

การวิเคราะห์คุณสมบัติขยะมูลฝอยเพื่อแนวทางการผลิตเชื้อเพลิงขยะของโรงกำจัดขยะมูลฝอยเชิงกลชีวภาพอ่อนนุช

Municipal Solid Waste Properties Analysis for Refuse-Derived fuel production in On-Nuch Mechanical Biological Treatment plant

นายอนุช ลีละเศรษฐกุล^{1*}, และ สุธรรม ปทุมสวัสดิ์²

^{1,2} ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลและการบิน-อวกาศ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

*E-mail : anuch48@gmail.com, เบอร์โทรศัพท์ 087-9060184

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาค่าความชื้น ค่าความร้อน ผลการวิเคราะห์แบบประมาณและผลการวิเคราะห์ แบบละเอียดของขยะมูลฝอยในช่วงเวลาต่างๆของกระบวนการหมักทำปุ๋ยของโรงกำจัดขยะมูลฝอยเชิงกลชีวภาพ อ่อนนุช เพื่อใช้พิจารณาถึงศักยภาพในการนำขยะมูลฝอยในโรงกำจัดขยะมูลฝอยเชิงกลชีวภาพอ่อนนุช มาผลิต เป็นเชื้อเพลิงขยะ โดยการพิจารณาศักยภาพจะเปรียบเทียบระหว่างสมบัติทางเคมีของขยะมูลฝอย กับมาตรฐาน เชื้อเพลิงขยะของยุโรป จากการศึกษาพบว่าขยะมูลฝอยที่ผ่านกระบวนการหมักเป็นเวลา 35-40 วัน จะมีค่าความชื้นประมาณ 20% ค่าความร้อนประมาณ 13 MJ/kg และปริมาณเถ้าประมาณ 20% ซึ่งมีค่าใกล้เคียง มาตรฐานเชื้อเพลิงขยะ แนวทางเพิ่มคุณภาพเชื้อเพลิงขยะได้ถูกพิจารณาและตั้งเป็นข้อเสนอแนะ

คำสำคัญ : ขยะมูลฝอย , เชื้อเพลิงขยะ , กระบวนการเชิงกลชีวภาพ , ค่าความชื้น , ค่าความร้อน , การวิเคราะห์แบบประมาณ, การวิเคราะห์แบบละเอียด

Abstract

A study was carried out to examine the characteristics of municipal solid waste during composting process in On-Nuch mechanical biological treatment plant. Experiments were performed for determining the moisture content, heating value, proximate and ultimate compositions of waste and compare with European refuse-derived fuel standard. The result showed that municipal solid waste at 40 days of composting process has 20% of moisture content, 13 MJ/kg of heating value and 20% of ash content, hardly pass the European standard. Potential suggestion was discussed for further refuse-derived fuel production.

Keywords : Municipal solid waste (MSW), Refuse-derived fuel (RDF), Mechanical biological treatment (MBT), Moisture content, Heating value, Proximate analysis, Ultimate analysis

1. บทนำ

ประเทศไทยถือเป็นหนึ่งในประเทศของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ที่มีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว การขยายตัวของเขตชุมชนและการขยายตัวของเศรษฐกิจนั้น ทำให้ปริมาณขยะเพิ่มขึ้นจาก 38,000 ตันต่อวัน เป็น 42,000 ตัน ต่อวันในช่วงปีพ.ศ. 2544ถึงพ.ศ.2550 จากการเพิ่มขึ้นของปริมาณขยะนี้เองส่งผลให้การวางแผนการจัดการ ขยะกลายเป็นนโยบายหลักของ

หลายหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชน[1] อย่างไรก็ตามในปัจจุบันขยะมูลฝอย 6080% ยังคงถูกเทกองในที่เปิดโดยปราศจากการบำบัดหรืออัดเพื่อลดขนาด ในขณะที่เทคโนโลยีอื่น ๆ ในการจัดการ ขยะ เช่น การหมักทำปุ๋ย (Composting) การการฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Land filling) และการ เผาทำลาย (Incineration) ก็กำลังขยายตัวเป็นอย่างมาก

องค์ประกอบของขยะมูลฝอยในประเทศไทยโดยทั่วไปประกอบด้วยอินทรีย์ วัตถุเป็นส่วนใหญ่ ได้แก่ อาหาร , กระดาษ, ผ้าและสิ่งทอ ประมาณ 50%, 10,% และ 5% ตามลำดับ [1] และสมบัติทางเคมีของขยะมูลฝอย ซึ่งประกอบไปด้วย ค่าความชื้นสูง, องค์ประกอบอินทรีย์สูง และค่าความร้อนต่ำ ทำให้ขยะมูลฝอยในประเทศไทย เหมาะกับกระบวนการ หมักทำปุ๋ย และการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน(Anaerobic Digestion) [2, 3]

