

การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่งจากมูลฝอยติดเชื้อของโรงพยาบาล Feasibility Study of RDF-5 Production from Infectious Hospital Waste

พรเมธี คำพิรุ์ เสริมสุข บัวเจริญ และธนศ ไชยชนะ*

สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานทดแทน วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

จากข้อมูลของจังหวัดเชียงใหม่ พบว่ามีปริมาณขยะติดเชื้อรวม 1,124 kg/วัน หรือ 410.26 ตัน/ปี ซึ่งประกอบด้วยขยะกลุ่มผ้า กระดาษ ยางและพลาสติก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำขยะติดเชื้อมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง RDF – 5 โดยการปรับอัตราส่วนผสมของขยะชนิดต่าง ๆ และทำการอัดแท่งโดยใช้กากน้ำตาลเป็นตัวประสาน จากนั้นทำการศึกษาคูสมบัติทางกายภาพและเคมี ผลการศึกษาพบว่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิงขยะอัดแท่งมีค่าสูงสุดที่อัตราส่วนตัวประสานที่ 30% โดยมวล และอัตราส่วน 1:3:1 (กลุ่มผ้า กลุ่มกระดาษ และ กลุ่มยางและพลาสติก) ปริมาณสารระเหยมีค่ามากที่สุดคือ 82.34% ปริมาณคาร์บอนมากที่สุด 8.91% และค่าความร้อน มีค่าสูงสุดเท่ากับ 5,246 kcal/kg ที่ปริมาณตัวประสานกากน้ำตาล 10%โดยมวล ศักยภาพพลังงานรวมของขยะมูลฝอย ติดเชื้อของจังหวัดเชียงใหม่มีค่าเท่ากับ 10,382.33 GJ/ปี หรือ 595.58 MJ/เตียง/วัน

คำสำคัญ : มูลฝอยติดเชื้อ, เชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5), ตัวประสาน

*Corresponding author: Tel.: 081-5306768. E-mail address: Tanatecha@hotmail.com

บทนำ

ปัจจุบันโรงพยาบาลต่างๆ ต้องประสบปัญหาเกี่ยวกับการจัดการขยะติดเชื้อโดยจากรายงานของ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุขพบว่า ปัจจุบันประเทศไทยมีสถานพยาบาล ซึ่งได้แก่ โรงพยาบาล ศูนย์บริการ สาธารณสุข โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล สถานีอนามัย คลินิก ทั้งนี้จัดเป็นของภาครัฐและเอกชนจำนวนมากกว่า 25,000 แห่ง ซึ่งมีจำนวนเตียงประมาณ 130,000 เตียง จากข้อมูลการศึกษาของ กรมควบคุมมลพิษ คาดการณ์ว่าในปัจจุบันมีอัตราการเกิดมูลฝอยติดเชื้อเฉลี่ย 0.26-0.65 kg/เตียง/วัน และมีอัตราเพิ่มขึ้นปีละประมาณ 5.5% โดยในปี พ.ศ. 2549 มีปริมาณมูลฝอยติดเชื้อจากสถานพยาบาลทั้งของรัฐและเอกชนประมาณ 37,000 ตันต่อปี เป็นมูลฝอยติดเชื้อที่เกิดขึ้นในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลประมาณ 34% ที่เหลือเกิดขึ้นในสถานพยาบาลในส่วนภูมิภาคอีกประมาณ 66%

[1] ภาพที่ 1 แสดงสัญลักษณ์ขยะติดเชื้อโดยสามารถแบ่งขยะติดเชื้อได้เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ประเภททั่วไป ประกอบด้วย สำลี ผ้าก๊อช ผ้าพันแผล ผ้าอ้อม ผ้าอนามัย กระดาษชำระ ยาง/พลาสติก ถุงมือยาง ชุดให้สารน้ำเกลือแร่และเลือด (พลาสมา) กระบอกฉีดยาพลาสติกมีสัดส่วน 92.32% - 95.66% ของมูลฝอยติดเชื้อทั้งหมด

