้อเพลิงขยะ ผลการวิจัยพบว่า จากการลงพื้นที่สำรวจพบว่าน้ำหนักขยะมูลฝอยสุทธิเฉลี่ย 216.61 ตันต่อวัน ปริมาณรถขยะเข้าออกพื้นที่เฉลี่ย 74 คันต่อวัน ตามลำดับ ค่าความร้อนของขยะมูลฝอยที่มีอายุ 3-10 ปี มีค่า 4,000 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม อายุ 0-3 ปี มีค่า 6,000 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม อายุ 10 ปี ขึ้นไป มีค่า 8,000 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม ในส่วนขยะมูลฝอยใหม่ที่มีการเก็บขนและเข้ามาทิ้งในพื้นที่บ่อขยะ มีค่า HHV 7,000 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ค่าความชื้นของอายุขยะ 0-3 ปี มีค่าความชื้นมากที่สุดคือ 35% ที่อายุขยะ 3-10 ปี ซึ่งเป็นขยะเก่านั้น มีค่าความชื้นเฉลี่ย 20% ที่อายุขยะ 10 ปี มีค่าความชื้นเฉลี่ย 10% และที่ผิวบ่อ ซึ่งเป็นขยะใหม่มีค่าความชื้น น้อยกว่า 5% ตามลำดับ จากงานวิจัยสามารถนำข้อมูลไปใช้รองรับการจัดการขยะมูลฝอยในพื้นที่บ่อขยะ นำไปสู่การผลิตเชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel: RDF) 2 และ 3 เพื่อนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตพลังงานความร้อนหรือพลังงานไฟฟ้าได้ ซึ่งสามารถเชื่อมโยงกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนที่ 7 ด้านการเข้าถึงพลังงาน และเพิ่มสัดส่วนของพลังงานทดแทนได้

คำสำคัญ: เชื้อเพลิงขยะ; พื้นที่บ่อขยะเทกองแบบเปิดโล่ง; ขยะมูลฝอย

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2023.04.002

บทความวิจัย

Potential of Refuse Derived Fuel Production from Solid Waste in Open Dumping Area

Apichaya Sawasdee[1*], Kanlayarat Sukkananchana[2], Saowaluck Haosagul[3] and Sasitorn Hasin[1]

[1] Program in Innovation of Environmental Management, College of Innovative Management, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage

[2] Program in Hospitality and Hotel Management, College of Innovative Management, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage

[3] Biosensor and Bioelectronics Technology Centre, Science and Technology Research Institute, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok

* Corresponding author, E-mail: apichaya.s@vru.ac.th

Received: 3 November 2022; Revised: 6 January 2023; Accepted: 18 January 2023
Online Published: 13 April 2023

Abstract: The objectives for the potential of refuse-derived fuel production from solid waste in open dumping area were to survey the amount of municipal solid waste (MSW) in open dumping area, heating value, and moisture content of MSW to analyze the potential of refuse-derived fuel production. The results showed that the average weight of MSW was 216.61 tons per day, and the number of garbage trucks that entered the area was 74 cars per day, respectively. The heating value of MSW 3-10 years was 4,000 kcal/kg, 0-3 years was 6,000 kcal/kg, and more than 10 years was 8,000 kcal/kg, in term of daily MSW that was collected and disposed of into this open dumping area has heating value 7,000 kcal/kg, respectively. The moisture content of MSW 0-3 years was an average of 35%, 0-3 years was an average of 20%, more than 10 years was an average of 10%, and daily MSW was an average of 5%, respectively. From the research, the data can support MSW management in open dumping area, producing refuse-derived fuel: RDF 2 and 3 that are material for thermal energy or electrical energy. Thus, this research can be linked to sustainable development goal 7 on access to energy and increasing the proportion of alternative energy.

