

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะ
ของมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
GREENHOUSE GAS EMISSION FROM SOLID WASTE MANAGEMENT
OF PIBULSONGKARM RAJABHAT UNIVERSITY

อรชร ฉิมจารย์* ฐิติมา นันใจคำ และสุชสมาน สังโยคะ
Orachorn Chimjan* Thitima Nanjaikham and Suksaman Sangyoka

Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University

*corresponding author e-mail: orachorn@psru.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะในสถานการณ์ปัจจุบันของมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามและเสนอแนวทางการจัดการขยะเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ผลการศึกษาพบว่า การเกิดขยะภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามมีปริมาณเท่ากับ 596.87 กิโลกรัม/วัน โดยขยะอินทรีย์มีส่วนเฉลี่ยมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 41.57 รองลงมา ได้แก่ ขยะทั่วไป ร้อยละ 30.79 ขยะรีไซเคิล ร้อยละ 22.70 ขยะติดเชื้อ ร้อยละ 3.07 และขยะอันตราย ร้อยละ 1.87 ตามลำดับ สำหรับการเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการจัดการขยะ 2 สถานการณ์ พบว่าการจัดการขยะสถานการณ์ที่ 2 (การจัดการขยะแบบผสมผสาน: การคัดแยกขยะอย่างเหมาะสม การทำปุ๋ยหมักขยะอินทรีย์ การรีไซเคิล และการเทกอง) มีศักยภาพในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่าการจัดการขยะสถานการณ์ที่ 1 (การเทกองที่มีการควบคุม) โดยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิในการจัดการขยะสถานการณ์ที่ 2 สามารถลดลงถึง 217.37 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี คิดเป็นร้อยละ 163.03 เมื่อเทียบกับสถานการณ์ที่ 1 ซึ่งไม่มีการคัดแยกขยะก่อนนำไปกำจัด

คำสำคัญ: ขยะ ก๊าซเรือนกระจก มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

Abstract

This study aims to estimate the greenhouse gas (GHG) emission from the current situation of solid waste management (SWM) in Pibulsongkarm Rajabhat University and proposes an alternative SWM solution to reduce the GHG emission. The results showed that solid waste generation in Pibulsongkarm Rajabhat University was 596.87 kg/day. The organic waste constituted on average the highest fraction with 41.57%, followed by 30.79% general waste, 22.70% recycling waste, 3.07% infection waste and 1.87% hazardous waste. For comparing net GHG emissions for two SWM scenarios found that the 2nd SWM scenario (Integrated waste management: appropriate segregation, composting organic wastes, recycling and open dump) had more GHG

emission reduction potential than the 1st SWM scenario (open dump). The total GHG emission in the 2nd SWM scenario was reduced to 217.37 tons CO₂-eq/year (163.03 % reduction), compared with the 1st SWM scenario which un-segregated solid wastes are delivered to disposal.

Keywords: solid waste, greenhouse gas, Pibulsongkarm Rajabhat University

บทนำ

ขยะถือเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญประการหนึ่งของทุกชุมชน เนื่องจากการขยายตัวทางเศรษฐกิจและเทคโนโลยี ส่งผลให้การผลิตขยะในแต่ละชุมชนมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่การจัดการขยะยังไม่มีประสิทธิภาพและการกำจัดยังไม่ถูกวิธี จึงทำให้เกิดปัญหาขยะตกค้าง และปัญหามลพิษจากขยะตามมา จะเห็นได้จากสถานการณ์ขยะในปี 2557 พบว่ามีปริมาณขยะถึง 26.19 ล้านตัน แต่สามารถเก็บขนเพื่อนำกำจัดได้เพียงร้อยละ 56.55 สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ 4.64 ล้านตัน และได้รับการจัดการอย่างถูกต้องเพียง 7.88 ล้านตัน ที่เหลือเป็นการกำจัดขยะที่ไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ (กรมควบคุมมลพิษ, 2558) ซึ่งอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆ เช่น มลพิษทางน้ำ มลพิษทางอากาศ ปัญหาด้านการสาธารณสุข รวมถึงปัญหาภาวะโลกร้อน เป็นต้น จากข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยในปี 2543 พบว่ามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิ 229.08 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยเกิดจากการจัดการของเสีย 9.32 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คิดเป็นร้อยละ 4.1 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด ซึ่งมาจากการบำบัดน้ำเสียและการปล่อยทิ้งร้อยละ 47.50 และมาจากการจัดการขยะร้อยละ 52.50 (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2553) หากพิจารณาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดการขยะจะเห็นว่ามีส่วนที่น้อยเมื่อเทียบกับภาคส่วนอื่น ๆ เช่น การใช้พลังงาน แต่อย่างไรก็ตาม หากมีการลดปริมาณการเกิดขยะและมีจัดการขยะที่ถูกต้องสำหรับขยะแต่ละประเภทก็จะสามารถช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากส่วนนี้ได้

