การผลิตพลังงานที่เหมาะสมจากขยะอินทรีย์ด้วยวิธีทางชีวภาพร่วมกับทางกล

Optimal energy production from organic solid waste by biological and mechanical methods

สัญญา แก้วศรีงาม*[1] ธเนศ อุทิศธรรม [2] รัตนชัย ไพรินทร์ [1] ปฐมพร พูลสวัสดิ์ [3] และเก้ากันยา สุดประเสริฐ [1]
*[1]สายวิชาเทคโนโลยีพลังงาน, คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140 E-mail: yakmutt_et@hotmail.com
[2]ฝ่ายเทคโนโลยีพลังงาน, [3] ฝ่ายนิเวศวิทยาและสิ่งแวดล้อม
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
โทรศัพท์ 02-577-9499 โทรสาร 02-577-9506

Sanya Kaewsringam*[1] Thanes Utistham [2] Rattanachai Pairin [1] Pathomporn Pulsawad [3] and Kaokanya Sudaprasert [1]
*[1]Energy Technology Department, School of Energy Environment and Materials, King Mongkut's University of Technology Thonburi
126 Pracha-utid Road, Bangmod, Toongkru, Bangkok, Thailand 10140 E-mail: yakmutt_et@hotmail.com
[2]Energy Technology Department, [3]Ecological and Environmental Department
Thailand Institute of Scientific and Technological Research
Tel: 02-577-9499 Fax: 02-577-9506

บทคัดย่อ

ขยะอินทรีย์เป็นแหล่งพลังงานที่มีศักยภาพสูงชนิดหนึ่ง แต่ที่ยังไม่มีการนำขยะอินทรีย์มาผลิตพลังงานอย่างแพร่หลาย เนื่องจากยังมีความชื้นอยู่สูง ซึ่งการนำขยะอินทรีย์ที่มีความชื้นสูงมาผลิตพลังงานนั้นจะต้องใช้พลังงานเพื่อการลดความชื้นสูงเช่นกัน งานวิจัยนี้จึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อหาแนวทางการนำขยะอินทรีย์มาผลิตเป็นพลังงาน โดยการศึกษากระบวนการลดปริมาณน้ำในขยะ ด้วยวิธีทางชีวภาพร่วมกับวิธีทางกล โดยที่วิธีทางชีวภาพจะใช้ชุดปฏิกรณ์แบบมีอากาศไหลผ่าน และวิธีทางกลใช้การบีบอัดด้วยความดัน 0.62 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร จากการทดลองใช้ขยะอินทรีย์จำนวน 2 กิโลกรัม พบว่าแนวทางการลดความชื้นในขยะอินทรีย์ที่ได้ค่าพลังงานสูงสุด คือ การย่อยสลายขยะอินทรีย์ด้วยวิธีทางชีวภาพเป็นเวลา 3 วัน ได้ผลผลิตเป็นน้ำชะขยะ (Leachate) ที่สามารถนำไปผลิตพลังงานได้ 287 กิโลจูล และนำขยะอินทรีย์ที่ผ่านการย่อยสลายด้วยวิธีทางชีวภาพไปบีบอัดด้วยวิธีทางกล ได้ผลผลิตเป็นน้ำชะขยะและขยะแห้งที่สามารถนำไปผลิตพลังงานได้ 3,465 กิโลจูล

Abstract

The organic solid waste has a high potential for energy production. However, it was still not used widely due to its high moisture content. Consequently, producing energy with its high moisture content needs high energy consumption as well. The objective of this paper is to find out the method of energy production from organic solid waste by using the biological and mechanical methods. The aerobic digestion was selected for the biological method while the mechanical method was used pressure of 0.62 kg/cm^2. With 2 kilograms of feeding organic solid waste, the optimal energy production showed that the biological method gained 287 kJ from leachate in 3 days. The remaining of organic solid waste was compressed by the mechanical method and gained 3,465 kJ from leachate and dry organic solid waste.