Keywords: Open Dumping Area; Refuse Derived Fuel; Solid Waste

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2023.04.002

บทความวิจัย

1. บทนำ

ปัจจุบันปัญหาขยะมูลฝอยเป็นปัญหาทั้งในระดับประเทศ ระดับจังหวัด และระดับท้องถิ่น ซึ่งต้องเร่งรัดแก้ไขปัญหากันอย่างจริงจัง ด้วยความร่วมมือจากทุกภาคส่วนทั้งหน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชน รวมถึงภาคการศึกษา เพื่อให้เกิดกระบวนการจัดการในทุกมิติอย่างยั่งยืน ซึ่งมีหลายพื้นที่ในประเทศไทยที่มีการเทกองแบบเปิดโล่ง (Open Dumping) ที่ไม่ได้มีการควบคุม และไม่มีมาตรการใดๆ ในการควบคุมสารมลพิษหรือสารปนเปื้อนจากสถานที่เทกองขยะมูลฝอย ทำให้ส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชนโดยรอบ จังหวัดกาญจนบุรีเป็นจังหวัดหนึ่งที่ต้องการแก้ไขปัญหาการจัดการขยะมูลฝอยในระยะเร่งด่วน โดยจัดการขยะมูลฝอยนั้น รวมถึงการจัดการของเสียอันตราย และยังมีแผนปฏิบัติการแก้ไขปัญหาในพื้นที่วิกฤตที่ต้องเร่งแก้ไขปัญหากำจัดขยะมูลฝอยไม่ถูกต้องและตกค้างสะสม ทำให้มีความจำเป็นอย่างยิ่งในการดำเนินการจัดการขยะมูลฝอยอย่างถูกวิธี เพื่อลดผลกระทบต่อประชาชนโดยรอบ พื้นที่บริเวณเชิงเขาทอง หมู่ที่ 5 ตำบลแก่งเสี้ยน อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี มีพื้นที่บ่อขยะเพื่อใช้ในการจัดการขยะมูลฝอย 53 ไร่ สถานการณ์ปัญหาขยะมูลฝอยเข้าขั้นวิกฤตจนถึงระดับที่ต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน เนื่องจากมีปริมาณขยะมูลฝอยที่เข้าสู่พื้นที่เป็นจำนวนมาก นำไปสู่การจัดการขยะมูลฝอยอย่างถูกวิธีเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สุขภาพอนามัยของประชาชนในบริเวณใกล้เคียง โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาการแพร่กระจายของพาหะนำโรคจากแมลงวันที่สามารถนำเชื้อโรคจากพื้นที่บ่อขยะไปแพร่สู่คนและสัตว์ ซึ่งอาจส่งผลกระทบวงกว้างต่อชุมชนและเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ในบริเวณใกล้เคียงเป็นอย่างมาก รวมถึงเมื่อมีน้ำชะขยะเกิดขึ้นในพื้นที่บ่อขยะ ยังส่งผลให้เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ยุง นำไปสู่การเกิดโรคไข้เลือดออก และยังนำไปสู่การปนเปื้อนของน้ำชะขยะในแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำใต้ดินซึ่งจะส่งผลเสียต่อพืช สิ่งมีชีวิตในน้ำ และมนุษย์ โดยทำให้เกิดมลพิษต่อน้ำดื่มและการชลประทานเพื่อการเกษตร [1] นอกจากนี้พื้นที่บ่อขยะยังมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่บรรยากาศ เช่นก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ หรือก๊าซไข่เน่า (H_2S) เนื่องจากพื้นที่มีการทับถมกันของขยะมูลฝอยหลายประเภท

เชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel: RDF) เป็นการเปลี่ยนขยะมูลฝอยหรือของเสียให้เป็นพลังงาน สำหรับเชื้อเพลิงขยะ RDF นั้นสามารถแบ่งเป็น 7 ประเภท ตั้งแต่ RDF 1 ถึง RDF 7 ตามลักษณะการแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงขยะ ขนาดของเชื้อเพลิงขยะ และค่าความร้อน ซึ่งเป็นทางเลือกในการจัดการขยะมูลฝอยและแก้ไขปัญหาการขาดแคลนพลังงาน ทำให้เกิดการใช้ประโยชน์ของขยะมูลฝอยได้ และสามารถรองรับการเพิ่มขึ้นของขยะมูลฝอยในปัจจุบันได้ [2] โดยเชื้อเพลิงขยะสามารถนำไปใช้ในการเผาไหม้โดยตรงหรือการเผาไหม้ร่วมกับเชื้อเพลิงประเภทอื่นๆได้ [3, 4]

ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงดำเนินการศึกษาศักยภาพการผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะมูลฝอยในพื้นที่บ่อขยะเทกองแบบเปิดโล่ง เพื่อเป็นแนวทางนำไปสู่การใช้ประโยชน์จากขยะมูลฝอยในพื้นที่บ่อขยะในจังหวัดกาญจนบุรีและในพื้นที่อื่น ที่มีจำนวนมากในประเทศไทย ผลิตเป็นเชื้อเพลิงจากขยะ และนำไปใช้ประโยชน์เพื่อผลิตเป็นพลังงานความร้อนหรือพลังงานไฟฟ้าต่อไป

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2023.04.002

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ คือ พื้นที่บ่อขยะบริเวณเชิงเขาทอง ตำบลแก่งเสี้ยน อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี พิกัด 14.1015853, 99.5455744 ดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 แสดงบริเวณพื้นที่สำรวจขยะมูลฝอย

2.2 การสำรวจปริมาณขยะมูลฝอย

การสำรวจปริมาณขยะมูลฝอยในบ่อขยะ แบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