สถาบันการศึกษาเป็นแหล่งชุมชนที่สำคัญแห่งหนึ่งที่ก่อให้เกิดขยะ เนื่องจากเป็นแหล่งที่มีการทำกิจกรรมในรูปแบบต่าง ๆ ของนักศึกษา บุคลากร และเจ้าหน้าที่ทางการศึกษาจำนวนมาก จากสถานการณ์ขยะในสถานศึกษาของประเทศไทยในปัจจุบัน พบว่ามีปริมาณขยะเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีจำนวนสถานศึกษาและความต้องการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้ปริมาณขยะเพิ่มขึ้นเป็นเงาตามตัว ซึ่งมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามเป็นสถาบันอุดมศึกษาอีกแห่งหนึ่งที่มีความก้าวหน้าทางวิชาการ มีการเปิดรับสมัครนักศึกษาและเปิดหลักสูตรเพิ่มเติมมากมาย โดยในปีการศึกษา 2558 มีนักศึกษาทั้งหมด 13,955 คน และจำนวนบุคลากรทั้งหมด 885 คน (กองบริการการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม, 2558) มีโครงการก่อสร้างอาคารเรียนและหน่วยงานต่าง ๆ ที่เพิ่มขึ้นเพื่อรองรับนักศึกษาและกิจกรรมต่าง ๆ ซึ่งทำให้ปริมาณของขยะในมหาวิทยาลัยเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ ขยะที่เกิดจากกิจกรรมที่แตกต่างกันทำให้เกิดประเภทและชนิดของขยะแตกต่างกัน ดังนั้นเพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการวางแผนจัดการด้านขยะของมหาวิทยาลัย ผู้วิจัยเห็นว่าควรมีการศึกษาถึงข้อมูลพื้นฐานของปริมาณ องค์ประกอบ และสมบัติทางเคมีของขยะ รวมถึงวางแผนในการจัดการขยะโดยใช้การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการเปรียบเทียบแนวทางการจัดการขยะที่เหมาะสม เพื่อใช้เป็นแนวทางต่อยอดการเสริมสร้างศักยภาพในการจัดการขยะของมหาวิทยาลัย ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และ

นับเป็นอีกช่องทางหนึ่งที่แสดงให้เห็นถึงความมุ่งมั่นของมหาวิทยาลัย ที่จะก้าวเข้าสู่มหาวิทยาลัยสีเขียว อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมนโยบายของการเป็นเมืองที่มีการใช้ประโยชน์จากขยะหรือ City of Recycle ของเมืองพิษณุโลก

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การกำหนดพื้นที่ศึกษา

สำรวจพื้นที่จุดรวบรวมขยะทั้งหมดภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม (ส่วนทะเลแก้ว) โดยกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง คือ จุดที่รถเก็บขยะจากเทศบาลหลายชุมพลจะทำการเก็บขน เพื่อนำขยะไปกำจัดโดยวิธีฝังกลบต่อไป ซึ่งมีทั้งหมดจำนวน 20 จุด (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 จุดเก็บรวบรวมขยะภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม (ส่วนทะเลแก้ว)

2. การศึกษาปริมาณและองค์ประกอบของขยะ

ในการสำรวจปริมาณและองค์ประกอบของขยะนั้นได้ดำเนินการในช่วงเดือน กันยายน - ธันวาคม 2558 โดยทำการคัดแยกองค์ประกอบของขยะจากจุดเก็บรวบรวมขยะทั้ง 20 จุด ซึ่งคัดแยกขยะออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ ขยะทั่วไป ขยะอินทรีย์ ขยะรีไซเคิล ขยะอันตราย และขยะติดเชื้อ หลังจากนั้นชั่งน้ำหนักตามประเภทขยะเพื่อหาปริมาณที่เกิดขึ้น ในการเก็บข้อมูลแต่ละจุดนั้นจะดำเนินการในช่วงเวลา 16.30-18.00 น. ของวันจันทร์ วันพุธ และวันศุกร์ หลังจากแม่บ้านแต่ละอาคารรวบรวมขยะไปทิ้ง ณ จุดรวบรวมขยะ ซึ่งจะครอบคลุมการเกิดขยะตลอดทั้งสัปดาห์ เนื่องจากรถเก็บขนขยะจากเทศบาลหลายชุมพลจะจัดเก็บขยะในเวลา 5.00 น. ของวันอังคาร วันพฤหัสบดี และวันเสาร์