กลุ่มที่ 2 ประเภทโลหะ ประกอบด้วย เข็มฉีดยา ใบมีด ของมีคม มีสัดส่วน 2.82% - 4.84% ของมูลฝอยติดเชื้อทั้งหมด

- กลุ่มที่ 3 ประเภทแก้ว ประกอบด้วย ขวดแก้ว กระบอกฉีดยา (แก้ว) จานแก้วเพาะเลี้ยงเชื้อ แผ่นกระจก แผ่นกรอบกระจก มีสัดส่วน 1.52% - 2.84% ของมูลฝอยติดเชื้อทั้งหมด



ภาพที่ 1 ขยะติดเชื้อ [2]

ปัจจุบันจึงมีการนำเทคโนโลยีการทำลายเชื้อโรคด้วยไอน้ำซึ่งเป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่ใช้บำบัดมูลฝอยติดเชื้อให้ปลอดภัยต่อเชื้อโรค ซึ่งต้องควบคุมความดันร่วมกับอุณหภูมิ และระยะเวลาหนึ่งอบที่เหมาะสมเพื่อการทำลายหรือฆ่าเชื้อโรคในมูลฝอยติดเชื้อที่มีประสิทธิภาพ ข้อดีของการทำลายเชื้อโรคด้วยไอน้ำ

- ปริมาตรของมูลฝอยลดลงพลาสติกบางชนิดไม่เปลี่ยนสภาพ
- ดัชนีทางชีววิทยา เพื่อตรวจสอบคุณภาพการฆ่าเชื้อ ทดสอบได้ง่าย
- ดำเนินการง่าย เป็นเทคโนโลยีที่สะดวกที่ใช้ในสถานพยาบาล
- สามารถกำจัดสิ่งปนเปื้อนในมูลฝอยสถานพยาบาลและเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการกำจัดมูลฝอย

ห้องปฏิบัติการ

- ไม่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ [3-5]

จะเห็นได้ว่าเมื่อมีการนำเทคโนโลยีการทำลายเชื้อโรคด้วยไอน้ำมาใช้บำบัดมูลฝอยติดเชื้อแทนการเผาก็จะเกิดขยะในลักษณะตามกลุ่มของขยะติดเชื้อที่เกิดขึ้นแต่กลายเป็นขยะที่ปลอดภัย ซึ่งก็จะกลายเป็นขยะทั่วไป และต้องทำการกำจัดตามแบบของการกำจัดขยะทั่วไป เช่น การเผา การย่อยสลายหรือฝังกลบ เป็นต้น [6] ทั้งนี้เมื่อพิจารณาจากขยะทั้ง 3 กลุ่มข้างต้นพบว่าขยะกลุ่มที่ 1 ประกอบด้วย สำลี ผ้าก๊อช ผ้าพันแผล ผ้าอนามัย แผ่นพลาสติก กระดาษชำระ ยาง/พลาสติก ถุงมือยาง ชุดให้สารน้ำเกลือแร่และเลือด (พลาสติก) กระบอกฉีดยาพลาสติก อีกทั้งยังมีสัดส่วนสูง 92.32% - 95.66% โดยมวลของมูลฝอยติดเชื้อทั้งหมด ซึ่งขยะเหล่านี้สามารถนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง RDF-5 ได้ และเมื่อคิดจากสัดส่วนของการเกิดขยะในกลุ่มนี้ก็มีปริมาณ 0.2-0.6 kg/เตียง/วัน เมื่อพิจารณาโรงพยาบาลขนาดกลางที่มีจำนวนเตียง 200 เตียง ก็จะพบว่ามีศักยภาพด้านปริมาณของขยะประมาณ 100 kg/วัน (3 ตัน/เดือน) [7]