(1) การใช้รถขุดเจาะในพื้นที่ เพื่อนำขยะมูลฝอยที่ถูกฝังกลบไว้ ไปหาค่าความร้อน และค่าความชื้น เก็บตัวอย่างใส่ถังพลาสติกขนาด 20 ลิตร เพื่อให้เพียงพอต่อการนำไปวิเคราะห์ การใช้รถขุดเจาะเพื่อเก็บตัวอย่างในพื้นที่ ดำเนินการลงพื้นที่วิจัยเพื่อเก็บตัวอย่างในช่วงมกราคม 2565 ถึงมีนาคม 2565 โดยระยะเวลาการฝังกลบของแต่ละจุดเจาะนั้นจะมีความแตกต่างกันไป เริ่มตั้งแต่ระยะเวลา 0 ปี ถึงมากกว่า 10 ปี โดยที่การขุดจะแบ่งเป็นช่วงเวลา 0-3 ปี ที่ความลึก 2 เมตร 3-10 ปี ที่ความลึก 4 เมตร และ 10 ปีขึ้นไป ที่ความลึก 6 เมตร ตามลำดับ ดังรูปที่ 2

รูปที่ 2 การใช้รถขุดเจาะเพื่อวิเคราะห์ปริมาณขยะมูลฝอยเก่าภายในบ่อขยะ

(2) การนับจำนวนรถขยะที่เข้าสู่พื้นที่ และบันทึกข้อมูล ด้วยแบบบันทึกจำนวนรถขยะ เป็นการนับจำนวนรถขยะในวันทำการ ตั้งแต่เวลา 08:00-17:00 น. เพื่อให้ทราบถึงจำนวน และขนาดของรถขยะ เพื่อนำมาคำนวณเป็นปริมาณขยะมูลฝอยใหม่ที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน ดังรูปที่ 3

รูปที่ 3 รถขยะที่เข้ามาทิ้งขยะมูลฝอยในพื้นที่บ่อขยะ

2.3 การวิเคราะห์ความหนาแน่นของขยะมูลฝอย

การวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นของขยะมูลฝอยทำได้โดยวิเคราะห์ความหนาแน่นปกติ (Bulk Density) เป็นความหนานแน่นขยะมูลฝอยในภาชนะเก็บรวบรวมขยะมูลฝอย โดยจะมีการอัดให้แน่นเล็กน้อยในภาชนะตวง ซึ่งหน่วยของความหนาแน่นคือ กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร [5] คำนวณได้ดังสมการที่ (1)

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2023.04.002

$$D = \frac{W_1 - W_2}{V} \quad (1)$$

โดยที่

D = ความหนาแน่นปกติ (Bulk Density)

W_1 = น้ำหนักขยะมูลฝอยสด และน้ำหนักภาชนะตวงขยะมูลฝอย (กิโลกรัม)

W_2 = น้ำหนักภาชนะตวงขยะมูลฝอย (กิโลกรัม)

V = ปริมาตรภาชนะตวงขยะมูลฝอย (ลบ.ม.)

2.4 การหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงขยะด้วยเครื่อง Bomb calorimeter

การหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงขยะด้วยเครื่อง Bomb calorimeter [6] อาศัยหลักการเผาสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีออกซิเจนความดันสูงภายในภาชนะสแตนเลสที่ปริมาตรคงที่และล้อมรอบด้วยน้ำ เมื่อมีการกดปุ่มจุดระเบิด น้ำรอบภาชนะแสตนเลสจะทำหน้าที่ดูดซับความร้อนไว้ ส่งผลให้สามารถวัดอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงของน้ำก่อนจุดระเบิดและหลังจุดระเบิดเชื้อเพลิง เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงขยะ

สำหรับขั้นตอนการทดสอบเชื้อเพลิงประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลักคือ (1) การเตรียมตัวอย่างขยะ (2) การทดสอบหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงขยะ และ (3) การคำนวณค่าความร้อนของเชื้อเพลิงขยะ

โดยในขั้นตอนแรกจะทำการลดความชื้นของขยะเบื้องต้นด้วยการนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 105 °C นาน 3 ชม. จากนั้นนำมาตัดให้เป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำไปอัดให้เป็นก้อนให้มีน้ำหนักขยะแห้งประมาณ 0.5 กรัม ทำการทดลอง 3 ซ้ำ จากนั้นตั้งค่าอุปกรณ์เพื่อทดสอบค่าความร้อนในขั้นตอนที่ 2 เริ่มต้นจากนำเชื้อเพลิงอัดก้อนที่ได้ใส่ลงในถ้วยเผาที่มีการต่อลวดจุดระเบิดยาวประมาณ 13 ซม. ที่ขั้วไฟฟ้าทั้งสองข้าง จากนั้นนำถ้วยเชื้อเพลิงที่ได้ใส่ลงในกระบอกสแตนเลส ทำการปิดฝากระบอกให้สนิทและเติมออกซิเจนประมาณ 25-30 บาร์ และบรรจุกระบอกสแตนเลสลงในถังสแตนเลสที่มีการเติมน้ำไว้ปริมาตร 2 ลิตร ต่อขั้วไฟฟ้าและเปิดสวิตซ์ใบกวนพร้อมทั้งติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ไว้อ่านค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง (รูปที่ 4) จดค่าอุณหภูมิน้ำเริ่มต้นทุกๆ 1 นาทีจำนวน 5 ครั้ง หลังจากนั้นกดปุ่มจุดเชื้อเพลิงพร้อมทั้งจดค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงทุกๆ 10 วินาทีจนกว่าอุณหภูมิน้ำจะลดลงและเริ่มคงที่ใน 3 ค่าสุดท้าย จากนั้นจดค่าอุณหภูมิต่อไปเป็นทุกๆ 1 นาทีจำนวน 5 ครั้ง จึงสิ้นสุดการทดลอง ทำการถอดอุปกรณ์ทั้งหมดและวัดค่าความยาวลวดที่เหลือหลังจุดระเบิด เพื่อนำมาใช้คำนวณหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงขยะในขั้นตอนที่ 3 ดังสมการที่ (2)