3. การศึกษาสมบัติทางเคมีของขยะ

ทำการสุ่มตัวอย่างขยะจาก 20 จุดก่อนทำการคัดแยกเพื่อนำมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมี โดยใช้ถังดวงขนาด 50 ลิตร ตวงขยะตามจุดต่างๆ แล้วนำมากรองรวมกันให้ได้ประมาณ 1 ลูกบาศก์เมตร คลุกเคล้าขยะแล้วทำการแบ่งเป็น 4 ส่วน (quartering) เลือกตัวอย่าง 2 ส่วนที่กองอยู่ตรงข้ามกันนำมา รวมกัน คลุกเคล้าตัวอย่างและทำเช่นเดิมจนเหลือตัวอย่างประมาณ 20 ลิตร จึงนำตัวอย่างขยะรวมมา วิเคราะห์สมบัติทางเคมี ได้แก่ ค่าความชื้น ปริมาณเถ้า และค่าความร้อน สำหรับตัวอย่างขยะอินทรีย์จะ ใช้วิธีคัดเลือกเฉพาะขยะอินทรีย์จากขยะรวมที่เหลือ หลังจากนั้นทำการแบ่ง 4 ส่วนและเลือกตัวอย่าง 2 ส่วนที่กองอยู่ตรงข้ามกันนำมารวมกัน คลุกเคล้าตัวอย่างและทำเช่นเดิมจนเหลือตัวอย่างประมาณ 1 กิโลกรัม แล้วนำมาวิเคราะห์ค่าคาร์บอน (C) ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) ตามวิธี มาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษ (2547)

4. การศึกษาปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะ

ในการศึกษาครั้งนี้จะศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะภายใน มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามใน 2 สถานการณ์ ได้แก่

สถานการณ์ที่ 1 การจัดการขยะในปัจจุบันซึ่งดำเนินการโดยการเทกองที่มีการควบคุม

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสถานการณ์ที่ 1 = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่ง + ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเทกอง

สถานการณ์ที่ 2 การจัดการขยะแบบผสมผสาน โดยขยะอินทรีย์จัดการด้วยการทำปุ๋ยหมัก ขยะรีไซเคิลนำกลับไปแปรรูปใหม่ และขยะส่วนที่เหลือใช้วิธีการเทกอง

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสถานการณ์ที่ 2 = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่ง + ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการหมักทำปุ๋ย + ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการรีไซเคิล + ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเทกอง

โดยการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะได้อ้างอิงวิธีการคำนวณจากแบบจำลองของเสียของ IPCC (2006) จากรายงานองค์การของภาครัฐและจากงานวิจัยที่ผ่านมา (องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก, 2559; เนอมาลา และ จรรยา, 2556; Mekapura., 2010; Babel & Vilaysouk, 2016) ซึ่งสามารถคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้ดังนี้

ก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งจะเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงหลักที่ใช้ในการขนส่ง สามารถคำนวณได้จากสมการ (1)

$$Emissions_T = EF \times LR \times W \dots\dots\dots(1)$$

โดย $Emissions_T$ คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่ง (กิโลกรัม คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า; $kgCO_2eq$), EF คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2eq/tons-km$), LR คือ อัตราการบรรทุก (%) , W คือ ภาระการขนส่ง ($tons-km$) (องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก, 2559)

ก๊าซเรือนกระจกจากการเทกองที่มีการควบคุมจะเกิดจากกระบวนการหมักแบบไร้อากาศของขยะอินทรีย์จึงทำให้เกิดก๊าซมีเทนขึ้น ซึ่งปริมาณจะขึ้นอยู่กับปริมาณ องค์ประกอบของขยะ ความชื้น และความเป็นกรด-ด่าง สามารถคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากปฏิกิริยาย่อยสลายอันดับหนึ่ง (First Order Decay Model: FOD) ของแบบจำลองของ IPCC (2006) โดยการศึกษาครั้งนี้

จะอ้างอิงโปรแกรมการคำนวณของ เนอมาลา และ จรรยา (2556) ที่ใช้แบบจำลองของ IPCC (2006) แต่ได้ทำการเลือกค่าตัวแปรต่างๆ ให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย

$$Q = L_0 R(e^{-kc} - e^{-kt}) \quad \dots\dots\dots(2)$$

โดย Q คือ ปริมาณก๊าซมีเทนที่ผลิตได้ในปัจจุบัน (m^3/yr), L_0 คือ ศักยภาพของการเกิดก๊าซมีเทน ($m^3/tons$), R คือค่าเฉลี่ยอัตราการรับขยะมูลฝอยต่อปีระหว่างเปิดดำเนินการ ($tons/yr$), k คือค่าคงที่อัตราการผลิตก๊าซมีเทน ($1/yr$), c คือจำนวนปีที่แหล่งรับขยะเปิดดำเนินการ (yr), t คือจำนวนปีที่แหล่งรับขยะเริ่มเปิดดำเนินการ (yr)