การนำขยะมูลฝอยมาผลิตเชื้อเพลิงขยะ(Refuse-Derived Fuel, RDF) เป็นหนึ่งในเทคโนโลยีแปลงขยะเป็นพลังงาน (Waste-to-Energy) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่มีบทบาทสำคัญในการผลิตพลังงานและมีการใช้เทคโนโลยีนี้ กันอย่างแพร่หลายในประเทศที่พัฒนาแล้วรวมถึงประเทศที่กำลังพัฒนาด้วย [4] ในประเทศเยอรมนี กว่า 54% ของพลังงานความร้อนที่ถูกใช้ ในภาคอุตสาหกรรม ได้มาจากการใช้เชื้อเพลิงขยะ และโรงงานอุตสาหกรรมบางโรงงาน สามารถดำเนินการได้โดยไม่ต้องเสียค่าเชื้อเพลิงหรือแม้กระทั่งได้ผลตอบแทนระหว่างดำเนินการเนื่องจาก สามารถกำจัดขยะมูลฝอยได้[ร]

ในการวิเคราะห์ศักยภาพของขยะมูลฝอยต่อการนำไปผลิตเชื้อเพลิงขยะ สมบัติทางเคมีของขยะมูลฝอย ได้แก่ ค่าความชื้น(Moisture Content), ค่าความร้อน (bleating Value) และปริมาณเถ้า (Ash Content) ล้วนเป็น ปัจจัยสำคัญในการวิเคราะห์ทั้งสิ้น

งานวิจัยนี้ ได้ศึกษาสมบัติของขยะมูลฝอยในช่วงต่างๆของกระบวนการบำบัดภายในโรงกำจัดขยะมูลฝอย เชิงกลชีวภาพอ่อนนุช และนำผลการศึกษามาเปรียบเทียบกับมาตรฐานเชื้อเพลิงขยะในปัจจุบัน เพื่อชี้ให้เห็นถึง ศักยภาพในการผลิตเชื้อเพลิงขยะ เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนากระบวนการผลิตเชื้อเพลิงขยะต่อไป

2. โรงกำจัดขยะมูลฝอยเชิงกลชีวภาพอ่อนนุช

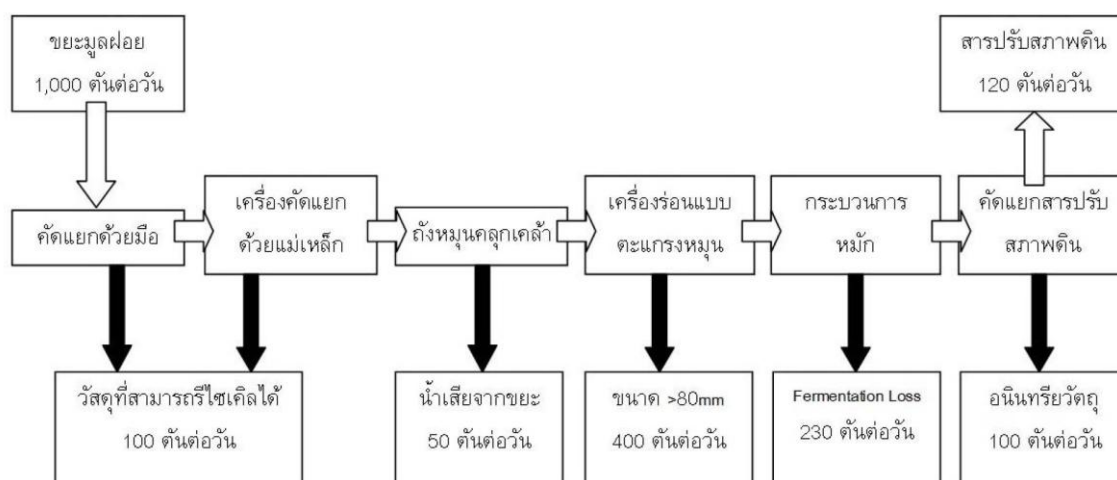
โรงกำจัดขยะมูลฝอยเชิงกลชีวภาพอ่อนนุช ตั้งอยู่ในพื้นที่ของศูนย์กำจัดมูลฝอยอ่อนนุช ดำเนินการโดย บริษัท ยูโร เวสต์ เอ็นจิเนียริง จำกัด ภายใต้การควบคุมของกองโรงงานกำจัดมูลฝอย สำนักสิ่งแวดล้อม กรุงเทพมหานคร

โรงกำจัดขยะมูลฝอยเชิงกลชีวภาพอ่อน นุช ถูกออกแบบให้รับขยะมูลฝอยปริมาณ 1,000 ตันต่อวัน จากกรุงเทพมหานครซึ่งมีความหนาแน่นประมาณ 405 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร [6] และมีองค์ประกอบตามตารางที่ 1 เข้าสู่กระบวนการทางกลเข้าสู่กระบวนการบำบัดทางกลตามด้วยกระบวนการบำบัดทางชีวภาพตามภาพที่ 1 และได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายเป็นปุ๋ยหมักหรือสารปรับปรุงสภาพดิน(Compost) ปริมาณ 120 ตันต่อวัน

กระบวนการทางกลเริ่มด้วยการคัดแยกด้วยมือ (Manual Sorting) และเครื่องคัดแยกด้วยแม่เหล็ก (Magnetic Separator) เพื่อคัดแยกวัสดุที่สามารถรีไซเคิลได้ หลังจากนั้นขยะมูลฝอยจะถูกส่งเข้าสู่ถังหมุน คลุกเคล้า (Rotary Drum) และร่อนแบบตะแกรงหมุน (Trammel Screen) เพื่อคัดแยกขยะมูลฝอยที่มี ขนาดใหญ่กว่า 80 มิลลิเมตรออก หลังจากนั้นขยะมูลฝอยที่มีขนาดเล็กกว่า 80 มิลลิเมตร จะเข้าสู่กระบวนการทางชีวภาพ ต่อไป