$$Q = \frac{W\Delta T - eR}{G} \quad (2)$$

โดยที่

Q= ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ)แคลอรี่ต่อกิโลกรัม)

W = Water equivalent ของเครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ ซึ่งเท่ากับ 2,826 (แคลอรี่)

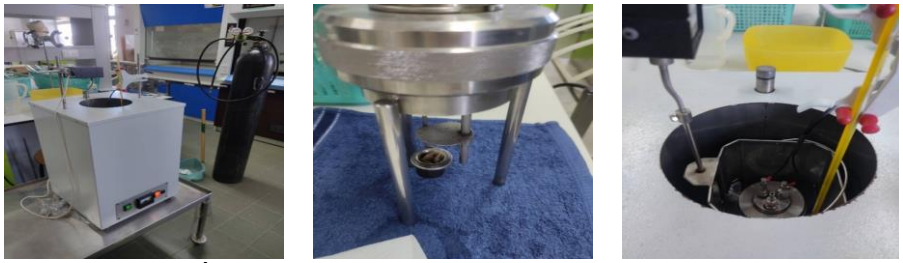
e = ความยาวเส้นลวดเผาไหม้ Firing wire ที่ถูกเผา)ซม.)

R = ค่าความร้อนที่หักออกจากการเผาไหม้ Firing wire เท่ากับ 0.96

ΔT= ความแตกต่างของอุณหภูมิน้ำก่อนจุดระเบิดและหลังจุดระเบิดเชื้อเพลิง

G = น้ำหนักของเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ)กรัม)

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2023.04.002



รูปที่ 4 การวิเคราะห์ค่าความร้อนโดยบอมบ์แคลอริมิเตอร์

2.5 การหาค่าความชื้นและค่าความร้อนขั้นต่ำ (Lower Heating Value: LHV)

การหาค่าความชื้นของขยะมูลฝอย ทำได้โดยนำตัวอย่างขยะมูลฝอยที่ได้จากบ่อขยะ มาทำการคัดแยกขยะมูลฝอยที่เผาไหม้ไม่ได้ออกไป ซึ่งองค์ประกอบส่วนใหญ่ของขยะมูลฝอยในพื้นที่นี้ คือ พลาสติก เช่น ถุงพลาสติก ขวดพลาสติก แก้วพลาสติก และเศษผ้า โดยนำไปอบในตู้อบ (Oven) ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ดังรูปที่ 5

จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักและคำนวณหาค่าความชื้นดังสมการที่ (3) การคำนวณค่าความร้อนขั้นต่ำ (Lower Heating Value: LHV) สามารถคำนวณได้จากค่าความชื้นที่มีในขยะมูลฝอย ค่าความร้อนขั้นสูง (High Heating Value: HHV) และเปอร์เซ็นต์ไฮโดรเจนของขยะมูลฝอย [7] ดังสมการที่ 4

รูปที่ 5 การอบขยะมูลฝอยหาค่าความชื้น

$$\text{ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)} = \frac{(A-B)\times 100}{A} \quad (3)$$

โดยที่

A = น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

B = น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

$$\text{LHV (กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม)} = \text{HHV} - (5.72 \times 9.00 \times \text{H} + \text{M}) \quad (4)$$

โดยที่

H = % ของธาตุไฮโดรเจนในชีวมวล

M = % ของความชื้นในชีวมวล

3. ผลการวิจัย

3.1 ผลการสำรวจปริมาณขยะมูลฝอยในพื้นที่บ่อขยะ

การสำรวจปริมาณขยะมูลฝอยใหม่ที่เข้ามาทิ้งในพื้นที่บ่อขยะทุกวัน ด้วยการนับจำนวนรถขยะที่เข้าสู่พื้นที่บ่อขยะนั้น ดำเนินการสำรวจในวันธรรมดา เนื่องจากมีรถขนขยะเข้าออกเป็นจำนวนมาก ซึ่งแหล่งกำเนิดขยะมีทั้งของจังหวัดกาญจนบุรีเองและจังหวัดข้างเคียง และจากการลงพื้นที่สำรวจพบว่ามีน้ำหนักขยะมูลฝอยสุทธิเฉลี่ย 216.61 ตันต่อวัน โดยมีปริมาณรถขยะเข้าออกพื้นที่เฉลี่ย 74 คันต่อวัน ดังตารางที่ 1