1. บทนำ

ปัจจุบันการขยายตัวและการเติบโตในภาคธุรกิจและอุตสาหกรรมของประเทศไทยเพิ่มสูงขึ้น และได้ส่งผลให้ความต้องการพลังงานของประเทศเพิ่มตามไปด้วย นอกจากนี้ความผันผวนทางด้านราคาพลังงานและปัญหาภาวะโลกร้อน ได้ก่อผลกระทบต่อประเทศเช่นกัน การใช้พลังงานทดแทนจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะลดผลกระทบดังกล่าว (1)

ขยะอินทรีย์เป็นแหล่งพลังงานทดแทนชนิดหนึ่ง ที่มีศักยภาพสูงเพื่อลดผลกระทบข้างต้น จากข้อมูลของกรมควบคุมมลพิษ พบว่า ปี 2552 ขยะที่เกิดขึ้นในประเทศ มีปริมาณกว่า 41,240 ตันต่อวัน (2) คิดเป็นขยะอินทรีย์ร้อยละ 64 เช่น เศษอาหาร พืชผัก กิ่งไม้ ใบไม้ เป็นต้น

ขยะอินทรีย์สามารถนำมาเผาไหม้เพื่อผลิตเป็นพลังงาน หรือนำมาผ่านกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (Refuse Derived Fuel, RDF) เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการเปลี่ยนรูปทางเคมีความร้อน (Thermal Chemical Process) และผลิตเป็นแก๊สที่ติดไฟได้ (Producer Gas) แต่ที่ยังไม่นิยมนำขยะอินทรีย์มาผลิตพลังงาน เนื่องจากขยะไม่มีการคัดแยกประเภท ทำให้มีลักษณะทางองค์ประกอบที่ไม่สม่ำเสมอ (Non-homogeneousness) และมีความชื้นมากกว่าร้อยละ 50 ทำให้ติดไฟยากและมีค่าความร้อนต่ำ (3) นอกจากนี้ ขยะอินทรีย์บางประเภทมีลักษณะแข็งและเหนียวเนื่องจากมีกากและเส้นไยสูง ซึ่งยากต่อการบริหารจัดการและทำให้ต้นทุนพลังงานจากขยะอินทรีย์มีราคาสูงขึ้น ปัจจุบันวิธีในการกำจัดน้ำและเปลี่ยนลักษณะทางกายภาพของขยะอินทรีย์โดยวิธีทางกล เช่น การอบ การสับย่อย และการอัดแท่งนั้นต้องใช้พลังงานสูง ได้มีงานวิจัยเพื่อลดปัญหาข้างต้น (1) โดยเสนอให้ใช้วิธีทางชีวภาพแบบมีอากาศร่วมกับวิธีทางกล ซึ่งระยะเวลาที่เหมาะสมที่ให้พลังงานสูงสุด คือ ช่วง 1-7 วัน

ในงานวิจัยนี้ ได้ทำการทดลองเพื่อหาวันที่เหมาะสมในช่วง 1-9 วัน โดยใช้วิธีทางชีวภาพแบบมีอากาศร่วมกับทางกลเช่นเดียวกับการทดลองข้างต้น

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาวันที่เหมาะสมในการผลิตพลังงาน จากน้ำชะขยะและขยะแห้งคงเหลือ

3. วิธีดำเนินงานวิจัย

แบ่งการดำเนินงานวิจัยออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ

3.1 ขั้นตอนการกำจัดน้ำ

3.1.1 วิธีทางชีวภาพแบบมีอากาศ

ในขั้นตอนนี้ ขยะอินทรีย์ถูกสับย่อยให้มีขนาดประมาณ 2 x 3 เซนติเมตร จำนวน 2 กิโลกรัม บรรจุลงในปฏิกรณ์ที่ทำจากท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.1 เมตร สูง 1 เมตร จำนวน 18 ชุดปฏิกรณ์ ภายในด้านล่างท่อพีวีซีมีแผ่นตะแกรงเพื่อรองรับขยะ วางสูงจากด้านล่าง 0.1 เมตร ด้านบนท่อพีวีซีต่อกับท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.025 เมตร สูง 4 เมตร เพื่อสร้างแรกยกตัวโดยธรรมชาติ (Natural draft)(4) ให้เกิดการไหลของอากาศจากด้านล่างผ่านชั้นตะแกรงและขยะขึ้นสู่ด้านบน ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยทำการทดลองในช่วงระยะเวลา 1-9 วัน

