

**ปัจจัยที่สัมพันธ์กับปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะอินทรีย์
: กรณีศึกษาศูนย์กำจัดขยะมูลฝอย เทศบาลนครนครราชสีมา**

Factors Related to the Amount of Electricity Produced from Organic Waste

: A Case Study of Nakhon Ratchasima Municipal Waste Disposal Center

อาณนั ศรีสว่าง, สวณ วงษ์สวัสดิกุล และสุริพร มีหอม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล

84 หมู่ 4 ถนนมิตรภาพ-หนองคาย ตำบลบ้านเกาะ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา

E-mail: ¹arnon_sri@vu.ac.th

Received: August 26, 2019

Revised: September 4, 2019

Accepted: September 9, 2019

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่สัมพันธ์กับปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะอินทรีย์ เก็บรวบรวมข้อมูลจากการสำรวจปริมาณขยะและองค์ประกอบของขยะ ในศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลนครนครราชสีมา จำนวน 292 วัน การวิเคราะห์ข้อมูลใช้การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน ผลการวิเคราะห์ พบว่า ปัจจัยที่สัมพันธ์กับปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะอินทรีย์สูงสุดของศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลนครนครราชสีมา คือ ขยะชุมชน รองลงมาได้แก่ ขยะเศษอาหาร ขยะผักตลาดสด และสิ่งปฏิกูล ตามลำดับ ซึ่งปัจจัยทั้งสี่สามารถร่วมอธิบายความแปรปรวนของปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะอินทรีย์ได้ร้อยละ 81.70

คำสำคัญ: องค์ประกอบขยะอินทรีย์, ผลิตไฟฟ้าจากขยะอินทรีย์, การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ

ABSTRACT

This research aims to study factors related to the volume of electricity production from organic waste. The collecting data from the survey of quantity and composition of waste obtained from the amount 292 days in the Nakhon Ratchasima Municipal Waste Disposal Center. For data analysis, the stepwise multiple regression was used. The result showed that the most influential factor in the volume of power generation from organic waste was community waste, followed by food waste, fresh market waste, and sewage, respectively. These all influential factors could explain variation in the volume of power generation by 81.70 %.

Keywords: Organic Waste Composition, Produce Electricity from Organic Waste, Multiple Regression Analysis

1. บทนำ

พลังงานไฟฟ้า เป็นปัจจัยพื้นฐานจำเป็นในการขับเคลื่อนทางเศรษฐกิจเพื่อประกอบกิจการทั้งในด้านอุตสาหกรรมและพาณิชยกรรม โดยความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้นนั้นขึ้นอยู่กับจำนวนประชากรและการเติบโตทางเศรษฐกิจที่เพิ่มมากขึ้น ยังส่งผลให้มีปริมาณขยะทั่วประเทศรวมกันสูงถึง 27.06 ล้านตันต่อปี และมีขยะตกค้างเพิ่มขึ้นไม่ต่ำกว่า 10 ล้านตันต่อปี [1]

ปัจจุบัน ผลจากการขยายตัวทางเศรษฐกิจเป็นไปอย่างก้าวกระโดด อีกทั้งเขตชุมชนมีประชากรหนาแน่นมากขึ้นก่อให้เกิดขยะมูลฝอยมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามจำนวนประชากร ดังนั้น การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีสัมพันธ์กับปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะอินทรีย์ โดยองค์ประกอบขยะอินทรีย์ เป็นขยะที่สามารถนำมาเปลี่ยนเป็นเชื้อเพลิงในโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนประเภทโรงไฟฟ้าขยะ และพบว่า มีจำนวนโรงงานสูงถึงร้อยละ 14.19 รองจากโรงไฟฟ้าก๊าซธรรมชาติ และโรงไฟฟ้าถ่านหิน [2] ตามลำดับ จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการวางแผนแนวทางการกำจัดขยะมูลฝอยที่เพิ่มมากขึ้นด้วยการจัดการเปลี่ยนเป็นเชื้อเพลิงเครื่องผลิตพลังงานไฟฟ้า เพื่อให้องค์ประกอบขยะอินทรีย์และการผลิตพลังงานไฟฟ้ามีคุณภาพและประสิทธิภาพที่ดี