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2023.04.002

ตารางที่ 1 จำนวนรถขยะและปริมาณขยะสุทธิ

ครั้งที่	น้ำหนักขยะสุทธิ (ตัน)	จำนวนรถ (คัน)
1	189.43	66
2	244.30	80
3	223.93	77
4	208.79	75
ค่าเฉลี่ย	**216.61**	**74**

ข้อมูลจากการนับจำนวนรถขยะที่เข้าสู่พื้นที่ในแต่ละวัน แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของพื้นที่บ่อขยะที่สามารถนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเชื้อเพลิงขยะได้ นอกจากนี้ในการวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นของขยะมูลฝอย พบว่าค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของขยะมูลฝอย มีค่า 202.17 ± 11.08 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เนื่องจากมีปริมาณขยะมูลฝอยที่ถูกเก็บขนเข้าสู่พื้นที่เป็นจำนวนมาก จากข้อมูลการกำจัดขยะมูลฝอยโดยการกำจัดขยะมูลฝอยแบบถูกต้อง คือ การผลิตเชื้อเพลิงขยะนั้น มีเพียง 12 แห่งเท่านั้น [8] ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปริมาณขยะมูลฝอย ไม่เพียงแต่ภายในพื้นที่บ่อขยะบริเวณเชิงเขาทอง ตำบลแก่งเสี้ยน จังหวัดกาญจนบุรี มีศักยภาพในการผลิตเป็นเชื้อเพลิงขยะเท่านั้น แต่ปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในประเทศไทยนั้น ยังมีปริมาณมาก และต้องมีการจัดการขยะมูลฝอย เพื่อรองรับปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในทุกๆวัน อีกด้วย

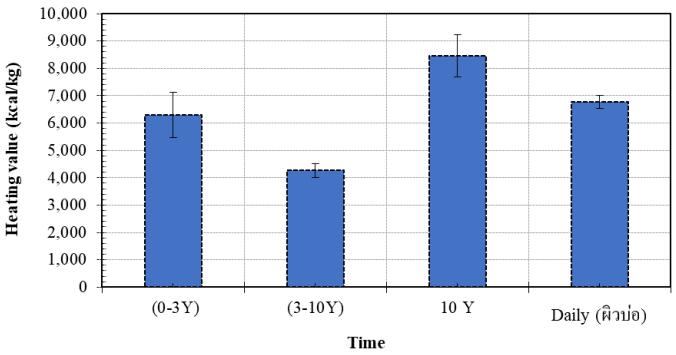
3.2 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงขยะ

ค่าความร้อน (Calorific value or Heating value) เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงขยะ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับปริมาณคาร์บอนที่มีอยู่ โดยเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพสูงนั้นจะต้องมีค่าความร้อนสูง จากการวิเคราะห์ค่าความร้อนของขยะแต่ละอายุ และขยะบนผิวบ่อ แสดงดังรูปที่ 6 และในรูปที่ 7 เป็นข้อมูลค่าความร้อนของขยะมูลฝอยในบ่อขยะ ที่มีอายุ 3-10 ปี นั้นมีค่าน้อยที่สุด คือ มีค่าความร้อนเฉลี่ย HHV 4,268.84 ± 249.68 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม อายุขยะ 0-3 ปี มีค่าความร้อนเฉลี่ย HHV 6,305.96 ± 829.12 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม อายุขยะ 10 ปี ขึ้นไป มีค่าความร้อนเฉลี่ย HHV 8,452.40 ± 764.39 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม และขยะใหม่ที่มีรถขยะเข้าออกทุกวัน เพื่อนำขยะมูลฝอยเข้ามาทิ้งในพื้นที่มีค่าความร้อนเฉลี่ย HHV 6,772.44 ± 242.34 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาค่าความร้อนของขยะมูลฝอยที่มีอายุตั้งแต่ 0-10 ปีขึ้นไปพบว่าเป็นค่าที่อยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงขยะ ตามประกาศกรมควบคุมมลพิษ เรื่องคุณลักษณะเบื้องต้นที่เหมาะสมสำหรับเชื้อเพลิงจากขยะมูลฝอยชุมชน และ American Society for Testing and Materials (ASTM) Standard [9]