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีเป้าประสงค์เพื่อศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5) โดยใช้ขยะในกลุ่มที่ 1 ของมูลฝอยติดเชื้อจากโรงพยาบาลในการผลิต และทำการประเมินศักยภาพทางด้านปริมาณและพลังงานของเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5) ที่ผลิตได้

วิธีการวิจัย

- จัดหาวัสดุขยะสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5)
- แยกขยะเป็นกลุ่มตามลักษณะ ซึ่งประกอบด้วย สำลี ผ้าก๊อช ผ้าพันแผล ผ้าอนามัย แผ่นพลาสติก กระดาษชำระ ยาง/พลาสติก ถุงมือยาง ชุดให้สารน้ำเกลือแร่และเลือด (พลาสติก) กระบอกฉีดยาพลาสติก
- ย่อยขยะในแต่ละกลุ่มให้มีขนาดเล็กกว่า 2 นิ้ว (RDF-3 Fluff RDF) ด้วยเครื่องย่อยเชิงกล
- ผสมขยะในแต่ละกลุ่มในสัดส่วนต่างๆ ประกอบด้วย ผ้า กระดาษ ยางและพลาสติก ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สัดส่วนของการผสมขยะ

สัดส่วนการผสม (โดยมวล)	RDF-5						
	RDF-5-1	RDF-5-2	RDF-5-3	RDF-5-4	RDF-5-5	RDF-5-6	RDF-5-7
กลุ่มผ้า	1	1	1	1	1	2	3
กลุ่มกระดาษ	1	1	1	2	3	1	1
กลุ่มยางและพลาสติก	1	2	3	1	1	1	1

- ผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5) โดยใช้มูลฝอยติดเชื้อ โดยกระบวนการอัดแท่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกอัด 6.5 cm และกระบวนการอัดด้วยเครื่องอัดแบบไฮโดรลิก ใช้กากน้ำตาลเป็นตัวประสานดังแสดงดังภาพที่ 2
- ทดสอบสมบัติต่างของเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5) โดยใช้มูลฝอยติดเชื้อ ประกอบด้วยความหนาแน่น องค์ประกอบเชิงปริมาณ (Proximate Analysis) องค์ประกอบธาตุ (Ultimate Analysis) และ ค่า Heat Value
- ประเมินศักยภาพทางด้านปริมาณและพลังงานของมูลฝอยติดเชื้อของโรงพยาบาลในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่



ภาพที่ 2 การผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5)

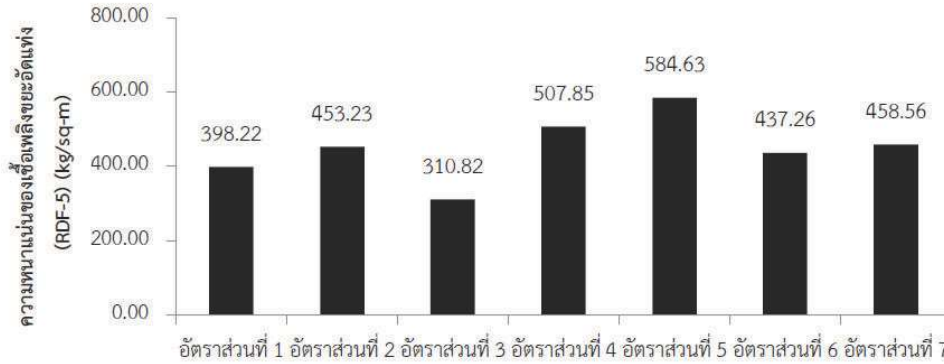
ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง RDF – 5