การศึกษาปัจจัยความสัมพันธ์กับปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะอินทรีย์ โดยเลือกใช้ข้อมูลของศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลนครนครราชสีมาเป็นกรณีศึกษา เพื่อวิเคราะห์การบริหารจัดการขยะอินทรีย์ถึงปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะอินทรีย์ เพื่อเป็นแนวทางเพิ่มประสิทธิภาพของขยะอินทรีย์ที่สอดคล้องกับเวลาและต้นทุนในการบริหารจัดการ [5] จากนั้นจึงนำผลการวิเคราะห์ไปใช้เป็นแนวทางในการบริหารจัดการเพิ่มปริมาณองค์ประกอบขยะอินทรีย์แต่ละชนิดเพื่อให้ได้เชื้อเพลิงเครื่องผลิตพลังงานไฟฟ้าที่ดีต่อไป

2. วัตถุประสงค์

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีสัมพันธ์กับปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะอินทรีย์

3. ประโยชน์ที่จะได้รับ

การศึกษานี้ ทำให้ทราบถึงปัจจัยที่สัมพันธ์กับปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะอินทรีย์ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการบริหารจัดการขยะอินทรีย์เพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะอินทรีย์

4. สมมติฐานของการวิจัย

จากผลการสำรวจในศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลนครนครราชสีมา พบว่า องค์ประกอบขยะอินทรีย์มี 4 ประเภท ได้แก่ ขยะชุมชน ขยะเศษอาหาร ขยะผักจากตลาดสด และสิ่งปฏิกูล นำเข้าสู่กระบวนการเปลี่ยนขยะอินทรีย์เป็นก๊าซชีวภาพด้วยเทคโนโลยีย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน สำหรับเป็นเชื้อเพลิงให้เครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าของศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลนครนครราชสีมา [4] สามารถกำหนดสมมติฐานของการวิจัยได้ คือ ปริมาณขยะชุมชน (X_1) ปริมาณขยะเศษอาหาร (X_2) ปริมาณขยะผักตลาดสด (X_3) และปริมาณสิ่งปฏิกูล (X_4) เป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้า ($\hat{Y}$)

$$\hat{Y} = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4$$

เมื่อ X_i คือ ค่าของตัวแปรอิสระแต่ละตัว

$\hat{Y}$ คือ ค่าของตัวแปรตาม

i คือ จำนวนตัวแปรอิสระในสมการถดถอย

a คือ ค่าคงที่ของสมการถดถอย

b_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยของตัวแปรอิสระ X_i

5. ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้เลือกศึกษาที่ศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลนครนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการผลิตพลังงานไฟฟ้า ในปี พ.ศ. 2560 โดยกำหนดตัวแปรเพื่อใช้วิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ คือ

1) ตัวแปรอิสระ (X) ประกอบด้วยค่าของตัวแปรปริมาณขยะชุมชน (X_1) ปริมาณขยะเศษอาหาร (X_2) ปริมาณขยะผักตลาดสด (X_3) และปริมาณสิ่งปฏิกูล (X_4)

2) ตัวแปรตาม ($\hat{Y}$) เป็นค่าของปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าของศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลนครนครรราชสีมา

6. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาหลักทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สามารถแบ่งเป็น 2 หัวข้อ ดังนี้

6.1 การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะอินทรีย์

การเปลี่ยนขยะเป็นเชื้อเพลิงสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ เชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel, RDF) และเชื้อเพลิงขยะอินทรีย์ ในงานวิจัยนี้ขอกำหนดถึงขยะอินทรีย์เท่านั้น เนื่องจากพื้นที่ที่ศึกษามีกระบวนการเป็นชุมชนที่มีขยะอินทรีย์มีองค์ประกอบแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ ขยะชุมชน ขยะเศษอาหาร ขยะผักตลาดสด และสิ่งปฏิกูล ด้วยการนำขยะมูลฝอยที่ผ่านการคัดแยกแล้ว มาผ่านกระบวนการแปรรูป [4] โดยทำให้ขยะอินทรีย์ย่อยสลายเปลี่ยนเป็นอินทรีย์วัตถุที่มีความคงตัว ไม่มีกลิ่นเหม็น ปราศจากเชื้อโรคและเมล็ดวัชพืช ด้วยเทคโนโลยีการย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ในสภาพที่ไม่ใช้ออกซิเจน เพื่อเปลี่ยนรูปขยะอินทรีย์เป็นก๊าซมีเทนหรือก๊าซชีวภาพ เป็นเชื้อเพลิงให้เครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า [5]

พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเทคโนโลยีย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน ปริมาณขยะอินทรีย์ 1 ตัน จะเปลี่ยนเป็นก๊าซชีวภาพได้ประมาณ 100-200 ลูกบาศก์เมตร ก๊าซชีวภาพที่ได้จะมีก๊าซมีเทนเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 55-70 และมีค่าความร้อนประมาณ 20-25 เมกะจูลต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งพลังงานประมาณร้อยละ 20-40 ของพลังงานของก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จะถูกนำมาใช้ในระบบทั้งในรูปของพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน ส่วนพลังงานไฟฟ้าจะเหลือประมาณ 75-150 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตัน [2][7] จุดเด่นของเทคโนโลยีย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน เป็นเทคโนโลยีในการบำบัดขยะมูลฝอยสามารถให้พลังงานสุทธิ (Net Energy Producer) มีศักยภาพในการผลิต

พลังงานจาก “ขยะเปียก” ซึ่งไม่เหมาะสมสำหรับการเผาเพื่อผลิตพลังงาน [8][9]

6.2 การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ

การวิเคราะห์ถดถอย ใช้เทคนิคศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (X) ตั้งแต่ 2 ตัวแปรขึ้นไป กับตัวแปรตาม (Y) เมื่อตัวแปรที่มีความสัมพันธ์แบบเส้นตรง [10] หลักการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ มีข้อตกลงเบื้องต้นทางสถิติ ดังนี้

6.2.1 ตัวแปรอิสระและตัวแปรตามต้องมีความสัมพันธ์กันในรูปเชิงเส้น โดยพิจารณาได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนและค่าตัวแปรตาม [11]

6.2.2 ค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแปรต้องมีการแจกแจงแบบปกติ โดยพิจารณาจากขนาดของค่าความเบ้ (Skewness) ที่ไม่เกิน 2 และค่าความโด่ง (Kurtosis) ที่ไม่เกิน 7 [12][13]

6.2.3 ค่าความแปรปรวนของค่าความผิดพลาดต้องคงที่ โดยสามารถพิจารณาได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนและค่าตัวแปรตาม [14]

6.2.4 ค่าความคลาดเคลื่อนต้องเป็นอิสระกัน โดยพิจารณาจากผลของ Durbin-Watson Test (D-W) ที่ต้องมีค่าอยู่ในช่วง 1.5 - 2.5 [15]

6.2.5 ตัวแปรอิสระต้องไม่มีความสัมพันธ์กัน จนก่อให้เกิดปัญหา Multicollinearity โดยพิจารณาได้จากค่า Variance Inflation Factor ($VIF = 1/(1-R_i^2)$) ของตัวแปรอิสระที่ต้องมีค่าไม่เกิน 10 [13][16]

7. วิธีการวิจัย

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความสัมพันธ์กับการผลิตพลังงานไฟฟ้า และนำมาเปรียบเทียบองค์ประกอบขยะอินทรีย์ โดยดำเนินการวิจัยเป็น 2 ส่วนหลัก ดังนี้

7.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่จำเป็นในการวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยที่มีสัมพันธ์กับปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะอินทรีย์ ของศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลนครนครรราชสีมา ในปี พ.ศ. 2560 คือ ข้อมูลทุติยภูมิที่เกี่ยวข้องกับ

ปริมาณขยะอินทรีย์ทั้ง 4 ชนิด ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตพลังงานไฟฟ้าและปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะอินทรีย์ [4]

สำหรับขนาดของชุดข้อมูลอย่างต่ำที่เพียงพอสำหรับการวิเคราะห์ตามหลักการของยามานะ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เท่ากับ 210 วัน [17] อย่างไรก็ตาม สำหรับการศึกษาวิจัยนี้ จะใช้ชุดข้อมูลจำนวน 292 วัน ซึ่งถือว่าเพียงพอสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล

7.2 การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ อาศัยเทคนิคการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (Stepwise) [16] เพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะอินทรีย์ ของศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลนครนครราชสีมา

8. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการกำหนดขั้นตอนการวิเคราะห์จากแบบจำลองความสัมพันธ์ของปัจจัยเชิงปริมาณขององค์ประกอบขยะอินทรีย์ที่สัมพันธ์กับปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะอินทรีย์ ผลการวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

8.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

ผลการศึกษาขององค์ประกอบขยะอินทรีย์ ที่รับเข้าศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลนครนครราชสีมา มีพื้นที่แหล่งขยะ 37.50 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 4.96 ของพื้นที่อำเภอเมืองนครราชสีมา [1] เริ่มจากการตรวจสอบเบื้องต้น พบว่า องค์ประกอบขยะอินทรีย์ มีทั้งหมด 4 ประเภท ที่ป้อนเข้ากระบวนการเปลี่ยนขยะเป็นเชื้อเพลิงเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จากการสำรวจข้อมูลเชิงปริมาณขององค์ประกอบขยะอินทรีย์และอัตราส่วนร้อยละ เพื่อใช้วิเคราะห์ข้อมูลต่อไป แสดงในตารางที่ 1

จากตารางที่ 1 สรุปได้ว่า กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย จากปริมาณขยะที่เข้าสู่ศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลนครนครราชสีมาในปี พ.ศ.2560 เก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 292 วัน โดยมีปริมาณองค์ประกอบขยะมากที่สุด คือ ขยะชุมชน คิดเป็นร้อยละ 70 และองค์ประกอบขยะมีปริมาณน้อยที่สุด คือ ผักตบถสดคิดเป็นร้อยละ 5.15 ทั้งนี้

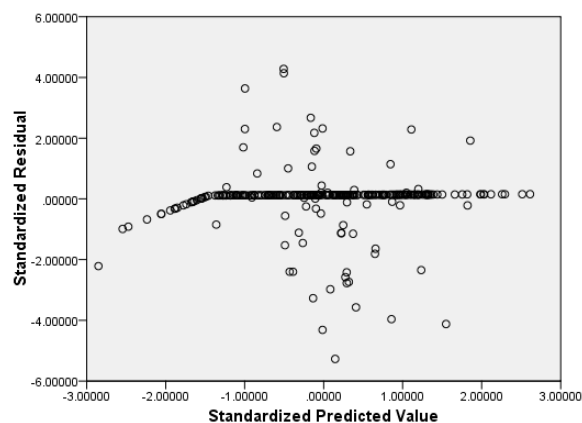
องค์ประกอบขยะอินทรีย์ เจริญปริมาณที่ป้อนเข้าระบบทั้งหมด เมื่อเปลี่ยนเป็นเชื้อเพลิงป้อนให้เครื่องผลิตพลังงานไฟฟ้า ได้กำลังไฟฟ้าออกมาเฉลี่ยเท่ากับ 300,508.60 วัตต์-ชั่วโมง [5]

ตารางที่ 1 ผลสำรวจข้อมูลกลุ่มตัวอย่างของขยะอินทรีย์

องค์ประกอบ	ปริมาณ (กิโลกรัมต่อวัน)	ร้อยละ
1. ขยะชุมชน	27,400.10	70.00
2. ขยะเศษอาหาร	5,553.30	14.18
3. ขยะผักตบถสด	2,017.10	5.15
4. สิ่งปฏิกูล	4,179.00	10.67
รวม	39,149.50	100.00

8.2 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ตัวแปร

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบขยะเพื่อตรวจสอบด้านความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม สามารถแสดงผลในรูปของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าเศษเหลือ (Residual) หรือค่าความคลาดเคลื่อน และค่าตัวแปรตาม ($\hat{Y}$) ในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเศษเหลือกับตัวแปรตาม

จากรูปที่ 1 พบว่า ค่าแปรปรวนของค่าเศษเหลือมีค่าที่ใกล้เคียงกันหรือเกือบคงที่ ทุกค่าของตัวแปรตาม ($\hat{Y}$) ซึ่งหมายความว่า ตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ (X_1, X_2, X_3 และ X_4) มีความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้น (Linear)

ตารางที่ 2 ค่า Variance Inflation Factor (VIF), Skewness, Kurtosis และ Durbin-Watson

Model	VIF	Skewness	Kurtosis	Durbin-Watson
Y		-0.19	0.05	
X ₁	4.47	-0.21	-0.01	
X ₂	5.98	-0.20	0.07	
X ₃	3.93	-0.08	-0.15	
X ₄	2.82	0.37	-0.58	1.78

ตารางที่ 3 ผล ANOVA การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	47648.302	4	11912.075	320.886	0.000 ^b
Residual	10654.152	287	37.122		
Total	58302.453	291			
a. Dependent Variable: Y					
b. Predictors: (Constant), X ₄ , X ₁ , X ₃ , X ₂					

ตารางที่ 4 ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณ

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	158.056	13.811		11.444*	0.000
X ₁	4.098	0.767	0.362	6.789*	0.000
X ₂	3.207	0.604	0.258	4.183*	0.000
X ₃	4.536	1.069	0.212	4.244*	0.000
X ₄	0.770	0.232	0.141	3.316*	0.001
Dependent Variable: Y, R ² = 0.817					

*P<0.05

8.3 ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร

จากตารางที่ 2 วิเคราะห์การเกิด Multicollinearity ของตัวแปรต้นเหตุ (X_1 , X_2 , X_3 และ X_4) มีความเป็นอิสระต่อกันของตัวแปรอิสระ พบว่า ตัวแปรอิสระทุกตัวมีค่า VIF ไม่เกิน 10 ดังนั้น สรุปผลได้ว่าค่าของตัวแปรอิสระทุกตัวเป็นอิสระต่อกันหรือไม่มีความสัมพันธ์กัน

ผลการตรวจสอบรูปแบบการแจกแจงแบบปกติของค่าความคลาดเคลื่อน ของตัวแปรตาม ($\hat{Y}$) พบว่า มีค่าความเบ้ (Skewness) เท่ากับ -0.19 และค่าความโด่ง (Kurtosis) เท่ากับ 0.05 ของตัวแปรอิสระ (X_1 , X_2 , X_3 และ X_4) พบว่า มีความเบ้เท่ากับ -0.21, -0.20, -0.08, และ 0.37 และค่าความโด่งเท่ากับ -0.01, 0.07, -0.15, และ -0.58 ตามลำดับ ดังนั้น สรุปผลได้ว่าข้อมูลทั้งของตัวแปรตามและของตัวแปรอิสระทั้งหมด มีการแจกแจงแบบปกติ ผลการตรวจสอบความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อนโดยใช้สถิติทดสอบของ Durbin-Watson พบว่า ค่า D-W เท่ากับ 1.78 ซึ่งมีค่าเข้าใกล้ 2 ดังนั้น สรุปผลได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระต่อกัน

8.4 ผลการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ

จากตารางที่ 3 พบว่า การวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณของปริมาณขยะทั้ง 4 ประเภท ปัจจัยที่มีสัมพันธ์กับปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะอินทรีย์ พบว่า ค่า F เท่ากับ 320.886 และ P-value < 0.05 ซึ่งถือว่า มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ยอมรับว่ามีตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัวแปร ที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม [15]

สำหรับผลการตรวจสอบความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระแต่ละตัว ที่มีผลต่อตัวแปรตาม พบว่า ตัวแปรอิสระทุกตัวมีความสัมพันธ์กับ Y อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P-value < 0.05) [13] โดยปริมาณขยะชุมชน (X_1) มีความสัมพันธ์กับปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้ามากที่สุด รองลงมาขยะเศษอาหาร (X_2) ขยะผักตบชวา (X_3) และสิ่งปฏิกูล (X_4) โดย มีค่าสัมประสิทธิ์มาตรฐาน (Beta) เท่ากับ 0.362, 0.258, 0.212 และ 0.141 ตามลำดับ ปริมาณขยะอินทรีย์ทั้ง 4 ชนิด สามารถร่วมอธิบายความแปรปรวนของปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะอินทรีย์ได้ร้อยละ 81.70 ซึ่งสามารถวิเคราะห์การถดถอย