รูปที่ 6 ตัวอย่างขยะมูลฝอยในหลุมฝังกลบภายในพื้นที่บ่อขยะ

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2023.04.002



รูปที่ 7 ค่าความร้อนของขยะมูลฝอยในแต่ละระยะเวลา (ขยะมูลฝอยเก่า และขยะมูลฝอยใหม่)

หมายเหตุ: ขยะมูลฝอยเก่า คือ ขยะที่มีอายุมากกว่า 0 ปี ถึง 10 ปี และขยะมูลฝอยใหม่ คือ ขยะที่ถูกเก็บขนและนำมาทิ้งในพื้นที่ทุกๆวัน

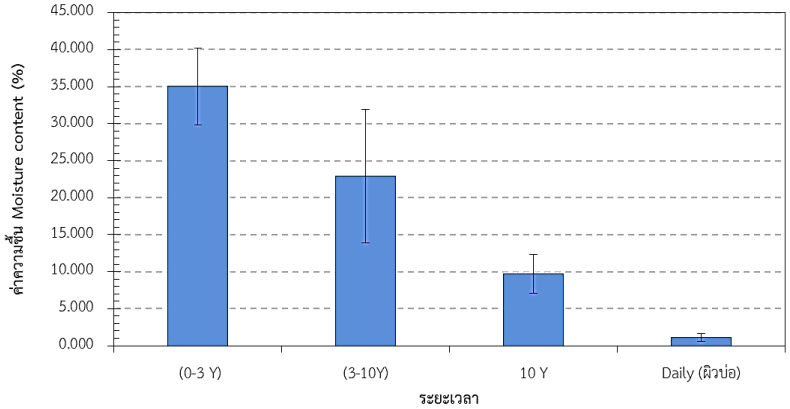
นอกจากนี้เมื่อนำค่าความร้อนของขยะมูลฝอยมาคำนวณหาศักยภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยใช้เทคโนโลยี Incinerator นั้นพบว่ากรณีที่ขยะมูลฝอยมีค่าความร้อนที่ 6 เมกกะจูลต่อกิโลกรัม เมื่อนำไปสู่การผลิตพลังงานไฟฟ้าจะสามารถให้กำลังการผลิตอยู่ที่ 0.58 เมกกะวัตต์-ชั่วโมงต่อตัน และในกรณีที่ค่าความร้อนสูงถึง 10 เมกกะจูลต่อกิโลกรัมจะมีกำลังการผลิตอยู่ที่ 0.97 เมกกะวัตต์-ชั่วโมงต่อตัน

ดังนั้นเมื่อนำมาคำนวณเทียบกับค่าความร้อนที่พื้นที่บ่อขยะ ซึ่งจะถูกแบ่งเป็นขยะมูลฝอยเก่าที่มีอายุตั้งแต่ 0-10 ปี และขยะมูลฝอยใหม่ที่ถูกเก็บขนมาเทกองในทุกๆวัน พบว่าขยะมูลฝอยเก่ามีค่าความร้อนเฉลี่ยอยู่ที่ 25.12 เมกกะจูลต่อกิโลกรัม เมื่อคำนวณค่ากำลังการผลิต 2.44 เมกกะวัตต์-ชั่วโมงต่อตัน และขยะใหม่มีค่าความร้อนเฉลี่ยอยู่ที่ 29.31 เมกกะจูลต่อกิโลกรัม เมื่อคำนวณค่ากำลังการผลิต 2.84 เมกกะวัตต์-ชั่วโมงต่อตัน และเมื่อนำค่าความร้อนมาพิจารณาพบว่าเป็นค่าความร้อนของเชื้อเพลิงขยะ RDF 2 ซึ่งเป็นขยะที่เผาไหม้ได้ถูกบดหรือตัดอย่างหยาบๆ และ RDF 3 ซึ่งเป็นการคัดแยกส่วนที่เผาไหม้ไม่ได้ออก เช่น โลหะ แก้ว ทำให้มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นองค์ประกอบที่เผาไหม้ได้เท่านั้น และมีการบดตัดให้มีขนาดเล็กกว่า 2 นิ้ว อย่างไรก็ตามทั้ง RDF 2 และ RDF 3 นั้นมีค่าความร้อน 23.56 เมกกะจูลต่อกิโลกรัม [10,11] ดังนั้นจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าขยะมูลฝอยของพื้นที่บ่อขยะนี้มีความเหมาะสมที่จะนำมาทำเป็น RDF 2 และ RDF 3