จากการทดลองหาตัวประสานที่เหมาะสมในการผลิตขยะเชื้อเพลิงอัดแท่งคือ กากน้ำตาล จึงทำการทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสม โดยผสมขยะในสัดส่วนแต่ละกลุ่ม (กลุ่มผ้า กลุ่มกระดาษ กลุ่มยางและพลาสติก) ในปริมาณเท่ากัน โดยใช้อัตราส่วนในตารางที่ 1 ตารางแสดงอัตราส่วนของการผสมขยะในกลุ่มต่างๆ โดยกำหนดอัตราส่วนของตัวประสานที่เป็นกากน้ำตาลในอัตราส่วนคงที่ คือ 30%โดยมวล และใช้แรงในการอัดคงที่ (ครั้งนี้ไม่สามารถทราบค่าของแรงอัดได้ เนื่องจากไม่มีเครื่องมือวัด ผู้วิจัยใช้วิธีการกำหนดระยะของการอัดให้มีค่าคงที่และตั้งสมมติฐานว่าแรงอัดที่เกิดขึ้นมีค่าคงที่) จากนั้นทำการวัดขนาดและชั่งน้ำหนักหามวลและทำการคำนวณค่าความหนาแน่น โดยความหนาแน่นสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 1 และผลจากการคำนวณแสดงดังภาพที่ 3

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

ทั้งนี้พบว่าอัตราส่วนที่ 5 ซึ่งประกอบด้วยกลุ่มผ้า 1 ส่วน กลุ่มกระดาษ 3 ส่วน และกลุ่มยางและพลาสติก 1 ส่วน มีความหนาแน่นสูงที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 584.63 kg/m³ ดังนั้นในการพิจารณาในส่วนของอัตราส่วนผสมของตัวประสานจะใช้อัตราส่วนที่ 5 ในการดำเนินการต่อไป

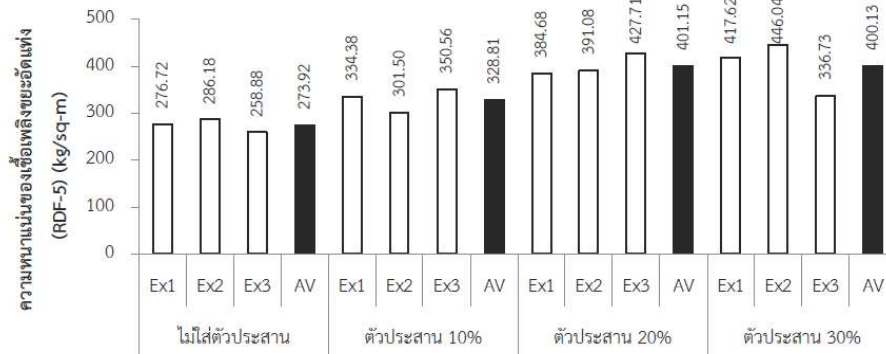


ภาพที่ 3 กราฟแสดงความหนาแน่นของขยะติดเชื้อในอัตราส่วนตัวประสาน 30% โดยมวล

อัตราส่วนที่เหมาะสมของตัวประสานในการผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง RDF – 5

จากการทดลองที่ผ่านมาทำให้ทราบความหนาแน่นของเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง พบว่าอัตราส่วนที่มีความหนาแน่นมากที่สุดคืออัตราส่วนที่ 5 โดยมีอัตราส่วนของขยะคือ 1:3:1 (กลุ่มผ้า กลุ่มกระดาษ และกลุ่มยางและพลาสติก) ดังนั้นในการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของตัวประสานจึงใช้อัตราส่วนที่ 5 ในการดำเนินการโดยการปรับอัตราส่วนตัวประสานเป็น 20%โดยมวล 10%โดยมวล และไม่มีตัวประสานและทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง ผลที่ได้แสดงในภาพที่ 4