รูปที่ 1 ปฏิกรณ์หมักขยะแบบมีอากาศไหลผ่าน

3.1.2 วิธีทางกล

หลังจากที่ทำการหมักขยะอินทรีย์โดยวิธีทางชีวภาพแบบมีอากาศตามระยะเวลาที่ทำการทดลองใน 1-9 วันแล้ว หลังจากนั้นจึงนำขยะมากดทับด้วยน้ำหนัก 50 กิโลกรัม คิดเป็นแรงดัน 0.62 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เพื่อทำการบีบน้ำออกจากขยะอินทรีย์ดังแสดงในรูปที่ 2

รูปที่ 2 วิธีบีบอัดขยะและตัวอย่างน้ำชะขยะที่ได้จากการบีบอัด

3.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์คุณสมบัติ

3.2.1 การวิเคราะห์ปริมาณกลุ่มสารและปริมาณธาตุ (Proximate and Ultimate Analysis)

ในขั้นตอนการวิเคราะห์ปริมาณกลุ่มสารและปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของขยะอินทรีย์ ใช้ตามวิธีวิเคราะห์ ASTM D 3172, ASTM D 3177, ASTM D 5373 และ ASTM D 5865

3.1.2 การวิเคราะห์ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand Analysis)

การวิเคราะห์ซีโอดีเป็นวิธีทางเคมีแบบ Closed Reflex โดยใช้ชุดสารเคมีในหลอดแก้วทดลอง ที่ใช้ Potassium dichromate เป็นตัวออกซิไดซ์สารอินทรีย์ในน้ำชะขยะ โดยทำ digest ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที โดยทำการวิเคราะห์ในช่วง High Range ตัวเครื่องใช้หลักการดูดกลืนแสง Colorimetric Method ซึ่งมีแหล่งกำเนิดเป็น Special Tungsten Lamp ส่องแสงที่ความยาวคลื่น 420, 525, 575 และ 610 นาโนเมตร ที่มี Light Detector เป็น Silicon Photocells เพื่อแสดงผลทางหน้าจอเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

4. ผลการวิจัย

4.1 คุณสมบัติเบื้องต้นของขยะอินทรีย์

ขยะอินทรีย์มีคุณสมบัติด้านกลุ่มสาร และองค์ประกอบทางเคมี ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณสมบัติด้านกลุ่มสารและองค์ประกอบทางเคมี

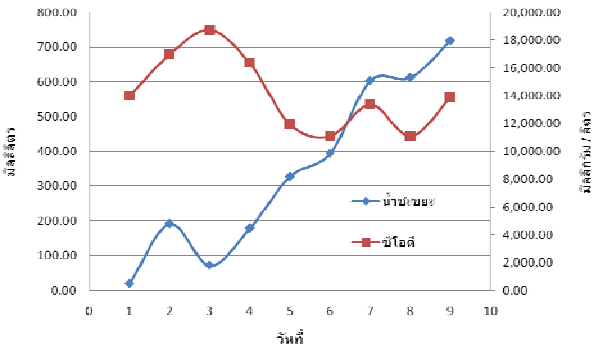
รายการ	ขยะอินทรีย์	
	ตามน้ำส่ง	ตามแห้ง
proximate,%		
ความชื้น	89.14	0.00
สารระเหย	8.02	73.85
คาร์บอนคงตัว	1.94	18.82
เถ้า	0.90	8.33
Ultimate,%		
คาร์บอน	4.95	45.54
ไฮโดรเจน	10.55	5.90
ออกซิเจน	83.40	38.40
ไนโตรเจน	0.20	1.83
ค่าความร้อน (กิโลจูล/กิโลกรัม)	2,002	18,423

ที่มา: ฝ่ายเทคโนโลยีพลังงาน, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2553