กระบวนการทางชีวภาพของโรงกำจัดขยะมูลฝอยเชิงกลชีวภาพอ่อนนุช เป็นกระบวนการหมักทำปุ๋ยแบบ กองเพิ่ม อากาศด้วยอากาศ (Aerated Composting) ซึ่งใช้เวลาในการหมักทั้งสิ้น 60 วัน ระหว่างกระบวนการ หมักนั้น ขยะมูลฝอยจะเกิดความร้อนเนื่องจากกระบวนการย่อยสลายของค์ ประกอบส่วนอินทรีย์วัตถุของขยะมูล ฝอย และเปลี่ยนสภาพจน กลายเป็นสารปรับปรุงสภาพดินในที่สุด หลังจากนั้นขยะมูลฝอยซึ่งผ่านกระบวนการหมักจะ ถูกส่งเข้าสู่กระบวนการร่อนและคัดแยกวัสดุอื่น ๆ ออกจนเหลือเพียงสารปรับปรุงสภาพดิน ตารางที่ 1 องค์ประกอบของขยะมูลฝอย [6]

องค์ประกอบของขยะมูลฝอย	ปริมาณ [% โดยน้ำหนัก]
เศษอาหาร	42.11
เศษไม้และใบไม้	12.72
กระดาษ	14.04
พลาสติก	16.23
ยางและหนัง	5.26
เศษผ้า	3.07
เศษกระดุก	0.44
กรวด หิน และเซรามิก	0.44
โลหะ	0.44
แก้ว	2.19
ขยะอันตราย	1.52
อื่นๆ	1.54



รูปที่ 1 กระบวนการภายในโรงกำจัดขยะมูลฝอยเชิงกลชีวภาพอ่อนนุช

3. วิธีการศึกษาสมบัติของขยะมูลฝอย

3.1 การเก็บตัวอย่างขยะมูลฝอย

งานวิจัยนี้จะพุ่งเป้าไปที่ขยะมูลฝอยซึ่งอยู่ระหว่างกระบวนการหมัก เนื่องจากเป็นกระบวนการหลักที่ ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของขยะมูลฝอย โดยแบ่งช่วงการเก็บตัวอย่างตลอดระยะเวลาของ กระบวนการหมักขยะมูลฝอย เป็น 7 ตัวอย่าง ดังนี้

- 1) MSW DO คือขยะมูลฝอยซึ่งเข้าสู่กระบวนการหมักเป็นวันแรก
- 2) MSW D10 คือขยะมูลฝอยซึ่งผ่านการหมักไปแล้วเป็นเวลา 10 วัน
- 3) MSW D20 คือขยะมูลฝอยซึ่งผ่านการหมักไปแล้วเป็นเวลา 20 วัน
- 4) MSW D30 คือขยะมูลฝอยซึ่งผ่านการหมักไปแล้วเป็นเวลา 30 วัน
- 5) MSW D40 คือขยะมูลฝอยซึ่งผ่านการหมักไปแล้วเป็นเวลา 40 วัน
- 6) MSW D50 คือขยะมูลฝอยซึ่งผ่านการหมักไปแล้วเป็นเวลา 50 วัน

- 7) MSW D60 คือขยะมูลฝอยซึ่งผ่านการหมักไปแล้วเป็นเวลา 60 วัน ซึ่งเป็นวันสิ้นสุดกระบวนการหมัก

3.2 การหาค่าความชื้น

ค่าความชื้นของตัวอย่างขยะมูลฝอยสามารถหาได้โดยกระบวนการอบด้วยตู้อบไล่ความชื้นและชั่งน้ำหนัก ตัวอย่างนอกตู้อบตามมาตรฐาน ASTM ๑1348-94 [7] โดยตัวอย่างจะถูกชั่งน้ำหนักก่อนอบ และอบด้วยอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 2 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักของตัวอย่างจะคงที่ จากนั้นนำตัวอย่างที่ถูกอบแห้งแล้วมาชั่งน้ำหนักและคำนวณหาค่าความชื้นตามสมการ (1)