3.3 ค่าความชื้นและค่าความร้อนขั้นต่ำ (Lower Heating Value: LHV) ของขยะมูลฝอย

ค่าความชื้น (Moisture Content) เป็นค่าที่แสดงถึงความชื้นของขยะ เป็นค่าที่มีผลต่อเนื้อและค่าความร้อนของเชื้อเพลิงขยะ จากการวิเคราะห์ค่าความชื้นของขยะมูลฝอยในแต่ละระยะเวลานั้นพบว่า ที่อายุขยะ 0-3 ปี ซึ่งเป็นขยะเก่านั้นมีค่าความชื้นมากที่สุดมีค่าเฉลี่ย 35% ที่อายุขยะ 3-10 ปี ซึ่งเป็นขยะเก่านั้นมีค่าความชื้นเฉลี่ย 20% ที่อายุขยะมากกว่า 10 ปี มีค่าความชื้นเฉลี่ย 10% และที่ผิวบ่อ ซึ่งเป็นขยะใหม่มีค่าความชื้นน้อยกว่า 5% ตามลำดับ (รูปที่ 8) ซึ่ง RDF 3 นั้นจะมีค่าความชื้นอยู่ในช่วง 13% ถึง 25% (Standard of RDF3)

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2023.04.002



รูปที่ 7 ค่าความชื้นของขยะมูลฝอยในแต่ละช่วงอายุ (ขยะมูลฝอยเก่า และขยะมูลฝอยใหม่)

จากการพิจารณาถึงค่าความร้อน HHV และ LHV แสดงดังตารางที่ 2 พบว่าขยะมูลฝอยสามารถเป็นทรัพยากรที่สำคัญ และเป็นประโยชน์ในการทดแทนแหล่งพลังงานหลักของเชื้อเพลิงฟอสซิล โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ สามารถนำเชื้อเพลิงขยะมาเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานความร้อนได้ถึง 20% อย่างไรก็ตามต้องพิจารณาค่าความชื้นเช่นกัน ซึ่งควรอยู่ในช่วง 10-15% [3] สอดคล้องกับผลการวิจัยที่มีค่าความชื้นอยู่ในช่วงที่เหมาะสม และสามารถนำไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตเชื้อเพลิงขยะได้ เป็นเชื้อเพลิงทดแทนหรือเชื้อเพลิงร่วมในเตาเผาต่อไป

เมื่อพิจารณาถึงค่าความร้อนเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นพบว่า ในงานวิจัยนี้เชื้อเพลิงขยะมีค่าความร้อนสูงกว่างานวิจัยอื่น ซึ่งแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการผลิตเชื้อเพลิงขยะในงานวิจัยนี้ ดังตารางที่ 3 ที่สามารถนำมาทำเป็น RDF 2 และ RDF 3 เพื่อรองรับโรงไฟฟ้าของพื้นที่ในอนาคต รวมถึงส่งขายไปยังโรงปูนหรือโรงไฟฟ้าเพื่อเป็นเชื้อเพลิงทดแทนได้อีกทางหนึ่ง

ตารางที่ 2 แสดงค่า HHV และ LHV ของขยะมูลฝอยในแต่ละช่วงอายุ

อายุขยะในบ่อ/ค่าความร้อน	0-3 ปี	3-10 ปี	10 ปีขึ้นไป	ผิวบ่อ (Daily)
HHV (กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม)	6,305.96	4,268.84	8,452.40	6,772.44
LHV (กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม)	5,394.99	4,246.19	7,686.61	6,055.55

หมายเหตุ ขยะมูลฝอยในพื้นที่บ่อขยะ องค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นพลาสติก เช่น ถุงพลาสติก ขวดพลาสติก แก้วพลาสติก และเศษผ้า

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2023.04.002

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบค่าความร้อนในงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ค่าความร้อน (เมกกะจูลต่อกิโลกรัม)	Reference
5.30	[12]
14.40	[13]
29.00	[14]
25.12 -29.31	งานวิจัยนี้