สำหรับกระบวนการหมักทำปุ๋ยจะเกิดก๊าซมีเทนและก๊าซไนตรัสออกไซด์ โดยค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนและไนตรัสออกไซด์มีค่าเท่ากับ $4 \text{ gCH}_4/kg$ และ $0.3 \text{ gN}_2O/kg$ ตามลำดับ (IPCC, 2006) สามารถคำนวณค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้จากสมการ (3)

$$Emissions_D = EF_{CH_4} \times GWP_{CH_4} + EF_{N_2O} \times GWP_{N_2O} \quad \dots\dots\dots(3)$$

โดย $Emissions_D$ คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการย่อยสลายสารของขยะอินทรีย์ ($kgCO_2eq/kg$), EF_{CH_4, N_2O} คือสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนหรือไนตรัสออกไซด์ (gCH_4/kg), GWP_{CH_4, N_2O} คือค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อนของมีเทนหรือไนตรัสออกไซด์ (มีค่าเท่ากับ 25 และ 298 เท่าของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามลำดับ)

สำหรับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการรีไซเคิลนั้นสามารถหาได้จากสมการ (4)

$$Emissions_R = E_A + E_B + E_C \quad \dots\dots\dots(4)$$

โดย $Emissions_R$ คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการรีไซเคิล ($kgCO_2eq/kg$), E_A คือปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขยะที่นำมาแปรรูปใหม่ ($kgCO_2eq/kg$), E_B คือการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการลดการผลิตวัตถุดิบ ($kgCO_2eq/kg$), E_C คือการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการฝังกลบวัสดุ ($kgCO_2eq/kg$) โดยอ้างอิงผลการศึกษการแปรรูปใช้ใหม่และห่วงโซ่กระบวนการผลิตของวัสดุแต่ละประเภทของ Mekapura (2011)

ผลการวิจัย

1. แหล่งกำเนิดและปริมาณขยะ

จากการศึกษาปริมาณขยะในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม (ส่วนทะเลแก้ว) พบว่ารีไซเคิลบางส่วนจะถูกคัดแยกโดยแม่บ้านแต่ละอาคารและหน่วยงานต่าง ๆ ก่อนนำมาทิ้ง ได้แก่ กระดาษ กระป๋อง แก้วน้ำ และขวดน้ำพลาสติก ดังนั้นขยะที่ถูกนำไปกำจัดในแต่ละวันจึงมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 596.87 กิโลกรัม/วัน จากการสำรวจปริมาณขยะ ณ จุดรวบรวมขยะทั้งหมด พบว่าจุดที่ 20 หอพักนักศึกษา มีปริมาณขยะเกิดขึ้นมากที่สุดโดยมีปริมาณเฉลี่ย 142.20 กิโลกรัม/วัน (ร้อยละ 23.82) รองลงมา ได้แก่ จุดที่ 10 โรงอาหารกลางทะเลแก้ว และคณะวิทยาการจัดการ มีปริมาณเฉลี่ย 121.92 กิโลกรัม/วัน (ร้อยละ 20.43) สำหรับจุดที่มีขยะเกิดขึ้นน้อยที่สุดได้แก่จุดที่ 17 บ้านพักอาจารย์ และหอพักอาจารย์ โดยมีปริมาณเฉลี่ย 1.55 กิโลกรัม/วัน (ร้อยละ 0.26) (ภาพที่ 2)

2. องค์ประกอบขยะ

จากการสำรวจขยะที่เกิดขึ้นในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม (ส่วนทะเลแก้ว) ซึ่งผลการคัดแยก พบขยะอินทรีย์มากที่สุดโดยมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 248.11 กิโลกรัม/วัน คิดเป็นร้อยละ 41.57 รองลงมา ได้แก่ ขยะทั่วไปมีปริมาณเฉลี่ย 183.77 กิโลกรัม/วัน คิดเป็นร้อยละ 30.79 ขยะ

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ประเภทขยะ	ปริมาณเฉลี่ย ในปี พ.ศ. 2553* (กิโลกรัม/วัน)	ร้อยละ	ปริมาณเฉลี่ย ในปี พ.ศ. 2558 (กิโลกรัม/วัน)	ร้อยละ
3. ขยะรีไซเคิล				
ขวดน้ำพลาสติก	32.70	4.77	19.76	3.31
กระดาษ	24.08	3.52	21.73	3.64
กระป๋องน้ำอัดลม	-	-	10.57	1.77
แก้วพลาสติก	14.19	2.07	44.45	7.45
ขวดแก้ว	-	-	16.21	2.72
กล่องนม, กล่องน้ำผลไม้	17.46	2.55	15.42	2.58
พลาสติก	10.62	1.55	7.33	1.23
อื่นๆ	4.72	0.69	-	-
รวม	103.77	15.15	135.47	22.70
4. ขยะอันตราย				
ขวดน้ำยาล้างห้องน้ำ	2.42	0.35	7.43	1.25
กระป๋องสีสเปรย์	0.74	0.11	2.75	0.46
หลอดฟลูออเรสเซนต์	2.29	0.33	0.60	0.10
ขวดน้ำยา	2.05	0.30	0.40	0.07
อื่นๆ	0.07	0.01	-	-
รวม	26.02	1.10	11.18	1.87
5. ขยะติดเชื้อ				
ผ้าอนามัย	18.83	2.75	16.85	2.82
อื่นๆ (ผ้าพันแผล, ถุงมือ)	4.48	0.65	1.49	0.25
รวม	23.31	3.40	18.35	3.07
รวมทั้งหมด	684.85	100	596.87	100