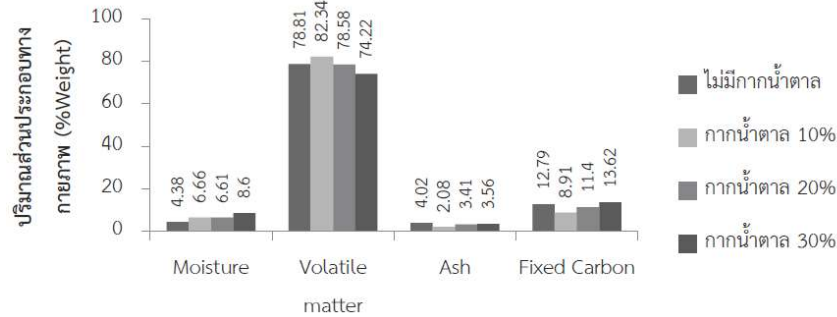
จากการทดลองพบว่าอัตราส่วนตัวประสาน 20%โดยมวล มีความหนาแน่นมากที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 401.15 kg/m^3 รองลงมาคืออัตราส่วนตัวประสาน 30%โดยมวล มีความหนาแน่น 400.13 kg/m^3 อัตราส่วนตัวประสาน 10%โดยมวล มีความหนาแน่น 328.81 kg/m^3 และไม่มีตัวประสานมีความหนาแน่นน้อยที่สุด 273.92 kg/m^3



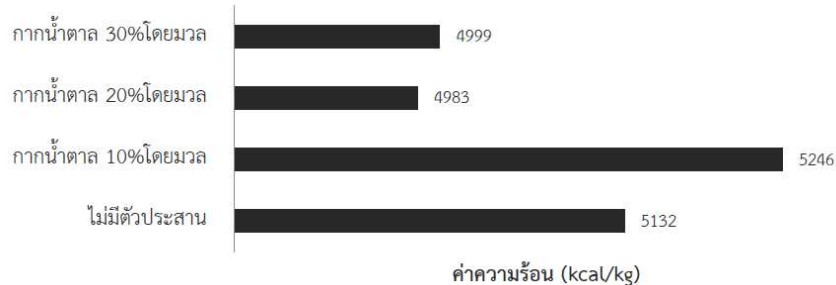
ภาพที่ 4 กราฟแสดงความหนาแน่นของขยะติดเชื้อที่อัตราส่วนตัวประสานแตกต่างกัน

คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5)

ทำการทดลองผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง RDF-5 โดยใช้เครื่องอัดแท่งแบบอัดเย็นที่อัตราส่วนของกลุ่มผ้า กลุ่มกระดาษและกลุ่มยางและพลาสติก อัตราส่วนคือ 1:3:1 และใช้กากน้ำตาลในสัดส่วนไม่มีตัวประสาน ตัวประสานกากน้ำตาล 10% 20% และ 30% โดยน้ำหนักของวัสดุ โดยทำการทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ณ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงปริมาณ (Proximate Analysis) ได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณสารระเหย ปริมาณเถ้า และปริมาณคาร์บอน โดยใช้เครื่องมือ Macro TGA, TGA 701, LECO, USAวิธีการทดสอบอ้างอิง WI-RES-Macro TGA-001 และ In-house method based on ASTM D7582-15 มีค่าการแสดงผลการทดสอบดังภาพที่ 5 และค่าความร้อนที่ได้จากการทดสอบแสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 5 ปริมาณส่วนประกอบทางกายภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่ง RDF-5



ภาพที่ 6 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่ง RDF-5

การประเมินศักยภาพทางด้านพลังงานของมูลฝอยติดเชื้อจากโรงพยาบาลในพื้นที่ จังหวัดเชียงใหม่