ความสัมพันธ์ของตัวแปร Y และตัวแปรอิสระทุกตัวในรูปของสมการความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง ดังนี้

$$\hat{Y} = 158.056 + 4.098X_1 + 3.207X_2 + 4.536X_3 + 0.770X_4$$

จากผลการศึกษาี้ มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Srisawang, A. , Vongchavalitkul, S. , & Meehom, S. พบว่า วัตถุดิบที่มีนัยสำคัญต่อการเปลี่ยนขยะเป็นพลังงานเกินร้อยละ 25 เป็นขยะเศษอาหารและขยะชุมชนซึ่งมีปัจจัยที่มีสัมพันธ์กับปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะอินทรีย์ [18]

9. สรุปและข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยครั้งนี้ ศึกษาปัจจัยที่มีสัมพันธ์กับปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะอินทรีย์ในศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลนครนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา พบว่า ปัจจัยที่สัมพันธ์กับปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะอินทรีย์มากที่สุด ได้แก่ ปริมาณขยะชุมชน รองลงมาคือปริมาณขยะเศษอาหาร ปริมาณขยะผักตบชวา และปริมาณสิ่งปฏิกูล ตามลำดับ ดังนั้น โรงงานผลิตไฟฟ้าจากขยะอินทรีย์เลือกประเภทวัตถุดิบขยะอินทรีย์ที่มีองค์ประกอบเหมาะสมที่จะใช้เปลี่ยนเป็นเชื้อเพลิงของเครื่องปั่นไฟฟ้าสำหรับผลิตพลังงานไฟฟ้า เช่น การปรับปรุงคุณภาพองค์ประกอบขยะอินทรีย์หรือคุณสมบัติของเชื้อเพลิงชีวภาพและประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตวัตถุดิบสำหรับใช้เปลี่ยนเป็นเชื้อเพลิงของเครื่องปั่นไฟฟ้าในอนาคตที่มีแนวโน้มการเติบโตทางเศรษฐกิจจะขยายตัวสูงขึ้น ประชากรและปริมาณขยะก็จะมีปริมาณสูงขึ้น ส่งผลให้ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้ามีแนวโน้มสูงขึ้น ภาครัฐหรือกระทรวงพลังงานหรือสถานประกอบการเอกชนควรให้ความสำคัญปัจจัยพื้นฐานวัตถุดิบสำหรับผลิตก๊าซชีวภาพ เพื่อเป็นแนวทางการปรับปรุงวัตถุดิบขยะอินทรีย์ที่ดีและมีประสิทธิภาพสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ดี

จากผลการวิจัยทำให้ทราบว่า ปริมาณขยะอินทรีย์เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบเปลี่ยนเป็นเชื้อเพลิงเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า ในศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลนคร

นครราชสีมา ด้วยวิธีการหมักปุ๋ยแบบไม่ใช้ออกซิเจนพบว่า กระบวนการคัดแยกขยะอินทรีย์สำหรับใช้เป็นวัตถุดิบยังไม่เพียงพอต่อการนำไปใช้เปลี่ยนเป็นเชื้อเพลิงเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า ทำให้ขยะมูลฝอยถูกคัดแยกออกไปหลุมฝังกลบมีปริมาณสูงขึ้น [4] [19] ซึ่งการคัดแยกขยะอินทรีย์เพื่อนำมาใช้เป็นวัตถุดิบให้มีปริมาณเพียงพอต่อการเปลี่ยนเป็นเชื้อเพลิงเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า ควรศึกษาวิเคราะห์สภาพทั่วไปของคุณลักษณะของขยะมูลฝอยและองค์ประกอบขยะอินทรีย์ของจังหวัดนครราชสีมา เพื่อนำมาปรับปรุงกระบวนการคัดแยกองค์ประกอบขยะอินทรีย์ที่จะใช้เป็นวัตถุดิบเปลี่ยนเป็นเชื้อเพลิงผลิตกระแสไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพและลดต้นทุนการกำจัดขยะอินทรีย์ด้วยวิธีนี้ชี้วัดทางสถิติและการจัดการกระบวนการจัดการขยะอินทรีย์ของเทศบาลนครนครราชสีมา

10. เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2562). รายงานสรุปสถานการณ์ขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทยประจำปี 2560. สืบค้น 10 มีนาคม 2562, จาก <http://www.pcd.go.th>
- [2] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2561). สถานการณ์พลังงานของประเทศไทย เดือนมกราคม - ธันวาคม 2561. สืบค้น 2 มีนาคม 2562, จาก <http://www.dede.go.th>
- [3] กิตติชัย รักตะกนิษฐ์. (2558). ทางเลือกในการกำจัดขยะอินทรีย์ โดยใช้เทคโนโลยีชีวภาพในประเทศไทย. *รัฐสารภิรักษ์*, 57(1): 68-81.
- [4] Ali, G., Nitivattananon, V., Abbas, & Sabir, M. (2012). Green waste to biogas: Renewable energy possibilities for Thailand's green markets. *Renewable and Sustainable Energy Reviews Elsevier*, 16(7): 5423-5429.
- [5] เทศบาลนครนครราชสีมา. (2561). โครงการบริหารจัดการเงินระบบดูแลระบบผลิตปุ๋ยอินทรีย์และกระแสไฟฟ้าจากขยะมูลฝอย. ใน รายงานสรุปผลดำเนินงานประจำปี 2560 นครราชสีมา ศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลนครนครราชสีมา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- [6] Environment, N. (2010). Potential methane production from waste. Retrieved April 10, 2019, from <http://www.naskeo.com/>
- [7] Wang-Yao, K., Towprayoon, S., Chiemchaisri, C., Gheewala S.H., & Nopharatana. A. (2006). Seasonal Variation of Landfill Methane Emissions from Seven Solid Waste Disposal Sites in Central Thailand. The 2nd Joint International Conference on Sustainable Energy and Environment (SEE 2006): 1-4
- [8] Kanti, L. S. (2000). **Basic of Solid Waste and Hazardous Waste Management Technology**. New Jersey: Prentice-Hall.
- [9] ฐเรศ ศรีสถิตย์. (2553). **วิศวกรรมการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [10] Hocking, R. R. & Leslie, R. N. (1967). Selection of the best subset in regression analysis. *Technometrics*, 9(4): 531-540.
- [11] Lewis, L. (1961). **Connoisseurs and secret agents in eighteenth century Rome (1st ed.)**. London: Chatto and Windus.
- [12] Curran, P.J., West, S.G., & Finch, J.H. (1996). "The Robustness of Test Statics to Nonmorality and Specification Error in Confirmatory Factor Analysis". *Journal of Psychological Methods*, 1(1): 16-29.
- [13] Hair, J.F., Black, W.C., Babin, B.J., & Anderson, R.E. (2010). **Multivariate Data Analysis**. 7th Ed. New Jersey: Pearson Prentice-Hall International Inc.
- [14] Durbin, J. & Watson, G.S. (1951). Testing for serial correlation in least squares regression. *II Biometrika*, 38(1/2): 159-177.
- [15] Gastwirth, J.L., GGel, Y.R., & Miao, W. (2009). The impact of Levine's test of equality of variances on statistical theory and practice. *Statistical Science*, 24(3): 343 – 360.

- [16] Belsley, D.A., Kuh E., & Welsch, R.E. (1980).
**Regression Diagnostics: Identifying Influential
Data and Sources of Collinearity.** New York:
John Wiley & Son.
- [17] Yamane, T. (1973). **Statistics: An introductory
analysis (3st ed.).** Tokyo: Harper International.

- [18] Srisawang, A., Vongchavalitkul, S., & Meehom, S.
(2017). The Analysis of Organic Waste
Management for Energy Conversion in Nakhon
Ratchasima Municipality by Lean Six Sigma.
KMUTT, Bangkok, Thailand. The 13th
International Conference on Eco Materials 2017
(ICEM13): 194-199.
- [19] Chinwan, D. & Pant, S. (2014). Waste to Energy in
India and its Management. *Journal of Basic and
Applied Engineering Research*, 1(10): 89-94.