หมายเหตุ *กรณีการ และคณะ (2554)

3. สมบัติทางเคมีของขยะ

จากการสุ่มเก็บตัวอย่างขยะจากจุดรวบรวมขยะและนำมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของขยะจำนวน 3 ตัวอย่าง พบว่าขยะรวมมีปริมาณความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 58 ± 4 ปริมาณเถ้าเฉลี่ยร้อยละ 15.43 ± 2.36 และมีปริมาณความร้อนเฉลี่ย $5,451.05 \pm 180.29$ แคลลอรี่/กรัม ในขณะที่สมบัติทางเคมีของขยะอินทรีย์มีปริมาณคาร์บอนเฉลี่ยร้อยละ 41.71 ± 2.98 ปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ยร้อยละ 0.91 ± 0.13 ปริมาณฟอสฟอรัสเฉลี่ยร้อยละ 0.35 ± 0.05 และปริมาณโพแทสเซียมเฉลี่ยร้อยละ 1.53 ± 0.17 (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 สมบัติทางเคมีของขยะรวมและขยะอินทรีย์ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม (ส่วนทะเลแก้ว)

ตัวอย่าง	ขยะรวม			ตัวอย่าง	ขยะอินทรีย์			
	ความชื้น (ร้อยละ)	ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)	ค่าความร้อน (cal/g)		คาร์บอน (ร้อยละ)	ไนโตรเจน (ร้อยละ)	ฟอสฟอรัส (ร้อยละ)	โพแทสเซียม (ร้อยละ)
1	58.00	17.41	5,371.28	1	41.37	0.91	0.35	1.34
2	52.00	12.82	5,657.46	2	44.85	1.03	0.39	1.56
3	64.00	16.08	5,324.41	3	38.92	0.78	0.30	1.69
ค่าเฉลี่ย	58.00	15.43	5,451.05	ค่าเฉลี่ย	41.71	0.91	0.35	1.53
±SD	±4.00	±2.36	±180.29	±SD	±2.98	±0.13	±0.05	±0.17

4. ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะ

ในการจัดการขยะนั้นจะมีการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินการ ไม่ว่าจะเป็นการเทกอง การฝังกลบ การทำปุ๋ยหมัก หรือการนำขยะไปรีไซเคิล เนื่องจากมีการใช้พลังงาน และเกิดจากปฏิกิริยาของกระบวนการต่างๆ ซึ่งจะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาสู่ชั้นบรรยากาศ ในปัจจุบันการจัดการขยะของมหาวิทยาลัย ดำเนินการโดยเทศบาลพลายชุมพล ซึ่งจะส่งไปยังบ่อขยะ เอกชนที่ ต.ท่าโพธิ์ อ.เมือง จ.พิษณุโลก เป็นระยะทาง 10 กิโลเมตร ใช้วิธีการจัดการด้วยเทกองโดยจะมีการไถกลบขยะเป็นครั้งคราว ซึ่งการจัดการด้วยวิธีนี้จะมีการระบายและปล่อยมลพิษออกสู่สิ่งแวดล้อม ดังนั้นเพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมสำหรับการจัดการขยะของมหาวิทยาลัย จึงจำลองสถานการณ์ในการจัดการขยะเป็น 2 สถานการณ์ เพื่อประเมินค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสถานการณ์ดังกล่าว

4.1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะในสถานการณ์ที่ 1

สถานการณ์นี้เป็นการจำลองการจัดการขยะของมหาวิทยาลัย ในสภาวะปัจจุบันที่ไม่มีการคัดแยกขยะ และจัดการขยะด้วยการเทกองที่มีการควบคุม โดยพบว่ามีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขยะไปยังบ่อขยะเอกชน 4.09 kgCO₂eq /วัน และจากการจัดการขยะโดยการเทกอง 361.20 kgCO₂eq /วัน ซึ่งในสถานการณ์นี้มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเท่ากับ 365.29 kgCO₂eq /วัน หรือคิดเป็น 133.33 tonsCO₂eq/ปี (ตารางที่ 3)