4. บทสรุป

จากการศึกษาศักยภาพการผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะมูลฝอยในพื้นที่บ่อขยะเทกองแบบเปิดโล่ง (Open Dumping) นั้น จากการลงพื้นที่สำรวจพบว่าองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นพลาสติก เช่น ถุงพลาสติก ขวดพลาสติก แก้วพลาสติก และเศษผ้า และมีขยะประเภทอื่น เช่น ขยะเศษอาหาร เป็นต้น น้ำหนักขยะมูลฝอยสุทธิเฉลี่ย 216.61 ตันต่อวัน โดยมีปริมาณรถขยะเข้าออกพื้นที่เฉลี่ย 74 คันต่อวัน ซึ่งก่อนการนำขยะมูลฝอยในบ่อขยะมาเปลี่ยนเป็น RDF นั้น ต้องมีการคัดแยกในส่วนขยะที่ไม่สามารถไหม้ได้และขยะที่มีค่าความชื้นสูงออกไปก่อน ในส่วนค่าความร้อนของขยะมูลฝอยในหลุมที่มีอายุ 3-10 ปี มีค่า HHV 4,268.84 ± 249.68 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม อายุ 0-3 ปี มีค่า HHV 6,305.96 ± 829.12 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม อายุ 10 ปี ขึ้นไป มีค่า HHV 8,452.40 ± 764.39 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม และบนบ่อซึ่งเป็นขยะใหม่ที่มีรถขยะเข้าออกทุกวัน มีค่า HHV 6,772.44 ± 242.34 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ค่าความชื้นของอายุขยะ 0-3 ปี มีค่าความชื้นมากที่สุดคือ 35% ที่อายุขยะ 3-10 ปี ซึ่งเป็นขยะเก่านั้นมีค่าความชื้นเฉลี่ย 20% ที่อายุขยะ 10 ปี มีค่าความชื้นเฉลี่ย 10% และที่ผิวบ่อซึ่งเป็นขยะใหม่มีค่าความชื้นน้อยกว่า 5% ตามลำดับ ซึ่ง RDF 2 และ 3 นั้นจะมีค่าความชื้นอยู่ในช่วง 13% ถึง 25% ซึ่งทั้ง RDF 2 และ 3 นั้น สามารถนำไปขายในโรงปูนและโรงไฟฟ้าเพื่อเป็นเชื้อเพลิงทดแทนได้ ซึ่งจากงานวิจัยสามารถนำข้อมูลไปใช้รองรับการจัดการขยะมูลฝอยในพื้นที่บ่อขยะอื่นๆ และนำขยะมูลฝอยมาใช้ประโยชน์ในการผลิตพลังงานความร้อนหรือพลังงานไฟฟ้าได้

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจาก บริษัทแก่งเสี้ยน พาวเวอร์ จำกัด ประจำปีงบประมาณ 2565

6. เอกสารอ้างอิง

[1] KS. Rajoo, DS. Karam, A. Ismail and A. Arifin, Evaluating the leachate contamination impact of landfills and open dumpsites from developing countries using the proposed Leachate Pollution Index for Developing Countries (LPIDC), Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management, 2020, 14, 100372.

[2] P. Dianda, Mahidin and E. Munawar, Production and characterization refuse derived fuel (RDF) from high organic and moisture contents of municipal solid waste (MSW), IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2018, 334, 012035.

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2023.04.002

[3] I. Brás, M.E. Silva, G. Lobo, A. Cordeiro, M. Faria and LT. Lemos, Refuse derived fuel from municipal solid waste rejected fractions-a case study, Energy Procedia, 2017, 120, 349-356.

[4] T. Ganesh, P. Vignesh and G. A. Kunar, Refuse derived fuel to electricity, International Journal of Engineering Research and Technology, 2013, 2(9), 2930-2932.

[5] W. Leelaphitak, W. Jutidamrongphan and P. Vanapruk, A study of solid waste composition processed in biogas: Case studies of waste to energy and fertilizer plants in Nakhon-Ratchasima and Sungnoen Municipalities, RSU National Research Conference, Proceeding 2019, 174-183. (in Thai)

[6] D.R. Kurniati and I. Rohman, The concept and science process skills analysis in bomb calorimeter experiment as a foundation for the development of virtual laboratory of bomb calorimeter, Journal of Physics: Conference Series, 2018, 1013, 012088.

[7] A. Khuriati, WS. Budi, M. Nur, I. Istadi and G. Suwoto, Modeling of heating value of municipal solid waste based on ultimate analysis using multiple stepwise regresion linear in Semarang, ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 2017, 12(9), 2870-2876.

[8] Pollution Control Department, https://www.pcd.go.th/publication/26832, (Accessed on 31 October 2022)

[9] W. Dong, Z. Chen, J. Chen, Z.J. Ting, R. Zhang, G. Ji and M. Zhao, A novel method for the estimation of higher heating value of municipal solid wastes, Energies, 2022, 15(7), 2593.

[10] Y. Suma, N. Pasukphun, A. Hongtong, V. Keawdunglek, P. Laor and T. Apidechkul, Waste composition evaluation for solid waste management guideline in highland rural tourist area in Thailand, Applied Environmental Research, 2019, 41(2), 13-26.

[11] T. Kiatsiriroat, P. Panitchkul, M. Jamsil, N. Vorayos, J. Prasityousil and N. Dutsadee, Demonstration projects on thermal energy from waste in University, National Research Council of Thailand, Research Report, 2011. (in Thai)

[12] H. Zhou, A.H. Meng, Y.Q. Long, Q.H. Li and Y.G. Zhang, An overview of characteristics of municipal solid waste fuel in China: Physical, chemical composition and heating value, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2014, 36, 107-122.

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2023.04.002

[13] Y. Chang, C. Liu, C. Hung, A. Hu and S. Chen, Change in MSW characteristics under recent management strategies in Taiwan, Waste Management, 2008, 28(12), 2433-2455.

[14] T. Weerasak and S. Sanongraj, Potential of production refuse derived fuel (RDF) from municipal solid waste at Rajamangala University of Technology Isan Surin Campus, Applied Environmental Research, 2015, 37(2), 85-91.