โดยทั่วไป การผลิตพลังงานความร้อนจากชีวมวลนั้น ความชื้นในชีวมวลมีผลกระทบโดยตรงต่อค่าความร้อน เนื่องจากความร้อนส่วนหนึ่งจะถูกนำไปใช้ในการระเหยน้ำ (5) ทำให้ค่าความร้อนของชีวมวลลดลง ความชื้นของขยะอินทรีย์ที่นำมาทดลองนี้ มีความชื้นร้อยละ 89.14 ซึ่งมีค่าความร้อนเพียง 2,002 กิโลจูลต่อกิโลกรัม แต่ที่ความชื้นของขยะอินทรีย์ร้อยละ 0.00 มีค่าความร้อน 18,423 กิโลจูลต่อกิโลกรัม ดังนั้น ปัญหาของการนำขยะอินทรีย์มาใช้ประโยชน์คือ ความชื้นที่มีในขยะอินทรีย์นั่นเอง

4.2 ผลจากการใช้วิธีทางชีวภาพแบบมีอากาศ

ขยะอินทรีย์จำนวน 2,000 กรัม ที่ถูกบรรจุลงในปฏิกรณ์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.1 เมตร สูง 1เมตร จะถูกกดทับกันโดยน้ำหนักของขยะ ทำให้น้ำบางส่วนในขยะถูกกดอัดออกมา และไอน้ำบางส่วนจะระเหยออกไปกับอากาศ จุลินทรีย์ชนิดต้องการอากาศ (Aerobic digestion) จะย่อยสลายขยะบางส่วนออกมาในรูปของน้ำชะขยะ (Leachate) โดยน้ำที่ออกมาจากขยะอินทรีย์มาจากการถูกกดอัดและจากการย่อยสลายของจุลินทรีย์ชนิดต้องการอากาศรวมกันเป็นน้ำชะขยะ ซึ่งมีปริมาณและค่าซีโอดีดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ปริมาณน้ำชะขยะและค่าซีโอดี

วิธีทางชีวภาพจะช่วยย่อยขยะอินทรีย์บางส่วนออกมาในรูปของน้ำชะขยะ (Leachate) ทำให้ขยะมีความอ่อนตัวลง จากนั้นจึงใช้การกดทับด้วยวิธีทางกลเพียงเล็กน้อยซึ่งเป็นข้อได้เปรียบที่ไม่ต้องใช้พลังงานมาก

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณน้ำชะขยะและซีโอดีจากวิธีทางชีวภาพแบบมีอากาศในช่วงเวลา 1-9 วัน โดยปริมาณน้ำชะขยะมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยมีปริมาณสูงสุดในวันที่ 9 คือ 719 มิลลิกรัม คิดเป็นร้อยละ 23.02 ของปริมาณน้ำชะขยะด้วยวิธีทางชีวภาพที่เกิดขึ้นทั้งหมด แต่ค่าซีโอดีเฉลี่ยสูงสุดเกิดขึ้นในวันที่ 3 คือ 18,770 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งใกล้เคียงกับค่าซีโอดีเฉลี่ยที่เกิดขึ้นทั้ง 9 วัน คือ 14,166 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตารางที่ 2 ปริมาณน้ำชะขยะและซีโอดีจากวิธีทางชีวภาพแบบมีอากาศ

ระยะเวลา (วันที่)	ปริมาณน้ำชะขยะและซีโอดี		
	(มิลลิลิตร)	(ร้อยละ)	(มก./ลิตร)
1	20	0.64	14,000
2	192	6.15	16,981
3	72	2.32	18,770
4	179	5.75	16,341
5	328	10.52	11,944
6	395	12.65	11,085
7	604	19.34	13,386
8	613	19.63	11,102
9	719	23.02	13,890
1-9	347	100	14,166

4.3 ผลจากการใช้วิธีทางกล

ขยะอินทรีย์ที่ผ่านการย่อยสลาย ด้วยวิธีทางชีวภาพแบบมีอากาศในวันที่ 1-9 ถูกนำมาแยกน้ำชะขยะออกด้วยวิธีทางกล โดยการใช้น้ำหนัก 50 กิโลกรัมกดทับ ดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งปริมาณน้ำชะขยะและซีโอดีที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณน้ำชะขยะและซีโอดีจากวิธีทางกล

ระยะเวลา (วันที่)	ปริมาณน้ำชะขยะและซีโอดี		
	(มิลลิลิตร)	(ร้อยละ)	(มก./ลิตร)
1	486	12.39	39,750
2	483	12.31	32,500
3	556	14.17	30,000
4	531	13.55	32,500
5	430	10.97	37,000
6	423	10.78	37,500
7	383	9.76	34,500
8	343	8.74	34,500
9	288	7.34	37,250
เฉลี่ย	436	100	35,056

ปริมาณน้ำชะขยะที่เกิดขึ้นในช่วง 1-4 วันแรก มีปริมาณใกล้เคียงกัน ภายหลังจากวันที่ 5 ปริมาณน้ำชะขยะจะลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยปริมาณน้ำชะขยะสูงสุดเกิดขึ้นในวันที่ 3 คือ 556 มิลลิลิตร คิดเป็นร้อยละ 14.17 ของปริมาณน้ำชะขยะทั้งหมดที่เกิดขึ้นด้วยวิธีทางกล และมีค่าซีโอดี 30,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ซีโอดีเฉลี่ยทั้ง 9 วันมีค่า 35,056 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งนี้ ซีโอดีมีค่าสูงเนื่องจากจุลินทรีย์ย่อยสลายขยะออกมาในรูปของน้ำชะขยะจำนวนมากตามระยะเวลาในการหมัก จนขยะมีปริมาณลดลงทำให้ได้ปริมาณน้ำชะขยะด้วยวิธีทางกลลดลงตามมาด้วย

4.4 ผลจากการใช้วิธีทางชีวภาพแบบมีอากาศร่วมกับวิธีทางกล

4.4.1 ปริมาณน้ำชะขยะ

นำผลที่ได้จากวิธีทางชีวภาพแบบมีอากาศร่วมกับวิธีทางกลตลอดช่วงระยะเวลาในการทดลอง 1-9 วัน มาพิจารณาหาปริมาณน้ำชะขยะ ดังแสดงผลในตารางที่ 4 พบว่า มีปริมาณสูงสุดในวันที่ 9 คือ 1,007 มิลลิลิตร คิดเป็นร้อยละ 14 จากปริมาณน้ำชะขยะรวมของวิธีทางชีวภาพและวิธีทางกล ซึ่งเป็นน้ำชะขยะที่เกิดจากวิธีทางชีวภาพ 719 มิลลิลิตร และวิธีทางกลอีก 288 มิลลิลิตร ทั้งนี้ ปริมาณน้ำชะขยะมาก เนื่องจากจุลินทรีย์ที่เพิ่มจำนวนมากขึ้นตามระยะเวลาการหมักที่นานและปริมาณขยะยังมีมากพอกับจำนวนจุลินทรีย์

ตารางที่ 4 ปริมาณน้ำชะขยะที่ได้จากวิธีทางชีวภาพและทางกล

ระยะเวลา (วันที่)	ปริมาณน้ำชะขยะ(มิลลิลิตร)			
	ทางชีวภาพ	ทางกล	รวม	(ร้อยละ)
1	20	486	506	7
2	192	483	675	10
3	73	556	628	9
4	180	531	711	10
5	329	430	759	11
6	395	423	818	12
7	604	383	987	14
8	613	343	956	14
9	719	288	1,007	14
เฉลี่ย	347	436	783	100

4.4.2 ปริมาณขยะแห้งคงเหลือ

จากวิธีทางชีวภาพแบบมีอากาศร่วมกับวิธีทางกล พบว่า ร้อยละการสูญเสียของขยะแห้งเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการหมัก โดยในวันที่ 1 มีการสูญเสียน้อยที่สุด คือ 82 กรัม คิดเป็นร้อยละ 38 และในวันที่ 9 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายมีการสูญเสียสูงสุด คือ 197 กรัม คิดเป็นร้อยละ 62 ดังแสดงในตารางที่ 5 ดังนั้น ระยะเวลาในการหมักที่นานขึ้นทำให้จุลินทรีย์ทำการย่อยสลายขยะอินทรีย์ออกมาในรูปของน้ำชะขยะ และก๊าซมากขึ้น ยังผลให้ขยะแห้งคงเหลือมีปริมาณน้อยลง

ตารางที่ 5 ปริมาณขยะแห้งคงเหลือและการสูญเสีย

ระยะเวลา (วันที่)	ขยะแห้ง			
	เริ่มต้น (กรัม)	คงเหลือ (กรัม)	สูญเสีย	
			(กรัม)	(%)
1	217	135	82	38
2	308	181	126	41
3	301	183	118	39
4	325	178	147	45
5	312	164	147	47
6	336	147	189	56
7	299	119	180	60
8	373	150	223	60
9	317	120	197	62

4.4.3 พลังงานที่ได้จากน้ำชะขยะและขยะแห้งคงเหลือ

น้ำชะขยะที่ได้จากวิธีทางชีวภาพและวิธีทางกลรวมถึงขยะแห้งคงเหลือนั้น สามารถนำมาผลิตพลังงานได้ โดยที่น้ำชะขยะนำมาผลิตแก๊สชีวภาพ (Biogas) และขยะแห้งคงเหลือนำมาเผาไหม้เพื่อผลิตพลังงานความร้อน หรือนำมาเปลี่ยนคุณสมบัติทางกายภาพเพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (Refuse Derived Fuel, RDF) (6) และใช้เป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการทางเคมีความร้อน (Thermal Chemical Process) เพื่อผลิตแก๊สที่ติดไฟได้ (Producer Gas) (7)

ตารางที่ 6 พลังงานที่ได้จากน้ำชะขยะและขยะแห้งคงเหลือ

ระยะเวลา (วันที่)	พลังงานที่ได้ (กิโลจูล)				
	น้ำชะขยะ			ขยะแห้งคงเหลือ	รวมทั้งหมด
	ชีวภาพ	ทางกล	รวม		
1	4	300	305	2,487	2,792
2	69	244	313	3,342	3,655
3	28	259	287	3,379	3,666
4	39	269	307	3,279	3,586
5	45	248	293	3,028	3,321
6	51	197	249	2,703	2,952
7	95	205	300	2,184	2,485
8	87	184	271	2,766	3,037
9	129	167	296	2,215	2,511

ส่วนของขยะแห้งคงเหลือที่ความชื้นร้อยละ 0.00 สามารถให้ค่าความร้อนสูงสุดถึง 18,423 กิโลจูลต่อกิโลกรัม ซึ่งจากตารางที่ 7 พบว่าสัดส่วนค่าพลังงานที่ได้จากขยะแห้งมีค่ามากกว่าพลังงานที่ได้จากน้ำชะขยะทุกช่วงระยะเวลาในการหมัก โดยค่าพลังงานสูงสุดที่ได้จากขยะแห้งคงเหลือเกิดขึ้นในวันที่ 3 คือ 3,379 กิโลจูล คิดเป็นร้อยละ 92.2 และน้ำชะขยะรวม 287 กิโลจูล คิดเป็นร้อยละ 7.8 เป็นผลให้ค่าพลังงานรวมสูงสุดจากขยะอินทรีย์เกิดขึ้นในวันที่ 3 คือ 3,666 กิโลจูล ดังแสดงในตารางที่ 6 อย่างไรก็ตาม ค่าพลังงานรวมที่เกิดขึ้นในวันที่ 2 มีค่าใกล้เคียงกับวันที่ 3 คือ 3,655 กิโลจูล ซึ่งเป็นพลังงานที่ได้จากขยะแห้งคงเหลือ 3,342 กิโลจูล คิดเป็นร้อยละ 91.4 และน้ำชะขยะ 313 กิโลจูล

คิดเป็นร้อยละ 8.6 จึงสรุปได้ว่าช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมในการหมักไม่ควรมีระยะเวลาเกิน 3 วัน