$$M=(W_1-W_2)/W_1 \quad (1)$$

โดย M คือ ค่าความชื้น, % โดยน้ำหนัก

W_1 คือ น้ำหนักตัวอย่างขยะมูลฝอยก่อนอบ

W_2 คือ น้ำหนักตัวอย่างขยะมูลฝอยหลังจากอบแห้งแล้ว

3.3 การหาค่าความร้อน

การหาค่าความร้อนของตัวอย่างขยะมูลฝอย ทำการหาค่าโดยใช้เครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ (Bomb Calorimeter) ตามมาตรฐาน ASTM ๑5468-02 [8] กระบวนการนี้กระทำโดย การเผาไหม้ตัวอย่างขยะมูลฝอย ปริมาณ 0.5-1 กรัม ภายใต้ก๊าซออกซิเจนความดันสูงซึ่งอยู่ในกระบอกโลหะเรียกว่าบอมบ์ (Bomb) ซึ่งถูกวางอยู่ภายในถังที่บรรจุ น้ำปริมาณ 2 กิโลกรัม หลังจากการจุดระเบิด ตัวอย่างขยะมูลฝอยจะถูกเผาไหม้จนหมดภายใน บอมบ์ ส่งผลให้อุณหภูมิของ น้ำสูงขึ้นค่าความร้อนจะถูกคำนวณโดยเครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์โดยอัตโนมัติ หลังจาก การทดลองแต่ละครั้ง ผู้ทดลองจำเป็นต้องตรวจสอบภายในบอมบ์ว่าตัวอย่างขยะมูลฝอยถูกเผาไหม้จนหมด หรือ ไม่ หากเผาไหม้ไม่หมดผู้ทดลองจำเป็นต้องเริ่มดำเนินการกระบวนการทดลองใหม่ ค่าความร้อนนั้นสามารถแบ่งออกได้ 2 แบบ คือ

1) ค่าความร้อนต่ำ (Low Heating Value) คือ ค่าความร้อนทั้งหมดที่เกิดขึ้นเมื่อภายหลังการเผาไหม้จนสมบูรณ์แล้วได้น้ำที่อยู่ในสภาพเป็นไอ เกิดขึ้นเป็นผลพลอยได้จากขบวนการ

2) ค่าความร้อนสูง (High Heating Value) คือ ค่าความร้อนทั้งหมดที่เกิดขึ้นเมื่อภายหลังการเผาไหม้จนสมบูรณ์แล้วได้น้ำ ที่อยู่ในสภาพเป็นของเหลว เกิดขึ้นเป็นผลพลอยได้จาก ขบวนการ ซึ่งก็คือค่าความร้อนต่ำ บวกกับ ค่าความร้อนแฝงที่ใช้ในการควบแน่นไอน้ำให้กลายเป็นน้ำนั่นเอง

การหาค่าความร้อนโดยใช้เครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์นั้น ค่าความร้อนที่ได้จะเป็นค่าความร้อนสูง มาตรฐานการพิจารณาคุณภาพเชื้อเพลิงขยะบางมาตรฐานอาจใช้ค่าความร้อน ต่ำในการพิจารณา ซึ่งการแปลงค่า ความร้อนสูงให้เป็นค่าความร้อนต่ำสามารถทำได้โดยการคำนวณจากสมการ (2) [7]

$$LHV=HHV-0.212H \quad (2)$$

โดย LHV คือ ค่าความร้อนต่ำ [MJ/kg]

HHV คือ ค่าความร้อนสูง [MJ/kg]

H คือ ปริมาณไฮโดรเจน [%โดยน้ำหนัก]

3.4 การวิเคราะห์แบบประมาณ(Proximate Analysis)

การวิเคราะห์แบบประมาณทำการทดลองตามมาตรฐาน ASTM โดยใช้เครื่อง Thermo gravimetric Analyzer ซึ่งสามารถทดลองหาสมบัติต่างๆ ได้ดังนี้

- 1) ค่าความชื้น(หากตัวอย่างผ่านการอบแห้งแล้วจะมีค่าเป็นศูนย์)
- 2) ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ (Volatile Matter)

3) ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon)

4) ปริมาณเถ้า (Ash Content)

โดยกระบวนการสามารถแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 ตัวอย่างขยะมูลฝอยปริมาณ 10 มิลลิกรัม จะถูกให้ความร้อนจนอุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียสในอัตรา 10 องศาเซลเซียสต่อนาที และคงอุณหภูมิไว้ 10 นาที โดยให้ก๊าซไนโตรเจนในอัตรา 50 มิลลิลิตรต่อนาที ตลอด ขั้นตอน

ขั้นที่ 2 จากนั้นตัวอย่างจะถูกให้ความร้อนจนอุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส ในอัตรา 10 องศาเซลเซียสต่อนาทีและคงอุณหภูมิไว้ 20 นาที

ขั้นที่ 3 เปลี่ยนจากการให้ก๊าซไนโตรเจนเป็นก๊าซออกซิเจนในอัตรา 50 มิลลิลิตรต่อนาที เพื่อให้เกิดการเผาไหม้ หลังจากนั้นปล่อยให้เกิดการเผาไหม้จนน้ำหนักของตัวอย่างคงที่

หลังจากผ่านกระบวนการทั้ง 3 ขั้นตอน จะได้กราฟการลดลงของน้ำหนักตัวอย่างขยะมูลฝอย ซึ่งค่า ความชื้นจะเท่ากับเปอร์เซ็นต์การลดลงของน้ำหนักตัวอย่างในขั้นที่ 1 ปริมาณสารที่เผาไหม้ ได้จะเท่ากับเปอร์เซ็นต์ การลดลงของน้ำหนักตัวอย่างในขั้นที่ 2 ปริมาณคาร์บอนคงตัวจะเท่ากับเปอร์เซ็นต์การลดลงของน้ำหนักตัวอย่าง ในขั้นที่ 3 และปริมาณเถ้าจะเท่ากับเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เหลืออยู่

3.5 การวิเคราะห์แบบละเอียด (Ultimate Analysis)