4.2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะในสถานการณ์ที่ 2

สถานการณ์นี้จะเป็นการจำลองการจัดการขยะของมหาวิทยาลัย โดยให้มีการคัดแยกขยะ และนำขยะแต่ละประเภทไปจัดการอย่างเหมาะสม ซึ่งขยะอินทรีย์จะถูกนำไปทำปุ๋ยหมัก ขยะรีไซเคิลนำกลับไปแปรรูปใหม่ และขยะส่วนที่เหลือจะถูกจัดการด้วยการเทกองที่มีการควบคุม เมื่อประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะแต่ละประเภท พบว่ามีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขยะไปยังบ่อขยะเอกชน 4.06 kgCO₂eq /วันและการจัดการโดยการหมักทำปุ๋ยจะมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเท่ากับ -139.68 kgCO₂eq/วัน ซึ่งคำนวณจากปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ในการผลิตปุ๋ย 46.99 kgCO₂eq/วัน รวมกับค่าการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการนำขยะไปเทกอง -186.87 kgCO₂eq/วัน สำหรับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการนำขยะประเภทต่างๆ ไปรีไซเคิลนั้นมีค่าสุทธิเท่ากับ -194.94 kgCO₂eq /วัน ซึ่งเกิดจากการ



อภิปรายผล

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณขยะกับมหาวิทยาลัยอื่นๆ พบว่ามหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์มีปริมาณขยะเฉลี่ย 856 กิโลกรัม/วัน คิดเป็นอัตราการผลิตขยะเฉลี่ย 0.086

กิโลกรัม/คน/วัน (นิสา, 2556) ในขณะที่มหาวิทยาลัยมหิดลมีปริมาณขยะเฉลี่ย 4,060 กิโลกรัม/วัน คิดเป็นอัตราการผลิตขยะเฉลี่ย 0.303 กิโลกรัม/คน/วัน (อัจฉรา และคณะ, 2554) สำหรับมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามมีอัตราการผลิตขยะเฉลี่ย 0.040 กิโลกรัม/คน/วัน ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีปริมาณขยะต่อวันและอัตราการผลิตขยะต่อคนนั้นต่ำกว่ามหาวิทยาลัยอื่นๆ และเมื่อพิจารณาถึงองค์ประกอบของขยะจะพบว่ามหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์มีขยะอินทรีย์ในสัดส่วนมากที่สุดถึงร้อยละ 81 เช่นเดียวกับมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามที่มีขยะอินทรีย์มากที่สุดร้อยละ 41.57 แตกต่างจากมหาวิทยาลัยมหิดลมีขยะพลาสติกมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 39.88 รองลงมาคือขยะอินทรีย์ร้อยละ 28.66 ซึ่งความแตกต่างของปริมาณและองค์ประกอบของขยะในแต่ละพื้นที่ จะขึ้นอยู่กับจำนวนประชากร รูปแบบการดำเนินชีวิตในแต่ละวัน การอุปโภคและบริโภคที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่ใดมีแนวทางในการจัดการขยะที่ต้นกำเนิด มีการคัดแยกขยะในพื้นที่ รวมถึงการหมุนเวียนนำกลับมาใช้ใหม่ ก็จะเป็นแนวทางในการจัดการปัญหาขยะได้อย่างยั่งยืน (อัจฉรา และคณะ, 2554)

เมื่อพิจารณาสมบัติทางเคมีของขยะรวม พบว่าขยะภายในมหาวิทยาลัยมหิดลมีปริมาณความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 59.74 มีปริมาณเถ้าร้อยละ 11.88 และค่าความร้อนเฉลี่ย 4,915 แคลลอรี่/กรัม ซึ่งมีความแตกต่างจากขยะภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามที่มีค่าความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 58.00 มีปริมาณเถ้าร้อยละ 15.43 และค่าความร้อน 5,451.05 แคลลอรี่/กรัม โดยที่องค์ประกอบของขยะภายในมหาวิทยาลัยมหิดลมีส่วนของพลาสติกมากที่สุด แตกต่างจากการศึกษาในครั้งนี้นี้ที่มีสัดส่วนของขยะอินทรีย์มากที่สุด ดังนั้นค่าความชื้นของขยะที่ศึกษาในครั้งนี้นี้ควรจะมีค่าสูงกว่าและมีปริมาณความร้อนที่ต่ำกว่า แต่ผลจากการศึกษานี้กลับพบในทางตรงกันข้าม อย่างไรก็ตามค่าต่างๆ เหล่านี้ก็อยู่ในเกณฑ์ของขยะชุมชนโดยทั่วไป (กรมควบคุมมลพิษ, 2547) จากสมบัติของขยะรวมจะพบว่าไม่เหมาะสมที่จะกำจัดโดยการเผาเนื่องจากมีปริมาณความชื้นสูง สำหรับสมบัติทางเคมีของขยะอินทรีย์ที่ศึกษาในครั้งนี้นี้ พบว่ามีค่าอยู่ในเกณฑ์ทั่วไปของขยะชุมชน (กรมควบคุมมลพิษ, 2547) และอัตราส่วนเฉลี่ยของ C/N มีค่า 46.30 ซึ่งถือว่าเป็นวัสดุที่ย่อยสลายง่าย มีความเหมาะสมในการนำมาทำปุ๋ยหมัก แต่อาจจะต้องมีการเพิ่มสัดส่วนของไนโตรเจนโดยการเติมมูลสัตว์เพื่อให้มีองค์ประกอบของธาตุอาหารหลักที่เหมาะสม (พัชร, 2549)