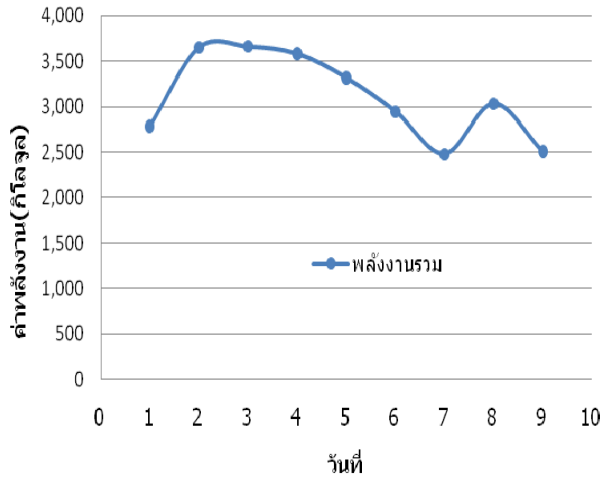
ตารางที่ 7 สัดส่วนพลังงานที่ได้จากน้ำชะขยะและขยะแห้งคงเหลือ

วันที่ (ระยะเวลา)	พลังงาน(ร้อยละ)	
	น้ำชะขยะ	ขยะแห้ง
1	10.9	89.1
2	8.6	91.4
3	7.8	92.2
4	8.6	91.4
5	8.8	91.2
6	8.4	91.6
7	12.1	87.9
8	8.9	91.1
9	11.8	88.2

5. สรุปและเสนอแนะ

5.1 สรุป

พลังงานรวมทั้งหมดที่ได้จากการทดลอง เกิดจากขยะแห้งมากกว่าน้ำชะขยะ โดยมีพลังงานรวมสูงสุด 3,666 กิโลจูล ซึ่งเกิดขึ้นในวันที่ 3 ของการทดลอง โดยแบ่งเป็นพลังงานที่ได้จากน้ำชะขยะด้วยวิธีทางชีวภาพและวิธีทางกลรวมกัน 287 กิโลจูล และพลังงานที่ได้จากขยะแห้งคงเหลือ 3,379 กิโลจูล ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 5 ซึ่งจากผลการทดลองดังกล่าว สามารถสรุปได้ว่าช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมในการหมักไม่ควรมีระยะเวลาเกิน 3 วัน



รูปที่ 5 พลังงานรวมจากน้ำชะขยะและขยะแห้งคงเหลือ

5.2 ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาการนำขยะแห้งคงเหลือ มาปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพและนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง (RDF) เพื่อใช้ในกระบวนการคาร์บอนไนเซชั่น (Carbonization) ไพโรไลซีส (Pyrolysis) หรือแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification) เพื่อผลิต ถ่าน น้ำมันดิน หรือแก๊สที่ติดไฟได้ (Producer gas) อันเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับขยะอินทรีย์

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณคณาจารย์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และนักวิจัยฝ่ายเทคโนโลยีพลังงาน สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ที่ให้คำปรึกษาและสนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. ธเนศ อุทิศธรรม และปฐมพร พูลสวัสดิ์ ,2552, “การผลิตพลังงานความร้อนจากขยะอินทรีย์ด้วยวิธีทางชีวภาพร่วมกับทางกล”, การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 5, 29 เมษายน -1 พฤษภาคม 2552, มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก.
2. กรมควบคุมมลพิษ, 2553, สถานการณ์กากของเสียและสารอันตราย [Online], Available: http://www.pcd.go.th/Public/News/GetNewsThai.cfm?task=lt2009&id=16172 [มกราคม 2553]
3. กรมพัฒนาพลังงานและอนุรักษ์พลังงาน, 2552, ขยะเชื้อเพลิง [Online], Available: http://www.dede.go.th/dede/index.php?id=450. htm, [ตุลาคม 2552]
4. The Engineering Toolbox, 2009, Air Flow Velocities due to Natural Draft [Online], Available http: //www.engineeringtoolbox.com/natural-draught-ventilation-d_122.html, [April 4th.]
5. Grammelis, P. and Basinas, P., 2009, “Pyrolysis Kinetics and Combustion Characteristics of Waste Recoved Fuels”, Fuel , Vol. 88, No. 8, pp. 195-205.
6. Marsh, R. and Griffiths, A.J., 2007,“Physical and Thermal Properties of Extruded Refuse Derived fuel”,Fuel Processing Technology, Vol. 88, No. 7, pp. 701-706.
7. Wikipedia, 2551, การแปรสภาพเป็นแก๊ส [Online], Available: http://th.wikipedia.org/wiki, [มิถุนายน 2552]