เมื่อได้ค่าความร้อนจากการทดสอบเชื้อเพลิงขยะอัดแท่งจากมูลฝอยติดเชื้อจากโรงพยาบาล ได้ทำการประเมินศักยภาพพลังงานจากมูลฝอยติดเชื้อในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ โดยพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่มีโรงพยาบาลในสังกัดกระทรวงสาธารณสุขทั้งหมด 24 แห่ง พบว่าโรงพยาบาลมีการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือโรงพยาบาลกำจัดเอง และโรงพยาบาลให้บริษัทเอกชนที่รับกำจัดดำเนินการ จากการศึกษาการเก็บรวบรวมปริมาณขยะของกฎกระทรวงว่าด้วยการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ พ.ศ. 2556 พบว่า สถานบริการสาธารณสุขขนาดใหญ่และขนาดกลาง (โรงพยาบาลชุมชน) ส่วนใหญ่มีการเก็บข้อมูลปริมาณมูลฝอยติดเชื้ออย่างเป็นระบบ แต่สถานบริการขนาดเล็ก เช่น โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล คลินิก และสถานพยาบาลสัตว์ ไม่มีการเก็บรวบรวมข้อมูลของมูลฝอยติดเชื้อ จึงเป็นสาเหตุให้ข้อมูลของมูลฝอยติดเชื้อไม่ได้อยู่ในระบบเป็นจำนวนหนึ่ง จากข้อมูลตารางที่ 2 ศักยภาพทางด้านพลังงานของมูลฝอยติดเชื้อจากโรงพยาบาลในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า มีอัตราการเกิดขยะ 410.26 ตัน/ปี โดยมีศักยภาพพลังงานรวมเท่ากับ 10,382.33 GJ/ปี หรือ 595.58 MJ/เตียง/วัน

จากการศึกษาพบว่าโรงพยาบาลดอยหล่อมีศักยภาพได้ปริมาณมากที่สุดคือ 91.25 ตัน/ปี โดยมีศักยภาพ 210.89 MJ/เตียง/วัน หรือคิดเป็น 2,309.24 GJ/ปี และโรงพยาบาลหางดงได้ปริมาณน้อยที่สุดคือ 1.46 ตัน/ปี โดยมีศักยภาพ 10.12 MJ/เตียง/วัน หรือคิดเป็น 36.95 GJ/ปี

ตารางที่ 2 ศักยภาพทางด้านพลังงานของมูลฝอยติดเชื้อจากโรงพยาบาลในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่

โรงพยาบาล	จำนวน เตียง	อัตราการ เกิดขยะ (ตัน/ปี)	ศักยภาพ พลังงาน (GJ/ปี)	โรงพยาบาล	จำนวน เตียง	อัตราการ เกิดขยะ (ตัน/ปี)	ศักยภาพ พลังงาน (GJ/ปี)
โรงพยาบาลสันป่าตอง	120	40.15	1,016.06	โรงพยาบาลอมก๋อย	30	3.65	92.37
โรงพยาบาลสันกำแพง	30	13.14	332.53	โรงพยาบาลสารภี	30	4.74	120.08
โรงพยาบาลแม่วาง	30	26.64	674.30	โรงพยาบาลเวียงแหง	30	5.84	147.79
โรงพยาบาลแม่ออน	30	1.82	46.18	โรงพยาบาลเชียงดาว	60	18.25	461.85
โรงพยาบาลดอยเต่า	30	10.95	277.11	โรงพยาบาลดอยสะเก็ด	60	29.2	738.96
โรงพยาบาลจอมทอง	210	32.85	831.33	โรงพยาบาลแม่แตง	60	12.78	323.29
โรงพยาบาลสันทราย	30	4.74	120.08	โรงพยาบาลแม่อาย	60	19.71	498.80
โรงพยาบาลหางดง	10	1.46	36.95	โรงพยาบาลฮอด	60	10.95	277.11
โรงพยาบาลฝาง	198	43.8	1,108.43	โรงพยาบาลดอยหล่อ	30	91.25	2,309.24
โรงพยาบาลสะเมิง	30	9.12	230.92	โรงพยาบาลพร้าว	60	29.2	738.96
รวม	1,198	410.26	10,382.33	เฉลี่ย	59.90	20.51	1,038.23

หมายเหตุ : ข้อมูลปี พ.ศ. 2556

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5) โดยใช้ขยะในกลุ่มที่ 1 ของมูลฝอยติดเชื้อจากโรงพยาบาลในการผลิต และทำการประเมินศักยภาพทางด้านปริมาณและพลังงานของเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5) ที่ผลิตได้ ซึ่งสามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