ในส่วนของการจัดการขยะของมหาวิทยาลัย จะพบว่าหากนำขยะทั้งหมดที่เกิดขึ้นไปจัดการโดยการเทกองเช่นในปัจจุบัน จะส่งผลให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะสูงถึง 133.33 tons CO₂eq/ปี แต่หากมีการจัดการขยะแบบผสมผสานโดยการคัดแยกขยะและนำไปจัดการให้เหมาะสมกับประเภทของขยะจะทำให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยกว่า การดูกลับของก๊าซเรือนกระจกมีค่าถึง -84.04 tons CO₂eq/ปี (ภาพที่ 3) ซึ่งพบว่าการจัดการขยะเศษอาหาร/เศษหญ้าโดยการเทกองจะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงถึง 68.13 tons CO₂eq/ปี แต่หากเปลี่ยนการจัดการขยะเหล่านี้โดยการทำปุ๋ยหมักจะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงถึง 50.98 tons CO₂eq/ปี ในขณะที่ขยะรีไซเคิลหากนำมาจัดการด้วยการเทกองจะพบว่าขยะพลาสติก แก้ว และอลูมิเนียมจะไม่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก แต่อย่างไรก็ตามเมื่อมีการนำขยะเหล่านี้มาจัดการด้วยการรีไซเคิลนั้นถึงแม้จะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการแปรรูปใหม่ แต่การรีไซเคิลก็ยังมีส่วนช่วยในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการลดการผลิตวัตถุดิบใหม่ และยังเป็น การลดการใช้ทรัพยากรด้วยเช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของทศวรรณ (2555) ที่พบว่าแนวทางที่เหมาะสมที่สุดในการจัดการขยะภายใน

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่เพื่อให้เกิดความคุ้มค่ามากที่สุดและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด คือการนำขยะไปจัดการใน 4 รูปแบบ ได้แก่ ขยะรีไซเคิลนำไปขาย ขยะอินทรีย์นำไปทำปุ๋ยหมักและก๊าซชีวภาพ ขยะพลาสติก ไม้ และกระดาษ นำไปทำเชื้อเพลิงอัดแท่ง (RDF) และขยะส่วนที่เหลือนำไปจัดการโดยการฝังกลบ ซึ่งสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ถึง 374.427 kg CO₂eq/ตันขยะ ใช้เงินลงทุน 3.47 ล้านบาท และสามารถคืนทุนได้ใน 3 ปี ในขณะที่ Apiratikul (2014) ได้ศึกษาถึงการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโครงการธนาคารวัสดุรีไซเคิลของมหาวิทยาลัย 4 แห่ง ได้แก่ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (ประสานมิตร) และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ซึ่งพบว่าโครงการนี้สามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ถึง 2,814.969 tons CO₂eq/ปี จะเห็นได้ว่าการจัดการขยะแบบผสมผสานไม่ว่าจะเป็นการคัดแยกขยะ ลดปริมาณขยะตั้งแต่แหล่งกำเนิด การนำขยะกลับไปรีไซเคิล การทำปุ๋ยหมัก การผลิตพลังงานจากขยะ จะช่วยลดปริมาณขยะที่จะต้องกำจัดโดยการฝังกลบ/เทกอง และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการจัดการขยะได้ (Mühle et al., 2010; Wang & Geng, 2015; Chen & Lo, 2016; Babel & Vilaysauk, 2016) ดังนั้นแนวทางที่เหมาะสมในการจัดการขยะของมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามจึงควรมีการคัดแยกขยะและเลือกวิธีในการจัดการขยะแต่ละประเภทให้เหมาะสมเพื่อให้เกิดการจัดการอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้จะพบว่ามหาวิทยาลัย มีปริมาณขยะที่ต้องนำไปกำจัดเฉลี่ย 596.87 กิโลกรัม/วัน ซึ่งในปัจจุบันการจัดการขยะโดยการเทกองที่มีการควบคุมนั้นจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แต่ถ้าหากทางมหาวิทยาลัยมีการจัดการขยะแบบผสมผสานด้วยการคัดแยกขยะและนำขยะแต่ละประเภทไปจัดการอย่างเหมาะสม โดยขยะอินทรีย์ภายในมหาวิทยาลัยมีความเหมาะสมในการนำมาทำปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยไส้เดือน ขยะรีไซเคิลที่มีถึงร้อยละ 22.7 ควรมีการคัดแยกและนำไปขาย ในส่วนของขยะทั่วไปที่เป็นถุงพลาสติกสามารถนำมาทำเชื้อเพลิงอัดแท่งได้ เพราะสามารถให้ความร้อนได้ในปริมาณที่สูง เพียงเท่านี้ก็จะสามารถลดปริมาณขยะที่ต้องกำจัด ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และช่วยลดค่าใช้จ่ายในการจัดการขยะ รวมถึงเป็นการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกสู่ชั้นบรรยากาศด้วย ดังนั้นมหาวิทยาลัยจึงควรส่งเสริม รมรณรงค์ และมีนโยบายในการลดปริมาณขยะจากแหล่งกำเนิด มีการคัดแยกขยะและมีกระบวนการในการจัดการขยะอย่างเหมาะสมเพื่อลดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการวิจัย ขอขอบคุณสำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม และเทศบาลพหลโยธินสำหรับข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษานี้

เอกสารอ้างอิง

กรณีการ บุตรเอก, สุวิมล แก้วเงา และปิยะดา วชิระวงศ์. (2554). สถานการณ์การจัดการขยะของมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม. Rajabhat Journal of Sciences, Humanities and Social Sciences, 12(2), 74-90.

- กรมควบคุมมลพิษ. (2547). รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการสำรวจและวิเคราะห์องค์ประกอบขยะชุมชนของเทศบาลทั่วประเทศ. กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- กรมควบคุมมลพิษ. (2558). รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2557. กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- กองบริการการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม. (2558). ข้อมูลจำนวนนักศึกษาและบุคลากรภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม. มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.
- ทศวรรณ ใจเที่ยง. (2555). การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และดัชนีความยั่งยืนจากการผลิตเชื้อเพลิงขยะในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- นิตา ทักทวีไลย. (2556). การจัดการขยะภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์. ใน รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏกลุ่มศรีอยุธยา ครั้งที่ 3. 712-718.
- เนอมาลา เมนิปุรา และจรรยา แสงอรุณ. (2556). คู่มือการใช้โปรแกรมคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะมูลฝอยโดยใช้วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต ภายใต้โครงการการตรวจวัด รายงานผล และการทวนสอบ (MRV) สำหรับการพัฒนาแบบคาร์บอนต่ำในเอเชีย. แปลโดย องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก. จาก http://pub.iges.or.jp/modules/envirolib/upload/5078/attach/Thai-GHG_calculation-manual.pdf. เข้าถึงวันที่ 4 กรกฎาคม 2559.
- พัชรี อีร์จินดาจกร. (2549). ดินดีเมื่อมีอินทรีย์วัตถุ. วารสารศูนย์บริการวิชาการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 14(3), 11-15.
- สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2553). การจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย. กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- อัจฉรา อัครจุฑาลชัย, พิมพ์พรรณ หาญศึก และเพ็ญใจ พิระเกียรติขจร. (2554). แนวทางการจัดการขยะให้เหลือศูนย์ภายในมหาวิทยาลัยมหิดล ศาลายา. วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม, 7(1), 17-29.
- องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก. (2559). Emission factor. จาก http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/products_emission/products_emission.pnc. เข้าถึงวันที่ 4 มิถุนายน 2559.
- Apiratikul, R. (2014). Reducing greenhouse gas emissions by recyclable material bank project of University in central region of Thailand. *International Journal of Environmental, Chemical, Ecological, Geological Engineering*, 8(7), 465-469.
- Babel, S., & Vilaysouk, X. (2016). Greenhouse gas emissions from municipal solid waste management in Lientiane, Lao PDR. *Waste Management & Research*, 34(1), 30-37.
- Chen, Y.C., & Lo, S.L. (2016). Evaluation of greenhouse gas emissions for several municipal solid waste management strategies. *Journal of Cleaner Production*, 113, 606-612.
- IPCC. (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Eggleston, H.S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T. & Tanabe, K. (eds), Vol. 5. IGES, Japan: The National Greenhouse Gas Inventories Programme.
- Menikpura, S.N.M. 2011. Development sustainability indicators for evaluating municipal solid waste management system- LCA perspective. PhD thesis. The joint graduate school of energy and environment. King Mongkut's University of Technology Thonburi.
- Mühle, S., & Balsam, I. & Cheeseman, C.R. (2010). Comparison of carbon emissions associated with municipal solid waste management in Germany and the UK. *Resources Conservation and Recycling*, 54(11), 793-801.
- Wang, Z., & Geng, L. (2015). Carbon emissions calculation from municipal solid waste and the influencing factors analysis in China. *Journal of Cleaner Production*, 104, 177-184.