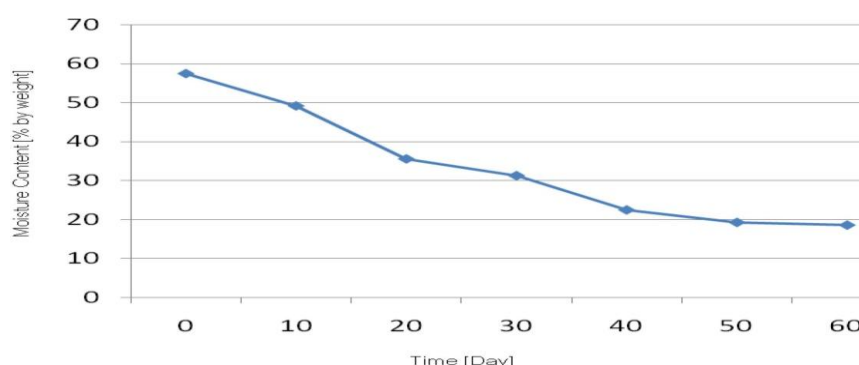
การวิเคราะห์แบบละเอียดสามารถวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน ซัลเฟอร์และออกซิเจน ทำ ได้โดยใช้เครื่องElemental Analyzer โดยมีหลักการทำงานคือ เผาไหม้ตัวอย่างในเตาเผาที่บรรจุอยู่ภายในเครื่องด้วยอุณหภูมิ สูงภายใต้บรรยากาศออกซิเจน ตัวอย่างจะถูกออกซิไดซ์และรีดัก ชันเป็นก๊าซผสมของ N₂, CO₂, H₂O และSO₂ จากนั้นใช้ ปฏิกิริยาเคมีเปลี่ยนให้เป็นก๊าซบริสุทธิ์ และวัดปริมาณด้วยตัวตรวจจับ Thermal Conductivity Detector ประมวลผล และควบคุมการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ได้ ผลออกมาเป็น เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักคาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน และซัลเฟอร์ในคราวเดียวกัน ส่วนออกซิเจนต้องมีการ วิเคราะห์แยกแต่ด้วยหลักการเดียวกัน [39]

4. ผลการทดลอง

4.1 ค่าความชื้น

ตารางที่ 2 ค่าความชื้นของตัวอย่างขยะมูลฝอย

ตัวอย่างขยะมูลฝอย	MSW DO	MSW DIO	MSW D20	MSW D30	MSW D40	MSW D50	MSW D60
ค่าความชื้น [% โดยน้ำหนัก]	57.4	49.1	35.5	31.2	22.4	19.2	18.5



รูปที่ 2 แนวโน้มค่าความชื้นของตัวอย่างขยะมูลฝอยตลอดระยะเวลาการหมัก

4.2 ค่าความร้อน

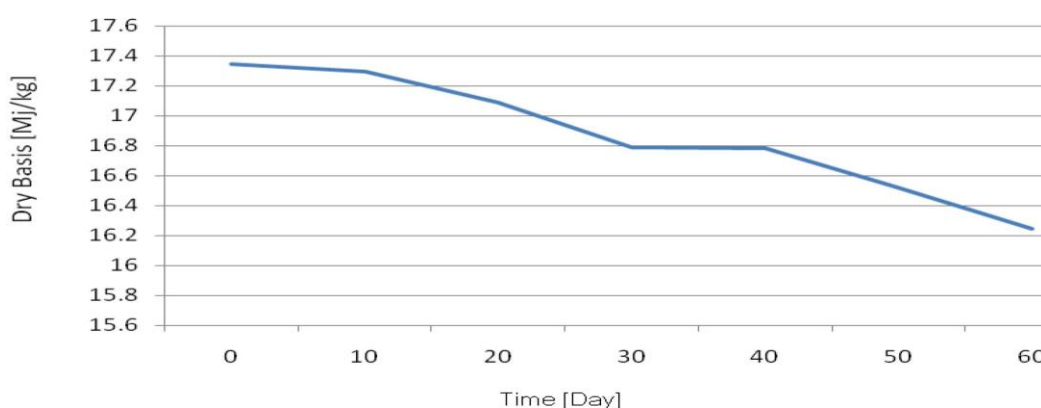
ตารางที่ 3 ค่าความร้อนสูงของตัวอย่างขยะมูลฝอย

ตัวอย่างขยะมูลฝอย	ค่าความร้อนสูง [kcal/kg]	ค่าความร้อนสูง [Mj/kg]
MSW DO	4143.9	17.34637
MSW DIO	4132.1	17.29697
MSW D20	4082	17.08725
MSW D30	4011.5	16.79214
MSW D40	4008.7	16.78042
MSW D50	3945.9	16.51754
MSW D60	3880.7	16.24461

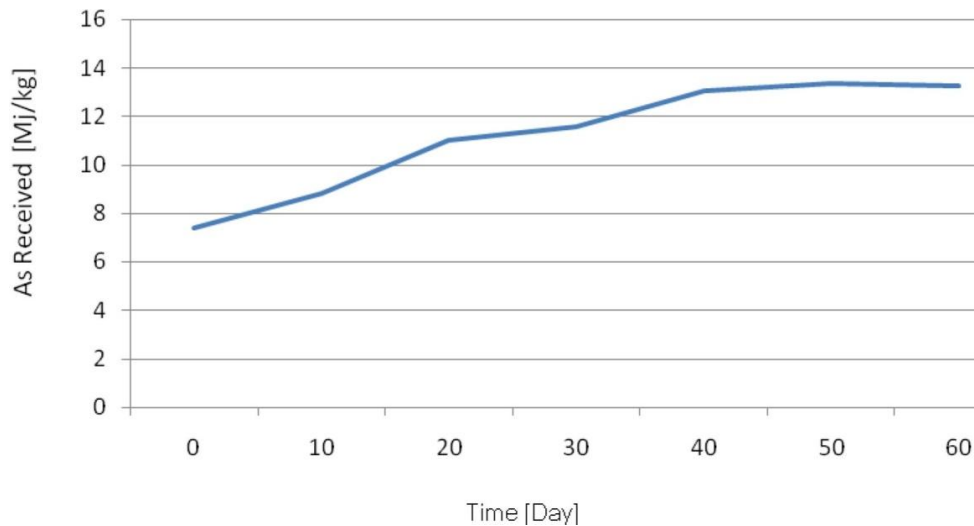
ค่าความร้อนตามตารางที่ 3 นั้น เป็นการแสดงค่าความร้อนแบบ Dry Basis ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ ตัวอย่างซึ่งผ่านการอบไล่ความชื้นมาแล้ว อย่างไรก็ตามข้อมูลค่าความร้อนที่ใช้ในการวิเคราะห์หาแนวทางการผลิต

เชื้อเพลิงขยะจำเป็นต้องใช้ค่าความร้อนที่สอดคล้องกับลักษณะจริงของขยะมูลฝอยซึ่งยังมีความชื้น ค่าความร้อนแบบ As Received (Wet Basis) ซึ่งคิดรวมผลของความชื้นทั้งหมดในตัวอย่างจึงเหมาะกับการวิเคราะห์โดย สามารถคำนวณโดยใช้ค่าความชื้นจากตารางที่ 2 ได้ผลดังนี้ ตารางที่ 4 ค่าความร้อนสูงแบบ Dry Basis และแบบ As Received

ตัวอย่างขยะมูลฝอย<0	ค่าความร้อนสูงแบบ Dry Basis [Mj/kg]	ค่าความร้อนสูงแบบ As Received [Mj/kg]
MSW DO	17.34637	7.389552
MSW DIO	17.29697	8.804158
MSW D20	17.08725	11.02128
MSW D30	16.79214	11.55299
MSW D40	16.78042	13.0216
MSW D50	16.51754	13.34617
MSW D60	16.24461	13.23936



รูปที่ 3 แนวโน้มค่าความร้อนสูงแบบ Dry Basis ของตัวอย่างขยะมูลฝอย

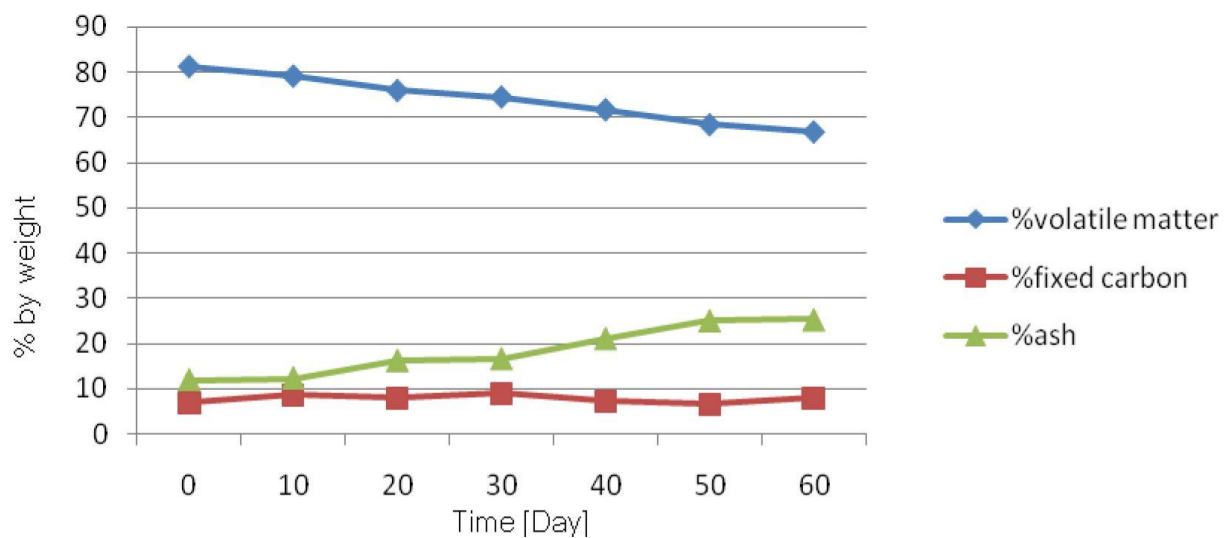


รูปที่ 4 แนวโน้มค่าความร้อนสูงแบบ As Received ของตัวอย่างขยะมูลฝอย

4.3 การวิเคราะห์แบบประมาณ

ตารางที่ 5 ผลการการวิเคราะห์แบบประมาณของตัวอย่างขยะมูลฝอย

ตัวอย่างขยะมูลฝอย	ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ [% โดยน้ำหนัก]	ปริมาณคาร์บอนคงตัว [% โดยน้ำหนัก]	ปริมาณเถ้า [% โดยน้ำหนัก]
MSW DO	81.2	6.9	11.9
MSW DIO	79.1	8.6	12.3
MSW D20	75.9	7.9	16.2
MSW D30	74.5	8.9	16.6
MSW D40	71.7	7.2	21.1
MSW D50	68.4	6.5	25.1
MSW D60	66.8	7.9	25.3

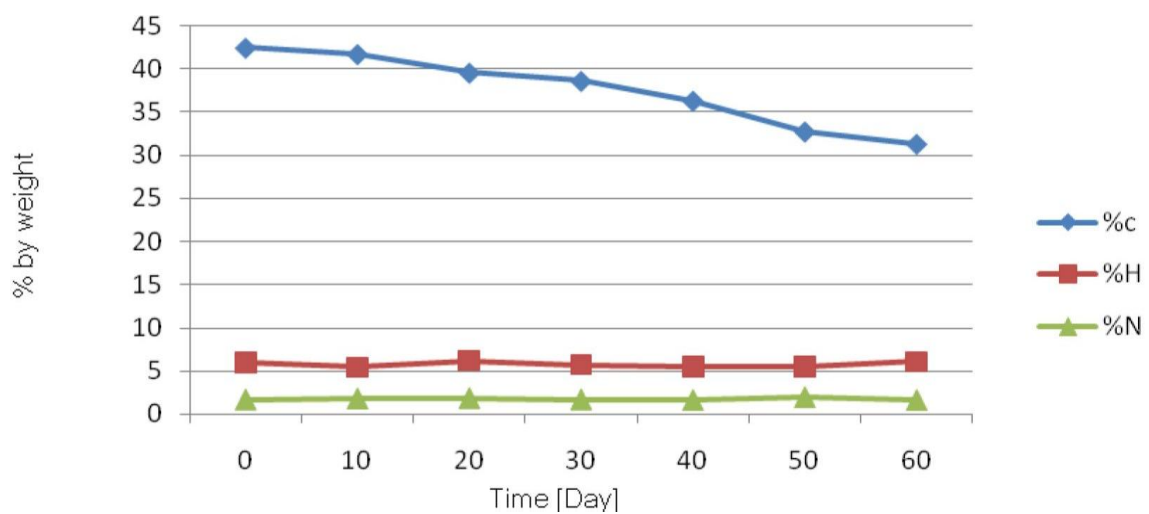


รูปที่ 5 แนวโน้มปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ ปริมาณคาร์บอนคงตัว และปริมาณเถ้าของตัวอย่างขยะมูลฝอย

4.4 การวิเคราะห์แบบละเอียด

ตารางที่ 6 ผลการการวิเคราะห์แบบละเอียดของตัวอย่างขยะมูลฝอย

ตัวอย่างขยะมูลฝอย	ปริมาณคาร์บอน [% โดยน้ำหนัก]	ปริมาณไฮโดรเจน [% โดยน้ำหนัก]	ปริมาณไนโตรเจน [% โดยน้ำหนัก]
MSW DO	42.465	6.0023	1.7399
MSW DIO	41.722	5.4337	1.8533
MSW D20	39.565	6.1836	1.9028
MSW D30	38.61	5.6881	1.7478
MSW D40	36.302	5.477	1.6759
MSW D50	32.733	5.4538	2.0093
MSW D60	31.301	6.1003	1.6937



รูปที่ 6 แนวโน้มปริมาณคาร์บอน ไฮโดรเจน และไนโตรเจนของตัวอย่างขยะมูลฝอย ปริมาณไฮโดรเจนของ

ตัวอย่างขยะมูลฝอยที่ทดลองได้ สามารถนำมาคำนวณหาค่าความร้อนต่ำตามสมการ (2) ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 7 ค่าความร้อนสูงแบบ Dry Basis และแบบ As Received

ตัวอย่างขยะมูลฝอย	ค่าความร้อนต่ำ Dry Basis [Mj/kg]	ค่าความร้อนต่ำ As Received [Mj/kg]
MSW DO	16.07	6.84
MSW DIO	16.14	8.21
MSW D20	15.77	10.17
MSW D30	15.58	10.72
MSW D40	15.61	12.12
MSW D50	15.36	12.41
MSW D60	14.95	12.18

5.สรุปผลการศึกษา

จากการสังเกตแนวโน้มค่าความชื้น ทำให้ทราบได้ว่ากระบวนการหมักทำปุ๋ยของโรงกำจัดขยะมูลฝอย เชียงกล ชีวภาพอ่อนนุช ขยะมูลฝอยจะเริ่มเข้าสู่สภาวะที่ปรับเสถียรแล้ว (Stabilized) ในช่วงวันที่ 35-40 ของการหมัก ซึ่งทำให้ค่าความชื้นเกือบคงที่หรือเปลี่ยนแปลงน้อย

จากการสังเกตแนวโน้มค่าความร้อนแบบ Dry Basis มีค่าลดลงตลอดช่วงกระบวนการหมัก สอดคล้องกับ การลดลงของค่าปริมาณคาร์บอนซึ่งลดลงอย่างต่อเนื่อง และปริมาณเถ้าที่เพิ่มขึ้น

จากการสังเกตแนวโน้มค่าความร้อนแบบ As Received มีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากกระบวนการหมักทำให้ขยะ มูลฝอย สูญเสียความชื้น ซึ่งค่าความชื้นเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อค่าความร้อนแบบ As Received

Gendebien et al. [12] ได้ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับเชื้อเพลิงขยะในยุโรป รวมถึงมาตรฐาน เชื้อเพลิงขยะในบางประเทศไว้ตารางที่ 8

ตารางที่ 8 มาตรฐานเชื้อเพลิงขยะ

Parameters	Finland	Italy	UK
Calorific Value (MJ/kg)	13-16	>15	>18.7
Moisture content %w	25-35	<25	7-28
Ash content %w	5-10	<20	<12

จากการเปรียบเทียบผลการทดลองและมาตรฐานเชื้อเพลิงขยะแล้ว ทำให้เห็นได้ว่า กระบวนการหมักทำ ปุ๋ยของโรงกำจัดขยะมูลฝอยเชียงกลชีวภาพอ่อนนุชนั้นสามารถกำจัดความชื้นของขยะมูลฝอยจากเดิมประมาณ 60% ให้เหลือประมาณ 20% ในช่วงที่ขยะมูลฝอยจะเกิดการปรับเสถียร(ประมาณวันที่ 35-40) ซึ่งผ่านมาตรฐาน เชื้อเพลิงขยะ อย่างไรก็ตามการหมักขยะมูลฝอยนานเกินไปอาจทำให้เสียค่าความร้อนและปริมาณเถ้าสูงได้ การผลิต เชื้อเพลิงขยะจากโรงกำจัดขยะมูลฝอยเชียงกลชีวภาพอ่อนนุชจึงจำเป็นต้องพิจารณาแนวทางเพิ่มคุณภาพเชื้อเพลิง ขยะ โดยผู้วิจัยได้กำหนดข้อเสนอแนะดังนี้

1) พิจารณาทหารกระบวนการทางชีวภาพที่สามารถทำให้ค่าความชื้นลดลงได้มากกว่านี้ในช่วงเวลาที่ ขยะยังไม่เข้าสู่สภาวะเสถียร เช่น กระบวนการ Biodrying เป็นต้น เพื่อทำให้ขยะมูลฝอย ลดค่าความชื้นลงได้โดยยังไม่เสีย องค์ประกอบคาร์บอนให้กับการหมักมากเกินไปนัก ส่งผลให้ค่าความร้อนเพิ่มสูงขึ้น

2) ใช้ขยะมูลฝอยจากกระบวนการหมักแบบเดิม โดยหยุดกระบวนการเมื่อขยะมูลฝอยกำลังจะเริ่มเสถียร แล้วนำ ขยะมูลฝอยมาเข้ากระบวนการคัดแยกวัสดุที่เผาไหม้ไม่ได้ออก ส่งผลให้ปริมาณเถ้าลดลง

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Chiemchaisri c, Juanga JP and Visvanathan c. (2007). Municipal solid waste management in Thailand and disposal emission inventory, *Journal of Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 135(1-3), 2007, pp.13-20.
- [2] Suttibak S and Nitivattananon V. (2005). Enhancing solid waste management capacity of local government authorities: review of current status in Thailand, *Proceedings of international conference on integrated solid waste management in Southeast Asian Cities*, ISBN 974-8257-34-7, 2005, pp.105-20.
- [3] Chaya พ, Gheewala SH. (2007). Life cycle assessment of MSW-to-energy schemes in Thailand, *Journal of Cleaner Production*, vol. 15(15), 2007, pp. 1463-8.
- [4] Saikia N, Kato ร and Kojima T. (2007). Production of cement clinkers from municipal solid waste

- incineration (MSWI) fly ash, *Waste Management*, vol. 27, 2007, pp. 1178-89.
- [5] KaraM, Gunay E, Tabak Y and Yildiz ร. (2009). Perspectives for pilot scale study of RDF in Istanbul, *Waste Management*, vol. 29, 2009, pp. 2976-82.
- [6] Jidapa Nithikul, Obuli. p. Karthikeyan and c. Visvanathan. (2011). Reject management from a Mechanical Biological Treatment plant in Bangkok, Thailand, *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 55, 2011, pp. 417-422.
- [7] Honghong Shi, Nader Mahinpey, Aqsha Aqsha and Rico Silbermann. (2016). Characterization, thermochemical conversion studies, and heating value modeling of municipal solid waste, *Waste Management*, vol. 48, 2016, pp. 34-47.
- [8] ASTM.(2008). standard Test Methods for Moisture in Cellulose, ASTM D1348-94. ASTM International.
- [9] ASTM.(2007). standard Test Method for Gross Calorific and Ash Value of Waste Materials, ASTM D5468-02. ASTM International.
- [10] ASTM. Standard Test Methods for Proximate Analysis of Coal and Coke by Macro Thermo gravimetric Analysis, ASTM D7582-12. ASTM International.
- [11] กิตติกร สาธุจิตต์ (2015). เทคโนโลยีเชื้อเพลิงชีวภาพและชีวมวล กระบวนการแปลงสภาพและคุณสมบัติ เชื้อเพลิงชีวมวล. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- [12] Gendebien et al. (2003). Refuse Derived Fuel, Current Practice and Perspectives (B4-3040/2000/306517/MAR/E3), European Commission - Directorate General Environment