- จังหวัดเชียงใหม่มีปริมาณมูลฝอยติดเชื้อรวม 1,124 kg/วัน หรือคิดเป็น 410.26 ตันต่อปี โดยมีอัตราการเกิดขยะติดเชื้อคิดเป็น 1.18 kg/เตียง/วัน
- เมื่อพิจารณาที่ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5) พบว่าอัตราส่วนตัวประสานที่เหมาะสมที่ 30%โดยมวล
- อัตราส่วนของมูลฝอยติดเชื้อที่เหมาะสมในการผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5) คือ อัตราส่วน 1:3:1 (กลุ่มผ้า กลุ่มกระดาษ และกลุ่มยางและพลาสติก)
- องค์ประกอบเชิงปริมาณของตัวประสาน 10%โดยมวลมีค่าของปริมาณสารระเหย (Volatile matter) มากที่สุดคือ 82.34% และมีค่าของปริมาณคาร์บอน (Fixed Carbon) 8.91% ซึ่งเชื้อเพลิงขยะอัดแท่งมีค่าของปริมาณสารระเหยและปริมาณคาร์บอนสูงยังมีประสิทธิภาพสูง
- ค่าความร้อน (N.H.V.) ของเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 5,246 kcal/kg ที่อัตราส่วนตัวประสาน 10%โดยมวลและที่อัตราส่วนขยะ 1:3:1
- ศักยภาพพลังงานรวมของขยะมูลฝอยติดเชื้อของจังหวัดเชียงใหม่มีค่าเท่ากับ 10,382.33 GJ/ปี หรือ 595.58 MJ/เตียง/วัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธเนศ ไชยชนะ ที่ให้ความปรึกษา ข้อเสนอแนะ แนวคิด ช่วยเหลือ และ แก้ไข ข้อบกพร่องต่างๆ ขอขอบคุณศูนย์วิจัยพลังงานและวิทยาลัยพลังงานทดแทน ที่อำนวยความสะดวกและเอื้อเพื่อ สถานที่เครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ ในการวิจัยครั้งนี้ สุดท้ายขอขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้องในการวิจัย “การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่งจากมูลฝอยติดเชื้อของโรงพยาบาล” ทุกท่านที่ให้การช่วยเหลือจนสามารถดำเนินโครงการ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2555, แนวทางในการจัดการมูลฝอยติดเชื้อโดยเทคโนโลยีการทาลายเชื้อด้วย ไอน้ำ ณ แหล่งกำเนิด
- [2] http://nwnt.prd.go.th/centerweb/News/NewsDetail?NT01_NewsID=WNSOC5905290010006 สืบค้นเมื่อ 12 มกราคม 2560
- [3] เขมจิรา สายวงศ์เปี้ย, น้าฝน เอกตาแสง, 2560, ระบบการจัดการมูลฝอยติดเชื้อในจังหวัดลาปาง, คณะสาธารณสุขศาสตร์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, การประชุมวิชาการระบบสุขภาพชุมชนระดับชาติ ครั้งที่ 1
- [4] การประชุมเชิงปฏิบัติการ, 2557, การจัดการมูลฝอยติดเชื้อภาคเหนือประจำปี 2557, กระทรวงสาธารณสุข, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
- [5] ศูนย์อนามัยที่ 5 ราชบุรี, โปรแกรมกากับการขนส่งมูลฝอยติดเชื้อ, <http://apps.hpc.go.th/waste/>, สืบค้นเมื่อ 4 กันยายน 2560
- [6] ศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านชีวมวล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2552, การศึกษาแนวทางบริหารจัดการขยะชุมชน เพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนแบบครบวงจร (ระดับชุมชน) , รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์
- [7] กรมควบคุมมลพิษ, 2556, สรุปสถานการณ์มลพิษของประเทศไทยปี 2556, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม