



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การจัดการขยะภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาอย่างครบวงจรและเหมาะสม
(Integrated Solid Waste Management in Suan Sunandha Rajabhat University)

โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อาณัติ ทัศปिता

ดร. รณบรรจบ อภิริติกุล

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ปีงบประมาณ 2553

กิตติกรรมประกาศ

การทำชุดโครงการวิจัยเรื่อง “การจัดการขยะภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาอย่างครบวงจรและเหมาะสม” ครั้งนี้ สำเร็จลงได้ด้วยความเรียบร้อยเนื่องจากความช่วยเหลือและสนับสนุนจากหลายฝ่าย ซึ่งคณะผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณบุคคลและหน่วยงานต่างๆ ตามลำดับดังนี้

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณที่ปรึกษาโครงการฯ ซึ่งประกอบด้วยคุณไพศาล ผดุงศิริกุล ผู้อำนวยการกลุ่มวิเคราะห์และประสานแผนปฏิบัติการ สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และรองศาสตราจารย์ ดร.ปรีณภา จิตราภรณ์ อาจารย์ประจำกลุ่มสาขาวิชาบริหารธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการทำงานวิจัยเรื่องนี้ตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งดำเนินการแล้วเสร็จ

ขอขอบคุณผู้แทนจากหน่วยงานสนับสนุนที่เข้าร่วมงานวิจัยในครั้งนี้คือ คุณรัฐ เรื่องโชติวิทย์ ผู้แทนศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และคุณวิณา นันทมนตรี ผู้แทนสถาบันการจัดการบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ที่ได้เข้าร่วมประชุมกับคณะผู้วิจัยและเสนอแนะแนวทางที่เป็นประโยชน์ในการทำงานวิจัยมาโดยตลอด

ขอขอบคุณนักศึกษาชั้นปีที่ 4 ปีการศึกษา 2553 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยนักวิจัยในการเก็บข้อมูลภาคสนามและการวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ และเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องคือ คนงานขนขยะ คนสวน แม่บ้านทำความสะอาดอาคาร รวมทั้งผู้ประกอบการร้านค้าจำหน่ายอาหาร ที่ได้ให้ข้อมูลในการตอบแบบสอบถามที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างดี

และท้ายที่สุดนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2553 รวมทั้งขอขอบคุณคณะผู้ตรวจสอบทางวิชาการกลุ่มเรื่องการจัดการขยะตลอดจนเจ้าหน้าที่ภารกิจโครงการและประสานงานวิจัยทุกท่าน ที่ได้ปรับแก้และให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงตามเป้าหมายที่วางไว้ทุกประการ

คณะผู้วิจัย

มีนาคม พ.ศ. 2554

ชื่อแผนงานวิจัย

(ภาษาไทย) การจัดการขยะระดับมหาวิทยาลัยอย่างครบวงจรและเหมาะสม

(ภาษาอังกฤษ) Integrated Solid Waste Management in University Level

ชื่อโครงการ

(ภาษาไทย) การจัดการขยะภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาอย่างครบวงจรและเหมาะสม

(ภาษาอังกฤษ) Integrated Solid Waste Management in Suan Sunandha Rajabhat University

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปี 2553 จำนวนเงิน 600,000 บาท

ระยะเวลาที่ทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 12 พฤษภาคม พ.ศ. 2553 ถึง 12 พฤษภาคม พ.ศ. 2554

ชื่อผู้วิจัยพร้อมหน่วยงานที่สังกัดและเลขหมายโทรศัพท์

1. ผู้อำนวยการแผนงาน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาณัติ ติ้ะปินตา

หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 3 6399 00009 83 4

สาขาวิชาการจัดการและควบคุมมลพิษ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา เลขที่ 1 ถนนอุทองนอก แขวงวชิระ เขตดุสิต

กรุงเทพมหานคร 10300

โทรศัพท์ 0-2160-1208, 089-205-6289 โทรสาร 0-2160-1210

E-mail: thapinta@hotmail.com

2. ผู้ร่วมงานวิจัย

2.1 โครงการย่อยที่ 1: การศึกษาศักยภาพในการแปรสภาพขยะที่ย่อยสลายได้เพื่อนำ

กลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาณัติ ติ้ะปินตา (หัวหน้าโครงการ)

สาขาวิชาการจัดการและควบคุมมลพิษ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา เลขที่ 1 ถนนอุทองนอก แขวงวชิระ เขตดุสิต

กรุงเทพมหานคร 10300

โทรศัพท์ 0-2160-1208, 089-205-6289 โทรสาร 0-2160-1210

E-mail: thapinta@hotmail.com

**2.2 โครงการย่อยที่ 2: การประเมินความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ของการดำเนิน
โครงการธนาคารวัสดุรีไซเคิลภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา**

ดร.รณบรจบ อภิตติกุล (หัวหน้าโครงการ)

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา เลขที่ 1 ถนนอุทองนอก แขวงวชิระ เขตดุสิต

กรุงเทพมหานคร 10300

โทรศัพท์ 0-2160-1210 โทรสาร 0-2160-1210

E-mail: Ronbanchob@gmail.com

3. หน่วยงานหลัก

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม และสาขาวิชาการจัดการและควบคุมมลพิษ

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา เลขที่ 1 ถนนอุทองนอก แขวงวชิระ เขตดุสิต

กรุงเทพมหานคร 10300

โทรศัพท์ 0-2160-1208 ถึง 10 โทรสาร 0-2160-1210

4. หน่วยงานสนับสนุน

4.1 ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม ตำบลคลองห้า อำเภอกลองหลวง

จังหวัดปทุมธานี 12120

โทรศัพท์ 0-2577-4182-5 ต่อ 1102, 1125 โทรสาร 0-2577-1138

4.2 สถาบันการจัดการบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม

เลขที่ 33 อาคารวังเด็ก 4 ชั้น 4 B ถนนวิภาวดีรังสิต เขตจตุจักร

กรุงเทพมหานคร 10900

โทรศัพท์ 0-2272-1552-3 โทรสาร 0-2272-1552-3 ต่อ 18

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์คือ (1) เพื่อประเมินศักยภาพในการนำขยะย่อยสลายได้กลับมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบของการทำปุ๋ยหมักหรือเป็นแหล่งพลังงาน และ (2) เพื่อประเมินความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ของการดำเนินโครงการธนาคารวัสดุรีไซเคิลภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ซึ่งผลที่ได้รับจากการศึกษาสามารถนำไปกำหนดรูปแบบที่เหมาะสมเพื่อการจัดการขยะที่ย่อยสลายได้และขยะรีไซเคิลภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาในระยะยาว

ผลจากการวิจัยในครั้งนี้พบว่า

1. ขยะย่อยสลายได้ซึ่งประกอบด้วยเศษอาหาร เศษผักและผลไม้รวมทั้งเศษหญ้าและใบไม้มีศักยภาพใน 3 ด้านดังนี้คือ (1) ศักยภาพในด้านปริมาณที่มีจำนวนเฉลี่ยประมาณ 300 กิโลกรัมต่อวัน ซึ่งนับว่ามีเพียงพอที่จะนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ (2) ศักยภาพในด้านคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีโดยเฉพาะอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 15:1 - 17.5:1 และค่าความร้อนซึ่งมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 4,848.42 - 5,378.29 cal/g และ (3) ศักยภาพในด้านเทคโนโลยีที่เหมาะสม ได้แก่ การทำปุ๋ยหมักโดยวิธีใช้ออกซิเจนซึ่งทำให้ได้ผลผลิตปุ๋ยที่มีค่า N, P และ K ร้อยละ 3.52, 0.90 และ 1.71 ตามลำดับ และมีค่า pH 6.33 โดยเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยของกรมพัฒนาที่ดิน และการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานด้วยวิธีการอัดแบบไม่ใช้ความร้อน โดยใช้ส่วนผสมระหว่างเศษอาหาร : เศษผักและผลไม้ : เศษหญ้าและใบไม้ : กากไขมัน : แป้งมันสำปะหลัง ในสัดส่วน 40:30:10:10:10 ซึ่งสามารถให้ค่าความร้อนได้ถึง 7,070.98 cal/g และมีปริมาณแฉ่ำร้อยละ 15.7

2. ปริมาณขยะรีไซเคิลประเภทต่างๆ ที่รวบรวมได้โดยธนาคารวัสดุรีไซเคิลในระหว่างเดือนกรกฎาคม 2552 ถึงเดือนธันวาคม 2553 มีจำนวนทั้งสิ้น 97.61 เมตริกตัน คิดเป็นอัตราการรีไซเคิลร้อยละ 13.28 โดยเป็นขยะประเภทกระดาษขาวดำมากที่สุด ซึ่งขยะรีไซเคิลจำนวนดังกล่าวช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกซึ่งเทียบเท่ากับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 390 เมตริกตันเทียบกับการนำไปฝังกลบ และเมื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ของการดำเนินโครงการธนาคารวัสดุรีไซเคิลแล้วพบว่า มีค่าผลตอบแทนต่อต้นทุนระหว่าง 1.09 – 1.16 และมีค่าอัตราผลตอบแทนภายในเท่ากับร้อยละ 43.18 ต่อเดือน ซึ่งทำให้ธนาคารฯ มีกำไรสุทธิเฉลี่ยประมาณ 5,000 – 6,000 บาทต่อเดือน นอกจากนี้ ในการสำรวจความคิดเห็นของสมาชิกธนาคารวัสดุรีไซเคิลปรากฏว่าส่วนใหญ่มีรายได้เพิ่มขึ้นจากการจำหน่ายขยะรีไซเคิลให้กับธนาคารฯ โดยมีความพอใจต่อการดำเนินงานของธนาคารฯ ในระดับปานกลาง

3. ปริมาณขยะทั่วไปประเภทต่างๆ ซึ่งทิ้งลงในถังขยะที่ตั้งอยู่ภายนอกอาคารทั่วบริเวณมหาวิทยาลัยฯ มีจำนวนทั้งสิ้นคิดเป็นน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 1.3 ตันต่อวันในช่วงวันทำงาน และเฉลี่ยประมาณ 1 ตันต่อวันในช่วงวันหยุดสุดสัปดาห์ ซึ่งทิ้งปะปนกันโดยไม่มีคัดแยกขยะตามประเภทของถังอย่างถูกต้อง ทำให้เป็นอุปสรรคในการที่จะนำขยะเหล่านี้กลับมาใช้ประโยชน์ได้อีก ดังนั้น มหาวิทยาลัยฯ จึงควรรณรงค์ให้มีการทิ้งขยะที่ถูกต้องอย่างเป็นรูปธรรมและต่อเนื่อง พร้อมทั้งควรมีโกดังเก็บรวบรวมและคัดแยกขยะเพื่อนำบางส่วนกลับมาใช้ประโยชน์ก่อนที่จะขนส่งส่วนที่เหลือไปกำจัดยังสถานที่ฝังกลบต่อไป

คำสำคัญ : ขยะที่ย่อยสลายได้, ขยะรีไซเคิล, การทำปุ๋ยหมัก, เชื้อเพลิงอัดแท่ง, ธนาकारวัสดุรีไซเคิล, ความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์, การจัดการขยะ

Abstract

This research focused on the integrated solid waste management in Suan Sunandha Rajabhat University. Objectives of the research were as follow; (1) to evaluate the potential of recycling organic wastes in the university as compost or alternative energy, and (2) to evaluate the economic worthiness of implementing the recycle waste bank project in the campus. Outputs derived from this research can be used to reform the management process of organic wastes and recycle wastes in Suan Sunandha Rajabhat University in the long run.

According to the study, it was found that ;-

1. The potential of recycling organic wastes which include mixed food waste, mixed fruit & vegetable waste and mixed leaves & yard waste was divided into 3 ways; first, the potential in terms of adequate amount at the average of 300 kg/day that can be used as raw material for the production of compost or alternative energy; second, the potential in terms of suitable properties especially for their C/N ratio and heating value which were between 15:1 to 17.5:1 and 4,848.42 to 5,378.29 cal/g, respectively; lastly, the potential in terms of using appropriate technology for composting by aerobic decomposition process and for making refuse derived fuel (RDF) by wet process. It was found that N, P, K of compost derived from this process was 3.52, 0.90, 1.71% and the pH of 6.33 which meet the standard enacted by the Department of Land Development. In addition, RDF produced by mixed food waste : mixed fruit & vegetable waste : mixed leaves & yard waste : grease : cassava starch at 40:30:10:10:10 had the heating value at 7,070.98 cal/g with 15.7% of ash content.

2. The amount of recycle wastes collected by the recycle waste bank during July 2009 to December 2010 was totally 97.61 metric tons in which most of them were black and white papers. It was calculated that this amount of recycle wastes was equal to 13.28% in term of recycle rate and can help reduce greenhouse gas emission by 390 metric tons of CO₂ when compared to the disposal by landfill. In economic point of view, the data derived from this research showed that B/C ratio of the recycle waste bank project was about 1.09 to 1.16 with the internal rate of return (IRR) at 43.18% per month. This figure turned to be the average net profit of the project about 5,000 – 6,000 baht per month. Besides, data from interviewing indicated that most of members had a moderate satisfaction to the operation of the recycle waste bank.

3. The amount of general wastes in the campus was averaged at approximately 1.3 tons per day during the weekday and 1.0 ton per day during the weekend. In this case, the evidence of no separation of wastes discarded into the bins was normally seen. Because of this, the campaign on public awareness to environmental safety should be initiated and worked thoroughly until the problem could be solved. Moreover, it is recommended to build a storehouse for collecting and separating the garbage so that parts of them can be recycled and the rest will be collected and transported to the landfill site.

Key words : organic wastes, recycle wastes, composting, refuse derived fuel (RDF), recycle waste bank, economic worthiness, solid waste management

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	จ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ช
สารบัญ	ฅ
สารบัญตาราง	ฐ
สารบัญภาพ	ด
บทนำรวม	
ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	5
รายละเอียดความเชื่อมโยงระหว่างโครงการวิจัยย่อย	5
ประโยชน์ที่ได้รับ	7
หน่วยงานที่นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์	7
โครงการย่อยที่ 1	9
บทคัดย่อภาษาไทย	12
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	14
บทที่ 1 บทนำ	
ความสำคัญและที่มาของปัญหา	16
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	19
ขอบเขตของการวิจัย	19
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	
ความหมายและการจำแนกประเภทของขยะ	21
การดำเนินงานจัดการขยะอย่างครบวงจร	23
คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของขยะ	26
การแปรสภาพขยะที่ย่อยสลายได้เพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์	28
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	37

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย	
ส่วนที่ 1: การศึกษาสำรวจสถานการณ์เกี่ยวกับชนิดและปริมาณ การเกิดขยะที่ย่อยสลายได้	44
ส่วนที่ 2: การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี ของขยะที่ย่อยสลายได้	47
ส่วนที่ 3: การประเมินเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการนำขยะที่ย่อยสลายได้ มาใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ	52
บทที่ 4 ผลการวิจัย	
ส่วนที่ 1: การศึกษาสำรวจสถานการณ์เกี่ยวกับชนิดและปริมาณ การเกิดขยะที่ย่อยสลายได้	58
ส่วนที่ 2: การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี ของขยะที่ย่อยสลายได้	67
ส่วนที่ 3: การประเมินเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการนำขยะที่ย่อยสลายได้ มาใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ	74
บทที่ 5 อภิปรายและวิจารณ์ผล	
ชนิดและปริมาณการเกิดขยะภายในมหาวิทยาลัย	82
คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของขยะที่ย่อยสลายได้	85
เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการนำขยะที่ย่อยสลายได้กลับมาใช้ประโยชน์	86
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
สรุปผลการวิจัย	92
ข้อเสนอแนะ	94
บรรณานุกรม	97
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก แบบสอบถามที่ใช้ในการวิจัย	103
ภาคผนวก ข การตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม	113
ภาคผนวก ค วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของขยะ	121
ภาคผนวก ง สถานที่ตั้งถังขยะภายนอกอาคารในบริเวณมหาวิทยาลัย	133

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก จ ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของ ขยะที่ย่อยสลายได้	143
ภาคผนวก ฉ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธี One-Way ANOVA	157
ภาคผนวก ช ตารางบันทึกการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในถังหมักปุ๋ย แบบใช้อากาศ	163
โครงการย่อยที่ 2	169
บทคัดย่อภาษาไทย	172
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	173
บทที่ 1 บทนำ	
ความสำคัญและที่มาของปัญหา	174
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	176
ขอบเขตของการวิจัย	176
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	
นิยามและความหมายเกี่ยวกับขยะมูลฝอยและขยะรีไซเคิล	177
วิธีการจัดการขยะมูลฝอย	178
ธนาคารขยะ/วัสดุรีไซเคิล	181
ปัญหาภาวะโลกร้อนและก๊าซเรือนกระจก	183
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	187
บทที่ 3 ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย	
พื้นที่ดำเนินงานวิจัย	193
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	193
การประเมินความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ของโครงการธนาคารวัสดุรีไซเคิล และประเมินการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก	193
การสำรวจข้อมูลเพื่อศึกษาความเห็นของบุคลากรในมหาวิทยาลัย ต่อการดำเนินโครงการ	196

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัย	
ชนิดและปริมาณขยะ	201
ผลการดำเนินงานของธนาคารวัสดุรีไซเคิล	203
ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้จากการดำเนินงานของธนาคารวัสดุรีไซเคิล	206
ความเห็นของบุคลากรในมหาวิทยาลัยต่อการดำเนินโครงการ	209
บทที่ 5 อภิปรายและวิจารณ์ผล	
ชนิดและปริมาณขยะ	226
การวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงเศรษฐศาสตร์	228
ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้จากการดำเนินงานของธนาคารฯ	233
ความเห็นของบุคลากรในมหาวิทยาลัยต่อการดำเนินโครงการ และอัตรการมีส่วนร่วม	234
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
สรุปผลการวิจัย	236
ข้อเสนอแนะ	237
บรรณานุกรม	238
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก การคำนวณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากการ ดำเนินงานกิจกรรมต่างๆ	245
ภาคผนวก ข แบบสอบถามที่ใช้ในการวิจัย	257
ภาคผนวก ค การตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม	265
ภาคผนวก ง ผลการวิจัยบางส่วนที่เผยแพร่ในการประชุมวิชาการ	271
ประวัติและผลงานของคณะผู้วิจัย	281

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
	โครงการย่อยที่ 1	
1	ประเภทของขยะที่เหมาะสมสำหรับทำปุ๋ยหมัก	32
2	คุณสมบัติของวัสดุคิบที่ใช้ในการทำเชื้อเพลิงอัดแท่ง	34
3	ค่าความร้อนของขยะประเภทต่างๆ	36
4	สัดส่วนระหว่างวัสดุคิบต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง	56
5	ปัจจัยส่วนบุคคลของบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับการเก็บรวบรวมขยะ ภายในมหาวิทยาลัยฯ	59
6	ชนิดของขยะที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา	60
7	ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา	61
8	ความคิดเห็นในการนำขยะย่อยสลายได้ที่เกิดขึ้นในมหาวิทยาลัยฯ กลับมาใช้ประโยชน์	62
9	ปริมาณขยะทั่วไปที่เกิดขึ้นในวันทำงานระหว่างเดือนสิงหาคมถึงพฤศจิกายน พ.ศ. 2553	63
10	ปริมาณขยะทั่วไปที่เกิดขึ้นในวันหยุดสุดสัปดาห์ระหว่างเดือนสิงหาคมถึง พฤศจิกายน พ.ศ. 2553	64
11	ปริมาณขยะย่อยสลายได้ที่เกิดขึ้นระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ. 2553 ถึงมกราคม พ.ศ. 2554	65
12	ปริมาณกากไขมันจากบ่อคักไขมันของร้านค้าจำหน่ายอาหารระหว่าง เดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม พ.ศ. 2554	66
13	ปริมาณความชื้นของขยะที่ย่อยสลายได้ภายในมหาวิทยาลัย ราชภัฏสวนสุนันทา	67
14	ส่วนประกอบทางเคมีของขยะที่ย่อยสลายได้ภายในมหาวิทยาลัย ราชภัฏสวนสุนันทา	68
15	อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนของขยะที่ย่อยสลายได้ภายใน มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา	69
16	ค่าความร้อนของขยะที่ย่อยสลายได้ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา	70

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
17 ผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของขยะที่ย่อยสลายได้ ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา	71
18 ผลการตรวจสอบคุณภาพของปุ๋ยหมักที่ผลิตจากขยะย่อยสลายได้ ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา	77
19 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตจากขยะย่อยสลายได้ภายใน มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา	78
20 ปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตจากขยะย่อยสลายได้ภายใน มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา	78
21 ลักษณะการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตจากขยะย่อยสลายได้ ในสัดส่วนต่างๆ	80
22 การจัดเรียงลำดับเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตจากขยะย่อยสลายได้ในสัดส่วนต่างๆ	81
โครงการย่อยที่ 2	
1 ตัวอย่างก๊าซเรือนกระจกและคุณสมบัติบางประการ	184
2 สรุปข้อมูลการสำรวจธนาคารขยะชุมชนจากงานวิจัยของ สมณพร สุทธิบาท และคณะ	191
3 ชนิดและปริมาณขยะรีไซเคิลและขยะที่นำมาใช้ซ้ำ	202
4 ข้อมูลทางการเงินของธนาคารขยะมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา	203
5 ราคาขยะ (ต่อหน่วยนับ) ที่ทางธนาคารฯขายให้ร้านรับซื้อ	204
6 ก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงเมื่อเทียบกับการนำขยะไปฝังกลบ	207
7 ก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงเมื่อเทียบกับการนำขยะไปเผาคั่วด้วยเตาเผา	208
8 แสดงระดับการศึกษาของผู้ตอบแบบสอบถาม	209
9 แสดงอาชีพของผู้ตอบแบบสอบถาม	210
10 แสดงสถานภาพความเป็นสมาชิกของธนาคารขยะของผู้ตอบแบบสอบถาม	210
11 แสดงรายได้ต่อเดือน (ปัจจุบัน) ของผู้ตอบแบบสอบถาม	211
12 แสดงรายได้ต่อเดือน (ก่อนดำเนินงานธนาคารขยะ) ของผู้ตอบแบบสอบถาม	212
13 แสดงประเภทของขยะส่วนใหญ่ที่นำมาขายให้กับทางธนาคารขยะ	213

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า	
14	แสดงประเภทของขยะที่พบในหน่วยงาน	214
15	แสดงมูลค่าของขยะที่คาดหวังเมื่อนำมาขายกับธนาคารฯแต่ละครั้ง	215
16	แสดงค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของจำนวนครั้ง และจำนวนเงินที่นำขยะมาขายกับธนาคารในแต่ละเดือน	216
17	แสดงรายได้จากการขายขยะเป็นของท่าน	216
18	แสดงกรณีที่ได้รับรายได้เป็นของหน่วยงานทางหน่วยงานแบ่งรายได้ จากการขายขยะให้หรือไม่	216
19	แสดงท่านอยากให้ทางธนาคารประชาสัมพันธ์การดำเนินงานรับซื้อขยะ และถอนเงินของสมาชิกโดยช่องทางใด	217
20	แสดงความต้องการให้ทางธนาคารฯ มีสถานที่ประจำสำหรับเจ้าหน้าที่ ธนาคารเพื่อใช้สำหรับติดต่อ	218
21	แสดงความคิดเห็นต่อการเปิดทำการรับซื้อขยะ	218
22	แสดงความคิดเห็นว่าธนาคารฯควรเปิดทำการรับซื้อขยะประมาณ สัปดาห์ละกี่ครั้งในช่วงเปิดเทอม	219
23	แสดงความคิดเห็นว่าการเปิดให้สมาชิกมาถอนเงิน 1 ครั้งต่อ 2 สัปดาห์ เหมาะสมหรือไม่	220
24	แสดงความคิดเห็นว่าธนาคารฯควรให้สมาชิกถอนเงินในช่วงเปิดเทอมอย่างไร	220
25	แสดงความรู้ว่าทางธนาคารฯ มีบริการไปรับขยะถึงที่ในวันที่เปิดทำการ ถ้ามีขยะเกิน 70 กิโลกรัมขึ้นไป	221
26	แสดงความคิดเห็นว่าระยะเวลาการเปิดให้มีการนำขยะมาขาย (ประมาณ 2 ชั่วโมง) มีความเหมาะสมเพียงใด	222
27	แสดงความคิดเห็นว่าช่วงเวลาการเปิดให้มีการนำขยะมาขาย (ทุกวันพุธประมาณ 11:00 – 13:00 น.) มีความเหมาะสมเพียงใด	222
28	แสดงความคิดเห็นว่าระยะเวลาการเปิดให้สมาชิกมาถอนเงิน (ประมาณ 2 ชั่วโมง) มีความเหมาะสมเพียงใด	223
29	แสดงความคิดเห็นว่าช่วงเวลาการเปิดให้สมาชิกมาถอนเงิน (วันพฤหัสบดีประมาณ 11:00 – 13:00 น.) มีความเหมาะสมเพียงใด	223

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า	
30	แสดงค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความพึงพอใจต่อการให้บริการของธนาคารวิศดุรีไซเคิล	224
31	สรุปผลตอบแทนและค่าใช้จ่ายตามจริงในการดำเนินโครงการธนาคารวิศดุรีไซเคิล	228
32	สรุปผลตอบแทนและค่าใช้จ่ายในการดำเนินโครงการธนาคารฯทางทฤษฎี	229

สารบัญญภาพ

ภาพที่		หน้า
	โครงการย่อยที่ 1	
1	แผนผังแสดงกรอบแนวคิดของชุดโครงการวิจัย	5
2	แผนผังแสดงความเชื่อมโยงระหว่างโครงการวิจัยย่อยภายใต้ชุดโครงการ	6
3	ขั้นตอนการดำเนินงานจัดการขยะอย่างครบวงจร	23
4	สมการการหมักปุ๋ยแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic decomposition)	30
5	สมการการหมักปุ๋ยแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic decomposition)	30
6	การสุ่มชั่งน้ำหนักขยะจากถังขยะภายในมหาวิทยาลัยฯ	46
7	วิธีการสุ่มตัวอย่างขยะย่อยสลายได้ประเภทต่างๆ	49
8	อุปกรณ์หมักปุ๋ยแบบใช้ออกซิเจน	52
9	ขั้นตอนการทำปุ๋ยหมักจากขยะที่ย่อยสลายได้	54
10	การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในถังหมักปุ๋ยที่ผลิตจากขยะย่อยสลายได้	75
11	ลักษณะของปุ๋ยหมักที่ผลิตจากขยะย่อยสลายได้ภายในมหาวิทยาลัย ราชภัฏสวนสุนันทา	76
12	เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตจากขยะย่อยสลายได้ในสัดส่วนที่แตกต่างกัน	79
	โครงการย่อยที่ 2	
1	สัดส่วนปริมาณขยะรีไซเคิลและขยะที่นำมาใช้ซ้ำที่ทางธนาคารขยะฯรวบรวมได้	201
2	สัดส่วนก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงเมื่อเทียบกับการนำขยะไปฝังกลบ	206
3	สัดส่วนก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงเมื่อเทียบกับการนำขยะไปเผาด้วยเตาเผา	206
4	แผนผังกระแสเงินสดของการดำเนินงานธนาคารวัสดุรีไซเคิล	230
5	แผนผังกระแสเงินสดโดยละเอียดของธนาคารวัสดุรีไซเคิล	231

บทนำรวม

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ปัจจุบันโลกของเรากำลังประสบกับปัญหาความเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมมากขึ้นตามลำดับ ซึ่งปัญหาดังกล่าวได้ขยายวงกว้างและก่อให้เกิดผลกระทบต่อหลายๆ ประเทศจนกลายเป็นปัญหาที่ต้องการความร่วมมือในการแก้ไขจากทุกประเทศร่วมกัน ตัวอย่างที่เห็นได้อย่างชัดเจนในขณะนี้ได้แก่การที่โลกมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยสูงขึ้นเรื่อยๆ จนเป็นสาเหตุทำให้เกิดปัญหาภาวะโลกร้อน (Global warming) และนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก (Climate change) ซึ่งในเรื่องดังกล่าวได้นำไปสู่การจัดทำข้อตกลงร่วมกันที่มีชื่อเรียกว่า “อนุสัญญาแห่งสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)” ซึ่งประเทศไทยเองก็ได้ร่วมลงนามเป็นภาคีของอนุสัญญาฯ ดังกล่าวนี้เมื่อวันที่ 2 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2542 และให้สัตยาบันเมื่อวันที่ 28 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2545 เป็นที่เรียบร้อยแล้ว นอกจากนี้ยังมีข้อตกลงระหว่างประเทศในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการเกิดก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gases, GHGs) ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหาภาวะโลกร้อนที่กล่าวข้างต้น ข้อตกลงนี้มีชื่อเรียกว่า “พิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol)” โดยมีการกำหนดพันธกรณีรวมทั้งกลไกต่างๆ ที่จะทำให้เกิดผลในทางปฏิบัติเพื่อรักษาปริมาณความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัย ซึ่งในปัจจุบันมีประเทศต่างๆ รวมทั้งประเทศไทยเข้าร่วมเป็นภาคีสมาชิกพิธีสารเกียวโตถึง 163 ประเทศ คิดเป็นร้อยละ 63.6 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั่วโลก

ในกรณีของประเทศไทยนั้นนอกจากกล่าวได้ว่า ปัญหาความเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมนับวันจะทวีความรุนแรงมากขึ้นเรื่อยๆ โดยเฉพาะประเด็นปัญหาที่นำไปสู่การเกิดภาวะโลกร้อน ตัวอย่างที่ปรากฏให้เห็นอย่างชัดเจนก็คือ การลดลงของพื้นที่ป่าไม้ซึ่งถูกบุกรุกทำลายไปใช้ประโยชน์อย่างอื่น วิกฤตการณ์ในเรื่องนี้เป็นสาเหตุสำคัญประการหนึ่งของการเพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกชนิดหนึ่งขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ ส่วนสาเหตุอื่นๆ ได้แก่การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในรูปแบบต่างๆ ที่เกิดจากการประกอบกิจการในหลายๆ ด้านทั้งในภาคอุตสาหกรรม การคมนาคมขนส่ง การประกอบธุรกิจการค้าและบริการ ตลอดจนกิจกรรมในภาคการเกษตร เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีสาเหตุมาจากการใช้สารคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (CFCs) ในอุตสาหกรรมผลิตเครื่องทำความเย็นประเภทต่างๆ ภายในประเทศอีกด้วย อย่างไรก็ตาม ยังมีต้นเหตุของปัญหาที่นำไปสู่การเกิดภาวะโลกร้อนอีกประการหนึ่งซึ่งไม่อาจมองข้ามได้ นั่นก็คือการเกิดก๊าซมีเทน (CH₄) อันเนื่องมาจากการย่อยสลายขยะในสภาวะที่ไม่ใช่

ออกซิเจน (Anaerobic condition) ภายในสถานที่ฝังกลบ ซึ่งถ้าหากมีปริมาณขยะที่ถูกนำไปกำจัดในสถานที่ฝังกลบเป็นจำนวนมากในแต่ละวันแล้ว ก็ย่อมส่งผลให้มีการปลดปล่อยก๊าซมีเทนขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศมากขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้หากมีขยะบางส่วนถูกนำไปเผาในที่โล่ง (Open burning) ซึ่งถือเป็นวิธีการกำจัดที่ไม่ถูกต้อง ก็จะเป็นการเพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์เข้าสู่ชั้นบรรยากาศอีกทางหนึ่งเช่นกัน ซึ่งจากข้อมูลที่ได้ทำการสำรวจโดยกรมควบคุมมลพิษในปี พ.ศ. 2551 พบว่า ขยะที่เกิดขึ้นทั่วประเทศมีจำนวนประมาณ 15 ล้านตันหรือเฉลี่ยวันละ 41,064 ตัน ซึ่งนับว่ามีปริมาณสูงเมื่อเทียบกับจำนวนประชากรของประเทศ และมีแนวโน้มจะเพิ่มมากขึ้นตามลำดับในปีต่อไป

จากประเด็นปัญหาเกี่ยวกับภาวะโลกร้อนซึ่งเป็นกระแสที่ทั่วโลกกำลังให้ความสำคัญอยู่ในขณะนี้ คณะผู้วิจัยได้ตระหนักถึงความสำคัญของปัญหาดังกล่าวและมีความประสงค์ที่จะมีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหาข้างต้นในระดับท้องถิ่นซึ่งสังกัดอยู่จะสามารถกระทำได้ ทั้งนี้เพื่อเป็นกลไกเล็กๆ กลไกหนึ่งที่สามารถมีส่วนช่วยเหลือและผลักดันให้เกิดความสำเร็จในการแก้ไขปัญหาของประเทศไทยในระยะยาว ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงมีความมุ่งมั่นที่จะเสนอชุดโครงการวิจัยเรื่อง “การจัดการขยะภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาอย่างครบวงจรและเหมาะสม (Integrated Solid Waste Management in Suan Sunandha Rajabhat University)” ต่อสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) โดยมีหลักการและเหตุผลตลอดจนความจำเป็นที่ต้องดำเนินงานวิจัยในเรื่องนี้ ดังนี้

1. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาเป็นสถาบันการศึกษาเก่าแก่แห่งหนึ่งของประเทศที่ได้ก่อตั้งมาเป็นเวลานานไม่น้อยกว่า 70 ปี ปัจจุบันเปิดทำการสอนนักศึกษาในระดับอุดมศึกษาและระดับบัณฑิตศึกษาทั้งในภาคปกติและภาคพิเศษ รวมทั้งยังมีโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาที่เปิดทำการสอนในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาอยู่ภายในกำกับอีกด้วย หน่วยงานในระดับคณะของมหาวิทยาลัยฯ ประกอบไปด้วยคณะต่างๆ รวม 6 คณะดังนี้คือ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาการจัดการ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ คณะครุศาสตร์ คณะศิลปกรรมศาสตร์ และคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม นอกจากนี้ยังมีหน่วยงานในระดับวิทยาลัยอีก 3 แห่ง ได้แก่ วิทยาลัยนวัตกรรมการจัดการ วิทยาลัยพยาบาลและสุขภาพ และวิทยาลัยนานาชาติ ซึ่งในปีการศึกษา 2551 ที่ผ่านมามหาวิทยาลัยฯ ได้จัดให้มีการเรียนการสอนทั้งในระดับปริญญาตรี ประกาศนียบัตรวิชาชีพ ปริญญาโท และปริญญาเอกในสาขาวิชาต่างๆ มากกว่า 80 สาขาวิชา มีคณาจารย์และบุคลากรสายสนับสนุนจำนวนไม่น้อยกว่า 750 คน และมีจำนวนนักศึกษารวมทั้งสิ้นประมาณ 20,000 คน นอกจากนี้ยังมีนักเรียนในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษา รวมกันอีกประมาณ 1,300 คน

ด้วยลักษณะขององค์กรที่มีจำนวนผู้คนมากมายตามที่กล่าวข้างต้นบนเนื้อที่ที่มีขนาดค่อนข้างจำกัดเพียงประมาณ 60 ไร่ และตั้งอยู่ในบริเวณที่ล้อมรอบไปด้วยชุมชนต่างๆ รวมทั้งมีสถานศึกษาระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาอยู่หลายแห่ง มีสถานที่ราชการหลายหน่วยงาน และยังคงอยู่ใกล้กับเขตพระราชฐานอีกด้วย มหาวิทยาลัยฯ จึงเห็นความสำคัญที่จะต้องบริหารจัดการเกี่ยวกับปัญหาขยะให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด และก่อให้เกิดผลกระทบต่อสังคมทั้งภายในและภายนอกให้น้อยที่สุด ซึ่งจากการคาดการณ์ในระยะเวลาที่ผ่านมาพบว่า ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยฯ มีจำนวนรวมทั้งสิ้นประมาณ 1.2-1.5 ตันต่อวัน ขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละวันดังกล่าวนี้ ยังไม่มีการจัดการที่เหมาะสมและครบวงจร กล่าวคือ ขยะส่วนใหญ่จะถูกเก็บรวบรวมและขนส่งมายังจุดพักขยะเพื่อรอการเก็บขนจากทางกรุงเทพมหานครซึ่งในบางครั้งไม่สามารถเข้ามาเก็บขนได้ทุกวัน จึงทำให้เกิดการตกค้างของขยะเป็นครั้งคราวและเกิดปัญหาส่งกลิ่นเหม็นรบกวนและสร้างความรำคาญขึ้น อย่างไรก็ตาม ในขณะที่มหาวิทยาลัยฯ กำลังอยู่ในขั้นตอนการดำเนินงานเพื่อปรับปรุงระบบการจัดการขยะให้มีความเหมาะสมและครบวงจร ซึ่งจะได้กล่าวถึงรายละเอียดในหัวข้อต่อไป

2. ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2550-2551 ที่ผ่านมามหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาได้จัดทำโครงการจัดการระบบสิ่งแวดล้อมให้เป็นไปตามมาตรฐานสากล (ISO 14001: 2004) ขึ้น ซึ่งในการดำเนินงานตามโครงการดังกล่าวได้ทำการรวบรวมประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมต่างๆ ที่มีระดับนัยสำคัญตั้งแต่ระดับต่ำ ปานกลางและสูง เพื่อหาแนวทางปรับปรุงและแก้ไขโดยความร่วมมือจากหน่วยงานต่างๆ ภายในมหาวิทยาลัยฯ ผลจากการรวบรวมประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมดังกล่าวพบว่า มีปัญหาที่มีระดับนัยสำคัญสูงซึ่งแต่ละหน่วยงานไม่สามารถที่จะทำการแก้ไขได้โดยลำพังอยู่ 2 ประการ นั่นก็คือปัญหาเกี่ยวกับน้ำเสียที่เกิดจากอาคารทุกอาคาร และปัญหาเกี่ยวกับขยะที่ยังขาดการดำเนินงานอย่างเป็นระบบตั้งแต่การเก็บรวบรวม การคัดแยก การนำขยะที่มีศักยภาพกลับมาใช้ใหม่ รวมทั้งการนำไปกำจัดทำลาย ซึ่งในการแก้ไขปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมทั้ง 2 ปัญหานี้ มหาวิทยาลัยฯ ได้เร่งดำเนินการโดยจัดสรรงบประมาณจำนวนหนึ่งเพื่อนำมาก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียรวม และในขณะนี้ได้ทำการก่อสร้างและทดสอบระบบเสร็จสิ้นแล้ว ซึ่งสามารถเปิดใช้งานได้ในปีการศึกษา 2552 ที่ผ่านมา ส่วนในเรื่องของการจัดการขยะนั้นก็ได้ดำเนินการแก้ไขปัญหามาในขั้นแรกโดยการจัดหาภาชนะรองรับขยะตามจุดต่างๆ ภายในมหาวิทยาลัยฯ ให้เพียงพอทั้งบริเวณภายในและภายนอกอาคาร นอกจากนี้ยังได้ทำการณรงค์ให้นักเรียน นักศึกษา ตลอดจนบุคลากรอื่นๆ เห็นความสำคัญของการทิ้งขยะให้ถูกประเภทตามภาชนะที่จัดเตรียมไว้ ทั้งนี้เพื่อนำขยะที่คัดแยกได้ไปจัดการให้ถูกต้องต่อไป ผลจากการดำเนินงานแก้ไขปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมทั้งในเรื่องการจัดการน้ำเสียและขยะที่เป็นรูปธรรมมากขึ้น จึงทำให้มหาวิทยาลัยฯ ได้รับการรับรองมาตรฐานการจัดการ

สิ่งแวดล้อมตามระบบสากล (ISO 14001: 2004) จากหน่วยงานที่เป็นผู้ตรวจประเมินตั้งแต่ปลายปี พ.ศ. 2551 เป็นต้นมา อย่างไรก็ตาม มหาวิทยาลัยฯ ก็ยังมีโครงการที่จะทำการปรับปรุงระบบการจัดการขยะให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นต่อไป

3. ในปี พ.ศ. 2552 มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาได้รับเชิญจากสถาบันการจัดการบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ให้เข้าร่วมโครงการจัดการวัสดุรีไซเคิลในระดับมหาวิทยาลัย โดยมีมหาวิทยาลัยอื่นๆ อีก 9 แห่งทั่วประเทศเข้าร่วมโครงการพร้อมกัน ซึ่งประกอบด้วยมหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (วิทยาเขตหาดใหญ่) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (วิทยาเขตประสานมิตรและองครักษ์) มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ และมหาวิทยาลัยศรีปทุม วัตถุประสงค์ที่สำคัญของโครงการดังกล่าวก็คือ เพื่อส่งเสริมการคัดแยกขยะและจัดให้มีระบบการจัดการวัสดุรีไซเคิลภายในมหาวิทยาลัย รวมทั้งเพื่อเป็นการสร้างวินัยและปรับเปลี่ยนพฤติกรรมภารกิจของนักเรียน นักศึกษา ตลอดจนเจ้าหน้าที่และบุคลากรของมหาวิทยาลัยให้เป็นอย่างถูกต้อง มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาได้ตอบรับเข้าร่วมในโครงการดังกล่าว เนื่องจากพิจารณาเห็นว่า เป็นโครงการที่ดีและสอดคล้องกับนโยบายที่มหาวิทยาลัยฯ กำลังดำเนินการปรับปรุงระบบการจัดการขยะตามที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งมหาวิทยาลัยฯ ได้ดำเนินงานในโครงการจัดการวัสดุรีไซเคิลฯ ในช่วงเดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2552 อย่างไรก็ตาม เมื่อเสร็จสิ้นโครงการที่ร่วมกับสถาบันการจัดการบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมแล้ว มหาวิทยาลัยฯ ได้ตั้งเป้าหมายที่จะสานต่อโครงการดังกล่าวเพื่อสร้างระบบการจัดการขยะที่ดีต่อไปในระยะยาว

ด้วยเหตุและผลต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้นมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทามีความเห็นว่า หากได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจาก วช. ภายใต้ชุดโครงการวิจัยเรื่อง “การจัดการขยะภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาอย่างครบวงจรและเหมาะสม” ซึ่งประกอบไปด้วยโครงการย่อยจำนวน 2 โครงการได้แก่ (1) การศึกษาศักยภาพในการแปรสภาพขยะที่ย่อยสลายได้เพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา และ (2) การประเมินความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ของการดำเนินโครงการธนาคารวัสดุรีไซเคิลภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา โดยดำเนินชุดโครงการวิจัยนี้ควบคู่ไปกับการจัดทำโครงการจัดการวัสดุรีไซเคิลภายในมหาวิทยาลัยร่วมกับสถาบันการจัดการบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมแล้ว ก็นับได้ว่าจะก่อให้เกิดผลดีต่อมหาวิทยาลัยฯ ที่สามารถนำผลที่ได้จากการศึกษาภายใต้แผนงานวิจัยในครั้งนี้ไปใช้ในการปรับปรุงแก้ไขระบบการจัดการขยะอย่างครบวงจรและเหมาะสมของมหาวิทยาลัยฯ ให้ประสบผลสำเร็จและเป็นไปตามเป้าหมายที่วางไว้ต่อไป

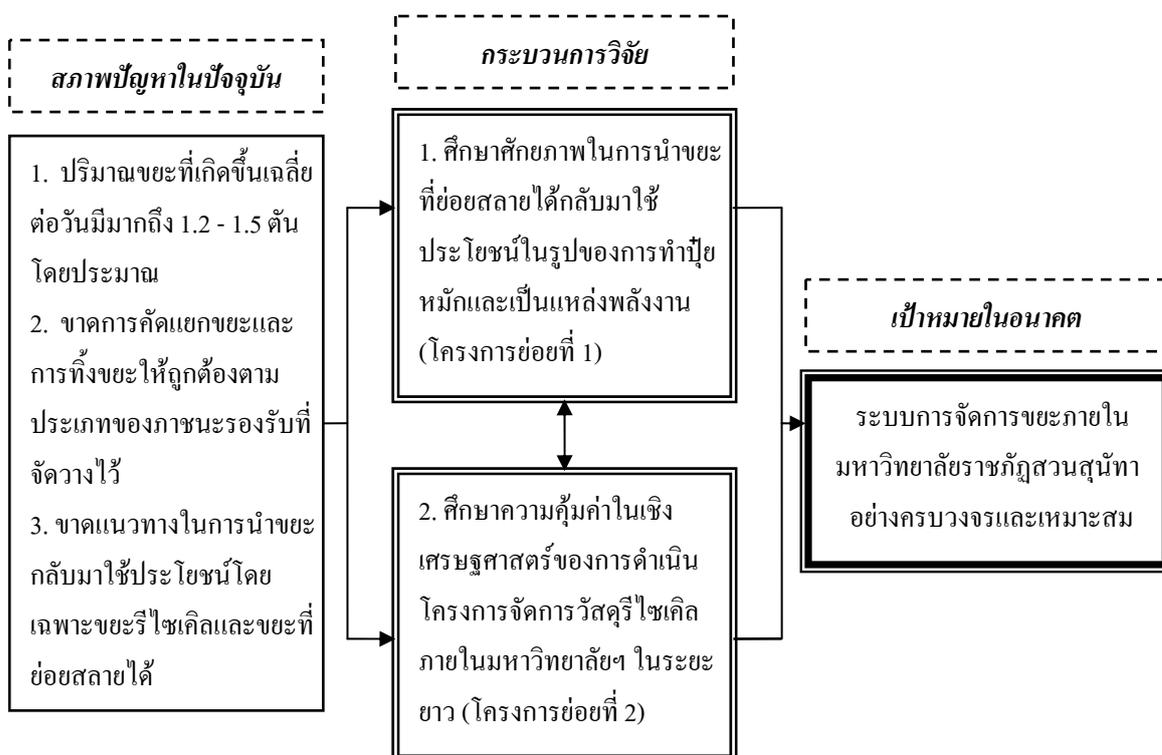
วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

การจัดทำชุดโครงการวิจัยเรื่อง “การจัดการขยะภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาอย่างครบวงจรและเหมาะสม” ในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ของการวิจัย 3 ข้อ ดังต่อไปนี้

1. เพื่อประเมินศักยภาพและความเป็นไปได้ในการนำขยะที่ย่อยสลายได้กลับมาใช้ประโยชน์ในรูปของการทำปุ๋ยหมักหรือเป็นแหล่งพลังงาน (โครงการย่อยที่ 1)
2. เพื่อประเมินความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ของการดำเนินโครงการธนาคารวัสดุรีไซเคิลภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา (โครงการย่อยที่ 2)
3. เพื่อกำหนดรูปแบบที่เหมาะสมในการจัดการขยะที่ย่อยสลายได้และขยะรีไซเคิลภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาในระยะยาว

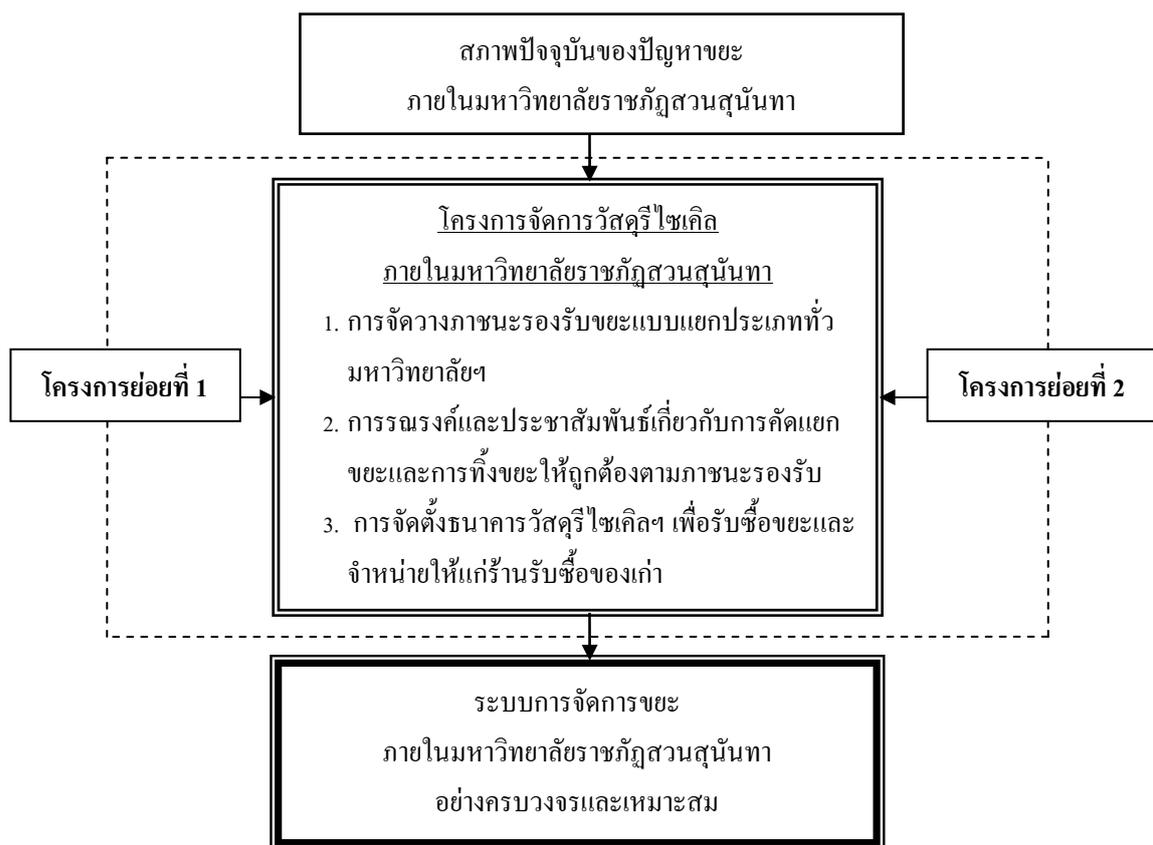
รายละเอียดความเชื่อมโยงระหว่างโครงการวิจัยย่อย

ชุดโครงการวิจัยเรื่อง “การจัดการขยะภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาอย่างครบวงจรและเหมาะสม” ซึ่งประกอบด้วย 2 โครงการย่อย มีกรอบแนวคิดโดยรวมของการวิจัยซึ่งแสดงไว้ในภาพที่ 1 ดังนี้



ภาพที่ 1 แผนผังแสดงกรอบแนวคิดของชุดโครงการวิจัย

จากภาพที่ 1 อธิบายได้ว่า การดำเนินงานภายใต้ชุดโครงการวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะหารูปแบบหรือแนวทางในการแก้ไขปัญหาขยะภายในมหาวิทยาลัยฯ ซึ่งมีจำนวนมากถึง 1.2 – 1.5 ตันต่อวัน ให้เป็นระบบที่ครบวงจรและเหมาะสม รวมทั้งสามารถนำไปปฏิบัติได้อย่างเป็นรูปธรรมและต่อเนื่องทั้งในปัจจุบันและอนาคต โดยให้ความสำคัญเป็นพิเศษกับขยะที่มีศักยภาพในการนำกลับมาใช้ประโยชน์ คือขยะที่ย่อยสลายได้ซึ่งดำเนินการศึกษาวิจัยผ่านทางโครงการย่อยที่ 1 และขยะรีไซเคิลซึ่งดำเนินการศึกษาวิจัยผ่านทางโครงการย่อยที่ 2 ซึ่งผลของการวิจัยจากทั้งสองโครงการย่อยนี้ถือว่าการดำเนินงานที่สอดคล้องกับโครงการจัดการวัสดุรีไซเคิลฯ ที่มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาได้จัดทำร่วมกับสถาบันการจัดการบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมในปี พ.ศ. 2552 ที่ผ่านมา โดยที่การดำเนินงานของทั้งโครงการย่อยที่ 1 และ 2 จะสามารถเชื่อมโยงประโยชน์ที่ได้รับเข้าด้วยกันและทำให้เกิดระบบการจัดการขยะภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาอย่างครบวงจรและเหมาะสมต่อไป ดังแสดงความเชื่อมโยงตามภาพที่ 2



หมายถึง ชุดโครงการวิจัยเรื่องการจัดการขยะภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาอย่างครบวงจรและเหมาะสม

ภาพที่ 2 แผนผังแสดงความเชื่อมโยงระหว่างโครงการวิจัยย่อยภายใต้ชุดโครงการ

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. มีข้อมูลเกี่ยวกับศักยภาพของขยะย่อยสลายได้ที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา รวมทั้งข้อมูลเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการนำขยะดังกล่าวกลับมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบของการทำปุ๋ยหมักหรือเป็นแหล่งพลังงาน

2. สามารถประเมินผลการดำเนิน โครงการธนาคารวัสดุรีไซเคิลภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาว่ามีความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์มากน้อยเพียงใด และควรต้องปรับปรุงแก้ไขวิธีการดำเนินงานไปในทิศทางใดจึงจะเกิดประโยชน์สูงสุด

3. สามารถนำข้อมูลที่ได้รับจากการวิจัยทั้ง 2 โครงการขอย้อนมาบูรณาการเพื่อกำหนดรูปแบบที่เหมาะสมในการจัดการขยะย่อยสลายได้และขยะรีไซเคิลภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาในระยะยาว

หน่วยงานที่นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

เมื่อชุดโครงการวิจัยนี้ได้ดำเนินการเสร็จเรียบร้อยแล้ว มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ซึ่งเป็นหน่วยงานที่ผู้วิจัยสังกัดอยู่สามารถนำผลการวิจัยที่ได้รับไปใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างเป็นรูปธรรมตามเป้าหมายที่วางไว้ กล่าวคือ การกำหนดรูปแบบหรือแนวทางในการแก้ไขปัญหาขยะภายในมหาวิทยาลัยฯ ที่เป็นระบบและมีความเหมาะสมมากขึ้น โดยมอบหมายให้หน่วยงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบดำเนิน โครงการจัดการขยะที่ย่อยสลายได้ทั้งในรูปแบบของการนำไปทำปุ๋ยหมักและส่งเสริมให้นำไปใช้เป็นแหล่งพลังงาน รวมทั้งพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการดำเนินงานของธนาคารวัสดุรีไซเคิลภายในมหาวิทยาลัยฯ ให้เกิดประสิทธิภาพและมีความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ ซึ่งผลผลิตเหล่านี้จะมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งในการส่งเสริมและสนับสนุนการจัดทำระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมตามมาตรฐานสากล (ISO 14001: 2004) ที่มหาวิทยาลัยฯ ได้เริ่มดำเนินการมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 เป็นต้นมาจนถึงปัจจุบัน

โครงการย่อยที่ 1

การศึกษาศักยภาพในการแปรรูปขยะที่ย่อยสลายได้
เพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
(The Study on Potential of Processing Organic Wastes
in Suan Sunandha Rajabhat University)

ชื่อโครงการ

(ภาษาไทย) การศึกษาศักยภาพในการแปรสภาพขยะที่ย่อยสลายได้เพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

(ภาษาอังกฤษ) The Study on Potential of Processing Organic Wastes in Suan Sunandha Rajabhat University

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปี 2553 จำนวนเงิน 253,000 บาท

ระยะเวลาที่ทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 12 พฤษภาคม พ.ศ. 2553 ถึง 12 พฤษภาคม พ.ศ. 2554

ชื่อผู้วิจัยพร้อมหน่วยงานที่สังกัดและเลขหมายโทรศัพท์

1. หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาณัติ ติ้ะปินตา

สาขาวิชาการจัดการและควบคุมมลพิษ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

เลขที่ 1 ถนนอุทองนอก แขวงวชิระ เขตคูสิต กรุงเทพมหานคร 10300

โทรศัพท์ 0-2160-1208, 089-205-6289 โทรสาร 0-2160-1210

E-mail: thapinta@hotmail.com

2. ผู้ร่วมงานวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิวพันธุ์ ชูอินทร์

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

เลขที่ 1 ถนนอุทองนอก แขวงวชิระ เขตคูสิต กรุงเทพมหานคร 10300

โทรศัพท์ 0-2160-1209 โทรสาร 0-2160-1210

E-mail: envi_riss45@hotmail.com

3. ที่ปรึกษาโครงการวิจัย

นายไพศาล ผดุงศิริกุล

ผู้อำนวยการกลุ่มวิเคราะห์และประสานแผนปฏิบัติการ

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

เลขที่ 60/1 ซอยพินุลวัฒนา 7 ถนนพระราม 6 เขตพญาไท

กรุงเทพมหานคร 10400

โทรศัพท์ 0-2265-6607 โทรสาร 0-2265-6607

E-mail: paisan.p@onep.go.th

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์คือ เพื่อศึกษาสำรวจเกี่ยวกับชนิด ปริมาณ รวมทั้งคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี ซึ่งได้แก่ ปริมาณความชื้น องค์กรประกอบทางเคมีที่เป็นธาตุอาหารหลัก 3 ชนิดคือไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) รวมทั้งอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน และค่าความร้อนของขยะย่อยสลายได้ ตลอดจนประเมินเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการนำขยะดังกล่าวภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทากลับมาใช้ประโยชน์ในการทำปุ๋ยหมักและผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

ผลจากการวิจัยในครั้งนี้พบว่า

1. ขยะทั่วไปที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยฯ มีปริมาณเฉลี่ยประมาณ 1.3 ตันต่อวันในช่วงวันทำงาน และเฉลี่ยประมาณ 1 ตันต่อวันในช่วงวันหยุดสุดสัปดาห์ ส่วนขยะย่อยสลายได้ซึ่งประกอบด้วยเศษอาหาร เศษผักและผลไม้ รวมทั้งเศษหญ้าและใบไม้ มีปริมาณเฉลี่ยประมาณ 300 กิโลกรัมต่อวัน โดยเศษอาหารมีปริมาณมากที่สุดคือ 191.9 กิโลกรัมต่อวัน รองลงมาคือเศษหญ้าและใบไม้ และเศษผักและผลไม้ ซึ่งมีปริมาณเฉลี่ย 66.3 และ 41.6 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ

2. คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของขยะย่อยสลายได้มีดังนี้ (1) ปริมาณความชื้นมีค่าเฉลี่ยระหว่างร้อยละ 69.54 ถึง 78.15 โดยเศษผักและผลไม้มีความชื้นสูงสุดในขณะที่เศษหญ้าและใบไม้มีความชื้นต่ำสุด (2) ไนโตรเจนมีค่าเฉลี่ยระหว่างร้อยละ 0.14 ถึง 0.17 ส่วนฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมมีค่าเฉลี่ยระหว่างร้อยละ 0.46 ถึง 0.52 และร้อยละ 0.16 ถึง 0.18 ตามลำดับ โดยเศษผักและผลไม้มีธาตุอาหารหลักดังกล่าวมากกว่าทั้งเศษอาหารกับเศษหญ้าและใบไม้ (3) อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 15:1 ถึง 17.5:1 โดยเศษอาหารมีค่า C/N ratio สูงสุดในขณะที่เศษผักและผลไม้มีค่าดังกล่าวต่ำสุด (4) ค่าความร้อนมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 4,848.42 ถึง 5,378.29 cal/g ซึ่งเศษอาหารให้ค่าความร้อนสูงสุด รองลงมาคือเศษผักและผลไม้กับเศษหญ้าและใบไม้ ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติข้างต้นระหว่างขยะทั้ง 3 ประเภทแล้วพบว่าไม่มีความแตกต่างกันแต่อย่างใด ยกเว้นปริมาณความชื้นและค่าความร้อนที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. การนำขยะย่อยสลายได้กลับมาใช้ประโยชน์อย่างเหมาะสมโดยพิจารณาให้สอดคล้องกับคุณสมบัติที่กล่าวข้างต้นสรุปได้ว่า การทำปุ๋ยหมักโดยวิธีใช้ออกซิเจนจากขยะ 3 ประเภทคือ เศษอาหาร : เศษหญ้าและใบไม้ : เศษผักและผลไม้ ในสัดส่วน 3:2:1 ทำให้ได้ผลผลิตปุ๋ยที่มีธาตุอาหารหลักของพืชและค่า pH เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยของกรมพัฒนาที่ดิน โดยมีค่า N, P และ K ร้อยละ 3.52, 0.90 และ 1.71 ตามลำดับ และมีค่า pH เท่ากับ 6.33 อย่างไรก็ตาม พบว่าค่า C/N ratio

ปริมาณอินทรีย์วัตถุ และปริมาณความชื้นของปุ๋ยหมักยังไม่เป็นไปตามเกณฑ์ข้างต้น ซึ่งควรต้องทำการปรับปรุงกระบวนการหมักปุ๋ยให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นต่อไป ส่วนการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยวิธีการอัดแบบไม่ใช้ความร้อนพบว่า เชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมระหว่างเศษอาหาร : กากไขมัน : แป้งมันสำปะหลัง ในสัดส่วน 80:10:10 มีศักยภาพสูงสุด โดยให้ค่าความร้อน 7,895.28 cal/g และมีปริมาณเถ้าร้อยละ 14.5 แต่เพื่อให้มีการนำขยะย่อยสลายได้ทุกประเภทกลับมาใช้ประโยชน์มากที่สุดจึงควรผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีส่วนผสมระหว่างเศษอาหาร : เศษผักและผลไม้ : เศษหญ้าและใบไม้ : กากไขมัน : แป้งมันสำปะหลัง ในสัดส่วน 40:30:10:10:10 ซึ่งมีศักยภาพในลำดับรองลงมาคือให้ค่าความร้อน 7,070.98 cal/g และมีปริมาณเถ้าร้อยละ 15.7

คำสำคัญ : ขยะที่ย่อยสลายได้, คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี, การทำปุ๋ยหมัก, เชื้อเพลิงอัดแท่ง

Abstract

This research aimed to study the potential of processing organic wastes in Suan Sunandha Rajabhat University. Objectives of the research were as follow; first, to study on type and amount of solid wastes produced each day in the university; second, to analyze physical and chemical properties of organic wastes which include moisture content, three major elements of plants (N, P and K), C/N ratio and heating value; and third, to evaluate appropriate technology for recycling organic wastes as compost and refuse derived fuel or RDF.

As the consequence of this research, it can be concluded that :-

1. The amount of general wastes in the campus was averaged at approximately 1.3 tons per day during the weekday and 1.0 ton per day during the weekend. In addition to general wastes, the amount of organic wastes was about 300 kg per day by average. Of this, mixed food waste had the highest volume of 191.9 kg per day which was higher than mixed leaves & yard waste and mixed fruit & vegetable waste where their volumes were 66.3 and 41.6 kg per day, respectively.

2. The physical and chemical properties of organic wastes were shown at the following results; (1) average moisture content was between 69.54 to 78.15% in which mixed fruit & vegetable waste had the highest moisture content whereas mixed leaves & yard waste had the lowest content; (2) average level of nitrogen was between 0.14 to 0.17% whereas average levels of phosphorus and potassium were between 0.46 to 0.52% and 0.16 to 0.18%, respectively. Also, mixed fruit & vegetable waste had the highest level of these major elements when compared to the others. (3) average C/N ratio was between 15:1 to 17.5:1 in which mixed food waste played a role as the organic waste with highest C/N ratio; and (4) average heating value was between 4,848.42 to 5,378.29 cal/g and mixed food waste had its heating value higher than that of mixed fruit & vegetable waste and mixed leaves & yard waste. Statistically, it was found that there were no differences of these properties among three types of organic wastes except for moisture content and heating value that were significantly different at the level of 0.05.

3. Composting by aerobic decomposition technique was employed in accordance with the suitability of physical and chemical properties of organic wastes. By this process, the portion of mixed food waste : mixed leaves & yard waste : mixed fruit & vegetable waste at 3:2:1 was used. As a result, it was found that N, P, K of compost derived from this research was 3.52, 0.90 and

1.71% with the pH of 6.33. It can be said that all of these parameters meet the standard of compost enacted by the Department of Land Development. However, other parameters such as C/N ratio, organic matter (OM) and moisture content did not follow that standard. It is, therefore, necessary to improve the process in order to get better production of compost from these organic wastes. To discuss on making refuse derived fuel (RDF), the result by this research indicated that RDF produced by the portion of mixed food waste : grease : cassava starch at 80:10:10 generated the highest potential with heating value at 7,895.28 cal/g and 14.5% of ash content. However, it is recommended to produce RDF by using all types of organic wastes with the portion of mixed food waste : mixed fruit & vegetable waste : mixed leaves & yard waste : grease : cassava starch at 40:30:10:10:10. It was found that RDF derived from this portion had the heating value at 7,070.98 cal/g with 15.7% of ash content.

Key words : organic wastes, physical and chemical properties, composting, refuse derived fuel (RDF)

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ขยะนับเป็นปัญหามลภาวะที่สำคัญในลำดับต้นๆ ของประเทศไม่แตกต่างไปจากปัญหามลภาวะด้านน้ำเสียและอากาศเสีย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเมืองขนาดใหญ่เช่นกรุงเทพมหานครซึ่งถือเป็นศูนย์กลางของความเจริญเติบโตในด้านต่างๆ จะเป็นแหล่งกำเนิดขยะที่มีปริมาณมากในแต่ละวันอันเนื่องมาจากกิจกรรมหลายรูปแบบ ทั้งจากอาคารบ้านเรือน โรงเรียน สถาบันการศึกษา ตลาดสด โรงแรม ห้างสรรพสินค้า และสถานประกอบการต่างๆ ฯลฯ จากรายงานของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมพบว่า ในปี พ.ศ. 2551 มีขยะเกิดขึ้นทั่วประเทศประมาณ 15 ล้านตัน โดยจำแนกเป็นขยะในพื้นที่กรุงเทพมหานครจำนวนทั้งสิ้น 8,780 ตันต่อวัน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 21 ของปริมาณขยะที่เกิดขึ้นทั่วประเทศ (กรมควบคุมมลพิษ, 2553) ข้อมูลข้างต้นนี้แสดงให้เห็นว่า ขยะเป็นปัญหาสำคัญซึ่งผู้ที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องในทุกภาคส่วนต้องให้ความร่วมมือเพื่อการแก้ไขอย่างจริงจังและเร่งด่วน ซึ่งหากปล่อยให้สถานการณ์เป็นไปเช่นในปัจจุบันโดยมิได้ดำเนินการใดๆ แล้ว ก็จะทำให้เกิดความยุ่งยากในการแก้ไขปัญหาในภายหลังขึ้นได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาเป็นสถาบันการศึกษาเก่าแก่แห่งหนึ่งของประเทศที่ได้ก่อตั้งมาเป็นเวลานานไม่น้อยกว่า 70 ปี โดยตั้งอยู่ในพื้นที่เขตคูสิต กรุงเทพมหานคร บนเนื้อที่ประมาณ 60 ไร่ ปัจจุบันเปิดทำการสอนนักศึกษาในระดับอุดมศึกษาและระดับบัณฑิตศึกษาทั้งในภาคปกติและภาคพิเศษ รวมทั้งยังมีโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาที่เปิดทำการสอนในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาอยู่ภายในกำกับอีกด้วย ซึ่งในปีการศึกษา 2552 ที่ผ่านมามหาวิทยาลัยฯ ได้จัดให้มีการเรียนการสอนทั้งในระดับปริญญาตรี ประกาศนียบัตรวิชาชีพ ปริญญาโท และปริญญาเอกในสาขาวิชาต่างๆ มากกว่า 80 สาขาวิชา มีคณาจารย์และบุคลากรสายสนับสนุนจำนวนไม่น้อยกว่า 750 คน และมีจำนวนนักศึกษารวมทั้งสิ้นประมาณ 20,000 คน นอกจากนี้ยังมีนักเรียนในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาารวมกันอีกประมาณ 1,300 คน ซึ่งจากจำนวนนักเรียน นักศึกษา และบุคลากรที่กล่าวข้างต้น รวมทั้งบุคคลภายนอกที่เข้ามาติดต่อกับมหาวิทยาลัยอยู่เป็นประจำแล้ว จะเห็นได้ว่ามีจำนวนมากมายซึ่งส่งผลให้ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละวันมีมากขึ้นตามไปด้วย และจากข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับปริมาณขยะที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยฯ ในช่วงที่ผ่านมาพบว่า มีขยะเกิดขึ้นประมาณ 1.2-1.5 ตันต่อวัน โดยขยะเหล่านี้จะนำไปสู่ปัญหาอื่นๆ ตามมา คือ การไม่สามารถเก็บขนขยะจากภาชนะรองรับที่ตั้งไว้ตามจุดต่างๆ ทั่วทั้งมหาวิทยาลัยได้อย่าง

ทั่วถึงจนทำให้เกิดการตกค้างของขยะขึ้นเป็นครั้งคราว ซึ่งหากไม่รีบดำเนินการเก็บขนในระยะเวลาที่เหมาะสมก็จะเกิดการเน่าเหม็นและส่งกลิ่นรบกวน อันจะเป็นการสร้างความเดือดร้อนรำคาญ รวมทั้งทำให้เกิดทัศนียภาพที่ไม่สวยงามภายในมหาวิทยาลัยฯ ขึ้นได้

จากประเด็นปัญหาเกี่ยวกับปริมาณขยะชนิดต่างๆ ที่มีจำนวนรวมกันมากถึงประมาณวันละ 1.2-1.5 ตันตามที่กล่าวข้างต้น มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาจึงได้กำหนดนโยบายในภาพรวมที่จะดำเนินการจัดการปัญหาขยะให้เป็นระบบตั้งแต่การเก็บรวบรวม การคัดแยก การนำขยะที่มีศักยภาพกลับมาใช้ใหม่ รวมทั้งการนำไปกำจัดทำลายอย่างถูกต้อง โดยหวังว่าจะช่วยให้สามารถแก้ไขปัญหาคืออย่างเป็นรูปธรรมและสามารถนำไปปฏิบัติได้ในระยะยาวต่อไป ซึ่งแนวนโยบายดังกล่าวก็ได้เริ่มนำไปสู่แผนการปฏิบัติในปี พ.ศ. 2551 โดยการนำประเด็นปัญหาขยะเข้าบรรจุไว้ใน “โครงการจัดการระบบสิ่งแวดล้อมภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา” ซึ่งกำลังดำเนินการอยู่ในขณะนั้นเพื่อขอการรับรองมาตรฐานสากล (ISO 14001: 2004) โดยการดำเนินงานในเบื้องต้นก็คือการจัดหาภาชนะรองรับขยะแบบแยกประเภทมาติดตั้งภายในอาคารต่างๆ ของมหาวิทยาลัยฯ แทนถังขยะแบบเดิมที่ไม่ได้เน้นในเรื่องของการคัดแยกขยะ ซึ่งภาชนะดังกล่าวจะประกอบไปด้วยถังสีฟ้าสำหรับรองรับขยะทั่วไป ถังสีเหลืองสำหรับรองรับขยะรีไซเคิล ถังสีเขียวสำหรับรองรับขยะที่ย่อยสลายได้ และถังสีแดงสำหรับรองรับขยะอันตราย ตามลำดับ นอกจากนี้ยังได้ทำการณรงค์ให้นักเรียน นักศึกษา ตลอดจนบุคลากรอื่นๆ เห็นความสำคัญของการทิ้งขยะให้ถูกประเภทตามภาชนะที่จัดเตรียมไว้ ทั้งนี้เพื่อนำขยะที่คัดแยกได้ในภาชนะแต่ละประเภทไปจัดการให้ถูกต้องต่อไป

ในช่วงเวลาต่อมาคือต้นปี พ.ศ. 2552 มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาได้รับการเชิญชวนให้เข้าร่วม “โครงการจัดการวัสดุรีไซเคิลในระดับมหาวิทยาลัย” จากสถาบันการจัดการบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ซึ่งได้คัดเลือกมหาวิทยาลัยต่างๆ เพื่อเข้าร่วมโครงการดังกล่าวจำนวน 10 แห่ง และจากการที่ได้รับคัดเลือกให้เข้าร่วมโครงการในครั้งนี้นับว่าเป็นโอกาสอันดียิ่งของทางมหาวิทยาลัยฯ ที่จะสานต่อการดำเนินงานในปี พ.ศ. 2551 ให้ประสบความสำเร็จตามนโยบายที่ตั้งไว้ให้มากยิ่งขึ้น ซึ่งจากการดำเนินงานตลอดปี พ.ศ. 2552 มหาวิทยาลัยฯ ได้ดำเนินกิจกรรมต่างๆ ที่เป็นรูปธรรมภายใต้โครงการจัดการวัสดุรีไซเคิลฯ ดังต่อไปนี้คือ การสำรวจและจัดหาภาชนะรองรับขยะแบบแยกประเภทไปวางไว้ตามจุดต่างๆ บริเวณภายนอกอาคารทั่วทั้งมหาวิทยาลัยฯ การรณรงค์ประชาสัมพันธ์ผ่านสื่อหลายชนิด ได้แก่ โปสเตอร์ขนาดใหญ่และขนาดกลาง แผ่นพับ วารสาร และเสียงตามสาย ตลอดจนการแจกเอกสารในงานวันปฐมนิเทศนักศึกษาใหม่ เพื่อให้เกิดความตระหนักถึงความสำคัญของการคัดแยกขยะ นอกจากนี้ยังได้จัดให้มีการอบรมเพื่อให้ความรู้เกี่ยวกับการคัดแยกขยะที่ถูกต้องแก่นักเรียน นักศึกษา ตลอดจนแม่บ้านของ

มหาวิทยาลัยฯ การจัดตั้งธนาคารวัสดุรีไซเคิลเพื่อเปิดให้บริการรับซื้อขยะที่ได้รับการคัดแยกแก่กลุ่มเป้าหมายดังกล่าว ซึ่งนอกจากจะเป็นการสร้างรายได้จากการขายขยะหรือวัสดุรีไซเคิลแล้ว ยังเป็นการช่วยให้ปัญหาขยะที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยฯ ได้รับการแก้ไขให้ดีขึ้นในระดับที่น่าพอใจ อย่างไรก็ตาม กิจกรรมต่างๆ ที่ได้ดำเนินการไปแล้วนี้ยังอยู่ในช่วงเริ่มทดลองดำเนินการซึ่งคงต้องอาศัยระยะเวลาและการมีส่วนร่วมจากทุกฝ่ายอย่างจริงจังจึงจะถือได้ว่าประสบความสำเร็จตามนโยบายที่วางไว้ ซึ่งจำเป็นต้องมีการประเมินผลจากการดำเนินโครงการอีกครั้งหนึ่งว่ามีแนวโน้มอย่างไรในโอกาสต่อไป

ด้วยเหตุและผลตลอดจนความเป็นมาที่ได้แจกแจงไว้ข้างต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการที่มหาวิทยาลัยฯ กำลังดำเนินโครงการจัดการวัสดุรีไซเคิลฯ ร่วมกับสถาบันการจัดการบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม คณะผู้วิจัยมีความเห็นว่าการจัดการขยะอย่างครบวงจรภายในมหาวิทยาลัยฯ ซึ่งดำเนินงานผ่านทางโครงการดังกล่าวมุ่งเน้นเฉพาะขยะรีไซเคิลประเภทต่างๆ ได้แก่ กระดาษ ก่อ่งกระดาษ พลาสติกใสและขุ่น แก้ว กระจก โลหะ อลูมิเนียม เศษเหล็ก ฯลฯ เท่านั้น แต่สำหรับขยะที่ย่อยสลายได้ซึ่งเกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ ในมหาวิทยาลัยฯ เช่น เศษอาหาร เศษผักและผลไม้จากร้านค้าจำหน่ายอาหาร เศษใบไม้และเศษหญ้าจากการตัดแต่งสวนและสนามหญ้าภายในบริเวณมหาวิทยาลัยฯ ยังมีได้มีมาตรการดำเนินการใดๆ ที่เหมาะสม โดยในสภาพความเป็นจริงขยะเหล่านี้ โดยเฉพาะเศษอาหารรวมทั้งเศษผักและผลไม้ซึ่งมีจำนวนมากในแต่ละวันจะถูกรวบรวมและเก็บขนไปยังที่พักขยะเพื่อรอการนำไปกำจัดโดยรถเก็บขยะของกรุงเทพมหานคร ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงเสนอที่จะทำการวิจัยเรื่อง “การศึกษาศักยภาพในการแปรสภาพขยะที่ย่อยสลายได้เพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา (The Study on Potential of Processing Organic Wastes in Suan Sunandha Rajabhat University)” ซึ่งเป็นโครงการย่อยโครงการหนึ่งจากทั้งหมด 2 โครงการย่อยภายใต้ชุดโครงการวิจัยเรื่อง “การจัดการขยะภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาอย่างครบวงจรและเหมาะสม (Integrated Solid Waste Management in Suan Sunandha Rajabhat University)” โครงการวิจัยเรื่องนี้ นับได้ว่ามีส่วนสำคัญในการสนับสนุนข้อมูลที่จะเป็นประโยชน์ต่อแนวทางการจัดการขยะที่ย่อยสลายได้อย่างเป็นระบบของมหาวิทยาลัยฯ ต่อไปในอนาคต กล่าวคือ จะทำให้ทราบข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและทางเคมีของขยะดังกล่าว เช่น องค์ประกอบทางเคมี (Chemical components) และอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจน (C/N ratio) รวมไปถึงจนถึงองค์ประกอบทางพลังงาน (Energy content) ซึ่งแสดงในรูปของ “ค่าความร้อน (heating value)” เป็นต้น ซึ่งข้อมูลต่างๆ เหล่านี้จะช่วยในการตัดสินใจว่าขยะที่ย่อยสลายได้ซึ่งเกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยฯ มีศักยภาพมากพอที่จะนำไปแปรรูปเพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ในรูปของการหมักทำปุ๋ยหรือใช้เป็นแหล่งพลังงานได้หรือไม่ ซึ่งหากพบว่าขยะดังกล่าวมีศักยภาพ

เพียงพอไม่ว่าด้านใดด้านหนึ่งหรือทั้งสองด้านแล้ว ก็จะเป็นประโยชน์ต่อทางมหาวิทยาลัยฯ ที่สามารถนำไปใช้กำหนดเป็นแผนพัฒนาการทำปุ๋ยหมักจากขยะหรือแผนพัฒนาแหล่งพลังงานจากขยะเพื่อใช้ในกิจกรรมที่เหมาะสมต่อไปในอนาคตได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ในการดำเนินงานวิจัยเรื่อง “การศึกษาศักยภาพในการแปรสภาพขยะที่ย่อยสลายได้เพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา” ครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดวัตถุประสงค์ของการวิจัยออกเป็น 3 ข้อ ดังต่อไปนี้

1. เพื่อศึกษาสำรวจสถานการณ์เกี่ยวกับชนิดและปริมาณการเกิดขยะที่ย่อยสลายได้ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
2. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของขยะที่ย่อยสลายได้ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
3. เพื่อประเมินเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการนำขยะที่ย่อยสลายได้ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทามาใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ

ขอบเขตของการวิจัย

1. ขอบเขตด้านเนื้อหา

การศึกษาศักยภาพในการแปรสภาพขยะที่ย่อยสลายได้เพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาในครั้งนี้ มุ่งเน้นเฉพาะกระบวนการวิจัยที่จะชี้ให้เห็นถึงศักยภาพในด้านต่างๆ ดังต่อไปนี้คือ

(1) ศักยภาพในแง่ของชนิดและปริมาณขยะที่ย่อยสลายได้ภายในมหาวิทยาลัยฯ ว่ามีเพียงพอต่อการนำกลับมาใช้ประโยชน์มากน้อยเพียงใด

(2) ศักยภาพในแง่ของคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับการนำขยะย่อยสลายได้กลับมาใช้ประโยชน์ในรูปของการทำปุ๋ยหมักและเป็นแหล่งพลังงานในลักษณะของเชื้อเพลิงอัดแท่ง ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวได้แก่ปริมาณความชื้น (moisture content) องค์ประกอบทางเคมี (chemical components) ซึ่งประกอบด้วยธาตุอาหารหลักของพืช 3 ชนิดคือ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) และค่าความร้อน (heating value) ตามลำดับ

(3) ศักยภาพในแง่ของเทคโนโลยีที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการแปรสภาพขยะย่อยสลายได้ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทามาใช้ประโยชน์ในรูปของการทำปุ๋ยหมักและผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

2. ขอบเขตด้านระยะเวลา

การดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้มีระยะเวลารวมทั้งสิ้น 12 เดือน เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2554

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาค้นคว้าและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานวิจัยเรื่อง “การศึกษาศักยภาพในการแปรสภาพขยะที่ย่อยสลายได้เพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา” ผู้วิจัยได้รวบรวมและเรียบเรียงเนื้อหาทางทฤษฎีตลอดจนเอกสารและงานวิจัยต่างๆ ตามหัวข้อต่อไปนี้

1. ความหมายและการจำแนกประเภทของขยะ
2. การดำเนินงานจัดการขยะอย่างครบวงจร
3. คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของขยะ
4. การแปรสภาพขยะที่ย่อยสลายได้เพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความหมายและการจำแนกประเภทของขยะ

มีผู้ให้ความหมายของคำว่า “ขยะ” หรือ “ขยะมูลฝอย” หรือ “มูลฝอย” ไว้แตกต่างกันออกไป แต่เมื่อพิจารณาความหมายโดยรวมแล้วพบว่ามีความใกล้เคียงกัน ดังนั้น จึงได้รวบรวมความหมายที่เกี่ยวข้องของคำดังกล่าวเอาไว้ดังนี้

กรมควบคุมมลพิษ (2547) ได้ให้ความหมายของ “ขยะมูลฝอย” ไว้ว่า เป็นเศษวัสดุที่ไม่มีผู้ใดต้องการ เช่น เศษอาหาร เศษกระดาษ เศษพลาสติก เครื่องใช้ที่ชำรุด เศษวัสดุจากการเกษตร อุตสาหกรรม การก่อสร้าง ตลอดจนกิ่งไม้ใบหญ้าหรือซากสัตว์ ขยะมูลฝอยบางอย่างมีคุณค่าในตัวเองและอาจเป็นสิ่งที่ต้องการของบุคคลอีกกลุ่มก็ได้ เช่น กระดาษ พลาสติก และเสื้อผ้าเก่า เป็นต้น

พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2550 ได้ให้คำจำกัดความของ “มูลฝอย” ไว้ในมาตรา 4 ว่าหมายถึง เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร เศษสินค้า เศษวัสดุ กุ้งพลาสติก ภาชนะที่ใส่อาหาร ถ้ำมูลสัตว์ หรือซากสัตว์ รวมตลอดถึงสิ่งอื่นใดที่เก็บกวาดจากถนน ตลาด ที่เลี้ยงสัตว์หรือที่อื่น

ส่วนพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ได้กล่าวถึงคำว่า “ของเสีย” ไว้ว่า หมายถึง ขยะมูลฝอย สิ่งปฏิกูล น้ำเสีย อากาศเสีย มลสารหรือวัตถุอันตรายอื่นใดซึ่งถูกปล่อยทิ้งหรือมีที่มาจากแหล่งกำเนิดมลพิษ ตลอดจนกากตะกอนซึ่งตกค้างจากสิ่งเหล่านั้น ซึ่งจากคำจำกัดความตามกฎหมายฉบับนี้ได้รวมเอา “ขยะมูลฝอย” ไว้เป็นของเสียประเภทหนึ่งนอกเหนือจากของเสียอื่นๆ เช่น น้ำเสียและอากาศเสีย

ดังนั้น จึงอาจกล่าวโดยสรุปได้ว่า ขยะ (solid waste) เป็นสิ่งต่างๆ ที่ใช้ในกิจกรรมการดำเนินชีวิตของมนุษย์ แล้วถูกทิ้งขว้างเนื่องจากไม่สามารถใช้งานได้อีกต่อไป หรือไม่เป็นที่พึงประสงค์ของผู้ใช้ หรืออาจด้วยเหตุผลอื่นๆ ที่ทำให้สิ่งเหล่านั้นกลายสภาพเป็นสิ่งที่หมดคุณค่า

โดยทั่วไปการจำแนกประเภทของขยะสามารถกระทำได้หลายลักษณะ เช่น การจำแนกตามแหล่งกำเนิด ได้แก่ ขยะจากชุมชน ขยะจากโรงงานอุตสาหกรรม ขยะจากเกษตรกรรม และขยะจากสถานพยาบาล หรือการจำแนกตามลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ขยะเปียก (garbage) ขยะแห้ง (rubbish and trash) เถ้า (ash) ซากสัตว์ต่างๆ (dead animals) เศษสิ่งก่อสร้าง (demolition and construction waste) ฯลฯ เป็นต้น นอกจากนี้ยังอาจจำแนกตามองค์ประกอบของขยะได้อีกด้วย ซึ่งอาณัติ ต๊ะปิ่นตา (2553) ได้แบ่งขยะตามองค์ประกอบออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. ขยะอินทรีย์ (organic waste) ได้แก่ ขยะที่สามารถย่อยสลายได้ด้วยกระบวนการทางชีวภาพ โดยมีจุลินทรีย์ทำหน้าที่ย่อยสลาย เช่น เศษอาหาร เศษพืชผักและผลไม้ เศษหญ้า เศษใบไม้และกิ่งไม้ รวมทั้งซากสัตว์และมูลสัตว์ต่างๆ เป็นต้น ขยะประเภทนี้สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ในรูปของการนำมาหมักทำปุ๋ย หรือนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานความร้อนซึ่งถือว่าเป็นพลังงานทดแทนประเภทหนึ่งได้

2. ขยะที่นำกลับมาใช้ประโยชน์ได้หรือขยะรีไซเคิล (recycle waste) ได้แก่ ขยะที่มีศักยภาพในการนำมาแปรรูปเพื่อใช้ประโยชน์ได้อีก เช่น แก้ว กระดาษ โลหะ เหล็ก พลาสติก อะลูมิเนียม หนัง และยาง เป็นต้น ขยะประเภทนี้เมื่อนำมาทำการคัดแยกและผ่านกระบวนการแปรรูปแล้วสามารถนำมาเป็นวัตถุดิบเพื่อใช้ในการผลิตสินค้า หรืออาจนำไปเป็นส่วนผสมกับวัตถุดิบใหม่เพื่อลดปริมาณการใช้ทรัพยากรธรรมชาติลงได้

3. ขยะที่นำกลับมาใช้ประโยชน์ไม่ได้ (non-recycle waste) ได้แก่ ขยะที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีก เช่น เศษผ้า เศษอิฐและเศษปูนจากการก่อสร้าง เศษวัสดุต่างๆ จากเครื่องจักร อากาศ เถ้าจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ตลอดจนเศษชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บางชนิด เป็นต้น ขยะเหล่านี้ไม่มีศักยภาพในการนำกลับมาใช้ได้อีก จึงต้องนำไปกำจัดทำลายยังสถานที่ฝังกลบเท่านั้น

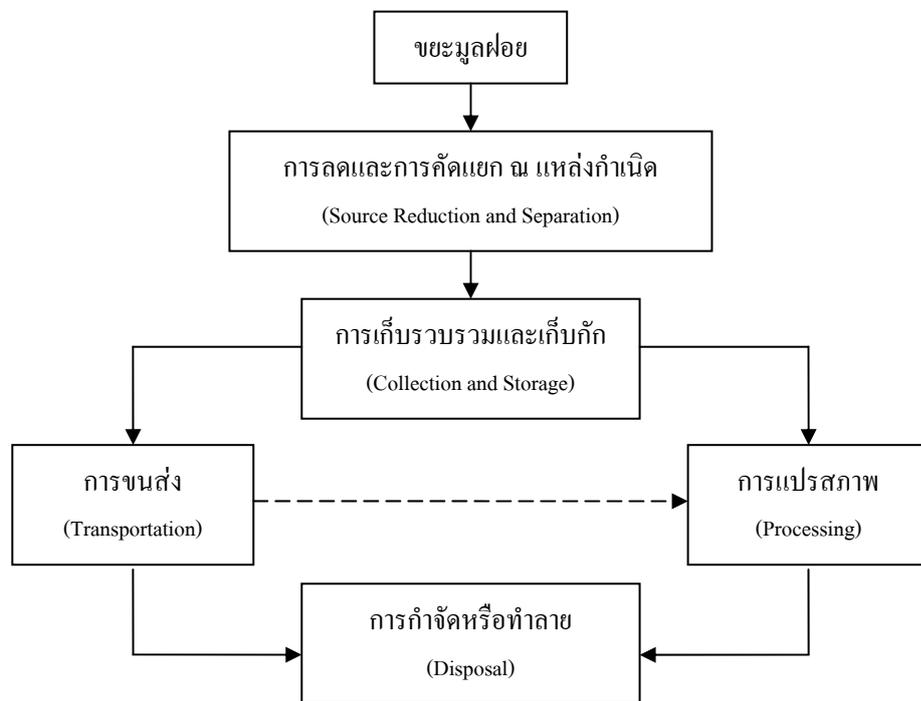
4. ขยะติดเชื้อ (infectious waste) ได้แก่ ขยะที่มีเชื้อโรคปนเปื้อนอยู่ซึ่งจะทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ได้ เช่น เนื้อเยื่อหรือชิ้นส่วนอวัยวะต่างๆ รวมทั้งเครื่องใช้ที่สัมผัสกับผู้ป่วย เช่น สำลี ผ้าพันแผล เข็มฉีดยา มีดผ่าตัดและเสื้อผ้าผู้ป่วย เป็นต้น

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับศักยภาพในการนำขยะอินทรีย์หรือขยะที่ย่อยสลายได้ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ซึ่งประกอบด้วยเศษผักและผลไม้ เศษอาหาร และเศษหญ้าและใบไม้ ซึ่งเกิดขึ้นจำนวนมากภายในแต่ละวัน กลับมาใช้ประโยชน์ทั้งในรูปของการ

นำมาทำปุ๋ยหมักในสภาวะที่ใช้อากาศ และการนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานความร้อนด้วยการทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยอาศัยกระบวนการผลิตแบบไม่ใช้ความร้อน ซึ่งจะได้กล่าวถึงรายละเอียดในหัวข้อต่อไป

การดำเนินงานจัดการขยะอย่างครบวงจร

ขยะ (solid waste) เป็นกากของเสียที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ในด้านต่างๆ โดยเฉพาะจากการดำเนินชีวิตประจำวัน ดังนั้น จึงมีความจำเป็นจะต้องจัดการอย่างเป็นระบบและครบวงจร เริ่มตั้งแต่ขยะที่เกิดขึ้น ณ แหล่งกำเนิด (source) ไปจนถึงการนำขยะที่เก็บรวบรวมได้ไปกำจัดหรือทำลายยังสถานที่ฝังกลบ (landfill) ซึ่งขบวนการดังกล่าวนี้จะประกอบไปด้วยหลายขั้นตอน ได้แก่ การลดปริมาณการเกิดขยะและการคัดแยกขยะ ณ แหล่งกำเนิด การเก็บรวบรวม การเก็บกัก การขนส่ง การแปรสภาพ และการกำจัดหรือทำลาย ตามลำดับ ซึ่งโดยหลักการแล้วขั้นตอนในการดำเนินงานทั้งหมดจะต้องใช้ระยะเวลาให้น้อยที่สุด เพื่อป้องกันมิให้ขยะที่ถูกทิ้งไว้โดยเฉพาะขยะที่ย่อยสลายได้เกิดการเน่าเหม็นและส่งกลิ่นรบกวน กรมควบคุมมลพิษ (2550) กล่าวถึงขั้นตอนในการดำเนินงานจัดการขยะอย่างครบวงจรว่ามีทั้งหมด 7 ขั้นตอนด้วยกัน โดยแสดงให้เห็นในภาพที่ 3 ดังนี้คือ



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงานจัดการขยะอย่างครบวงจร

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2550.

1. การลดขยะ ณ แหล่งกำเนิด (Source reduction)

นับเป็นวิธีการที่ดีที่สุดของการจัดการปัญหาขยะ ทั้งนี้เพราะเมื่อมีขยะน้อยลงก็จะช่วยให้ภาระในการเก็บรวบรวม การขนส่ง รวมทั้งการนำไปกำจัดทำลายลดลงตามไปด้วย นอกจากนี้ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานแต่ละขั้นตอนนี้ก็จะลดลงด้วยเช่นกัน การลดปริมาณขยะสามารถกระทำได้ในหลายแนวทาง โดยอาจเริ่มตั้งแต่การปรับเปลี่ยนทัศนคติและพฤติกรรมกรรมการบริโภคให้ถูกต้องได้แก่ การเลือกซื้อสินค้าเฉพาะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต ไม่เลือกซื้อสินค้าที่ฟุ่มเฟือยและในปริมาณมากเกินไปจนจำเป็น เป็นต้น

2. การคัดแยกขยะ (Waste separation)

เป็นขั้นตอนการดำเนินงานหลังจากที่มีขยะเกิดขึ้นแล้ว ซึ่งถือว่าเป็นกิจกรรมเริ่มต้นที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการนำขยะกลับมาใช้ประโยชน์ เนื่องจากช่วยทำให้ขยะที่มีศักยภาพในการนำมาใช้ใหม่ไม่ถูกปนเปื้อนด้วยขยะอื่นๆ ที่มีความสกปรกหรือขยะเปียกต่างๆ จนทำให้คุณภาพของขยะที่จะนำกลับมาใช้ประโยชน์ด้อยลงไป หรืออาจทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการล้างทำความสะอาดหรือต้องคัดแยกเพิ่มเติมก่อนที่จะส่งเข้าสู่โรงงานแปรรูป การคัดแยกขยะสามารถกระทำได้ตามแหล่งต่างๆ เช่น ขยะจำพวกเศษอาหาร เศษหญ้า เศษใบไม้ แก้ว โลหะ กระดาษ และพลาสติก ฯลฯ ที่เกิดขึ้นภายในบ้านเรือน อาคารสำนักงาน สถาบันการศึกษา ฯลฯ จะถูกคัดแยกและเก็บรวบรวมไว้เพื่อนำไปจำหน่ายให้กับร้านรับซื้อของเก่า หรือรอให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องมาทำการเก็บขนและนำไปกำจัดต่อไป

3. การเก็บรวบรวม (Collection)

เป็นการเก็บขนขยะที่ถูกทิ้งไว้ในภาชนะรองรับขยะซึ่งวางไว้ตามจุดต่างๆ เพื่อนำมารวบรวมไว้ยังจุดพักขยะก่อน แล้วจึงทำการขนถ่ายใส่รถเก็บขยะเพื่อขนส่งต่อไปยังสถานที่ฝังกลบสำหรับขยะซึ่งไม่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีก แต่ในส่วนของขยะรีไซเคิลที่ได้มีการคัดแยกไว้ในภาชนะรองรับขยะจะถูกรวบรวมเพื่อจำหน่ายให้ร้านรับซื้อของเก่าและส่งไปแปรรูปเพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ต่อไป

4. การเก็บกัก (Storage)

ขยะที่ถูกเก็บรวบรวมจากภาชนะรองรับตามจุดต่างๆ จะถูกขนถ่ายโดยรถเก็บขนขยะเพื่อนำไปกำจัดทำลายยังสถานที่ฝังกลบให้เร็วที่สุด ทั้งนี้เพื่อป้องกันการเน่าเหม็นของขยะรวมทั้งเพื่อให้มีการตกค้างอยู่ตามสถานที่ต่างๆ ให้น้อยที่สุดด้วย ดังนั้น ขยะเหล่านี้จึงไม่จำเป็นต้องมีการเก็บกัก ณ จุดใดจุดหนึ่งก่อนนำไปกำจัดหรือทำลาย ยกเว้นในส่วนของขยะอันตรายเท่านั้นที่จะต้องทำการเก็บกักให้มีจำนวนมากพอก่อนส่งไปกำจัดอย่างถูกวิธี

5. การขนส่ง (Transportation)

เป็นการนำขยะที่เก็บรวบรวมจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ภายในชุมชนขนถ่ายไปยังสถานที่ฝังกลบซึ่งตั้งห่างออกไปไกลจากชุมชน หรืออาจเป็นการขนถ่ายขยะไปสู่ขบวนการแปรสภาพเพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่อีก

6. การแปรสภาพ (Processing)

เป็นวิธีการที่จะทำให้ขยะที่เก็บรวบรวมจากชุมชนอยู่ในสภาพที่เกิดความสะดวกต่อการเก็บขนไปกำจัดทำลายหรือนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้ ซึ่งวัตถุประสงค์ของการแปรสภาพขยะจะมีอยู่ด้วยกัน 3 ประการดังนี้คือ

(1) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการจัดการขยะโดยการอัดขยะให้เป็นฟ่อนหรือเป็นก้อนๆ ซึ่งจะช่วยลดพื้นที่ในการเก็บขนขยะและลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งไปยังสถานที่ฝังกลบให้น้อยลง

(2) เพื่อนำวัสดุที่ใช้แล้วกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่อีก กล่าวคือ ในขบวนการแปรสภาพจะมีการแยกส่วนประกอบหรือคัดแยกขยะออกเป็นประเภทต่าง ๆ ได้แก่ แก้ว กระดาษ พลาสติก โลหะ เหล็ก ฯลฯ ซึ่งขยะเหล่านี้สามารถนำไปยังโรงงานแปรรูปเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตสินค้าใหม่ได้

(3) เพื่อนำผลผลิตที่เกิดจากขบวนการแปรสภาพมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ตัวอย่างเช่น เมื่อทำการแปรสภาพขยะอินทรีย์ด้วยการย่อยสลายทางชีวภาพแล้วก็จะได้ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยอินทรีย์มาใช้ในการเพาะปลูก หรือทำการย่อยสลายขยะทางชีวภาพเพื่อให้ได้ก๊าซมีเทนมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในด้านต่างๆ เช่น การหุงต้ม การปั่นกระแสไฟฟ้า เป็นต้น

7. การกำจัดหรือทำลาย (Disposal)

ถือเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการจัดการขยะ ซึ่งเมื่อมีการดำเนินงานในขั้นตอนต่างๆ ตามที่ได้กล่าวมาเป็นลำดับแล้ว ในที่สุดขยะที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีกก็จะถูกขนส่งไปยังสถานที่ฝังกลบเพื่อกำจัดต่อไป ซึ่งวิธีการฝังกลบขยะที่มีแหล่งกำเนิดจากชุมชนที่ถูกต้องจะประกอบด้วยวิธีการฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary landfill) และการเผาในเตาเผา (Incineration) ส่วนขยะอันตรายจะต้องถูกแยกไปทำการฝังกลบต่างหากจากขยะทั่วไป ซึ่งสามารถดำเนินการโดยการฝังกลบโดยวิธีพิเศษ (Secure landfill)

อนึ่ง ในกรณีของการแปรสภาพขยะที่ย่อยสลายได้เพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ทั้งในแง่ของการหมักทำปุ๋ยหรือการนำไปทำเป็นแหล่งพลังงานในรูปแบบต่างๆ ตามที่กล่าวข้างต้น จำเป็นที่จะต้องทราบคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของขยะว่ามีศักยภาพเพียงพอหรือไม่ ซึ่งคุณสมบัติทั้ง 2 ด้านที่เกี่ยวข้องกับการนำขยะไปทำปุ๋ยหมัก ได้แก่ ปริมาณความชื้น (moisture content) ธาตุ

อาหารหลักของพืชซึ่งประกอบด้วยไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโปแตสเซียม (K) และอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ตามลำดับ ส่วนคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการนำขยะไปใช้เป็นแหล่งพลังงานก็คือค่าความร้อน (heating value) ซึ่งรายละเอียดเกี่ยวกับคุณสมบัติเหล่านี้ของขยะจะได้กล่าวถึงในหัวข้อต่อไป

คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของขยะ

อาณัติ ติ๊ะปินตา (2553) อธิบายถึงคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของขยะที่ย่อยสลายได้ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

1. คุณสมบัติทางกายภาพ (Physical property)

ประกอบด้วยปริมาณความชื้น น้ำหนักจำเพาะ ขนาด และการยอมให้น้ำซึมผ่าน แต่คุณสมบัติที่จะเกี่ยวข้องกับการนำขยะไปหมักทำปุ๋ยหรือนำไปทำเป็นแหล่งพลังงานก็คือปริมาณความชื้น (moisture content) ซึ่งปริมาณความชื้นของขยะจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ คือองค์ประกอบของขยะ ฤดูกาลและสภาพภูมิอากาศ ฯลฯ เช่น ขยะที่เกิดขึ้นในช่วงฤดูฝนย่อมจะมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นสูงกว่าขยะที่มีอยู่ในช่วงฤดูร้อนอันเนื่องมาจากน้ำฝนที่ตกลงมาจนทำให้ขยะเกิดความเปียกชื้น หรือขยะที่เป็นเศษอาหารและเศษผักผลไม้ที่ย่อมจะมีน้ำเป็นส่วนประกอบมากกว่าขยะจำพวกเศษไม้ เป็นต้น จากรายงานของ Tchobanoglous et al. (1993) พบว่า เศษพืชผักและผลไม้จะมีปริมาณความชื้นสูงถึงร้อยละ 75 ในขณะที่เศษไม้มีปริมาณความชื้นต่ำเพียงร้อยละ 25 เท่านั้น

ปริมาณความชื้นจะมีส่วนสัมพันธ์แบบผกผันกับค่าความร้อน (heating value) ของขยะ กล่าวคือ ขยะที่มีปริมาณความชื้นสูงจะให้ค่าความร้อนน้อยกว่าขยะที่มีความชื้นต่ำ เนื่องจากความร้อนส่วนหนึ่งจะสูญเสียไปเพื่อทำการเผาผลาญความชื้นในขยะให้ระเหยไปในอากาศ ดังนั้น ขยะแห้งจึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงมากกว่าขยะเปียก ส่วนในกรณีที่จะนำขยะมาทำปุ๋ยหมักนั้นความชื้นที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่างร้อยละ 50-60 จึงจะทำให้จุลินทรีย์สามารถทำงานได้ดี หากมีความชื้นสูงเกินไปจะทำให้สัดส่วนของออกซิเจนที่มีอยู่ตามช่องว่างระหว่างอนุภาคของขยะต่ำลงเนื่องจากถูกแทนที่ด้วยความชื้น ซึ่งจะทำให้เกิดสภาวะการย่อยสลายแบบไร้อากาศ (anaerobic condition) รวมทั้งทำให้อุณหภูมิภายในกองขยะลดต่ำลงด้วย ซึ่งสภาวะเช่นนี้ถือได้ว่าไม่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ แต่ถ้าความชื้นต่ำเกินไปก็มีผลทำให้ปฏิกิริยาการย่อยสลายเกิดช้าลงด้วยเช่นกัน

2. คุณสมบัติทางเคมี (Chemical property)

เป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งในการประเมินว่ามีวิธีดำเนินการกับขยะอย่างไรจึงจะเหมาะสมมากที่สุด เช่น การที่จะตัดสินใจนำเอาขยะอินทรีย์ไปทำปุ๋ยหมักหรือไม่ก็ต้องทำการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีเสียก่อนว่า ขยะดังกล่าวมีธาตุอาหารหลัก (major element) ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อพืชมากน้อยเพียงใด ถ้าหากพบธาตุอาหารหลักในปริมาณมากก็แสดงว่ามีความเหมาะสมที่จะนำขยะมาทำเป็นปุ๋ยหมักได้ รวมทั้งการพิจารณาถึงอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ที่เหมาะสมต่อการหมักทำปุ๋ยด้วย ส่วนในกรณีที่จะนำเอาขยะมาใช้เป็นเชื้อเพลิงก็ต้องศึกษาถึงองค์ประกอบทางพลังงานว่าเหมาะสมสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงได้หรือไม่ เป็นต้น คุณสมบัติทางเคมีของขยะที่จะกล่าวถึงมีดังนี้คือ

(1) ส่วนประกอบทางเคมี (Chemical component) ขยะทุกประเภทมีส่วนประกอบทางเคมี ได้แก่ คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) ออกซิเจน (O) ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) และซัลเฟอร์ (S) เป็นต้น แต่ส่วนประกอบทางเคมีที่จะเป็นประโยชน์ต่อการทำปุ๋ยหมักก็คือ N, P และ K ตามลำดับ ซึ่ง Shah (2000) รายงานว่าขยะประเภทเศษอาหารและเศษหญ้ามีส่วนประกอบของ N ร้อยละ 2.8 และ 3 ตามลำดับ

(2) อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) เป็นปัจจัยที่มีส่วนสำคัญต่อการหมักทำปุ๋ยเนื่องจากไนโตรเจนมีผลต่อการสร้างเซลล์ใหม่ของจุลินทรีย์ หากอัตราส่วนนี้มีค่าสูงเกินไปซึ่งหมายถึงมีปริมาณไนโตรเจนน้อย จุลินทรีย์ก็จะเพิ่มจำนวนน้อยลงไปด้วยเพราะต้องอาศัยไนโตรเจนในการเจริญเติบโต แต่ในทางตรงกันข้ามหากอัตราส่วนต่ำเกินไปซึ่งหมายถึงมีปริมาณไนโตรเจนมากขึ้น ก็จะทำให้เกิดก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) แพร่กระจายออกสู่อากาศมาก โดยปกติอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วงระหว่าง 20:1 ถึง 40:1 ซึ่งถ้าหากมีอัตราส่วนที่สูงหรือต่ำกว่านี้ก็จำเป็นต้องปรับสภาพของขยะให้มีอัตราส่วนอยู่ในช่วงดังกล่าวก่อนนำไปทำการหมักเป็นปุ๋ยต่อไป

(3) องค์ประกอบทางพลังงาน (Energy content) เป็นตัวบ่งชี้ว่าขยะแต่ละชนิดมีศักยภาพที่จะนำมาใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิงได้ดีมากน้อยเพียงใด โดยองค์ประกอบทางพลังงานนี้สามารถวัดออกมาได้ในรูปของค่าความร้อน (heating value) ซึ่งก็คือปริมาณความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ขยะนั่นเอง หน่วยที่ใช้วัดค่าความร้อนคือบีทียูต่อปอนด์ (Btu/lb) หรือกิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม (kcal/kg) หรือแคลอรีต่อกิโลกรัม (cal/g) ค่าความร้อนของขยะนอกจากจะขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นที่มีอยู่ภายในขยะแล้ว ยังพบว่าขยะแต่ละชนิดเมื่อนำไปเผาไหม้จะให้ค่าความร้อนที่แตกต่างกันไปอีก ด้วย ตัวอย่างเช่น ขยะพลาสติกมีค่าความร้อนมากที่สุดถึง 14,000 Btu/lb รองลงมาได้แก่ขยะประเภทยางและสิ่งทอที่ให้ค่าความร้อนเท่ากับ 10,000 และ 8,100 Btu/lb ตามลำดับ ส่วนขยะที่ย่อย

สลายได้จำพวกเศษหญ้าและเศษอาหารพบว่าสามารถให้ค่าความร้อนที่ระดับ 2,700 และ 2,400 Btu/lb (Shah, 2000) ดังนั้น การที่จะนำขยะชนิดใดมาใช้เป็นแหล่งพลังงานจึงต้องพิจารณาถึงค่าความร้อนที่จะได้รับเป็นลำดับแรก จากนั้นจึงค่อยพิจารณาปัจจัยอื่นๆ เป็นลำดับถัดไป เช่น ปริมาณของขยะที่จะนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงว่ามีมากเพียงพอกับความต้องการใช้งานในระยะยาวหรือไม่ เป็นต้น

การแปรสภาพขยะที่ย่อยสลายได้เพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์

ตามที่ได้กล่าวข้างต้นแล้วว่าวัตถุประสงค์ในการแปรสภาพขยะมีอยู่ด้วยกันสามประการ กล่าวคือ ประการแรกเพื่อช่วยลดพื้นที่ในการเก็บขนขยะ โดยการอัดขยะให้เป็นก้อนๆ ประการที่สองเพื่อนำขยะรีไซเคิล เช่น แก้ว กระดาษ พลาสติก ฯลฯ มาทำการคัดแยกออกเป็นประเภทๆ แล้วนำไปแปรรูปเพื่อกลับมาใช้ประโยชน์อีก ส่วนประการสุดท้ายก็คือเพื่อนำขยะอินทรีย์หรือขยะที่ย่อยสลายได้มาทำปุ๋ยหมักหรือใช้เป็นแหล่งพลังงาน สำหรับในที่นี่จะกล่าวถึงรายละเอียดเกี่ยวกับการแปรสภาพขยะที่ย่อยสลายได้เพื่อนำมาทำปุ๋ยหมักและเป็นแหล่งพลังงานเท่านั้น

1. การทำปุ๋ยหมัก (Composting)

หมายถึง การย่อยสลายของวัสดุหรืออินทรีย์สารที่ได้จากขยะโดยอาศัยกระบวนการทางชีววิทยาของจุลินทรีย์ ทำให้เปลี่ยนสภาพสารอินทรีย์ในขยะไปเป็นสารที่มีประโยชน์ในการบำรุงดินที่เรียกว่า “วัสดุปรับปรุงดิน (humus-like material)” ซึ่งเป็นวัสดุที่มีลักษณะคงรูป สีค่อนข้างดำ มีความชื้นเล็กน้อย และไม่มึนเหนียว (กรมควบคุมมลพิษ, 2547) ส่วนของยุทธ โอสดสภา (2541) ได้ให้ความหมายของ “ปุ๋ยหมัก” ไว้ว่า หมายถึงปุ๋ยธรรมชาติที่เกิดจากการสลายตัวของเศษซากพืชซากสัตว์ และมูลฝอยหลายชนิด แบบใช้อากาศและไม่ใช้อากาศ ซึ่งเปลี่ยนรูปอันเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ สามารถนำไปปรับปรุงคุณภาพดินได้

1.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการหมักทำปุ๋ย การนำขยะอินทรีย์มาหมักทำปุ๋ยซึ่งเป็นขบวนการย่อยสลายทางธรรมชาตินั้นจำเป็นต้องคำนึงถึงการทำงานของจุลินทรีย์ซึ่งทำหน้าที่ในการย่อยสลายดังกล่าว หากจุลินทรีย์ดำรงชีวิตอยู่ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมก็จะทำให้การหมักทำปุ๋ยดำเนินไปได้ด้วยดี แต่ถ้าสภาวะการหมักต่างๆ ไม่เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์แล้วก็จะส่งผลต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ในขยะ ทำให้เกิดอุปสรรคต่อการหมักปุ๋ยตามมาด้วย ซึ่งกรมควบคุมมลพิษ (2547) และอานันท์ ต๊ะปิ่นตา (2553) ได้กล่าวถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการหมักทำปุ๋ยดังนี้

(1) มีความชื้นเหมาะสม ในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบใช้ออกซิเจนส่วนใหญ่พบว่า อัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ในขยะของจุลินทรีย์จะสูงขึ้นเมื่อความชื้นของกองปุ๋ยหมักมีประมาณร้อยละ 50-60 แต่ถ้าความชื้นลดลงจนต่ำกว่าร้อยละ 40 การย่อยสลายสารอินทรีย์จะช้าลง

ชวลิต สงประยูร (2540) ได้อธิบายวิธีตรวจสอบความชื้นว่า ให้ใช้มือล้วงหยิบเอาวัสดุหมักออกมาแล้วบีบให้แน่น ถ้ามีน้ำไหลซึมออกมาตามซอกนิ้วเป็นทางแสดงว่ามีความชื้นมากเกินไป ถ้าบีบแล้วมีน้ำซึมออกมาตามซอกนิ้วแต่ไม่ถึงกับไหลเป็นทางแสดงว่าความชื้นพอดีแล้ว แต่ถ้าบีบแล้วไม่มีน้ำซึมออกมาเลย แสดงว่าวัสดุหมักแห้งเกินไปซึ่งต้องเติมน้ำเพิ่มเข้าไป

(2) มีขนาดของขยะหรือวัสดุหมักที่เหมาะสมระหว่าง 0.5-1.5 นิ้ว ซึ่งขยะที่มีขนาดเล็กจะสามารถย่อยสลายได้เร็วเพราะมีพื้นที่ผิวสัมผัสกับจุลินทรีย์มาก และอยู่ใกล้ชิดกันทำให้จุลินทรีย์เติบโตได้ทั่วถึง แต่มีข้อเสียคือทำให้ปริมาณออกซิเจนภายในกองปุ๋ยหมักลดลง ส่วนขยะที่มีขนาดใหญ่เกินไปจะทำให้ภายในกองปุ๋ยหมักมีช่องว่างมากส่งผลให้กองปุ๋ยไม่ร้อนและย่อยสลายช้าลง

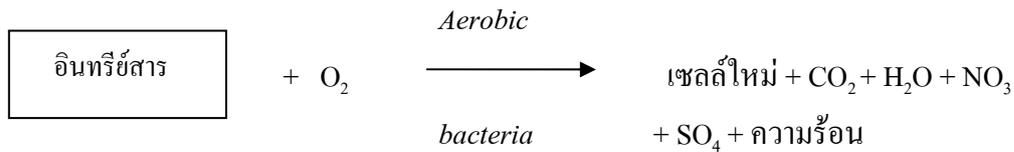
(3) มีอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักที่เหมาะสมซึ่งควรอยู่ในช่วงระหว่าง 15-40 °C หรือไม่ควรสูงเกินกว่า 60 °C โดยอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะมีผลต่ออัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ในกองขยะให้สูงขึ้นตามไปด้วย แต่ถ้าหากสูงมากเกินไปก็มีผลยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ได้เช่นกัน

(4) มีอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ที่เหมาะสม ขยะที่มี C/N ratio ต่ำจะการหมักไม่ได้ผลเนื่องจากจุลินทรีย์ต้องใช้คาร์บอนเป็นทั้งแหล่งพลังงานและการสร้างเซลล์จึงต้องการในปริมาณที่มากกว่าไนโตรเจนซึ่งใช้สำหรับการสร้างเซลล์อย่างเดียว ค่า C/N ratio ที่เหมาะสมสำหรับการย่อยสลายสารอินทรีย์ส่วนใหญ่มีค่าระหว่าง 20-40:1 ทั้งนี้มีผู้เสนอค่า C/N ratio ที่แตกต่างออกไป เช่น กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม (2541) กล่าวว่า C/N ratio ที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วงระหว่าง 25-35:1 เป็นต้น

(5) มีปริมาณออกซิเจนเพียงพอต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ในขยะโดยจุลินทรีย์ที่ดำรงชีวิตโดยใช้ออกซิเจนในอากาศ ซึ่งถ้ากองขยะอยู่ในสภาพที่มีออกซิเจนน้อยเกินไปจะทำให้กระบวนการย่อยสลายเปลี่ยนไปเป็นแบบไร้อากาศได้ ดังนั้น จึงควรทำการพลิกกลับกองปุ๋ยหมักบ่อยๆ เพื่อให้มีการหมุนเวียนของอากาศภายในกองปุ๋ยได้ดียิ่งขึ้น

1.2 กระบวนการหมักทำปุ๋ย กรมควบคุมมลพิษ (2547) ได้อธิบายรูปแบบของการหมักทำปุ๋ยจากขยะย่อยสลายได้ว่ามี 2 รูปแบบด้วยกันคือ การหมักแบบใช้ออกซิเจนและการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

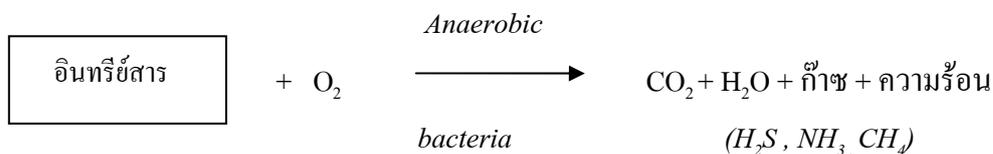
(1) การหมักแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic decomposition) คือ กระบวนการที่จุลินทรีย์ชนิดที่ดำรงชีพโดยใช้ออกซิเจนได้รับสารอาหารแล้วเกิดการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและมีการย่อยสลายอินทรีย์สารให้กลายเป็นแร่ธาตุ กระบวนการนี้ไม่ก่อให้เกิดปัญหามากนักเนื่องจากไม่ทำให้เกิดก๊าซที่มีกลิ่นเหม็น แต่จะได้ปุ๋ยที่มีคุณสมบัติดีและมีองค์ประกอบของไนเตรต (NO₃) และซัลเฟต (SO₄) ดังสมการในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 สมการการหมักปุ๋ยแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic decomposition)

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2547.

(2) การหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic decomposition) หมายถึง กระบวนการซึ่งจุลินทรีย์ชนิดที่ดำรงชีพโดยไม่ใช้ออกซิเจนได้รับสารอาหารแล้วเจริญเติบโตและมีการย่อยสลายอินทรีย์สารให้แปรสภาพเป็นแร่ธาตุ แต่กระบวนการนี้มักมีปัญหาก่อให้เกิดก๊าซที่มีกลิ่นเหม็น เช่น ก๊าซไข่เน่า (H_2S) และก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) รวมทั้งคุณภาพของปุ๋ยที่ได้จะค่อนข้างต่ำ และใช้เวลาในการหมักนานกว่าการหมักแบบใช้ออกซิเจน กระบวนการนี้จะมีก๊าซมีเทน (CH_4) เกิดขึ้นมาด้วย ดังสมการในภาพที่ 5 ซึ่งก๊าซชนิดนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์เป็นแหล่งพลังงานสำหรับใช้ในกิจการต่างๆ ได้



ภาพที่ 5 สมการการหมักปุ๋ยแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic decomposition)

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2547.

1.3 รูปแบบของการหมักทำปุ๋ย ในการนำขยะมาหมักทำปุ๋ยสามารถกระทำได้หลายรูปแบบด้วยกัน (Shah, 2000) ดังนี้

(1) การหมักโดยระบบปิด (In-vessel composting) วิธีนี้เป็นการนำขยะที่จะทำปุ๋ยมาบรรจุลงในถังขนาดใหญ่ที่มีฝาปิดมิดชิดและมีช่องเดิมอากาศเข้าสู่ด้านล่างของถัง สำหรับหลักการทำงานของระบบนี้ก็จะเช่นเดียวกับระบบเปิดทั้ง 2 ระบบที่กล่าวมาข้างต้น แต่ระบบนี้มีข้อดีคือสามารถทำการควบคุมปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายของจุลินทรีย์ เช่น อุณหภูมิ ปริมาณความชื้น ปริมาณออกซิเจน ฯลฯ ได้ดีกว่า และมีผลต่อการลดระยะเวลาในการหมักทำปุ๋ยให้น้อยลงเหลือเพียงประมาณ 14 วัน และใช้พื้นที่ในการดำเนินการน้อยลง

(2) การหมักโดยให้กองขยะสัมผัสกับออกซิเจนตามธรรมชาติ (Windrow composting) เป็นการนำขยะมากองให้เป็นแถวยาว มีลักษณะครึ่งวงกลมคล้ายโดมโดยมีความสูงประมาณ 1-1.6 เมตร และกว้างประมาณ 2.4-3.6 เมตร และมีความยาวตามความเหมาะสมของพื้นที่ ในระหว่างทำการหมักต้องพลิกกลับกองขยะ 1-2 ครั้งต่อสัปดาห์ ตลอดระยะเวลาของการหมักประมาณ 1 เดือน เพื่อให้ขยะมีโอกาสสัมผัสกับอากาศอย่างทั่วถึง ซึ่งจะช่วยให้กระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์แบบใช้ออกซิเจนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และต้องควบคุมปัจจัยอื่นๆ ให้มีความเหมาะสม เช่น ปรับปริมาณความชื้นให้อยู่ประมาณในช่วงร้อยละ 50-60 หรือการนำขยะมาทำเป็นชั้นเล็กๆ ที่มีขนาดประมาณ 2.5-7.5 ซม. ก่อนนำมากองเป็นแถว

(3) การหมักโดยเติมอากาศเข้าสู่กองขยะ (Aerated static pile composting) เพื่อให้กระบวนการย่อยสลายจุลินทรีย์แบบใช้ออกซิเจนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ วิธีการก็คืออากาศจะถูกส่งเข้าไปโดยผ่านรูหรือช่องของตัวภาชนะหรือถังใส่ขยะซึ่งออกแบบให้กระจายทั่วภาชนะ จากนั้นมีการใช้พัดลมดูดอากาศที่อยู่ภายในกองขยะให้ระบายออกสู่ภายนอกโดยผ่านระบบท่อที่วางไว้ ทั้งนี้เพื่อออกซิเจนมีการหมุนเวียนอยู่ตลอดเวลาภายในกองขยะ ทำให้เกิดการย่อยสลายของจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้การส่งอากาศเข้าไปตามรูหรือช่องของภาชนะยังออกแบบให้มีการควบคุมอุณหภูมิของอากาศควบคู่ไปด้วย ซึ่งเป็นการช่วยควบคุมอุณหภูมิภายในกองขยะให้อยู่ในระดับที่พอเหมาะต่อปฏิกิริยาการย่อยสลายของจุลินทรีย์ตลอดเวลา และเป็นการฆ่าเชื้อโรคบางชนิดที่มีอยู่ในกองขยะด้วย

อย่างไรก็ตาม ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ประยุกต์รูปแบบของการหมักปุ๋ยโดยใช้วิธีการหมักแบบเติมอากาศเข้าสู่กองขยะ (Aerated static pile composting) ทั้งนี้ได้ทำการออกแบบอุปกรณ์ในการหมักปุ๋ยอย่างง่ายด้วยการใช้น้ำมันขนาด 200 ลิตรวางตามแนวนอนบนขาตั้ง และมีการเจาะรูรอบถังเพื่อให้อากาศสามารถถ่ายเทเข้าสู่ภายในถังได้ โดยมีแกนหมุนสำหรับพลิกกลับขยะที่อยู่ในถังดังกล่าวได้ตลอดเวลาตามความต้องการ

1.4 มาตรฐานของปุ๋ยหมัก โดยทั่วไปวัสดุเหลือใช้หรือของเสียต่างๆที่นำมาทำปุ๋ยหมัก ควรมีธาตุอาหารหลักที่จำเป็นต่อการเติบโตของพืชคือ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) อย่างเหมาะสม ดังนั้น การทำปุ๋ยหมักจากขยะจึงต้องเลือกประเภทของขยะที่จะนำมาใช้หมักให้เหมาะสมด้วย และควรคัดแยกขยะที่ไม่เหมาะสมออกเสียก่อนที่จะทำการหมัก สำหรับประเภทของขยะที่เหมาะสมสำหรับทำปุ๋ยหมักแสดงไว้ในตารางที่ 1 หนึ่ง สำหรับการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้ขยะที่ย่อยสลายได้ที่มีอยู่ในมหาวิทยาลัยฯ 3 ประเภทด้วยกัน ได้แก่ เศษผักและผลไม้จากร้านค้าจำหน่ายอาหาร เศษหญ้าและใบไม้จากการตัดแต่งสวนหย่อม และเศษอาหารที่เหลือจากการบริโภคอาหารภายในมหาวิทยาลัยฯ ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ประเภทของขยะที่เหมาะสมสำหรับทำปุ๋ยหมัก

ขยะสีน้ำตาล ^{1/}	ขยะสีเขียว ^{2/}	ขยะที่ไม่ควรนำมาหมักทำปุ๋ย
หญ้าแห้ง	หญ้าและใบไม้สด	กระดูก
ฟางข้าว	เศษอาหาร	น้ำมันปรุงอาหาร
กิ่งไม้และเศษไม้	ผักและเปลือกผลไม้	ผลิตภัณฑ์อาหารนม
กระดาษ/กล่องกระดาษ	เปลือกไข่	มูลสุนัขและแมว
จีเลื่อย	ดอกไม้	กระดาษอามัน
เปลือกไม้	ต้นหญ้า	วัชพืชที่มีเมล็ด

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2547.

หมายเหตุ: ^{1/} หมายถึง ขยะที่มีคาร์บอนมากส่วนใหญ่เป็นขยะแห้ง

^{2/} หมายถึง ขยะที่มีไนโตรเจนมากส่วนใหญ่เป็นขยะเปียก

กรมพัฒนาที่ดิน (2542) ได้กำหนดคุณภาพและมาตรฐานของปุ๋ยหมักที่ดีเอาไว้ว่า จะต้องมีความแตกต่างๆ ดังต่อไปนี้

- (1) มีเกรดปุ๋ยไม่ต่ำกว่า 1:1:0.5 กล่าวคือ มี Total nitrogen ร้อยละ 1.0, P₂O₅ ร้อยละ 1.0 และ K₂O ร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก หรือมากกว่า
- (2) มีความชื้นและสิ่งที่ระเหยได้มากกว่าร้อยละ 35 โดยน้ำหนัก
- (3) มีความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) อยู่ในช่วงระหว่าง 6.0-7.5
- (4) ไม่มีความร้อนหลงเหลืออยู่
- (5) ไม่ควรมีวัสดุเจือปนอื่นๆ และปราศจากเชื้อโรค
- (6) มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในช่วงระหว่างร้อยละ 25-50 โดยน้ำหนัก
- (7) มีอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนไม่สูงกว่า 20:1

2. การนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงาน (Waste to energy)

หมายถึง การนำเอาขยะมาเป็นเชื้อเพลิงให้เกิดการเผาไหม้แล้วได้ผลผลิตออกมาในรูปของพลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้าโดยตรง หรืออีกแนวทางหนึ่งก็คือการเผาขยะในสภาวะที่ขาดออกซิเจนหรือมีออกซิเจนอยู่น้อยแล้วได้ผลผลิตเป็นก๊าซมีเทน ซึ่งก๊าซชนิดนี้สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อให้เกิดพลังงานความร้อนหรือพลังงานไฟฟ้าได้เช่นเดียวกัน สำหรับการวิจัยในครั้งนี้จะมุ่งเน้นถึงการทดลองนำเอาขยะที่ย่อยสลายได้มาใช้เป็นแหล่งพลังงานความร้อนในรูปแบบของเชื้อเพลิงอัดแท่งซึ่งมีรายละเอียดที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 กระบวนการทำเชื้อเพลิงอัดแท่ง เชื้อเพลิงอัดแท่ง (Refuse derived fuel, RDF) หมายถึงเชื้อเพลิงที่ได้จากการอัดแท่งของเศษวัสดุที่เหลือจากการผลิตผลทางการเกษตรโดยอาศัยตัวเชื่อมประสาน ซึ่งเมื่ออัดออกมาเป็นแท่งแล้วจะได้เชื้อเพลิงที่เป็นประโยชน์แทนฟืน ถ่าน หรือก๊าซหุงต้ม (ทองทิพย์ พูนเกษม, 2542) การอัดแท่งเชื้อเพลิงสามารถทำได้หลายรูปแบบ ได้แก่ การอัดเป็นเม็ด (pellet) อัดเป็นก้อน (cube) และอัดเป็นแท่งฟืน (log) ซึ่งสามารถจำแนกกระบวนการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งออกได้เป็น 2 รูปแบบดังนี้คือ

(1) การอัดโดยใช้ความร้อนสูงหรืออัดแห้ง การอัดด้วยวิธีนี้ต้องใช้เครื่องอัดซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญคือกระบอกลูกสูบที่มีเกลียวสกรู และมีการให้ความร้อนกับกระบอกลูกสูบด้วยสำหรับวัสดุหรือขยะที่ใช้อัดแท่งเชื้อเพลิงต้องผ่านการบดและมีความชื้นระหว่างร้อยละ 7-12 หากความชื้นสูงหรือต่ำกว่านี้จะทำให้การอัดไม่ได้ผล การอัดแห้งต้องใช้แรงอัดสูงประมาณ 11,000-17,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และมีการให้ความร้อนแก่กระบอกลูกสูบเพื่อให้สารประกอบพวกเซลลูโลส ลิกนิน และคาร์โบไฮเดรตในวัสดุที่นำมาอัดหลอมละลายออกมาเป็นตัวเชื่อมทำประสานให้วัสดุเกาะตัวกันเป็นแท่งได้ดี

(2) การอัดโดยไม่ใช้ความร้อนหรืออัดเปียก เป็นการอัดที่สามารถทำได้กับวัสดุสดหรือแห้ง เครื่องอัดที่ใช้มีส่วนประกอบที่สำคัญคือกระบอกลูกสูบที่มีเกลียวสกรู แต่จะแตกต่างจากการอัดแห้งที่ใช้ความร้อนสูงตรงที่ไม่มีทั้งระบบให้ความร้อนและระบายความร้อน โดยวัสดุที่นำมาอัดแท่งต้องมีเส้นใยและมีความเหนียวที่ทำให้เกิดการยึดติดกันเป็นแท่งได้ สำหรับพืชที่มียางเหนียว (Sticky materials) เช่น เพคติน เจลาติน ลิกนินและเรซิน จะใช้การดำหรือกระทิ้งพืชที่สับแล้วจนเกิดเป็นยางเหนียวๆ สำหรับพืชที่ไม่มีเส้นใยหรือยางเหนียวจะต้องเติมตัวประสาน (binder) เพื่อให้จับตัวกันเป็นแท่งได้ วัสดุที่นำมาอัดแท่งเชื้อเพลิงจะต้องผ่านการสับให้เป็นชิ้นเล็กๆ ก่อนโดยไม่จำเป็นต้องลดความชื้นหรือให้เหลือความชื้นที่จุดพอดี การอัดเปียกจะใช้แรงอัดต่ำกว่าแบบแห้งซึ่งสามารถใช้แรงงานคนในการอัดได้ การอัดเปียกมีข้อเสียเพียงการตากให้แห้งภายหลังทำการอัดเป็นแท่งเรียบร้อยแล้ว ดังนั้นในฤดูฝนจึงอาจมีปัญหาในการตากเชื้อเพลิงให้แห้งได้

สำหรับตัวประสานที่ใช้ในการทำวัสดุที่นำมาทำเชื้อเพลิงอัดแท่งจับตัวกันเป็นแท่งได้นั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ ตัวประสานที่เผาไหม้ได้ ได้แก่ ยางธรรมชาติหรือยางสังเคราะห์ น้ำมันดิบ มูลสัตว์ ขยะเน่าเปื่อย สาหร่าย และแป้งมัน เป็นต้น และตัวประสานที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้ ได้แก่ โคลน เลน และดินเหนียว เป็นต้น ซึ่งคุณสมบัติที่ดีของตัวประสานคือต้องมีความเหนียวมากเพียงพอในการเป็นตัวประสาน สามารถเผาไหม้ได้หรือลุกติดไฟได้ดี ไม่ทำให้เกิดควัน และเมื่อถูกอากาศภายนอกจะต้องไม่ทำให้เชื้อเพลิงอัดแท่งแตกกร่อนหรืออ่อนตัวเกินไป ตัวอย่างของตัวประสานที่นิยมใช้กันมากในการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งคือ แป้งมันสำปะหลังซึ่งเป็น

แป้งที่ได้จากหัวมันสำปะหลัง เนื่องจากหาซื้อได้ง่ายและมีราคาไม่แพงมากนัก (พุทธิธร แสงรุ่งเรือง และคณะ, 2549)

เนื่องจากการอัดแท่งเชื้อเพลิงด้วยวิธีอัดเปียกโดยไม่ใช้ความร้อนนี้จะทำให้แท่งเชื้อเพลิงที่ได้มีความชื้นสูง ดังนั้น การตากหรืออบแห้งจึงมีความจำเป็นซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การตากแดดโดยตรง การตากในตู้อบแสงอาทิตย์ การอบด้วยความร้อนจากเตาเผาขยะ การอบด้วยความร้อนที่เหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และการอบด้วยความร้อนจากเครื่องทำความร้อนหรือตู้อบไฟฟ้า ฯลฯ ซึ่งวิธีการเหล่านี้อาจทำให้มีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นบ้าง ส่วนในการเก็บรักษาเชื้อเพลิงอัดแท่ง ควรเก็บในที่แห้งไม่ให้ถูกน้ำ ถ้าเปียกชื้นแท่งเชื้อเพลิงอาจจะขึ้นราและถ้าเปียกมากๆ จะสลายตัวและไม่เป็นแท่งได้

2.2 วัสดุที่นำมาทำเชื้อเพลิงอัดแท่ง สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ฯ (2547) กล่าวถึงวัตถุดิบที่จะนำมาทำเชื้อเพลิงอัดแท่งว่า ควรเป็นวัตถุดิบที่มีองค์ประกอบหลักเป็นสารพวกไฮโดรคาร์บอน ได้แก่ เศษไม้ ใบไม้ ขยะ วัสดุเหลือใช้หรือของเสียต่างๆ จากภาคเกษตรกรรม อุตสาหกรรม หรือชุมชน เช่น ต้นมันสำปะหลัง ชานอ้อย ชังข้าวโพด แกลบ จี้เลื่อย ฟางข้าว กากมะพร้าว และผักตบชวา เป็นต้น ซึ่งวัตถุดิบแต่ละชนิดดังกล่าวมีคุณสมบัติในการให้ความร้อนที่แตกต่างกันดังแสดงตามตารางที่ 2 ดังนี้

ตารางที่ 2 คุณสมบัติของวัตถุดิบที่ใช้ในการทำเชื้อเพลิงอัดแท่ง

วัตถุดิบ	สารระเหยได้ (%)	คาร์บอนคงตัว (%)	เถ้า (%)	ค่าความร้อน (แคลอรี/กรัม)
จี้เลื่อย	71.3	27.2	1.5	4,990
ชานอ้อย	71.8	23.4	4.8	4,510
แกลบ	62.7	17.4	20.0	3,860
กากมะพร้าว	73.7	25.5	0.7	4,830

ที่มา: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ฯ, 2547.

(1) จี้เลื่อย คือวัตถุดิบที่ได้จากการทำอุตสาหกรรมจากไม้ มีลักษณะเป็นเศษไม้ซึ่งจะมีความชื้นประมาณร้อยละ 8.33 เถ้าประมาณร้อยละ 1.5 สารระเหยได้ประมาณร้อยละ 71.3 และคาร์บอนคงตัวร้อยละ 27.2 โดยน้ำหนัก และสามารถให้ความร้อนเฉลี่ยได้สูงถึง 4,990 แคลอรีต่อกรัม ซึ่งเถ้าของไม้แต่ละชนิดจะมีปริมาณที่ต่างกัน และส่วนประกอบส่วนใหญ่ของเถ้าคือโพแทสเซียมคาร์บอเนต

(2) ชานอ้อย (Bagasse) คือ เปลือกและกากอ้อยที่ถูกคั้นเอาน้ำตาลอ้อยออกไปเรียบร้อยแล้ว เป็นวัสดุที่เหลือทิ้งจากโรงงานน้ำตาลเนื่องจากใช้อ้อยเป็นวัตถุดิบ องค์ประกอบส่วนใหญ่ของชานอ้อยได้แก่ เซลลูโลสซึ่งมีอยู่ประมาณร้อยละ 45-55 รองลงมาคือส่วนที่เป็นลิกนินประมาณร้อยละ 18-24 โดยน้ำหนักแห้ง ชานอ้อยถือว่าเป็นคุณสมบัติที่เหมาะสมในการนำมาใช้ทำเชื้อเพลิงอัดแท่งเพราะมีค่าความร้อนสูงถึง 4,510 แคลอรีต่อกรัม และมีปริมาณเถ้าไม่สูงมากนักคือประมาณร้อยละ 4.8 เท่านั้น

(3) แกลบ (Rice husk) คือวัตถุดิบที่ได้จากกระบวนการสีข้าวเปลือกให้เป็นข้าวสารซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่สำคัญชนิดหนึ่ง ในการสีข้าวจะได้ปริมาณของแกลบเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณข้าวเปลือก โดยในข้าวเปลือกมีแกลบประมาณร้อยละ 25.92 - 26.28 โดยน้ำหนัก ซึ่งแกลบส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยโรงสีข้าวและโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท เมื่อนำแกลบมาบดและอัดภายใต้แรงดันสูงโดยมีความร้อนเข้าช่วยจะทำให้สารประกอบเซลลูโลส ลิกนิน และคาร์โบไฮเดรต ในแกลบละลาย และทำหน้าที่เป็นตัวประสานแกลบให้เกาะกันเป็นแท่งหรือก้อนได้ โดยทั่วไปปริมาณความชื้นของแกลบอยู่ที่ร้อยละ 8-12 และมีค่าความร้อนเฉลี่ยประมาณ 3,860 แคลอรีต่อกรัม

(4) กากมะพร้าว (Coconut meal) เป็นวัสดุที่เหลือใช้จากการเกษตรซึ่งพบมากตามสวนมะพร้าว ตลาดสด และในโรงงานสกัดน้ำตาลมะพร้าวจากเนื้อมะพร้าวแห้ง กากมะพร้าวมีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการนำมาทำเชื้อเพลิงอัดแท่งได้ดีชนิดหนึ่ง เนื่องจากมีปริมาณเถ้าต่ำมากประมาณร้อยละ 0.7 แต่ในขณะเดียวกันก็สามารถให้ค่าความร้อนใกล้เคียงกับเชื้อเพลิงคือประมาณ 4,830 แคลอรีต่อกรัม

(5) ขยะ (Solid waste) ประเทศไทยนับวันแต่จะมีปริมาณขยะเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งจากรายงานของกรมควบคุมมลพิษพบว่า ในปี พ.ศ. 2551 มีขยะเกิดขึ้นทั่วประเทศประมาณ 15 ล้านตัน หรือคิดเป็น 41,064 ตันต่อวัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2553) ขยะจำนวนมากเหล่านี้มีศักยภาพในการนำมาทำเชื้อเพลิงอัดแท่งได้ แต่การที่จะเลือกเอาขยะชนิดใดมาใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงต้องคำนึงถึงค่าความร้อนที่จะได้รับเป็นอันดับแรก จากนั้นจึงพิจารณาปัจจัยอื่นๆ ประกอบ เช่น ปริมาณขยะที่จะนำมาเป็นเชื้อเพลิงว่ามีมากเพียงพอตามความต้องการใช้งานในระยะยาวหรือไม่ ตารางที่ 3 แสดงให้เห็นถึงค่าความร้อนของขยะประเภทต่างๆ

(6) เศษพืชหรือวัสดุที่เหลือทิ้งจากการเก็บเกี่ยวในเรือกสวนไร่นา ตลอดจนเศษวัชพืชที่เราไม่ต้องการจากสถานที่ต่างๆ

ตารางที่ 3 ค่าความร้อนของขยะประเภทต่างๆ

ประเภทของขยะ	ค่าความร้อน (Btu/lb)
เศษกระดาษ	6,800
เศษอาหาร	2,400
เศษหญ้า	2,700
เศษพลาสติก	14,000
สิ่งทอ	8,100
ไม้เนื้อแข็ง	6,500
ยาง	10,000
หนัง	7,500

ที่มา : อาณัติ ต๊ะปิ่นตา, 2553.

2.3 การตรวจสอบคุณภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่ง ทองทิพย์ พูนเกษม (2542) กล่าวถึงการตรวจสอบคุณภาพและคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งว่า ต้องมีองค์ประกอบที่สำคัญๆ ของเชื้อเพลิงดังต่อไปนี้

(1) ความชื้น (moisture content) คือ ปริมาณความชื้นต่อปริมาณของเนื้อเชื้อเพลิงอัดแท่งอบแห้ง ความชื้นมีผลทำให้ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งลดลงและทำให้เชื้อเพลิงอัดแท่งแตกร่วนได้ง่าย

(2) ปริมาณเถ้า (ash content) คือ ส่วนของสารอนินทรีย์ที่เหลือจากการสันดาปภายในเตาเผาที่อุณหภูมิ 750 °C เป็นเวลานาน 6 ชั่วโมง ซึ่งประกอบด้วยซิลิกา แคลเซียมออกไซด์ และแมกนีเซียมออกไซด์ เป็นต้น

(3) สารที่ระเหยได้ (volatile matters) คือ ส่วนของเนื้อเชื้อเพลิงอัดแท่งอบแห้งที่ระเหยได้ ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีคาร์บอน ออกซิเจน และไฮโดรเจน

(4) คาร์บอนคงตัว (fixed carbon) คือ มวลของคาร์บอนที่เหลือในเชื้อเพลิงอัดแท่งหลังจากที่เอาสารระเหยออกไปแล้วที่อุณหภูมิ 950 °C

(5) ค่าความร้อน (heating value) ค่าความร้อนของการสันดาปจะขึ้นอยู่กับปริมาณคาร์บอนในเชื้อเพลิงอัดแท่ง

เชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีคุณภาพดีต้องมีปริมาณคาร์บอนคงตัวเป็นองค์ประกอบอยู่สูงแต่มีสารที่ระเหยได้และปริมาณเถ้าอยู่ต่ำ เชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีค่าความชื้นสูงจะมีผลทำให้ค่าความร้อนต่ำ ซึ่งค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งก็เป็นตัวบ่งชี้คุณสมบัติของเชื้อเพลิงอย่างหนึ่ง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการสืบค้นและรวบรวมข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้แบ่งกลุ่มของงานวิจัยที่ทำการสืบค้นซึ่งได้ดำเนินการมาแล้วตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 เป็นต้นมาออกเป็น 3 กลุ่มด้วยกัน ซึ่งประกอบด้วยงานวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาองค์ประกอบและคุณสมบัติของขยะ งานวิจัยเกี่ยวกับการนำขยะมาหมักทำปุ๋ย และงานวิจัยเกี่ยวกับการนำขยะมาใช้เป็นแหล่งพลังงานในรูปของเชื้อเพลิงอัดแท่ง ตามลำดับ ซึ่งรายละเอียดของงานวิจัยในแต่ละกลุ่มสามารถสรุปโดยสังเขปได้ดังต่อไปนี้

1. งานวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาองค์ประกอบและคุณสมบัติของขยะ

(1) มลจิตลา พวงสดและปนัดดา มะลิหอม (2542) ทำการศึกษาเบื้องต้นถึงลักษณะของขยะภายในสถาบันราชภัฏสวนสุนันทา วิธีการศึกษาดำเนินการ โดยวิเคราะห์ลักษณะทางด้านกายภาพของขยะด้วยการสำรวจขยะจากถังขยะที่วางอยู่ตามทางเดินของอาคารต่างๆ ทั้งหมดในสถาบันฯ ผลจากการศึกษาพบว่าลักษณะทางด้านกายภาพของขยะประกอบไปด้วยเศษอาหารและเศษอินทรีย์ ร้อยละ 47.23 พลาสติกและโฟมร้อยละ 27.73 กระดาษร้อยละ 15.59 แก้วร้อยละ 2.47 กระจกร้อยละ 2.38 หินและกระเบื้องร้อยละ 0.51 และมูลฝอยอื่นๆ ที่ไม่สามารถแยกประเภทได้อีกประมาณร้อยละ 2.08

(2) อุษา วิเศษสุมน (2547) ทำการศึกษาแนวทางในการปรับปรุงการจัดการขยะภายในมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต โดยได้สำรวจเกี่ยวกับลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและทางเคมีของขยะ ผลจากการศึกษาพบว่ามหาวิทยาลัยฯ มีปริมาณขยะเกิดขึ้นเฉลี่ย 4.8 ตันต่อวัน ซึ่งจำแนกออกเป็นขยะที่ย่อยสลายได้ร้อยละ 34 ขยะย่อยสลายยากร้อยละ 48 ขยะจากการตกแต่งสวนห่อมร้อยละ 17 และขยะอันตรายอีกร้อยละ 1 ตามลำดับ ส่วนการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพพบว่า ขยะจากโรงอาหารมีปริมาณความชื้นสูงสุดคือร้อยละ 66.72 และขยะรวมมีปริมาณความชื้นร้อยละ 48.84 สำหรับคุณสมบัติทางเคมีซึ่งได้แก่ค่าความร้อนของขยะพบว่ามีค่าเท่ากับ 6,701 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม

(3) ณัฐวุฒิ แสนอำนวยผล (2547) ทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีของขยะชุมชนที่เก็บรวบรวมจากโรงงานกำจัดมูลฝอยอ่อนนุชของกรุงเทพมหานคร ผลการศึกษาตัวอย่างขยะจำนวน 60 ตัวอย่างระหว่างเดือนกรกฎาคม 2546 ถึงเดือนมีนาคม 2547 พบว่าลักษณะทางกายภาพของขยะประกอบด้วยเศษอาหารร้อยละ 44.08 กระดาษร้อยละ 14.78 พลาสติกร้อยละ 20.20 หนังและยางร้อยละ 0.90 เศษผ้าร้อยละ 3.46 เศษไม้และใบไม้ร้อยละ 7.77 แก้วร้อยละ 3.33 โลหะร้อยละ 1.34 หินและเซรามิกร้อยละ 2.33 ของเสียนตรายร้อยละ 0.21 และขยะประเภทอื่นๆ อีกร้อยละ 1.60 โดยน้ำหนักเปียก ส่วนคุณสมบัติทางเคมีของขยะประกอบด้วยค่า

ความร้อน 1,578 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ปริมาณความชื้นร้อยละ 62.29 ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ ร้อยละ 33.37 เถ้าร้อยละ 4.34 และส่วนประกอบทางเคมี ได้แก่ คาร์บอนร้อยละ 44.70 ไฮโดรเจน ร้อยละ 2.22 ออกซิเจนร้อยละ 46.32 ส่วนที่เหลือประกอบด้วยไนโตรเจนร้อยละ 1.75 และซัลเฟอร์ ร้อยละ 0.67 โดยน้ำหนักแห้ง

(4) Thaniya Kaosol (2009) ทำการศึกษาเรื่อง “Sustainable solutions for municipal solid waste management in Thailand” พบว่า ในพื้นที่เขตเทศบาลมีอัตราการเกิดขยะอยู่ในช่วงระหว่าง 0.3 - 1.44 กก./คน/วัน ซึ่งจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับสภาพทางภูมิศาสตร์ ฤดูกาล รายได้ ขนาดของครัวเรือน รูปแบบการดำรงชีวิต รูปแบบของสินค้าที่บริโภค ทักษะคติในการดำรงชีวิต รวมทั้ง ฐานะเป็ยบและข้อบังคับต่างๆ ซึ่งจากการศึกษาพบว่าสัดส่วนของขยะในเขตเทศบาลทั่วประเทศ ประกอบไปด้วยขยะอินทรีย์มากที่สุดถึงร้อยละ 48 รองลงมาได้แก่ กระดาษต่างๆ พลาสติก แก้ว โลหะ และขยะอื่นๆ ในอัตราร้อยละ 15, 14, 5, 4 และ 14 ตามลำดับ

จากผลการวิจัยที่สืบค้นและรวบรวมได้ข้างต้นสรุปได้ว่า ลักษณะทางกายภาพของขยะจะ ประกอบไปด้วยขยะอินทรีย์หรือขยะที่ย่อยสลายได้เป็นส่วนใหญ่ กล่าวคือ ขยะอินทรีย์ที่พบใน กรุงเทพมหานครซึ่ง ได้แก่ เศษอาหารรวมทั้งเศษไม้และใบไม้ มีประมาณร้อยละ 52 (ณัฐวุฒิ แสน อำนาจผล, 2547) ขยะอินทรีย์ที่พบในเขตเทศบาลทั่วประเทศมีประมาณร้อยละ 48 (Thaniya Kaosol, 2009) ส่วนในกรณีของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต พบว่ามีขยะอินทรีย์รวมกัน ทั้งหมดประมาณร้อยละ 51 (อุษา วิเศษสุนน, 2547) และในสถาบันราชภัฏสวนสุนันทาเองก็มีข้อมูล เบื้องต้นว่ามีขยะอินทรีย์ที่เป็นเศษอาหารและอื่นๆ ประมาณร้อยละ 47 (มลจิตา พวงสดและปนัดดา มะลิหอม, 2542) ซึ่งตัวเลขของปริมาณขยะอินทรีย์จากงานวิจัยต่างๆ ที่กล่าวมาแสดงไปในทิศทาง เดียวกันว่า องค์ประกอบของขยะในบ้านเรามีขยะอินทรีย์อยู่เป็นจำนวนมากซึ่งสามารถนำมาแปร สภาพเพื่อกลับมาใช้ประโยชน์ได้เป็นอย่างดี และในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยก็มีความประสงค์ที่จะศึกษา ถึงการนำขยะอินทรีย์ดังกล่าวที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยฯ กลับมาใช้รูปแบบต่างๆ เพื่อให้เกิด ประโยชน์สูงสุดต่อไป

ส่วนผลสรุปจากงานวิจัยข้างต้นเกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของขยะพบว่า ขยะทั่วไปมีปริมาณความชื้นอยู่ค่อนข้างสูง เช่น ขยะภายในมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต มีความชื้นประมาณร้อยละ 67 (อุษา วิเศษสุนน, 2547) ในขณะที่ขยะในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครมี ปริมาณความชื้นร้อยละ 62 (ณัฐวุฒิ แสนอำนาจผล, 2547) ตามลำดับ ซึ่งปริมาณความชื้นที่สูงเช่นนี้ จะมีผลต่อการนำขยะดังกล่าวกลับมาใช้ประโยชน์ไม่ว่าการนำไปทำปุ๋ยหมักหรือการนำไปใช้เป็น แหล่งพลังงาน ซึ่งจะต้องศึกษาถึงกระบวนการที่เหมาะสมในการนำขยะที่มีความชื้นสูงมาใช้ ประโยชน์ต่อไป

2. งานวิจัยเกี่ยวกับการนำขยะมาหมักทำปุ๋ย

(1) ดลวาลย์ วัฒนะจิระ (2546) ทำการศึกษาความเป็นไปได้ของการนำขยะอินทรีย์และใบไม้แห้งมาทำปุ๋ยหมักตามกระบวนการหมักแบบใช้ออกซิเจน ซึ่งขยะที่นำมาใช้สำหรับการหมักปุ๋ยในครั้งนี้เป็นขยะอินทรีย์จำพวกเศษผักที่เหลือจากการบริโภคและจำหน่าย โดยรวบรวมมาจากร้านอาหารภายในสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคพายัพ (เจ็ดคริน) และจากตลาดสดหน้าวัดช่างเคี่ยน ร่วมกับใบไม้แห้งที่เก็บรวบรวมจากบริเวณต่างๆ ภายในสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคพายัพ (เจ็ดคริน) ในการศึกษาครั้งนี้ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุดคือ ชุดที่ 1 ใช้ใบไม้แห้งสับผสมกับขยะอินทรีย์และปุ๋ยจี้ค่างควา ชุดที่ 2 ใช้ใบไม้แห้งไม่สับผสมกับขยะอินทรีย์และปุ๋ยจี้ค่างควา ชุดที่ 3 ใช้ใบไม้แห้งสับผสมกับขยะอินทรีย์และปุ๋ยยูเรีย และชุดที่ 4 ใช้ใบไม้แห้งไม่สับผสมกับขยะอินทรีย์และปุ๋ยยูเรีย ตามลำดับ

ผลการศึกษาพบว่า อุณหภูมิภายในถังหมักปุ๋ยทั้ง 4 ชุดอยู่ในช่วงระหว่าง 21-38 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดต่างของถังหมักชุดที่ 1 และ 2 อยู่ในช่วง 6-8 ส่วนของถังหมักชุดที่ 3 และ 4 อยู่ในช่วง 7-10 ปริมาณความชื้นของทั้ง 4 ชุดมีค่าร้อยละ 50-60 ส่วนธาตุอาหารหลักซึ่งได้แก่ไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส : โพแทสเซียม มีค่าดังนี้ ในถังหมักปุ๋ยชุดที่ 1 ที่มีการพลิกกลับทุก 7 วัน, 14 วัน และไม่มีการพลิกกลับเลยมีค่า 1.69:0.41:1.20, 2.39:0.42:1.20 และ 1.39:0.46:1.21 ตามลำดับ ส่วนในถังหมักปุ๋ยชุดที่ 2 ที่มีการพลิกกลับทุก 7 วัน, 14 วัน และไม่มีพลิกกลับเลยมีค่า 1.74:0.38:1.21, 2.07:0.43:1.21 และ 2.02:0.40:1.20 ตามลำดับ และในถังหมักปุ๋ยชุดที่ 4 ที่มีการพลิกกลับทุก 7 วัน, 14 วัน และไม่มีพลิกกลับเลยมีค่า 4.04:0.25:1.20, 3.77:0.35:1.20 และ 3.80:0.38:1.20 ตามลำดับ ผลจากการทดลองข้างต้นอธิบายได้ว่าในถังหมักปุ๋ยชุดที่ 1 และชุดที่ 2 มีค่าของอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรดต่าง ความชื้น และธาตุอาหารหลักอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อขบวนการเมตาบอลิซึมของจุลินทรีย์ โดยมีอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำกว่าค่าที่เหมาะสมเล็กน้อย แต่การทดลองในถังหมักปุ๋ยชุดที่ 3 และชุดที่ 4 พบว่ามีค่าอุณหภูมิและความชื้นเท่านั้นที่เป็นสภาวะเหมาะสม ส่วนค่าอื่นๆ ไม่อยู่ในช่วงที่เหมาะสม

(2) นนทรัฐ อินิยม (2549) ทำการศึกษาการทำปุ๋ยหมักจากขยะในถังหมักแบบใช้อากาศ โดยได้ออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลเพื่อศึกษาผลของปัจจัย 2 ประการ ได้แก่ อัตราส่วนผสมของขยะซึ่งแสดงในรูปของอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน และอัตราการเติมอากาศเข้าสู่ถังหมักปุ๋ยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยสลายขยะ สำหรับขยะที่นำมาหมักทำปุ๋ยประกอบด้วยเศษอาหารจากโรงอาหาร ใบไม้แห้งที่หล่นตามพื้นภายในมหาวิทยาลัยรามคำแหง และเศษผักจากตลาดสด โดยเหตุผลที่นำเศษผักมาหมักร่วมกับเศษอาหารและใบไม้แห้งก็เพื่อเพิ่มปริมาณไนโตรเจนให้กับวัสดุหมักและปรับอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนของวัสดุหมักให้อยู่

ในช่วงที่เหมาะสม จากผลการทดลองพบว่าอัตราส่วนผสมของขยะ (หรืออัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน) และอัตราการเติมอากาศเข้าสู่ถังหมักมีผลต่อประสิทธิภาพการลดอินทรีย์คาร์บอนของขยะในถังหมักที่ระดับในนัยสำคัญ .01 โดยขยะที่มีอัตราส่วนการผสมของเศษอาหาร ใบไม้แห้ง และเศษผัก เท่ากับ 2:1:1 โดยน้ำหนักแห้ง หรือมีค่า C/N ratio ของขยะที่ผสมกันแล้วอยู่ในช่วง 25-30:1 จะมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนลดลงมากที่สุด ส่วนอัตราการเติมอากาศที่มีผลต่อการลดอินทรีย์คาร์บอนมากที่สุดคือ 300 ลิตรต่อนาที่ต่อปริมาตรถังหมัก 1 ลบ.ม. และเมื่อพิจารณาถึงปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยหมักที่ได้พบว่าอัตราส่วนการผสมของขยะมีผลต่อไนโตรเจนและโพแทสเซียมที่ระดับนัยสำคัญ .01 แต่ไม่มีผลต่อปริมาณฟอสฟอรัส ในขณะที่อัตราการเติมอากาศไม่มีผลต่อปริมาณธาตุอาหารทั้ง 3 ชนิด ทั้งนี้เมื่อวิเคราะห์คุณภาพของปุ๋ยหมักที่ได้จากการหมักขยะพบว่า ปุ๋ยหมักที่ได้มีคุณภาพใกล้เคียงกับมาตรฐานปุ๋ยหมัก โดยมีค่าความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 23.27 อินทรีย์คาร์บอนเฉลี่ยร้อยละ 18.93 ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเฉลี่ยร้อยละ 1.67, 0.78, และ 0.95 ตามลำดับ และมีค่าพีเอชเฉลี่ย 7.74 และค่า C/N ratio ประมาณ 11:1

จากผลการวิจัยเกี่ยวกับการนำขยะมาหมักทำปุ๋ยซึ่งเป็นการดำเนินงานวิจัยภายในสถาบันการศึกษาทั้ง 2 โครงการ คือสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคพายัพ จังหวัดเชียงใหม่ และมหาวิทยาลัยรามคำแหง กรุงเทพมหานคร สรุปได้ว่าขยะอินทรีย์ที่นำมาใช้ทำปุ๋ยหมักโดยอาศัยกระบวนการหมักแบบใช้อากาศ ได้แก่ ขยะจำพวกเศษอาหาร เศษผัก และเศษใบไม้แห้ง ซึ่งผลผลิตที่ได้มีคุณภาพใกล้เคียงกับมาตรฐานปุ๋ยหมักที่กำหนดไว้ และในการทำวิจัยของผู้วิจัยในครั้งนี้จะมีกระบวนการที่คล้ายกับงานวิจัยของมหาวิทยาลัยรามคำแหง กล่าวคือ ได้เลือกใช้ชนิดของขยะที่เป็นเศษอาหาร เศษผัก และเศษใบไม้ แต่มีการเพิ่มเติมขยะจำพวกเศษผลไม้และเศษหญ้าสดเข้าไปด้วย ทั้งนี้อาจมีการกำหนดสัดส่วนของขยะที่ใช้แต่ละชนิดแตกต่างกันไปเพื่อให้เกิดสภาวะที่เหมาะสมมากที่สุดในกระบวนการหมักปุ๋ยแบบใช้อากาศ

3. งานวิจัยเกี่ยวกับการนำขยะมาทำเชื้อเพลิงอัดแท่ง

(1) สุริยา ชัยเดชทยากุล (2544) ศึกษาการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากส่วนผสมระหว่างกากตะกอนน้ำเสียและเศษชิ้นไม้สับจากโรงงานผลิตเยื่อกระดาษ โดยนำเอากากตะกอนน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียมารวมกับเศษชิ้นไม้สับจำนวน 11 อัตราส่วนดังนี้ 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, 40:60, 30:70, 20:80, 10:90 และ 0:100 โดยน้ำหนัก แล้วทำการอัดแท่งเป็นเชื้อเพลิง ผลจากการศึกษาพบว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตขึ้นจากส่วนผสมระหว่างกากตะกอนน้ำเสียกับเศษชิ้นไม้สับที่อัตราส่วนตั้งแต่ 100:0 ถึง 40:60 สามารถอัดขึ้นรูปเป็นเชื้อเพลิงแท่งได้ โดยวัดค่าความร้อนได้ในระดับที่ใกล้เคียงกันคือมีค่าเฉลี่ยประมาณ 4,090 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม

(2) นิสากร ดอนกระสินธุ์ (2545) ทำการศึกษาถึงความเหมาะสมในการนำกากไขมันจากบ่อคักไขมันของสถานที่จำหน่ายอาหารกลับมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยนำมาผสมกับขี้เถ้าในอัตราส่วนระหว่างกากไขมันต่อขี้เถ้า 4 อัตราส่วนคือ 1:1, 1:2, 1:3 และ 1:4 ผลจากการศึกษาพบว่า การทำแท่งเชื้อเพลิงด้วยส่วนผสมดังกล่าวข้างต้นสามารถกระทำได้แต่ถ้ามีสัดส่วนของขี้เถ้าสูงขึ้นจะทำให้อัดเป็นแท่งได้ยากขึ้น ส่วนค่าความร้อนที่ได้รับพบว่า กากไขมันต่อขี้เถ้าที่อัตราส่วน 1:1 มีค่าความร้อนสูงสุดคือ 7065 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม รองลงมาได้แก่อัตราส่วน 1:2, 1:3 และ 1:4 ซึ่งมีค่าความร้อนเท่ากับ 6915, 6466 และ 6117 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม การนำเชื้อเพลิงอัดแท่งเหล่านี้มาใช้งานในครัวเรือนเพื่อการหุงต้มด้วยเตาด่านยังมีความเหมาะสม เนื่องจากเชื้อเพลิงมีสารระเหยสูง จึงต้องการอากาศในการเผาไหม้ก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้สารระเหย ดังนั้น จึงควรศึกษาและพัฒนารูปแบบในการนำกากไขมันจากบ่อคักไขมันกลับมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบอื่นๆ ด้วย

(3) พุทธิธร แสงรุ่งเรือง และคณะ (2549) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือใช้ในพื้นที่จังหวัดนนทบุรี ได้แก่ ขี้เถ้าเหลือทิ้งจากการเพาะเห็ด เปลือกทุเรียน แกลบ กระถินณรงค์ โสน และกากมะพร้าว นำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบไม่ใช้ตัวประสานและแบบใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน โดยใช้เครื่องอัดแท่งแบบเกลียวไม่ใช้ความร้อนและแรงอัดต่ำในอัตราส่วนต่างๆ กัน จากการศึกษาคุณสมบัติทางด้านการให้พลังงานของเชื้อเพลิงอัดแท่งพบว่า เศษวัสดุเหลือใช้ที่เลือกมาทำการวิจัยมีศักยภาพในการผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งได้เมื่อเปรียบเทียบกับฟืนและถ่านไม้ โดยเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ให้ค่าความร้อนสูงสุดคือ ขี้เถ้า : แป้งมันในอัตราส่วน 2:1 รองลงมาได้แก่ ขี้เถ้า : แกลบ : แป้งมันในอัตราส่วน 5:5:1 เปลือกทุเรียน : แป้งมันในอัตราส่วน 10:1 กระถินณรงค์ : ขี้เถ้า : แป้งมันในอัตราส่วน 3:7:1 เปลือกทุเรียน : ขี้เถ้า : แป้งมันในอัตราส่วน 9:9:1 และ โสน : กากมะพร้าว : แป้งมันในอัตราส่วน 5:5:1 ตามลำดับ โดยมีค่าความร้อนเท่ากับ 4726.48, 4434.28, 4220.24, 4069.92, 3909.87 และ 3459 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตได้ดังกล่าวสามารถลุกติดไฟได้ดี มีควันน้อย และให้ความร้อนได้เร็ว

(4) ศิริวรรณ ศรีสรณ์ตรี (2549) ทำการศึกษากการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากแกลบและฟางข้าว โดยเลือกใช้กระบวนการอัดแท่งด้วยวิธีอัดแบบเปียกหรือแบบเย็น ซึ่งตัวประสานที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มี 2 ชนิด ได้แก่ โมลาสและน้ำแป้ง ในสัดส่วน 1:1, 1:0.5 และ 1:0.3 จากนั้นทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของเชื้อเพลิงอัดแท่งดังกล่าว ได้แก่ ค่าความร้อน ความหนาแน่น ปริมาณความชื้น ค่าต้านทานแรงกด ปริมาณเถ้า ปริมาณสารระเหย และปริมาณคาร์บอนคงตัว ผลจากการทดลองพบว่า เชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีความแข็งแรงและมีค่าความร้อนสูงสุดคือ

เชื้อเพลิงที่ใช้โมลาสเป็นตัวประสาน โดยสามารถให้ค่าต้านทานแรงกดสูงสุดที่ 1.29 กิโลปาสคาล และค่าความร้อนสูงสุดประมาณ 21.1 เมกะจูลต่อกิโลกรัม

(5) อรรถกร ฤกษ์วีรี (2549) ทำการศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากขยะชุมชน โดยเป็นการทดสอบเพื่อหาความเหมาะสมในการนำขยะชุมชนมาทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง สำหรับขยะที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ เศษกระดาษและเศษไม้/ใบไม้ นำมาผสมกันในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 5 อัตราส่วนคือ 95 : 5, 75 : 25, 50 : 50, 25 : 75 และ 5 : 95 โดยน้ำหนัก และทำการวิเคราะห์หาค่าความร้อนเพื่อคว่าอัตราส่วนใดให้ค่าความร้อนสูงที่สุด จากผลการทดลองพบว่าสามารถทำการอัดแท่งเชื้อเพลิงได้โดยไม่ต้องใช้ตัวประสาน แต่ในการอัดแท่งเชื้อเพลิงบางอัตราส่วนต้องมีการเพิ่มปริมาณความชื้นในการอัดแท่งเข้าไปอีก และจากการวิเคราะห์ค่าความร้อนที่ได้พบว่า อัตราส่วนที่ให้ค่าความร้อนสูงที่สุดคือ เศษกระดาษ : เศษไม้และใบไม้ ในอัตราส่วน 95 : 5 โดยน้ำหนัก ซึ่งให้ค่าความร้อนเฉลี่ย 3,518.06 แคลอรีต่อกรัม ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เช่นเดียวกันกับถ่านแกลบหรือถ่านชานอ้อย เป็นต้น

(6) อัจฉรา อิศวรจุลชัย และคณะ (2554) ทำการศึกษาการนำไขมันและน้ำมันจากบ่อดักไขมันมาเป็นใช้ในการทำเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยนำมาผสมกับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรชนิดต่างๆ ได้แก่ เศษไม้ ชานอ้อย และเส้นใยปาล์ม ผลจากการศึกษาพบว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตจากไขมันและน้ำมันผสมกับชานอ้อยให้ค่าความร้อนสูงสุดคือ 8,442 แคลอรีต่อกรัม รองลงมาได้แก่เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตจากไขมันและน้ำมันผสมกับเส้นใยปาล์มและผสมกับเศษไม้ ซึ่งให้ค่าความร้อนเท่ากับ 7,315 และ 6,993 แคลอรีต่อกรัม ตามลำดับ

จากผลการวิจัยที่สืบค้นและรวบรวมได้ข้างต้นสรุปได้ว่า วัสดุเหลือใช้ต่างๆ เช่น จี๊เลื้อย แกลบ ฟางข้าว เศษไม้ รวมทั้งขยะจำพวกเปลือกทุเรียน เศษกระดาษ เศษใบไม้ ตลอดจนกากไขมันจากบ่อดักไขมันและกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย มีศักยภาพที่จะนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานในรูปของเชื้อเพลิงอัดแท่งได้โดยให้ค่าความร้อนในระดับต่างๆ กัน เช่น จี๊เลื้อยผสมกับกากไขมันในอัตราส่วน 1:1 สามารถให้ค่าความร้อนสูงถึง 7,065 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม (นิศากร ดอนกระสินธุ์, 2545) หรือเปลือกทุเรียนผสมกับแป้งมันในอัตราส่วน 1:1 สามารถให้ค่าความร้อนเท่ากับ 4,220 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม (พุทธิธร แสงรุ่งเรือง และคณะ, 2549) และเศษกระดาษกับเศษไม้และใบไม้ในอัตราส่วน 95 : 5 ให้ค่าความร้อนเท่ากับ 3,518.06 แคลอรีต่อกรัม เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบว่างานวิจัยส่วนใหญ่มีการนำแป้งมันสำปะหลังมาใช้เป็นตัวประสานเพื่อให้เชื้อเพลิงสามารถขึ้นรูปเป็นแท่งได้ในการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งด้วยวิธีที่ไม่ใช้ความร้อนหรือแบบอัดเปียก ซึ่งตัวแป้งมันเองนอกจากจะทำหน้าที่เป็นตัวประสานแล้วยังน่าจะเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เชื้อเพลิงอัดแท่งมีค่าความร้อนสูงขึ้นด้วย

อย่างไรก็ตาม จากงานวิจัยที่สืบค้นและรวบรวมได้ข้างต้นยังไม่พบว่ามี การทดลองนำ ขยะอินทรีย์หรือขยะย่อยสลายได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเศษอาหาร เศษผักและผลไม้ รวมทั้งเศษหญ้า และใบไม้ต่างๆ มาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งเลย ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความประสงค์ที่จะศึกษาถึงการนำ ขยะเหล่านี้มาใช้เป็นแหล่งพลังงานความร้อนในรูปของเชื้อเพลิงอัดแท่งว่ามีศักยภาพมากน้อย เพียงใด และเนื่องจากขยะดังกล่าวมีจำนวนเกิดขึ้นมากแต่ละวันภายในมหาวิทยาลัยฯ ดังนั้น ผล การศึกษานี้ น่าจะเป็นแนวทางหนึ่งในการจัดการขยะภายในมหาวิทยาลัยฯ เพื่อทำให้เกิดประโยชน์ สูงสุดต่อไปในอนาคต

บทที่ 3

ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินงานวิจัยภายใต้โครงการย่อยที่ 1 เรื่อง “การศึกษาศักยภาพในการแปรสภาพขยะที่ย่อยสลายได้เพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา” ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีดำเนินงานวิจัยออกเป็น 3 ส่วนตามวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย ดังนี้คือ

ส่วนที่ 1: การศึกษาสำรวจสถานการณ์เกี่ยวกับชนิดและปริมาณการเกิดขยะที่ย่อยสลายได้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ประกอบด้วยหัวข้อในการดำเนินงานวิจัยดังนี้

1. การศึกษาชนิด ปริมาณ และการจัดการขยะที่ย่อยสลายได้โดยใช้แบบสอบถาม
2. การสำรวจชนิดและปริมาณการเกิดขยะที่ย่อยสลายได้โดยการสุ่มชั่งน้ำหนักขยะ

ส่วนที่ 2: การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของขยะที่ย่อยสลายได้ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ประกอบด้วยหัวข้อในการดำเนินงานวิจัยดังนี้

1. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของขยะที่ย่อยสลายได้
2. การศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของขยะที่ย่อยสลายได้

ส่วนที่ 3: การประเมินเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการนำขยะที่ย่อยสลายได้ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทามาใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ ประกอบด้วยหัวข้อในการดำเนินงานวิจัยดังนี้

1. การนำมาทำปุ๋ยหมัก
2. การนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงาน

ส่วนที่ 1: การศึกษาสำรวจสถานการณ์เกี่ยวกับชนิดและปริมาณการเกิดขยะที่ย่อยสลายได้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

การศึกษาสำรวจสถานการณ์เกี่ยวกับชนิดและปริมาณการเกิดขยะที่ย่อยสลายได้ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา เป็นการดำเนินงานในลำดับแรกของโครงการวิจัย เพื่อให้ทราบถึงข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับชนิดและปริมาณของขยะที่ย่อยสลายได้ภายในมหาวิทยาลัยฯ ว่ามีจำนวนมากน้อยเพียงใดในแต่ละวัน ซึ่งวิธีที่ใช้ในการศึกษาสำรวจข้อมูลดังกล่าวได้อาศัยกระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูล 2 แนวทางด้วยกัน ได้แก่ การเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามเพื่อสัมภาษณ์กลุ่มเป้าหมายที่เกี่ยวข้องกับการเก็บรวบรวมขยะ และการเก็บข้อมูลโดยสุ่มชั่งน้ำหนักขยะที่เก็บรวบรวมจากภาชนะรองรับขยะและอื่นๆ ซึ่งรายละเอียดของวิธีการดำเนินงานมีดังต่อไปนี้

1. การศึกษาชนิด ปริมาณ และการจัดการขยะที่ย่อยสลายได้โดยใช้แบบสอบถาม

การศึกษาชนิดและปริมาณรวมทั้งการจัดการขยะที่ย่อยสลายได้โดยใช้แบบสอบถามมีขั้นตอนในการดำเนินงาน 4 ขั้นตอน ประกอบด้วย การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง การสร้างแบบสอบถาม การเก็บรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล ตามลำดับ

1.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ประชากรในการศึกษาครั้งนี้ได้แก่ ผู้ที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการเก็บรวบรวมขยะตามแหล่งกำเนิดต่างๆ ภายในมหาวิทยาลัยฯ ซึ่งมีจำนวนรวมทั้งสิ้น 92 คน โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มคือ คนสวน 11 คน คนงานเก็บขนขยะ 4 คน แม่บ้านทำความสะอาดอาคาร 56 คน และเจ้าของร้านค้าจำหน่ายอาหาร 21 คน โดยในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ประชากรทั้งหมดเป็นกลุ่มตัวอย่างในการเก็บข้อมูล

1.2 การสร้างแบบสอบถาม แบบสอบถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างข้างต้นแบ่งออกเป็น 4 ชุดจำแนกตามกลุ่มเป้าหมายแต่ละกลุ่มคือ คนสวน คนงานเก็บขนขยะ แม่บ้านทำความสะอาดอาคาร และเจ้าของร้านค้าจำหน่ายอาหาร ตามลำดับ โดยมีขั้นตอนในการสร้างแบบสอบถามดังนี้คือ

(1) สร้างข้อคำถามเกี่ยวกับการสำรวจชนิด ปริมาณ และการจัดการขยะภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา โดยแบบสอบถามแต่ละชุดแบ่งออกเป็น 3 ตอน ได้แก่ ข้อมูลส่วนตัว ข้อมูลสถานการณ์และการจัดการขยะภายในมหาวิทยาลัยฯ และความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการขยะ ตามลำดับ (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก)

(2) ตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถาม ซึ่งได้แก่การตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา (content validity) โดยนำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านทำการตรวจสอบความถูกต้องและครบถ้วนของเนื้อหา จากนั้นนำแบบสอบถามที่ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแล้วมาวิเคราะห์หาดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยใช้เกณฑ์การคัดเลือกข้อคำถามที่มีค่า IOC > 0.50 ส่วนข้อคำถามที่ไม่ถึงเกณฑ์ดังกล่าวให้ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญเพื่อนำไปใช้ต่อไป (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข)

1.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้มอบหมายให้ผู้ช่วยนักวิจัยของโครงการฯ เก็บข้อมูลโดยแจกแบบสอบถามให้กับกลุ่มตัวอย่างทั้ง 92 คน พร้อมทั้งทำการสัมภาษณ์เป็นรายบุคคลเพื่อให้ได้ข้อมูลที่สมบูรณ์ที่สุดในแบบสอบถามแต่ละชุด จากนั้นจึงรวบรวมแบบสอบถามทั้งหมดที่ได้รับเพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนต่อไป

1.4 การวิเคราะห์ข้อมูล ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (mean) ความถี่ (frequency) และร้อยละ (percentage) เพื่อสรุปผลเกี่ยวกับชนิด ปริมาณ และการจัดการขยะที่ย่อยสลายได้ภายในมหาวิทยาลัยฯ

2. การสำรวจชนิดและปริมาณการเกิดขยะที่ย่อยสลายได้โดยการสู่มัชนีน้ำหนักรักษา

การสำรวจชนิดและปริมาณขยะภายในมหาวิทยาลัยฯ โดยการสู่มัชนีน้ำหนักรักษาที่เกิดขึ้นในรอบวันได้แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 3 ขั้นตอน เพื่อให้สามารถสู่มัชนีน้ำหนักรักษาได้ครบทุกประเภทไม่เฉพาะแต่ขยะที่ย่อยสลายได้เท่านั้น ซึ่งประกอบด้วย การสู่มัชนีน้ำหนักรักษาทุกๆ ไปที่ทิ้งรวมกันในถังขยะที่ตั้งไว้โดยรอบมหาวิทยาลัยฯ การสู่มัชนีน้ำหนักรักษาที่ย่อยสลายได้จำพวกเศษผักและผลไม้ เศษอาหาร รวมทั้งเศษหญ้าและใบไม้ที่ทิ้งลงในถังที่จัดแยกไว้ต่างหากจากขยะทุกๆ ไป และการสู่มัชนีน้ำหนักรักษาจำพวกกากไขมันจากบ่อคักไขมันของร้านค้าจำหน่ายอาหาร ตามลำดับ ซึ่งรายละเอียดในการสู่มัชนีน้ำหนักรักษาแต่ละประเภทมีดังต่อไปนี้

2.1 การสู่มัชนีน้ำหนักรักษาทั่วไปจากถังขยะ ดำเนินการ โดยสู่มัชนีน้ำหนักรักษาที่ถูกทิ้งรวมกันในถังขยะที่ตั้งอยู่ภายนอกอาคารทั้งหมดในบริเวณมหาวิทยาลัยฯ โดยถังขยะเหล่านี้จะถูกเก็บรวบรวมมาไว้ยังจุดทิ้งขยะรวมของมหาวิทยาลัยฯ เพื่อรอการเก็บขนจากทางกรุงเทพมหานคร ซึ่งในการสู่มัชนีน้ำหนักรักษาดังกล่าวได้ดำเนินการทุกสัปดาห์ๆ ละ 2 วันคือ วันพุธ (วันทำงาน) และวันอาทิตย์ (วันหยุดสุดสัปดาห์) เป็นระยะเวลา 5 เดือนในช่วงระหว่างเดือนสิงหาคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2553 ทั้งนี้เพื่อเป็นการสำรวจปริมาณขยะที่เกิดขึ้นต่อวันภายในมหาวิทยาลัยฯ (ภาพที่ 6)



ภาพที่ 6 การสู่มัชนีน้ำหนักรักษาจากถังขยะภายในมหาวิทยาลัยฯ

2.2 การชั่งน้ำหนักขยะที่ย่อยสลายได้จากแหล่งกำเนิด ดำเนินการโดยชั่งน้ำหนักขยะที่ย่อยสลายได้ตามแหล่งที่เกิดขยะดังกล่าว ได้แก่ เศษผักและผลไม้ที่ใช้ประกอบอาหารต่างๆ จากร้านค้าจำหน่ายอาหาร เศษอาหารจากการบริโภคอาหารภายในโรงอาหารของนักเรียน นักศึกษา และบุคลากรภายในมหาวิทยาลัย และเศษหญ้าและเศษใบไม้จากการตกแต่งสวนหย่อมโดยรอบมหาวิทยาลัย ซึ่งขยะจากทั้ง 3 แหล่งนี้จะถูกนำมาทิ้งลงในถังที่จัดแยกไว้แต่ละประเภทต่างหากจากขยะทั่วไป ในการสุ่มชั่งน้ำหนักขยะเหล่านี้ได้ดำเนินการทุกสัปดาห์ๆ ละ 2 วัน คือ วันพุธ (วันทำงาน) และวันอาทิตย์ (วันหยุดสุดสัปดาห์) เช่นเดียวกัน เป็นระยะเวลา 2 เดือนในช่วงระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ. 2553 ถึงมกราคม พ.ศ. 2554 ทั้งนี้เพื่อเป็นการสำรวจว่าขยะที่ย่อยสลายได้ซึ่งจะนำกลับมาใช้ประโยชน์มีปริมาณที่เกิดขึ้นมากน้อยเพียงใด

2.3 การชั่งน้ำหนักกากไขมันจากปอดักไขมัน ดำเนินการโดยชั่งน้ำหนักขยะที่เป็นกากไขมันจากปอดักไขมันของร้านค้าจำหน่ายอาหารทั้งหมดภายในมหาวิทยาลัยฯ ซึ่งในการชั่งน้ำหนักกากไขมันนี้ได้ดำเนินการในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม พ.ศ. 2554 โดยทำการสุ่มชั่งทุกสัปดาห์ๆ ละ 2 วัน คือ วันพุธ (วันทำงาน) และวันอาทิตย์ (วันหยุดสุดสัปดาห์) เช่นเดียวกันกับขยะประเภทอื่นๆ ที่กล่าวมาข้างต้น สำหรับการสำรวจปริมาณกากไขมันนี้ก็เพื่อที่จะได้ทราบว่าปริมาณมากเพียงพอต่อการที่จะนำกลับมาใช้ประโยชน์หรือไม่ อย่างไร

ส่วนที่ 2: การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของขยะที่ย่อยสลายได้ภายใน

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของขยะที่ย่อยสลายได้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา เป็นการดำเนินงานในลำดับที่สองของโครงการวิจัย ซึ่งต่อเนื่องจากการศึกษาสำรวจชนิดและปริมาณของขยะดังกล่าวในส่วนที่ 1 กระบวนการดำเนินงานประกอบด้วยการสุ่มตัวอย่างขยะเพื่อนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ และทำการศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของขยะที่ย่อยสลายได้ว่าแต่ละประเภทมีความแตกต่างกันหรือไม่ ซึ่งรายละเอียดของวิธีการดำเนินงานมีดังต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของขยะที่ย่อยสลายได้

กระบวนการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของขยะที่ย่อยสลายได้ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ซึ่งจำแนกออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ เศษผักและผลไม้ เศษอาหารรวมทั้งเศษหญ้าและเศษใบไม้ มีรายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการสุ่มตัวอย่างและจำนวนตัวอย่างขยะเพื่อนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ และวิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีในแต่ละพารามิเตอร์ ดังนี้

1.1 คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีที่ทำการวิเคราะห์ ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้กำหนดให้ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของขยะที่ย่อยสลายได้ทั้ง 3 ประเภทดังนี้คือ คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ปริมาณความชื้น (moisture content) และคุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) และค่าความร้อน (heating value) ตามลำดับ ซึ่งคุณสมบัติต่างๆ ดังกล่าวข้างต้นจะนำไปใช้ในการพิจารณาว่าขยะย่อยสลายได้แต่ละประเภทมีความเหมาะสมที่จะนำกลับมาใช้ประโยชน์ในรูปของการหมักทำปุ๋ยหรือใช้เป็นแหล่งพลังงานได้มากน้อยเพียงใด

1.2 จำนวนตัวอย่างขยะที่ทำการวิเคราะห์ ทำการเก็บตัวอย่างขยะที่ย่อยสลายได้ตามแหล่งกำเนิด ได้แก่ (1) เศษผักและผลไม้ที่ใช้ประกอบอาหารต่างๆ จากร้านค้าจำหน่ายอาหาร (2) เศษอาหารจากการบริโภคอาหารภายในโรงอาหารของนักเรียน นักศึกษา และบุคลากรภายในมหาวิทยาลัย และ (3) เศษหญ้าและเศษใบไม้จากการตกแต่งสวนหย่อม ตามลำดับ โดยใช้ระยะเวลาดำเนินการรวม 5 เดือน ในช่วงระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงพฤศจิกายน พ.ศ.2553 โดยกำหนดให้มีการเก็บตัวอย่างขยะแต่ละประเภทจำนวน 3 ครั้งในแต่ละเดือน กำหนดระยะเวลาห่างกันประมาณ 10 วันต่อหนึ่งครั้ง คิดเป็นจำนวนตัวอย่างขยะที่ต้องนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการรวมทั้งสิ้น 45 ตัวอย่าง โดยทำการวิเคราะห์ตัวอย่างขยะแต่ละตัวอย่างจำนวน 2 ซ้ำเพื่อหาค่าเฉลี่ย

1.3 วิธีการสุ่มตัวอย่างขยะเพื่อนำมาวิเคราะห์ ดำเนินการสุ่มตัวอย่างตามคู่มือการเก็บตัวอย่างขยะของกรมควบคุมมลพิษ (2552) โดยการใช้อั่งตวงขนาด 50 ลิตร ตวงขยะตามจุดต่างๆ หลายๆ จุด แล้วนำมากองรวมกันให้ได้ประมาณ 1 ลูกบาศก์เมตร จากนั้นแบ่งตัวอย่างขยะออกเป็น 4 ส่วน (quartering) แล้วเลือกตัวอย่าง 2 ส่วนที่กองอยู่ตรงข้ามกันมารวมกัน แล้วคลุกให้เข้ากันอีกหนเพื่อให้องค์ประกอบต่างๆ กระจายตัวอย่างทั่วถึง จากนั้นดำเนินการทำซ้ำไปเรื่อยๆ จนกระทั่งเหลือตัวอย่างขยะประมาณ 20 ลิตร จึงได้ตัวอย่างขยะที่จะนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการต่อไป (ดังภาพที่ 7)

1.4 วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างขยะ ดำเนินการวิเคราะห์ตัวอย่างขยะเพื่อตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของขยะที่ย่อยสลายได้โดยอาศัยวิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างที่รวบรวมโดยไพศาล ผดุงศิริกุล (2538) ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ก ซึ่งมีรายละเอียดโดยย่อของการวิเคราะห์ในแต่ละพารามิเตอร์ ดังนี้

(1) ปริมาณความชื้น (moisture content) คือปริมาณน้ำที่มีอยู่ในขยะ การหาปริมาณความชื้นของขยะสามารถคำนวณได้โดยใช้สูตรต่อไปนี้

$$m = \frac{(w - d) \times 100}{w}$$

w



(1) เศษผักและ
ผลไม้



(2) เศษอาหาร



(3) เศษหญ้าและ
ใบไม้



ภาพที่ 7 วิธีการสุมตัวอย่างขยะย่อยสลายได้ประเภทต่างๆ

โดยที่ m = ค่าความชื้น (%)

w = น้ำหนักของตัวอย่างขยะที่วัดได้ในการเก็บขน

d = น้ำหนักของขยะหลังอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส

(2) ไนโตรเจน (N) คือ ส่วนประกอบที่เป็นไนโตรเจนที่มีอยู่ในขยะ โดยจะอยู่ในรูปของ Organic-Nitrogen หรือ Ammonia-Nitrogen การคำนวณหาปริมาณไนโตรเจนสามารถคำนวณได้โดยใช้สูตรต่อไปนี้

$$\%N = \frac{(A - B) \times N \times 14 \times 100}{C}$$

โดยที่ A = ปริมาตรของ H_2SO_4 ที่ใช้ไตเตรทสำหรับตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B = ปริมาตรของ H_2SO_4 ที่ใช้ไตเตรทสำหรับ Blank (มิลลิลิตร)

N = ความเข้มข้นของ H_2SO_4 ที่ใช้ไตเตรท

C = น้ำหนักของตัวอย่างขยะ (มิลลิกรัม)

(3) ฟอสฟอรัส (P) คือ ส่วนประกอบที่เป็นฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในขยะ โดยจะอยู่ในรูปสารประกอบฟอสเฟต (phosphate) วิเคราะห์โดยใช้วิธี Ascorbic acid method โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer ในการวัดที่มีช่วงความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร

(4) โพแทสเซียม (K) คือ ส่วนประกอบที่เป็นโพแทสเซียมที่มีอยู่ในขยะ ทำการวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer

(5) อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) คือ ส่วนประกอบของขยะที่เป็นสัดส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจน ซึ่งสามารถคำนวณได้โดยใช้สูตรต่อไปนี้

$$C/N = \frac{\%C}{\%N}$$

โดยที่ C/N = อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน

$\%C$ = ปริมาณคาร์บอนในตัวอย่างขยะ (%)

$\%N$ = ปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่างขยะ (%)

(6) ค่าความร้อน (heating value) คือ ความร้อนที่เกิดขึ้นจากการเผาขยะในพื้นที่จำกัด และให้สันดาปกับออกซิเจนบริสุทธิ์ ในการวิเคราะห์ค่าความร้อนสามารถดำเนินการโดยใช้เครื่อง Oxygen Bomb Calorimeter ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดหาปริมาณความร้อนจากขยะโดยการจุดบันทึกการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเมื่อเกิดการเผาไหม้ภายใน Oxygen Bomb ความร้อนที่เกิดขึ้นจะทำให้อุณหภูมิรอบๆ Oxygen Bomb สูงขึ้นอย่างรวดเร็ว และจะถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำซึ่งบรรจุโดยรอบ calorimeter

2. การศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของขยะที่ย่อยสลายได้

การศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพ อันได้แก่ ปริมาณความชื้น และคุณสมบัติทางเคมีซึ่งประกอบด้วยธาตุอาหารหลัก 3 ชนิดคือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม รวมทั้งอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนและค่าความร้อนของขยะที่ย่อยสลายได้ในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ว่าขยะที่ย่อยสลายได้ทั้ง 3 ประเภทมีคุณสมบัติดังกล่าวแตกต่างกันหรือไม่ และขยะประเภทใดที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการนำกลับมาใช้ประโยชน์ทั้งในรูปของการทำปุ๋ยหมักและการนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานมากที่สุด ซึ่งกระบวนการศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติข้างต้นมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา ตัวแปรที่เกี่ยวข้องแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ ตัวแปรอิสระ และตัวแปรตาม ดังนี้คือ

(1) ตัวแปรอิสระ (independent variables) หมายถึง ประเภทของขยะที่ย่อยสลายได้ภายในมหาวิทยาลัยฯ ได้แก่

- เศษผักและผลไม้
- เศษอาหาร
- เศษหญ้าและเศษใบไม้

(2) ตัวแปรตาม (dependent variables) หมายถึง คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของขยะที่ย่อยสลายได้ภายในมหาวิทยาลัยฯ ได้แก่

- ปริมาณความชื้น
- ไนโตรเจน
- ฟอสฟอรัส
- โพแทสเซียม
- อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน
- ค่าความร้อน

2.2 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ สถิติที่ใช้ในการศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติของขยะที่ย่อยสลายได้ทั้ง 3 ประเภทคือ One-Way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ .05 โดยมีสมมติฐานของการวิจัย ดังนี้คือ

H_0 : ขยะย่อยสลายได้ต่างประเภทกันมีคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีไม่แตกต่างกัน

H_1 : ขยะที่ย่อยสลายได้ต่างประเภทกันมีคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีแตกต่างกัน

ส่วนที่ 3: การประเมินเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการนำขยะที่ย่อยสลายได้มาใช้ประโยชน์ ในรูปแบบต่างๆ

การประเมินเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการนำขยะที่ย่อยสลายได้มาใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ เป็นการดำเนินงานในลำดับที่สามของโครงการวิจัย ซึ่งต่อเนื่องจากการศึกษาสำรวจชนิดและปริมาณ และการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของขยะที่ย่อยสลายได้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาใน ส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 ตามลำดับ วัตถุประสงค์ของการดำเนินงานก็คือเพื่อประเมินว่าเทคโนโลยีที่เลือกใช้ในการนำขยะที่ย่อยสลายได้กลับมาใช้ประโยชน์ทั้งในรูปแบบของการทำปุ๋ยหมักและเป็นแหล่งพลังงานมีศักยภาพที่จะทำได้ดีมาน้อยเพียงใด ซึ่งรายละเอียดของวิธีการดำเนินงานมีดังต่อไปนี้

1. การนำมาทำปุ๋ยหมัก

การทำปุ๋ยหมัก (composting) เป็นรูปแบบหนึ่งของการนำขยะที่ย่อยสลายได้ซึ่งเกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยฯ กลับมาใช้ประโยชน์ ซึ่งนับเป็นแนวทางที่จะช่วยลดปริมาณขยะที่รอกการเก็บขนจากทางกรุงเทพมหานครเพื่อนำไปกำจัดยังสถานที่ฝังกลบ (landfill) ได้เป็นอย่างดี รายละเอียดของกระบวนการทำปุ๋ยหมัก มีดังต่อไปนี้

1.1 รูปแบบของการหมักปุ๋ย การศึกษาครั้งนี้ได้เลือกรูปแบบการหมักปุ๋ยจากขยะโดยวิธีใช้ออกซิเจน (aerobic decomposition) ทั้งนี้เพื่อให้ได้ผลผลิตเป็นวัตถุอินทรีย์ที่เป็นประโยชน์สำหรับพืชซึ่งเรียกว่า “ฮิวมัส (humus)” ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการหมักทำปุ๋ยแสดงไว้ในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 อุปกรณ์หมักปุ๋ยแบบใช้ออกซิเจน

จากภาพที่ 8 จะเห็นว่าอุปกรณ์หมักปุ๋ยที่ใช้ในการศึกษาเป็นการประยุกต์เอาถังเหล็กที่มีปริมาตร 200 ลิตร มาวางในแนวนอนบนขาตั้งเหล็กรูปสามเหลี่ยม มีการเจาะรูขนาดประมาณ 0.5 นิ้วด้านข้างโดยรอบตัวถังเพื่อให้อากาศภายนอกสามารถถ่ายเทเข้าสู่ภายในถังหมักปุ๋ยได้ตลอดเวลา อันเป็นการรักษาสภาพแวดล้อมของการหมักปุ๋ยให้เป็นแบบใช้ออกซิเจน บริเวณด้านข้างของตัวถังหมักเจาะเป็นฝาขนาดประมาณ 1.5 x 2.0 ฟุต เพื่อใช้สำหรับเติมขยะที่จะหมักลงไปในถัง ส่วนด้านท้ายของถังยังการติดตั้งแกนเหล็กสำหรับหมุนถังหมักเพื่อให้เกิดการพลิกกลับกองปุ๋ยหมักภายในถังได้ตามความต้องการ (ฉัตรชัย จันทร์เด่นดวง, 2553)

1.2 ประเภทของขยะที่นำมาทำปุ๋ยหมัก ประกอบด้วยขยะที่ย่อยสลายได้ซึ่งเกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยฯ ทั้ง 3 ประเภท ได้แก่ เศษผักและผลไม้ เศษอาหาร รวมทั้งเศษหญ้าและเศษใบไม้ ทั้งนี้เพื่อเป็นการนำเอาขยะดังกล่าวมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด อย่างไรก็ตาม ในการที่จะใช้ขยะแต่ละประเภทมาทำปุ๋ยหมักในสัดส่วนเท่าใดนั้น ต้องพิจารณาความเหมาะสมเกี่ยวกับคุณสมบัติของขยะเหล่านั้นควบคู่กับปริมาณขยะแต่ละประเภทที่เกิดขึ้นด้วย

1.3 ขั้นตอนในการทำปุ๋ยหมัก การทำปุ๋ยหมักแบบใช้อากาศจากขยะประเภทต่างๆ ดังกล่าวข้างต้นมีขั้นตอนในการดำเนินงานดังแสดงในภาพที่ 9 และมีรายละเอียดโดยย่อๆ ดังนี้คือ

(1) จัดเตรียมวัตถุดิบที่จะใช้ในการหมักทำปุ๋ยซึ่งได้แก่ ขยะที่ย่อยสลายได้ทั้ง 3 ประเภทตามสัดส่วนที่เหมาะสม ทั้งนี้ให้พิจารณาจากคุณสมบัติที่ได้ทำการวิเคราะห์ในเบื้องต้น โดยเฉพาะอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 20-40:1

(2) ทำการสับขยะจำพวกเศษผักและผลไม้กับเศษหญ้าและใบไม้ให้มีขนาด 0.5-1.5 นิ้วโดยประมาณ ทั้งนี้เพื่อให้การย่อยสลายโดยจุลินทรีย์เป็นไปได้ง่ายและดียิ่งขึ้น

(3) นำขยะแต่ละประเภทใส่ลงในถังหมักปุ๋ยให้ได้ปริมาณรวมกันเท่ากับ $\frac{3}{4}$ ของปริมาตรถังหมักปุ๋ย โดยเว้นพื้นที่ว่างด้านบนเหลือไว้เป็นที่ระบายอากาศภายในถัง ซึ่งเป็นการป้องกันมิให้เกิดสภาพขาดออกซิเจนอันจะส่งผลเสียต่อกระบวนการหมักทำปุ๋ยได้

(4) ตรวจสอบปริมาณความชื้นของขยะภายในถังหมักซึ่งควรจะต้องให้มีความชื้นไม่ต่ำกว่าร้อยละ 40 หากพบว่ามิใช่ขยะที่ใช้หมักทำปุ๋ยมีสภาพแห้งเกินไปให้พรมน้ำลงบนขยะตามสมควรเพื่อเป็นการปรับระดับความชื้นให้เพิ่มสูงขึ้น

(5) ปิดฝาและหมุนแกนเหล็กที่อยู่ด้านท้ายของถังหมักปุ๋ยเพื่อทำการพลิกกลับขยะภายในถังหมักอย่างน้อยวันละ 1-2 ครั้งทุกๆ วัน ทั้งนี้เพื่อปรับสภาพภายในถังหมักมิให้มีออกซิเจนน้อยเกินไปซึ่งจะทำให้กระบวนการย่อยสลายเปลี่ยนไปเป็นแบบไร้อากาศได้

(6) สังเกตและจดบันทึกข้อมูลรายวัน เช่น ระดับอุณหภูมิภายในถังหมักปุ๋ย ปริมาณความชื้น กลิ่นเหม็น ฯลฯ ซึ่งโดยปกติอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วงระหว่าง

15-40 °C ทั้งนี้อุณหภูมิในช่วงเริ่มต้นจะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ และค่อยๆ ลดลงในภายหลังจนคงที่ ซึ่งเป็นการแสดงว่ากระบวนการหมักปุ๋ยได้เสร็จสมบูรณ์แล้ว

(7) นำปุ๋ยหมักที่ได้ออกจากถังหมักแล้วสูมตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ เพื่อตรวจสอบคุณภาพของปุ๋ยในขั้นต่อไป



(1)



(2)



(3)



(4)



(5)



(6)



(7)



(7)

ภาพที่ 9 ขั้นตอนการทำปุ๋ยหมักจากขยะที่ย่อยสลายได้

1.4 การตรวจสอบคุณภาพของปุ๋ยหมัก ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างปุ๋ยหมักในห้องปฏิบัติการ เพื่อตรวจสอบคุณภาพของปุ๋ยหมักที่ได้ว่ามีคุณภาพเป็นไปตามมาตรฐานที่กรมพัฒนาที่ดินกำหนดไว้หรือไม่ ทั้งนี้พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์ได้แก่

(1) ปริมาณธาตุอาหารหลักสำหรับการเจริญเติบโตพืชคือ ไนโตรเจน (N), ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K)

(2) อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio)

(3) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (organic matter, OM)

(4) ปริมาณความชื้น (moisture content)

(5) ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH)

2. การนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงาน

การนำขยะมาใช้เป็นแหล่งพลังงาน (Waste to energy) สามารถกระทำได้หลายแนวทาง เช่น การหมักในสภาวะไร้อากาศเพื่อให้เกิดเป็นก๊าซมีเทน หรือการเผาขยะในสภาวะที่ขาดออกซิเจน หรือมีออกซิเจนอยู่น้อยแล้วได้ผลผลิตเป็นก๊าซมีเทนเช่นเดียวกัน ซึ่งก๊าซชนิดนี้มีคุณสมบัติในการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อให้เกิดพลังงานความร้อนหรือพลังงานไฟฟ้าได้ แต่การวิจัยในครั้งนี้จะมุ่งเน้นถึงการนำเอาขยะที่ย่อยสลายได้มาใช้เป็นแหล่งพลังงานความร้อนโดยการผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง (Refuse derived fuel, RDF) ซึ่งมีกระบวนการดำเนินงานดังนี้

2.1 รูปแบบของการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากขยะ การศึกษาครั้งนี้ได้เลือกรูปแบบการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากขยะด้วยวิธีการอัดโดยไม่ใช้ความร้อนหรืออัดเปียก ซึ่งต้องใช้ตัวประสานเพื่อช่วยให้ขยะที่นำมาผลิตเชื้อเพลิงสามารถขึ้นรูปเป็นแท่งได้ ตัวประสานที่ใช้มี 2 ชนิดผสมเข้าด้วยกัน ได้แก่

(1) กากไขมันที่รวบรวมจากบ่อดักไขมันซึ่งติดตั้งตามร้านค้าจำหน่ายอาหารภายในมหาวิทยาลัยฯ เนื่องจากกากไขมันมีส่วนประกอบที่เป็นไขมันซึ่งจะช่วยให้ขยะสามารถจับตัวกันได้ ในระดับหนึ่ง นอกจากนี้ยังเป็นการนำกากไขมันซึ่งต้องหาวิธีในการกำจัดอยู่แล้วมาใช้ให้เกิดประโยชน์อีกทางหนึ่งด้วย

(2) แป้งมันสำปะหลัง เป็นตัวประสานที่ใช้ทั่วไปในการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งเนื่องจากมีความเหนียวและมีราคาถูก ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้จะนำมาผสมเข้ากับกากไขมันในอัตราส่วนที่เหมาะสมเพื่อช่วยให้สามารถนำขยะมาทำเป็นแท่งเชื้อเพลิงได้

2.2 ประเภทของขยะที่นำมาทำเชื้อเพลิงอัดแท่ง ได้แก่ขยะที่ย่อยสลายได้ทั้ง 3 ประเภทคือ เศษผักและผลไม้ เศษอาหาร รวมทั้งเศษหญ้าและเศษใบไม้ ซึ่งสัดส่วนของขยะแต่ละประเภทที่ใช้จะพิจารณาจากคุณสมบัติด้านค่าความร้อนควบคู่กับปริมาณขยะแต่ละประเภทที่เกิดขึ้น

2.3 ขั้นตอนในการทำเชื้อเพลิงอัดแท่ง การทำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากขยะที่ย่อยสลายได้ด้วยวิธีการอัดโดยไม่ใช้ความร้อนหรืออัดเปียกมีขั้นตอนในการดำเนินงานโดยย่อๆ ดังนี้คือ

(1) จัดเตรียมขยะย่อยสลายได้ทั้ง 3 ประเภทที่จะใช้ในการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งซึ่งประกอบด้วย เศษผักและผลไม้ เศษอาหาร เศษหญ้าและใบไม้แห้ง ตามลำดับ

(2) นำขยะที่จัดเตรียมไว้มาอบไล่ความชื้นในตู้อบที่อุณหภูมิ 100-105 °C ประมาณ 3-4 วัน จากนั้นจึงนำมาทำให้มีขนาดเล็กลงด้วยเครื่องบดย่อยขยะจนได้ขนาดตามความต้องการ แล้วเก็บรวบรวมไว้ในถุงเพื่อรอการนำไปอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงในขั้นตอนต่อไป

(3) จัดหาตัวประสานที่จะใช้ในการทำเชื้อเพลิงอัดแท่ง ซึ่งในที่นี้ได้แก่กากไขมันจากบ่อคักไขมันของร้านจำหน่ายอาหารภายในมหาวิทยาลัยฯ และแยมันสำปะหลังที่ซื้อจากร้านค้าในตลาด

(4) ทดลองหาสัดส่วนระหว่างขยะทั้ง 3 ประเภทกับตัวประสานทั้ง 2 ชนิดข้างต้น โดยกำหนดให้ใช้ตัวประสานในสัดส่วนน้อยที่สุดเพื่อให้ขยะทั้ง 3 ประเภทสามารถเกาะติดกันเป็นแท่งเชื้อเพลิงได้ ซึ่งจากการทดลองพบว่าสัดส่วนที่เหมาะสมที่สุดคือ ขยะประเภทใดประเภทหนึ่งหรือทั้งสามประเภทรวมกัน 80 ส่วนต่อกากไขมัน 10 ส่วนและต่อแยมันสำปะหลัง 10 ส่วน หรือสัดส่วนเท่ากับ 80:10:10

(5) ทำการอัดแท่งเชื้อเพลิงจากขยะและตัวประสานด้วยวิธีการอัดโดยไม่ใช้ความร้อน โดยใช้สัดส่วนดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 5 ชุดตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 4 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4 สัดส่วนระหว่างวัตถุดิบต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

เชื้อเพลิงอัดแท่ง	สัดส่วนของวัตถุดิบที่ใช้				
	ขยะประเภทที่ 1	ขยะประเภทที่ 2	ขยะประเภทที่ 3	กากไขมัน	แยมันสำปะหลัง
ชุดที่ 1	80	0	0	10	10
ชุดที่ 2	0	80	0	10	10
ชุดที่ 3	0	0	80	10	10
ชุดที่ 4	40	30	10	10	10
ชุดที่ 5	26.7	26.7	26.7	10	10

หมายเหตุ: ขยะประเภทที่ 1 หมายถึง ขยะที่ให้ค่าความร้อนมากเป็นลำดับที่ 1
 ขยะประเภทที่ 2 หมายถึง ขยะที่ให้ค่าความร้อนมากเป็นลำดับที่ 2
 ขยะประเภทที่ 3 หมายถึง ขยะที่ให้ค่าความร้อนมากเป็นลำดับที่ 3

สำหรับเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตขึ้นในการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดให้มีขนาดที่เท่ากันทุกแท่ง กล่าวคือ มีขนาดความยาว 10 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 2.54 เซนติเมตร และมีน้ำหนักโดยเฉลี่ยประมาณ 100 กรัม

2.4 การตรวจสอบคุณภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่ง นำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากขยะที่ทำเสร็จแล้วในแต่ละชุดมาทำการตรวจสอบว่ามีคุณภาพเป็นอย่างไร โดยทำการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการตามพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

- (1) ค่าความร้อน (heating value)
- (2) ปริมาณเถ้า (ash content)

2.5 การทดสอบลักษณะในการเผาไหม้ ทำการทดสอบลักษณะในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยประเมินจากลักษณะต่างๆ ได้แก่ ระยะเวลาในการต้มน้ำให้เดือด ระยะเวลาในการเผาไหม้ตั้งแต่เริ่มต้นจนมอดเป็นเถ้า รวมทั้งลักษณะของควันและกลิ่นที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงอัดแท่ง เป็นต้น

บทที่ 4

ผลการวิจัย

จากการดำเนินงานวิจัยของโครงการย่อยที่ 1 เรื่อง “การศึกษาศักยภาพในการแปรสภาพขยะที่ย่อยสลายได้เพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา” ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วนตามวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย ได้แก่ การศึกษาสำรวจสถานการณ์เกี่ยวกับชนิดและปริมาณการเกิดขยะที่ย่อยสลายได้ การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของขยะที่ย่อยสลายได้ และการประเมินเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการนำขยะที่ย่อยสลายได้ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทามาใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ นั้น สามารถรายงานผลของการวิจัยออกเป็น 3 ส่วน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1: การศึกษาสำรวจสถานการณ์เกี่ยวกับชนิดและปริมาณการเกิดขยะที่ย่อยสลายได้ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ในการศึกษาสำรวจสถานการณ์เกี่ยวกับชนิด ปริมาณ และการจัดการขยะย่อยสลายได้ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ซึ่งอาศัยกระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามเพื่อสัมภาษณ์กลุ่มเป้าหมายที่เกี่ยวข้องกับการเก็บรวบรวมขยะ และการเก็บข้อมูล โดยผู้วิจัยนำหน้ากขยะที่เก็บรวบรวมจากภาชนะรองรับขยะภายในมหาวิทยาลัยฯ ปรากฏผลการสำรวจดังนี้

1. การศึกษาชนิด ปริมาณ และการจัดการขยะที่ย่อยสลายได้โดยใช้แบบสอบถาม

ผลจากการศึกษาชนิด ปริมาณ และการจัดการขยะภายในมหาวิทยาลัยฯ โดยเฉพาะในส่วนของขยะที่ย่อยสลายได้จำแนกออกเป็น 3 หัวข้อ ประกอบด้วยข้อมูลส่วนตัวของผู้ตอบแบบสอบถาม ชนิดและปริมาณการเกิดขยะภายในมหาวิทยาลัยฯ และความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการขยะภายในมหาวิทยาลัยฯ ดังนี้

1.1 ข้อมูลส่วนตัวของผู้ตอบแบบสอบถาม ผู้ตอบแบบสอบถามซึ่งมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการเก็บรวบรวมขยะภายในมหาวิทยาลัยฯ จำนวนทั้งสิ้น 92 คน จำแนกข้อมูลตามปัจจัยส่วนบุคคลดังแสดงตามตารางที่ 5 ซึ่งสรุปได้ดังนี้คือ

(1) ประกอบไปด้วยเพศหญิงร้อยละ 82.6 และเพศชายร้อยละ 17.4

(2) มีอายุอยู่ในช่วงระหว่าง 41-50 ปี และ 31-40 ปี คิดเป็นร้อยละ 41.3 และ 33.7 ตามลำดับ ส่วนผู้ที่มีอายุมากกว่า 50 ปีขึ้นไปและต่ำกว่า 30 ปีลงมา มีจำนวนคิดเป็นร้อยละ 18.5 และ 6.5 ตามลำดับ

(3) มีสถานภาพเป็นแม่บ้านทำความสะอาดอาคารร้อยละ 60.9 รองลงมาคือผู้ประกอบการร้านค้าจำหน่ายอาหาร คนสวน และคนงานเก็บขนขยะคิดเป็นร้อยละ 22.8, 12.0 และ 4.3 ตามลำดับ

(4) จบการการศึกษาสูงสุดในระดับประถมศึกษามากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 59.8 รองลงมาคือจบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาและสูงกว่าคิดเป็นร้อยละ 33.7 และ 6.5 ตามลำดับ

(5) มีระยะเวลาการทำงานในมหาวิทยาลัยฯ ต่ำกว่า 10 ปีลงมาคิดเป็นร้อยละ 90.2 นอกนั้นเป็นผู้ที่มีระยะเวลาการทำงานมากกว่า 10 ปีขึ้นไปร้อยละ 9.8

ตารางที่ 5 ปัจจัยส่วนบุคคลของบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับการเก็บรวบรวมขยะภายในมหาวิทยาลัยฯ

ปัจจัยส่วนบุคคล	ความถี่	ร้อยละ
1. เพศ		
ชาย	16	17.4
หญิง	76	82.6
2. อายุ		
ต่ำกว่า 30 ปี	6	6.5
30 – 40 ปี	31	33.7
41 – 50 ปี	38	41.3
สูงกว่า 50 ปี	17	18.5
3. สถานภาพ		
คนงานขนขยะ	4	4.3
คนสวน	11	12.0
ผู้ประกอบการร้านค้า (จำหน่ายอาหาร)	21	22.8
แม่บ้านทำความสะอาดอาคาร	56	60.9
4. ระดับการศึกษาสูงสุด		
ประถมศึกษา	55	59.8
มัธยมศึกษาตอนต้น/ตอนปลาย/ปวช.	31	33.7
อนุปริญญา/ ปวส./ปริญญาตรี	6	6.5
5. ระยะเวลาปฏิบัติงานในมหาวิทยาลัยฯ		
ต่ำกว่า 10 ปี	83	90.2
ตั้งแต่ 10 ปีขึ้นไป	9	9.8
รวม	92	100.0

1.2 ชนิดและปริมาณการเกิดขยะภายในมหาวิทยาลัย ผลการสำรวจชนิดและปริมาณการเกิดขยะภายในมหาวิทยาลัยฯ ปรากฏรายละเอียดตามหัวข้อต่อไปนี้

1.2.1 ชนิดของขยะที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัย

จากการสอบถามกลุ่มเป้าหมายที่มีหน้าที่รับผิดชอบเกี่ยวกับการเก็บรวบรวมและดูแลการทิ้งขยะทั้ง 92 คน ซึ่งแบ่งตามสถานภาพออกเป็น 4 กลุ่มคือ คนงานขนขยะ คนสวน ผู้ประกอบการร้านค้าจำหน่ายอาหาร และแม่บ้านทำความสะอาดอาคาร ปรากฏว่าชนิดของขยะที่พบระหว่างการปฏิบัติงานของกลุ่มเป้าหมายแต่ละกลุ่มข้างต้นมีแตกต่างกันไป ดังแสดงผลในรูปแบบของค่าเฉลี่ย (\bar{x}) ตามตารางที่ 6 ดังนี้

ตารางที่ 6 ชนิดของขยะที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ชนิดของขยะ	\bar{x} (คนงานขนขยะ)	\bar{x} (คนสวน)	\bar{x} (ผู้จำหน่ายอาหาร)	\bar{x} (แม่บ้าน)
1. ถุงพลาสติก	3.7500	-	-	-
2. ขวดพลาสติก	4.2500	-	-	-
3. กระดาษ	3.7500	-	-	-
4. โฟม	7.5000	-	-	-
5. เศษข้าวและอาหาร	6.0000	-	6.3300	1.8500
6. เศษผักและผลไม้	8.2500	-	6.5700	1.7500
7. แก้ว/อลูมิเนียม	6.0000	-	-	-
8. เศษใบไม้/กิ่งไม้	9.2500	7.0333	-	-
9. เศษหญ้า	9.0000	2.2000	-	-
10. อื่น ๆ	1.0000	-	1.0000	2.5200

จากตารางที่ 6 สรุปได้ว่า

(1) ชนิดของขยะที่คนงานขนขยะพบเป็นจำนวนมากในระหว่างการปฏิบัติงานเรียงตามลำดับ ได้แก่ เศษใบไม้และกิ่งไม้ ($\bar{x} = 9.25$) เศษหญ้า ($\bar{x} = 9.00$) เศษผักและผลไม้ ($\bar{x} = 8.25$) โฟม ($\bar{x} = 7.50$) เศษข้าวและอาหาร ($\bar{x} = 6.00$) แก้ว/อลูมิเนียม ($\bar{x} = 6.00$) ส่วนขยะที่พบในลำดับรองลงมาคือ ขวดพลาสติก ($\bar{x} = 4.25$) ถุงพลาสติก ($\bar{x} = 3.75$) กระดาษ ($\bar{x} = 3.75$) และขยะอื่นๆ ตามลำดับ

(2) ชนิดของขยะที่คนสวนพบมากที่สุดในการปฏิบัติงาน ได้แก่ เศษใบไม้และกิ่งไม้ ($\bar{x} = 7.03$) รองลงมาคือเศษหญ้า ($\bar{x} = 2.20$)

(3) ชนิดของขยะที่ผู้จำหน่ายอาหารพบมากที่สุดในช่วงการปฏิบัติงาน ได้แก่ เศษผักและผลไม้ ($\bar{x} = 6.57$) และเศษข้าวและเศษอาหาร ($\bar{x} = 6.33$) ตามลำดับ

(4) ชนิดของขยะที่แม่บ้านทำความสะอาดอาคารพบมากที่สุดในช่วงการปฏิบัติงาน ได้แก่ เศษขนม ($\bar{x} = 2.52$) รองลงมาคือเศษข้าวและเศษอาหาร ($\bar{x} = 1.85$) และเศษผลไม้ ($\bar{x} = 1.75$) ตามลำดับ

จากข้อมูลข้างต้นนี้สามารถสรุปโดยภาพรวมได้ว่า ในความคิดเห็นของกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งมีหน้าที่รับผิดชอบเกี่ยวกับการเก็บรวบรวมและดูแลการทิ้งขยะภายในมหาวิทยาลัยฯ นั้น ขยะที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เป็นขยะย่อยสลายได้ซึ่งประกอบไปด้วยเศษใบไม้และกิ่งไม้ เศษหญ้า เศษผักและผลไม้ รวมทั้งเศษข้าวและเศษอาหาร ตามลำดับ

1.2.2 ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัย (ตัวเลขประมาณการ)

กลุ่มเป้าหมายที่ทำการสอบถามด้วยแบบสอบถามทั้ง 4 กลุ่มได้ให้ความคิดเห็นถึงปริมาณขยะที่พบในช่วงการปฏิบัติงานของแต่ละกลุ่ม ซึ่งแสดงผลเป็นตัวเลขโดยประมาณของขยะจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ที่กลุ่มเป้าหมายแต่ละกลุ่มปฏิบัติงานอยู่ตามตารางที่ 7 ดังนี้

ตารางที่ 7 ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

แหล่งกำเนิดขยะ (ผู้ดูแลรับผิดชอบ)	ปริมาณขยะ (ตัวเลขประมาณการ)	ร้อยละของผู้ตอบ แบบสอบถาม
1. ถึงขยะภายนอกอาคารทั้งหมด (คนงานขนขยะ)	1 – 2 ตัน/วัน	100.0
2. สวนหย่อมในมหาวิทยาลัยฯ (คนสวน)	> 100 กก./สัปดาห์	50.0
3. ร้านค้าจำหน่ายอาหาร (ผู้จำหน่ายอาหาร)	< 30 กก./ร้าน/ต่อวัน	81.0
4. ถึงขยะภายในอาคารทุกอาคาร (แม่บ้านทำความสะอาด)	< 10 กก./อาคาร/ต่อวัน	57.1

จากตารางที่ 7 พบว่า ปริมาณขยะที่คนงานขนขยะเก็บรวบรวมจากถึงขยะทั้งหมดที่ตั้งอยู่ตามจุดต่างๆ ภายนอกอาคารทั่วทั้งมหาวิทยาลัยฯ ซึ่งมีจำนวนรวมทั้งสิ้น 91 ถึง (รายละเอียดในภาคผนวก ง) มีจำนวนโดยประมาณ 1-2 ตันต่อวัน ขยะที่เกิดจากการตัดแต่งกิ่งไม้และสนามหญ้าในสวนหย่อมของมหาวิทยาลัยฯ มีจำนวนโดยประมาณมากกว่า 100 กิโลกรัมต่อสัปดาห์ ขยะที่เกิดจากร้านค้าจำหน่ายอาหารทุกร้านภายในมหาวิทยาลัยฯ มีจำนวนโดยประมาณต่ำกว่า 30 กิโลกรัมต่อ

ร้านต่อวัน และขยะที่เกิดขึ้นจากถังขยะที่ตั้งอยู่ภายในอาคารต่างๆ มีจำนวนโดยประมาณต่ำกว่า 10 กิโลกรัมต่ออาคารต่อวัน

1.3 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการขยะภายในมหาวิทยาลัย ผลการสำรวจความคิดเห็นในการจัดการขยะภายในมหาวิทยาลัยฯ เกี่ยวกับประเด็นการนำขยะย่อยสลายได้ที่เกิดขึ้นกลับมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ ปรากฏตามตารางที่ 8 ต่อไปนี้

ตารางที่ 8 ความคิดเห็นในการนำขยะย่อยสลายได้ที่เกิดขึ้นในมหาวิทยาลัยกลับมาใช้ประโยชน์

การนำขยะกลับมาใช้ประโยชน์	ความถี่	ร้อยละ
1. การนำมาหมักทำปุ๋ย	69	75.0
2. การนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงาน	17	18.2
3. อื่น ๆ (เช่น นำไปเลี้ยงสัตว์)	6	6.8
รวม	92	100.0

จากการสำรวจความคิดเห็นในประเด็นของการนำขยะกลับมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ โดยเน้นในส่วนของขยะย่อยสลายได้ที่จะนำมาใช้ในการหมักทำปุ๋ยหรือใช้เป็นแหล่งพลังงานนั้น กลุ่มเป้าหมายที่ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ร้อยละ 75.0 มีความเห็นว่า ขยะย่อยสลายได้ที่เกิดขึ้นในมหาวิทยาลัยฯ ควรนำกลับมาใช้ประโยชน์ในรูปของการหมักทำปุ๋ย ร้อยละ 18.2 มีความเห็นว่าควรนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงาน ส่วนร้อยละ 6.8 มีความเห็นว่าควรนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่น เช่น นำไปเป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ เป็นต้น

2. การสำรวจชนิดและปริมาณการเกิดขยะที่ย่อยสลายได้โดยการสูบน้ำหนักขยะ

ผลการสำรวจชนิดและปริมาณการเกิดขยะที่ย่อยสลายได้ภายในมหาวิทยาลัยฯ โดยการสูบน้ำหนักขยะจำแนกออกเป็น 3 หัวข้อประกอบด้วย การสูบน้ำหนักขยะทั่วไปที่ทิ้งลงในถังขยะ การสูบน้ำหนักขยะที่ย่อยสลายได้จากแหล่งกำเนิด และการสูบน้ำหนักกากไขมันจากบ่อดักไขมัน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1 การสูบน้ำหนักขยะทั่วไปจากถังขยะ การสำรวจปริมาณขยะทั่วไปซึ่งทิ้งลงในถังขยะทั้งหมดที่ตั้งอยู่นอกอาคาร โดยเก็บข้อมูลในระหว่างเดือนสิงหาคมถึงพฤศจิกายน พ.ศ. 2553 สามารถสรุปผลการสำรวจออกเป็น 2 ส่วนคือ

(1) ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในช่วงวันทำงาน แสดงผลการสำรวจตามตารางที่ 9 ซึ่งพบว่ามีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 1,279.6 กิโลกรัมต่อวัน โดยมีปริมาณขยะสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 1,723.5 และ 809.0 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ ทั้งนี้ปรากฏว่าปริมาณขยะที่เกิดขึ้นช่วงระหว่างเปิดเทอมในเดือนสิงหาคมถึงกันยายนและเดือนพฤศจิกายนมีจำนวนมากกว่า 1,100 กิโลกรัมต่อวันทุกเดือน ในขณะที่

ที่ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในเดือนตุลาคมซึ่งเป็นช่วงเวลาปิดเทอมมีจำนวนลดลงเหลือเพียงประมาณ 800-900 กิโลกรัมต่อวันเท่านั้น ซึ่งเป็นผลมาจากการที่มีจำนวนนักเรียนและนักศึกษาเข้ามาในมหาวิทยาลัยฯ น้อยลงในช่วงเวลาดังกล่าวนั่นเอง

ตารางที่ 9 ปริมาณขยะทั่วไปที่เกิดขึ้นในวันทำงานระหว่างเดือนสิงหาคมถึงพฤศจิกายน พ.ศ. 2553

ลำดับ ที่	วัน/เดือน/ปี ที่ซังน้ำหนัก	จำนวนขยะที่ทิ้งในถังประเภทต่างๆ			รวมทั้งสิ้น (กก./วัน)
		ถังแบบเดิม (กก./วัน)	ถังแบบใหม่ (กก./วัน)	ถังอื่นๆ (กก./วัน)	
1	11 ส.ค. 53	1,161.3	6	556.2	1,723.5
2	18 ส.ค. 53	754	-	643	1,397.0
3	25 ส.ค. 53	880	111	547	1,538.0
4	1 ก.ย. 53	886	-	662	1,548.0
5	8 ก.ย. 53	866	39	699	1,604.0
6	15 ก.ย. 53	1,015	-	670	1,685.0
7	22 ก.ย. 53	904	55	427	1,386.0
8	29 ก.ย. 53	718	19	374	1,111.0
9	6 ต.ค. 53	513	-	296	809.0
10	13 ต.ค. 53	466	104	316	886.0
11	20 ต.ค. 53	587	13	230	830.0
12	27 ต.ค. 53	566	57	216	839.0
13	3 พ.ย. 53	737	157	480	1,374.0
14	10 พ.ย. 53	723	67	456	1,246.0
15	17 พ.ย. 53	813	26	402	1,241.0
16	24 พ.ย. 53	857	40	360	1,257.0
	ค่าเฉลี่ย	-	-	-	1,279.6

(2) ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในช่วงวันหยุดสุดสัปดาห์ แสดงผลการสำรวจตามตารางที่ 10 ซึ่งพบว่ามีน้ำหนัเฉลี่ยเท่ากับ 1,057.6 กิโลกรัมต่อวัน โดยมีปริมาณสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 1,841.0 และ 594.0 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ และในทำนองเดียวกันก็พบว่ามีขยะที่เกิดขึ้นในวันหยุดสุดสัปดาห์ระหว่างเปิดเทอมในเดือนสิงหาคมถึงกันยายนและเดือนพฤศจิกายนมากกว่าในช่วงเวลาปิด

เทอมในเดือนตุลาคมเช่นเดียวกันกับในวันทำงานของช่วงเวลาเดียวกัน โดยที่ในระหว่างเปิดเทอมพบว่าปริมาณขยะเกิดขึ้นประมาณ 900 กิโลกรัมต่อวันขึ้นไป ส่วนในช่วงเวลาปิดเทอมมีปริมาณขยะลดลงเหลือประมาณ 600-700 กิโลกรัมต่อวันเท่านั้น

ตารางที่ 10 ปริมาณขยะทั่วไปที่เกิดขึ้นในวันหยุดสุดสัปดาห์ระหว่างเดือนสิงหาคมถึงพฤศจิกายน

พ.ศ. 2553

ลำดับที่	วัน/เดือน/ปี ที่ชั่งน้ำหนัก	จำนวนขยะที่ทิ้งในถังประเภทต่างๆ			รวมทั้งสิ้น (กก./วัน)
		ถังแบบเดิม (กก./วัน)	ถังแบบใหม่ (กก./วัน)	ถังอื่นๆ (กก./วัน)	
1	8 ส.ค. 53	626.6	-	483	1,109.6
2	22 ส.ค. 53	1,168	-	673	1,841.0
3	29 ส.ค. 53	766	-	1,012	1,778.0
4	5 ก.ย. 53	656	242	237	1,135.0
5	12 ก.ย. 53	598	13	564	1,175.0
6	19 ก.ย. 53	776	-	307	1,083.0
7	26 ก.ย. 53	658	35	282	975.0
8	3 ต.ค. 53	469	11	287	767.0
9	10 ต.ค. 53	473	-	215	688.0
10	7 พ.ย. 53	554	40	-	594.0
11	14 พ.ย. 53	556	18	263	837.0
12	21 พ.ย. 53	644	27	216	887.0
13	28 พ.ย. 53	539	-	340	879.0
	ค่าเฉลี่ย	-	-	-	1,057.6

จากผลการสำรวจตามตารางที่ 9 และ 10 สรุปได้ว่า ขยะทั่วไปที่เกิดขึ้นในระหว่างวันทำงาน (ประมาณ 1.3 ตันต่อวัน) จะมีจำนวนมากกว่าขยะที่เกิดขึ้นในช่วงวันหยุดสุดสัปดาห์ (ประมาณ 1 ตันต่อวัน) ทั้งนี้พบว่าสอดคล้องกับกิจกรรมที่เกิดขึ้นในวันทำงานที่มีการเรียนการสอนมากกว่าในวันหยุดสุดสัปดาห์ จึงทำให้มีจำนวนนักเรียน นักศึกษา อาจารย์ ตลอดจนเจ้าหน้าที่และคณาจารย์เข้ามาภายในมหาวิทยาลัยฯ เป็นจำนวนมากตามไปด้วยนั่นเอง

2.2 การชั่งน้ำหนักขยะที่ย่อยสลายได้จากแหล่งกำเนิด การสำรวจปริมาณขยะที่ย่อยสลายได้ ซึ่งถูกนำมาทิ้งลงในถังที่จัดแยกไว้แต่ละประเภทต่างหากจากขยะทั่วไป โดยทำการเก็บข้อมูลในระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ. 2553 ถึงมกราคม พ.ศ. 2554 สามารถสรุปผลได้ตามตารางที่ 11 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 11 ปริมาณขยะย่อยสลายได้ที่เกิดขึ้นระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ. 2553 ถึงมกราคม พ.ศ. 2554

ลำดับที่	วัน/เดือน/ปี ที่ชั่งน้ำหนัก	ประเภทของขยะที่ย่อยสลายได้			รวมทั้งสิ้น (กก./วัน)
		เศษผัก&ผลไม้ (กก./วัน)	เศษอาหาร (กก./วัน)	เศษหญ้า&ใบไม้ (กก./วัน)	
1	8 ธ.ค. 53	35	312	40	387
2	12 ธ.ค. 53	20	130	42	192
3	15 ธ.ค. 53	52	350	37	439
4	19 ธ.ค. 53	31	108	56	195
5	22 ธ.ค. 53	45	190	65	300
6	26 ธ.ค. 53	33	126	100	259
7	29 ธ.ค. 53	40	140	112	292
8	5 ม.ค. 54	42.5	175	150	367.5
9	9 ม.ค. 54	20	200	50	270
10	12 ม.ค. 54	60	314	103	477
11	16 ม.ค. 54	40	112	50	202
12	19 ม.ค. 54	51	185	48	284
13	23 ม.ค. 54	44.5	128	39	211.5
14	26 ม.ค. 54	69	274	71	414
15	30 ม.ค. 54	41	135	32	208
	ค่าเฉลี่ย	41.6	191.9	66.3	299.8

จากตารางที่ 11 พบว่า ปริมาณขยะย่อยสลายได้ทั้ง 3 ประเภทที่เกิดขึ้นในแต่ละวันมีจำนวนเฉลี่ยเท่ากับ 299.8 กิโลกรัมต่อวัน โดยเศษอาหารมีปริมาณมากที่สุดคือ 191.9 กิโลกรัมต่อวัน รองลงมาได้แก่ เศษหญ้าและใบไม้ และเศษผักและผลไม้ ซึ่งมีจำนวนเฉลี่ยเท่ากับ 66.3 และ 41.6 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ

2.3 การชั่งน้ำหนักกากไขมันจากบ่อดักไขมัน การสำรวจปริมาณกากไขมันจากบ่อดักไขมันที่ติดตั้งตามร้านค้าจำหน่ายอาหารทั้งหมดภายในมหาวิทยาลัยฯ ซึ่งมีจำนวนรวมทั้งสิ้น 23 ร้าน ทั้งที่อยู่ในบริเวณศูนย์อาหารและบริเวณอื่นๆ และร้านค้าจำหน่ายอาหารที่อยู่ในบริเวณโรงเรียนสาธิตฯ โดยทำการเก็บข้อมูลในระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม พ.ศ. 2554 สามารถสรุปผลได้ตามตารางที่ 12 ดังนี้

ตารางที่ 12 ปริมาณกากไขมันจากบ่อดักไขมันของร้านค้าจำหน่ายอาหารระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม พ.ศ. 2554

ลำดับที่	วัน/เดือน/ปี ที่ชั่งน้ำหนัก	ปริมาณกากไขมัน (กก./วัน)
1	2 ก.พ. 54	74
2	6 ก.พ. 54	96
3	9 ก.พ. 54	96
4	13 ก.พ. 54	90
5	16 ก.พ. 54	77
6	20 ก.พ. 54	75
7	23 ก.พ. 54	78
8	27 ก.พ. 54	77
9	2 มี.ค. 54	58
10	6 มี.ค. 54	52
11	9 มี.ค. 54	62
ค่าเฉลี่ย		76

จากตารางที่ 12 พบว่า ปริมาณกากไขมันจากบ่อดักไขมันซึ่งติดตั้งตามร้านค้าจำหน่ายอาหารภายในมหาวิทยาลัยฯ มีจำนวนเฉลี่ยเท่ากับ 76 กิโลกรัมต่อวัน โดยมีปริมาณสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 96 และ 52 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ ทั้งนี้ปรากฏว่าปริมาณกากไขมันที่เกิดขึ้นช่วงเปิดเทอมในเดือนกุมภาพันธ์มีจำนวนมากกว่า 70 กิโลกรัมต่อวันขึ้นไป ในขณะที่ปริมาณกากไขมันที่เกิดขึ้นในเดือนมีนาคมซึ่งเป็นช่วงเวลาปิดเทอมมีจำนวนลดลงเหลือเพียงประมาณ 50-60 กิโลกรัมต่อวันเท่านั้น

ส่วนที่ 2: การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของขยะที่ย่อยสลายได้ภายใน มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของขยะที่ย่อยสลายได้ซึ่งประกอบด้วย การวิเคราะห์ตัวอย่างขยะในห้องปฏิบัติการ และการศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติทั้งสองด้านของขยะดังกล่าวว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ ปรากฏผลการศึกษาดังนี้

1. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของขยะที่ย่อยสลายได้

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของขยะที่ย่อยสลายได้ ซึ่งจำแนกออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ เศษผักและผลไม้ เศษอาหาร รวมทั้งเศษหญ้าและเศษใบไม้ มีดังนี้ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก จ)

1.1 คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ปริมาณความชื้น (moisture content) ซึ่งทำการวิเคราะห์จากตัวอย่างขยะจำนวนทั้งสิ้น 39 ตัวอย่าง ในระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงพฤศจิกายน พ.ศ. 2553 ปรากฏผลตามตารางที่ 13 ดังนี้

ตารางที่ 13 ปริมาณความชื้นของขยะที่ย่อยสลายได้ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ลำดับ ที่	วัน/เดือน/ปี ที่เก็บตัวอย่าง	ปริมาณความชื้น (%)		
		เศษผัก&ผลไม้	เศษอาหาร	เศษหญ้า&ใบไม้
1	21 ก.ค. 53	88	76	84
2	28 ก.ค. 53	92	80	60
3	4 ส.ค. 53	92	80	76
4	17 ส.ค. 53	84	84	76
5	24 ส.ค. 53	84	76	80
6	6 ก.ย. 53	84	76	68
7	15 ก.ย. 53	68	74	70
8	23 ก.ย. 53	72	76	74
9	1 ต.ค. 53	76	72	80
10	10 ต.ค. 53	80	76	72
11	1 พ.ย. 53	64	68	52
12	7 พ.ย. 53	64	68	56
13	18 พ.ย. 53	68	72	56
	ค่าเฉลี่ย	78.15	75.23	69.54

จากตารางที่ 13 พบว่า ขยะย่อยสลายได้ประเภทเศษผักและผลไม้มีปริมาณความชื้นสูงที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 78.15% รองลงมาได้แก่ เศษอาหาร และเศษหญ้าและใบไม้ ซึ่งมีปริมาณความชื้นเฉลี่ยเท่ากับ 75.23% และ 69.54% ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากในเศษผักและผลไม้ซึ่งเป็นขยะสดจะมีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่ค่อนข้างมาก จึงทำให้ขยะประเภทนี้มีปริมาณความชื้นสูงตามไปด้วย ส่วนในขยะที่เป็นเศษอาหารจะมีองค์ประกอบที่เป็นน้ำแฉะ น้ำต้มจืด หรือน้ำก๊วยเตี้ยวผสมอยู่ด้วย จึงเป็นสาเหตุทำให้ในเศษอาหารมีปริมาณความชื้นอยู่สูงเช่นกัน

1.2 คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ส่วนประกอบทางเคมี 3 ชนิดคือไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) และค่าความร้อน (heating value) ตามลำดับ ซึ่งทำการวิเคราะห์จากตัวอย่างขยะจำนวนทั้งสิ้น 39 ตัวอย่าง ในระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงพฤศจิกายน พ.ศ. 2553 ปรากฏผลดังนี้

1.2.1 ส่วนประกอบทางเคมี (chemical component) ผลการวิเคราะห์ N, P และ K ของขยะที่ย่อยสลายได้ 3 ประเภท พบว่ามีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันดังแสดงตามตารางที่ 14 ต่อไปนี้

ตารางที่ 14 ส่วนประกอบทางเคมีของขยะที่ย่อยสลายได้ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ลำดับ ที่	วัน/เดือน/ปี ที่เก็บตัวอย่าง	เศษผัก&ผลไม้			เศษอาหาร			เศษหญ้า&ใบไม้		
		N (%)	P (%)	K (%)	N (%)	P (%)	K (%)	N (%)	P (%)	K (%)
1	21 ก.ค. 53	0.17	0.07	0.16	0.17	0.07	0.15	0.12	0.01	0.18
2	28 ก.ค. 53	0.04	0.24	0.19	0.04	0.21	0.17	0.04	0.16	0.20
3	4 ส.ค. 53	0.09	0.51	0.19	0.04	0.47	0.18	0.05	0.37	0.20
4	17 ส.ค. 53	0.45	0.10	0.17	0.22	0.11	0.17	0.09	0.10	0.18
5	24 ส.ค. 53	0.23	0.81	0.24	0.17	0.58	0.23	0.27	0.70	0.17
6	6 ก.ย. 53	0.15	0.31	0.15	0.08	0.45	0.13	0.15	0.47	0.15
7	15 ก.ย. 53	0.17	0.61	0.18	0.15	0.56	0.15	0.19	0.59	0.18
8	23 ก.ย. 53	0.16	0.55	0.18	0.16	0.66	0.15	0.20	0.57	0.18
9	1 ต.ค. 53	0.13	0.66	0.15	0.15	0.65	0.15	0.16	0.54	0.16
10	10 ต.ค. 53	0.17	0.61	0.17	0.17	0.66	0.14	0.16	0.62	0.16
11	1 พ.ย. 53	0.14	0.71	0.16	0.16	0.56	0.17	0.16	0.62	0.18
12	7 พ.ย. 53	0.18	0.76	0.18	0.17	0.67	0.15	0.15	0.62	0.15
13	18 พ.ย. 53	0.18	0.77	0.19	0.15	0.56	0.17	0.17	0.65	0.16
	ค่าเฉลี่ย	0.17	0.52	0.18	0.14	0.48	0.16	0.15	0.46	0.17

จากตารางที่ 14 สรุปได้ว่า

(1) เศษผักและผลไม้มีเปอร์เซ็นต์ของธาตุไนโตรเจนสูงสุดโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.17% รองลงมาได้แก่ เศษหญ้าและใบไม้ และเศษอาหาร ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.15% และ 0.14% ตามลำดับ

(2) เศษผักและผลไม้มีเปอร์เซ็นต์ของธาตุฟอสฟอรัสสูงสุดโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.52% รองลงมาได้แก่ เศษอาหาร และเศษหญ้าและใบไม้ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.48% และ 0.46% ตามลำดับ

(3) เศษผักและผลไม้มีเปอร์เซ็นต์ของธาตุโพแทสเซียมสูงสุดโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.18% รองลงมาได้แก่ เศษหญ้าและใบไม้ และเศษอาหาร ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.17% และ 0.16% ตามลำดับ

จากผลการวิเคราะห์ข้างต้นสามารถสรุปโดยภาพรวมได้ว่า เศษผักและผลไม้มีส่วนประกอบทางเคมีซึ่งเป็นธาตุอาหารของพืชทั้ง N, P และ K สูงที่สุด รองลงมาคือเศษหญ้าและใบไม้ และเศษอาหาร ตามลำดับ

1.2.2 อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) การวิเคราะห์ C/N ratio ของขยะที่ย่อยสลายได้ 3 ประเภท ปรากฏผลตามตารางที่ 15 ต่อไปนี้

ตารางที่ 15 อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนของขยะที่ย่อยสลายได้ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ลำดับ ที่	วัน/เดือน/ปี ที่เก็บตัวอย่าง	C/N Ratio		
		เศษผัก&ผลไม้	เศษอาหาร	เศษหญ้า&ใบไม้
1	21 ก.ค. 53	11.84	11.68	14.44
2	28 ก.ค. 53	41.75	50.87	50.30
3	4 ส.ค. 53	20.02	41.25	40.79
4	17 ส.ค. 53	4.10	8.45	20.76
5	24 ส.ค. 53	7.75	11.48	6.29
6	6 ก.ย. 53	18.46	17.75	13.34
7	15 ก.ย. 53	11.25	12.37	10.44
8	23 ก.ย. 53	11.98	12.26	9.65
9	1 ต.ค. 53	17.30	12.93	10.48
10	10 ต.ค. 53	9.53	10.88	9.47

ตารางที่ 15 (ต่อ)

ลำดับ ที่	วัน/เดือน/ปี ที่เก็บตัวอย่าง	C/N Ratio		
		เศษผัก&ผลไม้	เศษอาหาร	เศษหญ้า&ใบไม้
11	1 พ.ย. 53	13.65	11.72	12.34
12	7 พ.ย. 53	12.04	13.00	13.53
13	18 พ.ย. 53	12.24	13.80	12.13
	ค่าเฉลี่ย	14.76	17.46	17.22

จากตารางที่ 15 สรุปได้ว่า ขยะที่ย่อยสลายได้ประเภทเศษอาหารมีอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) สูงที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 17.5:1 ขณะที่เศษหญ้าและใบไม้ และเศษผักและผลไม้มีค่า C/N ratio เฉลี่ยประมาณ 17:1 และ 15:1 ตามลำดับ

1.2.3 ค่าความร้อน (heating value) การวิเคราะห์ค่าความร้อนของขยะที่ย่อยสลายได้ 3 ประเภท ปรากฏผลตามตารางที่ 16 ต่อไปนี้

ตารางที่ 16 ค่าความร้อนของขยะที่ย่อยสลายได้ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ลำดับ ที่	วัน/เดือน/ปี ที่เก็บตัวอย่าง	ค่าความร้อน (cal/g)		
		เศษผัก&ผลไม้	เศษอาหาร	เศษหญ้า&ใบไม้
1	21 ก.ค. 53	4801.60	5267.93	5013.85
2	28 ก.ค. 53	5783.88	4544.41	5032.82
3	4 ส.ค. 53	5310.29	4497.50	4668.50
4	17 ส.ค. 53	5008.65	4759.81	4536.60
5	24 ส.ค. 53	5615.06	4982.55	5366.76
6	6 ก.ย. 53	5530.92	6341.60	5558.05
7	15 ก.ย. 53	6487.06	5857.32	5309.97
8	23 ก.ย. 53	5653.76	6438.18	3980.63
9	1 ต.ค. 53	4179.33	5414.82	3817.04
10	10 ต.ค. 53	5020.52	5870.30	4835.60
11	1 พ.ย. 53	5360.30	6264.54	4427.25
12	7 พ.ย. 53	4885.75	4213.83	4458.74
13	18 พ.ย. 53	5467.14	5464.99	6023.75
	ค่าเฉลี่ย	5315.71	5378.29	4848.42

จากตารางที่ 16 พบว่า ขยะย่อยสลายได้ประเภทเศษอาหารให้ค่าความร้อนสูงที่สุด รองลงมาได้แก่เศษผักและผลไม้กับเศษหญ้าและใบไม้ ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 5,378.29, 5,315.71 และ 4,848.42 cal/g ตามลำดับ อย่างไรก็ตามอาจกล่าวได้ว่าขยะเหล่านี้มีคุณสมบัติในการให้พลังงานความร้อนอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน

2. การศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของขยะที่ย่อยสลายได้

การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของขยะที่ย่อยสลายได้ 3 ประเภท อันได้แก่ เศษผักและผลไม้ เศษอาหาร รวมทั้งเศษหญ้าและเศษใบไม้ โดยใช้สถิติ One-Way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ .05 ปรากฏผลของการศึกษาดังแสดงตามตารางที่ 17 ต่อไปนี้ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก จ)

ตารางที่ 17 ผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของขยะที่ย่อยสลายได้ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

คุณสมบัติของขยะ	ประเภทของขยะที่ย่อยสลายได้	Mean (\bar{X})	F	Sig.
ปริมาณความชื้น (%)	เศษผักและผลไม้	78.1538	6.267	.003
	เศษอาหาร	75.2308		
	เศษหญ้าและใบไม้	69.5385		
ไนโตรเจน (%)	เศษผักและผลไม้	0.1738	1.519	.226
	เศษอาหาร	0.1423		
	เศษหญ้าและใบไม้	0.1462		
ฟอสฟอรัส (%)	เศษผักและผลไม้	0.5169	.383	.683
	เศษอาหาร	0.4754		
	เศษหญ้าและใบไม้	0.4631		
โพแทสเซียม (%)	เศษผักและผลไม้	0.1775	2.096	.130
	เศษอาหาร	0.1627		
	เศษหญ้าและใบไม้	0.1712		
อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน	เศษผักและผลไม้	14.7608	.400	.672
	เศษอาหาร	17.4558		
	เศษหญ้าและใบไม้	17.2258		
ค่าความร้อน (cal/g)	เศษผักและผลไม้	5315.713	3.408	.038
	เศษอาหาร	5378.290		
	เศษหญ้าและใบไม้	4848.430		

2.1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพ ในการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพอันได้แก่ปริมาณความชื้น (moisture content) ของขยะที่ย่อยสลายได้ 3 ประเภท ซึ่งกำหนดสมมติฐานเอาไว้ดังนี้คือ

H_0 : ขยะย่อยสลายได้ต่างประเภทกันมีปริมาณความชื้นไม่แตกต่างกัน

H_1 : ขยะย่อยสลายได้ต่างประเภทกันมีปริมาณความชื้นแตกต่างกัน

จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 17 พบว่า Sig. มีค่าเท่ากับ .003 [Sig. เท่ากับ .003 < α (.05)] แสดงว่ายอมรับ H_1 และปฏิเสธ H_0 ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า ขยะย่อยสลายได้ทั้ง 3 ประเภทคือ เศษผักและผลไม้ เศษอาหาร เศษหญ้าและใบไม้ มีปริมาณความชื้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.2 การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมี ในการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีด้านต่างๆ ของขยะที่ย่อยสลายได้ 3 ประเภท มีรายละเอียดผลการวิเคราะห์ทางสถิติของคุณสมบัติในแต่ละด้านดังต่อไปนี้

2.2.1 ส่วนประกอบทางเคมี (chemical component)

(1) การเปรียบเทียบส่วนประกอบทางเคมีในส่วนที่เป็นปริมาณไนโตรเจน (N) ของขยะที่ย่อยสลายได้ 3 ประเภท ซึ่งกำหนดสมมติฐานเอาไว้ดังนี้คือ

H_0 : ขยะย่อยสลายได้ต่างประเภทกันมีปริมาณไนโตรเจนไม่แตกต่างกัน

H_1 : ขยะย่อยสลายได้ต่างประเภทกันมีปริมาณไนโตรเจนแตกต่างกัน

จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 17 พบว่า Sig. มีค่าเท่ากับ .226 [Sig. เท่ากับ .226 > α (.05)] แสดงว่ายอมรับ H_0 และปฏิเสธ H_1 ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า ขยะย่อยสลายได้ทั้ง 3 ประเภทคือ เศษผักและผลไม้ เศษอาหาร เศษหญ้าและใบไม้ มีปริมาณไนโตรเจนไม่แตกต่างกันทางสถิติ

(2) การเปรียบเทียบส่วนประกอบทางเคมีในส่วนที่เป็นปริมาณฟอสฟอรัส (P) ของขยะที่ย่อยสลายได้ 3 ประเภท ซึ่งกำหนดสมมติฐานเอาไว้ดังนี้คือ

H_0 : ขยะย่อยสลายได้ต่างประเภทกันมีปริมาณฟอสฟอรัสไม่แตกต่างกัน

H_1 : ขยะย่อยสลายได้ต่างประเภทกันมีปริมาณฟอสฟอรัสแตกต่างกัน

จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 17 พบว่า Sig. มีค่าเท่ากับ .683 [Sig. เท่ากับ .683 > α (.05)] แสดงว่ายอมรับ H_0 และปฏิเสธ H_1 ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า ขยะย่อยสลายได้ทั้ง 3 ประเภทคือ เศษผักและผลไม้ เศษอาหาร เศษหญ้าและใบไม้ มีปริมาณฟอสฟอรัสไม่แตกต่างกันทางสถิติ

(3) การเปรียบเทียบส่วนประกอบทางเคมีในส่วนที่เป็นปริมาณโพแทสเซียม (K) ของขยะที่ย่อยสลายได้ 3 ประเภท ซึ่งกำหนดสมมติฐานเอาไว้ดังนี้คือ

H_0 : ขยะย่อยสลายได้ต่างประเภทกันมีปริมาณโพแทสเซียมไม่แตกต่างกัน

H_1 : ขยะย่อยสลายได้ต่างประเภทกันมีปริมาณโพแทสเซียมแตกต่างกัน

จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 17 พบว่า Sig. มีค่าเท่ากับ .130 [Sig. เท่ากับ .130 > α (.05)] แสดงว่ายอมรับ H_0 และปฏิเสธ H_1 ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า ขยะย่อยสลายได้ทั้ง 3 ประเภทคือ เศษผักและผลไม้ เศษอาหาร เศษหญ้าและใบไม้ มีปริมาณโพแทสเซียมไม่แตกต่างกันทางสถิติ

2.1.2 อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio)

การเปรียบเทียบอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนของขยะที่ย่อยสลายได้ 3 ประเภท ซึ่งกำหนดสมมติฐานเอาไว้ดังนี้คือ

H_0 : ขยะย่อยสลายได้ต่างประเภทกันมีอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนไม่แตกต่างกัน

H_1 : ขยะย่อยสลายได้ต่างประเภทกันมีอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนแตกต่างกัน

จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 17 พบว่า Sig. มีค่าเท่ากับ .672 [Sig. เท่ากับ .672 > α (.05)] แสดงว่ายอมรับ H_0 และปฏิเสธ H_1 ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า ขยะย่อยสลายได้ทั้ง 3 ประเภทคือ เศษผักและผลไม้ เศษอาหาร เศษหญ้าและใบไม้ มีอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนไม่แตกต่างกันทางสถิติ

2.1.3 ค่าความร้อน (heating value)

การเปรียบเทียบค่าความร้อนของขยะที่ย่อยสลายได้ 3 ประเภท ซึ่งกำหนดสมมติฐานเอาไว้ดังนี้คือ

H_0 : ขยะย่อยสลายได้ต่างประเภทกันมีค่าความร้อนไม่แตกต่างกัน

H_1 : ขยะย่อยสลายได้ต่างประเภทกันมีค่าความร้อนแตกต่างกัน

จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 17 พบว่า Sig. มีค่าเท่ากับ .038 [Sig. เท่ากับ .038 < α (.05)] แสดงว่ายอมรับ H_1 และปฏิเสธ H_0 ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า ขยะย่อยสลายได้ทั้ง 3 ประเภทคือ เศษผักและผลไม้ เศษอาหาร เศษหญ้าและใบไม้ มีค่าความร้อนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลจากการศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของขยะที่ย่อยสลายได้ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาสามารถสรุปเป็นภาพรวมได้ว่า เศษผักและผลไม้ เศษอาหาร รวมทั้งเศษหญ้าและเศษใบไม้ มีคุณสมบัติต่างๆ ไม่แตกต่างกันทางสถิติแต่อย่างใด ยกเว้นปริมาณความชื้นและค่าความร้อนที่พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ส่วนที่ 3: การประเมินเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการนำขยะที่ย่อยสลายได้มาใช้ประโยชน์ ในรูปแบบต่างๆ

การประเมินเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการนำขยะที่ย่อยสลายได้ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทากลับมาใช้ประโยชน์ ซึ่งประกอบด้วยการนำมาทำปุ๋ยหมักและการนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงาน ปรากฏผลการศึกษาดังนี้

1. การนำมาทำปุ๋ยหมัก

การนำขยะที่ย่อยสลายได้ภายในมหาวิทยาลัยฯ ซึ่งได้แก่ เศษผักและผลไม้ เศษอาหาร เศษหญ้าและเศษใบไม้ มาหมักทำปุ๋ยโดยกระบวนการใช้ออกซิเจน (Aerobic decomposition) เพื่อให้ได้ผลผลิตเป็นวัตถุอินทรีย์ที่เป็นประโยชน์สำหรับพืชซึ่งเรียกว่า “ฮิวมัส (humus)” นั้น มีผลการวิจัยดังต่อไปนี้

1.1 สัดส่วนของขยะย่อยสลายได้ที่ใช้ทำปุ๋ยหมัก จากผลการศึกษาคคุณสมบัติของขยะที่เกี่ยวข้องกับการนำมาทำปุ๋ยหมักตามตารางที่ 15 พบว่า เศษอาหารมีอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) สูงที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 17.5:1 รองลงมาได้แก่ เศษหญ้าและใบไม้ และเศษผักและผลไม้ซึ่งมีค่า C/N ratio เฉลี่ยประมาณ 17:1 และ 15:1 ตามลำดับ ดังนั้นจึงกำหนดสัดส่วนของขยะที่จะใช้ในการทำปุ๋ยหมักโดยพิจารณาจากคุณสมบัติดังกล่าวเป็นหลัก ทั้งนี้เพื่อให้วัตถุดิบในการทำปุ๋ยหมักมีค่า C/N ratio ใกล้เคียงกับค่าที่เหมาะสมคือ 20-40:1 ให้มากที่สุด นอกจากนี้ยังได้พิจารณาถึงอัตราการเกิดขยะดังกล่าวว่ามีมากน้อยเพียงใดในแต่ละวันอีกด้วย ซึ่งผลจากการศึกษาตามตารางที่ 11 พบว่า เศษอาหารมีปริมาณมากที่สุดคือ 191.9 กิโลกรัมต่อวัน รองลงมาได้แก่ เศษหญ้าและใบไม้ และเศษผักและผลไม้ ซึ่งมีจำนวนเฉลี่ยเท่ากับ 66.3 และ 41.6 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ ด้วยหลักเกณฑ์ทั้ง 2 ประการข้างต้นจึงได้ข้อสรุปเกี่ยวกับสัดส่วนของขยะทั้ง 3 ประเภทที่ใช้หมักทำปุ๋ยในการวิจัยครั้งนี้ดังนี้

(1) เศษอาหาร (C/N ratio เท่ากับ 17.5:1 และอัตราการเกิดเท่ากับ 191.9 กิโลกรัมต่อวัน) จำนวน 3 ส่วน ซึ่งประกอบไปด้วย เศษข้าว เศษผักชนิดต่างๆ เศษเนื้อหมู เศษปลา เศษกุ้งและเปลือกกุ้ง เปลือกไข่ และเลือดหมู ฯลฯ

(2) เศษหญ้าและใบไม้ (C/N ratio เท่ากับ 17:1 และอัตราการเกิดเท่ากับ 66.3 กิโลกรัมต่อวัน) จำนวน 2 ส่วน ซึ่งประกอบไปด้วยเศษหญ้าสดรวมทั้งใบไม้แห้งและกิ่งไม้แห้งชนิดต่างๆ ปะปนกัน

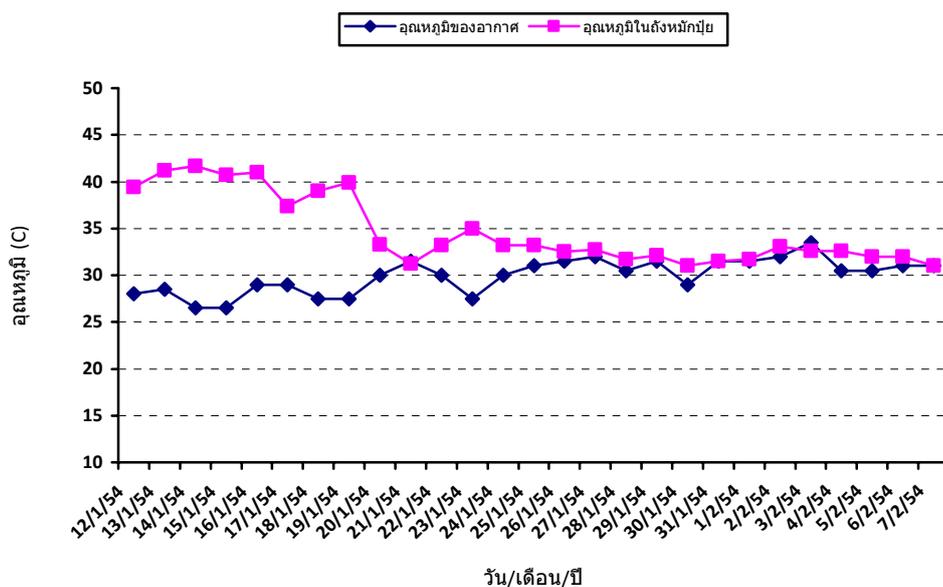
(3) เศษผักและผลไม้ (C/N ratio เท่ากับ 15:1 และอัตราการเกิดเท่ากับ 41.6 กิโลกรัมต่อวัน) จำนวน 1 ส่วน ซึ่งประกอบไปด้วยเศษผักบุง กระน้ำ กะหล่ำปลี เปลือกแตงโม เปลือกมะม่วง เศษสับปะรด แคนตาลูป และใบสตรอเบอรี่ ตามลำดับ

จากสัดส่วนของขยะที่กำหนดไว้ข้างต้นสามารถคำนวณหาอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) โดยรวมได้ดังนี้คือ

$$\begin{aligned} \text{C/N ratio} &= [(17.5 + 17.5 + 17.5) + (17 + 17) + 15]:1 / 6 \\ &= 101.5:1 / 6 \\ &= 16.92:1 \end{aligned}$$

ผลจากการคำนวณสรุปได้ว่า ขยะย่อยสลายได้ที่ใช้หมักทำปุ๋ยในสัดส่วนเศษอาหาร : เศษหญ้าและใบไม้ : เศษผักและผลไม้ เท่ากับ 3:2:1 มีอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) โดยประมาณเท่ากับ 17:1 ซึ่งพบว่ายังต่ำกว่าเกณฑ์ที่เหมาะสมคือ 20:1 อยู่เล็กน้อย

1.2 ระยะเวลาในการหมักทำปุ๋ย การหมักทำปุ๋ยจากขยะที่ย่อยสลายได้โดยกระบวนการใช้ออกซิเจนใช้ระยะเวลารวมทั้งสิ้น 28 วัน เริ่มตั้งแต่วันที่ 11 มกราคมถึง 7 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554 โดยสามารถแสดงกระบวนการหมักทำปุ๋ยในรูปของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในถังหมักปุ๋ยได้ดังภาพที่ 10 ต่อไปนี้ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)



ภาพที่ 10 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในถังหมักปุ๋ยที่ผลิตจากขยะย่อยสลายได้

จากภาพที่ 10 พบว่า การหมักปุ๋ยจากขยะด้วยกระบวนการใช้ออกซิเจนจะเกิดปฏิกิริยาย่อยสลายอินทรีย์วัตถุโดยจุลินทรีย์สูงที่สุดในช่วงสัปดาห์แรกของการหมักปุ๋ยคือระหว่างวันที่ 12 ถึง 19 มกราคม พ.ศ. 2554 ซึ่งมีอุณหภูมิที่วัดได้ในถังหมักปุ๋ยแต่ละวันตั้งแต่ 40 °C ขึ้นไปเกือบทุกวัน และปฏิกิริยาย่อยสลายดังกล่าวเริ่มลดระดับลงในช่วงสัปดาห์ที่สองคือระหว่างวันที่ 20 ถึง 26 มกราคม

พ.ศ. 2554 โดยที่สามารถวัดอุณหภูมิในถังหมักได้ประมาณ 33 ถึง 35 °C หลังจากนั้นเมื่อเข้าสู่ช่วงสองสัปดาห์สุดท้ายคือระหว่างวันที่ 27 มกราคมถึง 7 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554 ปรากฏผลว่าอุณหภูมิภายในถังหมักปุ๋ยอยู่ในสภาพคงตัวที่ระดับประมาณ 31 ถึง 33 °C ซึ่งใกล้เคียงกับอุณหภูมิของอากาศภายนอก จึงแสดงว่าปฏิกิริยาย่อยสลายอินทรีย์วัตถุโดยจุลินทรีย์ได้เสร็จสิ้นลงแล้ว อันหมายถึงกระบวนการหมักทำปุ๋ยจากขยะได้ยุติลงเช่นเดียวกัน

1.3 คุณภาพของปุ๋ยหมัก จากการนำขยะย่อยสลายได้ภายในมหาวิทยาลัยฯ มาหมักทำปุ๋ยโดยอาศัยกระบวนการดังกล่าวข้างต้น พบว่าผลผลิตที่ได้คือวัสดุที่มีลักษณะคงรูป สีค่อนข้างดำถึงน้ำตาลเข้ม และไม่มีกลิ่นเหม็นเน่าของขยะซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต (ดังภาพที่ 11) สำหรับคุณภาพของปุ๋ยที่ผลิตได้เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานปุ๋ยหมักที่กำหนดโดยกรมพัฒนาที่ดินสามารถสรุปผลได้ดังตารางที่ 18 คือ

(1) พารามิเตอร์ที่ตรวจพบว่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมักของกรมพัฒนาที่ดินคือ Nitrogen (N), Potassium (K) และ pH ตามลำดับ

(2) พารามิเตอร์ที่ตรวจพบว่ามีค่าใกล้เคียงกับเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมักของกรมพัฒนาที่ดินคือ Phosphorus (P)

(3) พารามิเตอร์ที่ตรวจพบที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมักของกรมพัฒนาที่ดินคือ Organic matter (OM), C/N ratio และ Moisture content ตามลำดับ



ภาพที่ 11 ลักษณะของปุ๋ยหมักที่ผลิตจากขยะย่อยสลายได้ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ตารางที่ 18 ผลการตรวจสอบคุณภาพของปุ๋ยหมักที่ผลิตจากขยะย่อยสลายได้ภายในมหาวิทยาลัย
ราชภัฏสวนสุนันทา

ลำดับที่	พารามิเตอร์ (หน่วยวัด)	ค่าที่พบจากตัวอย่างปุ๋ย	ค่ามาตรฐาน*
1	Nitrogen (%)	3.52	≥ 1.0
2	Phosphorus (%)	0.90	≥ 1.0
3	Potassium (%)	1.71	≥ 0.5
4	Organic carbon (% w/w)	42.10	-
5	C/N ratio	12:1	20:1
6	Organic matter (% w/w)	72.57	25-50
7	Moisture content (% w/w)	11.03	> 35
8	pH	6.33	6.0-7.5

หมายเหตุ: * หมายถึง มาตรฐานปุ๋ยหมักที่กำหนดโดยกรมพัฒนาที่ดิน (2542)

2. การนำมาใช้ผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง

การนำขยะที่ย่อยสลายได้ภายในมหาวิทยาลัยฯ ซึ่งได้แก่ เศษผักและผลไม้ เศษอาหาร เศษ
หญ้าและเศษใบไม้ มาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งด้วยวิธีการอัดโดยไม่ใช้ความร้อนหรืออัดเปียก โดย
มีกากไขมันที่รวบรวมจากบ่อคักไขมันและแป้งมันสำปะหลังทำหน้าที่เป็นตัวประสาน มีผลการ
วิจัยดังต่อไปนี้

2.1 สัดส่วนของขยะย่อยสลายได้ที่ใช้ในการทำเชื้อเพลิงอัดแท่ง จากผลการศึกษาคูสมบัติ
ของขยะที่เกี่ยวข้องกับการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งตามตารางที่ 16 พบว่า ขยะทั้ง 3 ประเภทคือเศษ
อาหาร เศษผักและผลไม้ เศษหญ้าและใบไม้ มีค่าความร้อนในระดับใกล้เคียงกัน คือมีค่าเฉลี่ย
เท่ากับ 5,378.29, 5,315.71 และ 4,848.42 cal/g ตามลำดับ ดังนั้นจึงกำหนดสัดส่วนของขยะที่นำมา
ผสมกันเพื่อผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยพิจารณาจากคุณสมบัติดังกล่าวเป็นหลัก กล่าวคือ ขยะที่ให้ค่า
ความร้อนสูงกว่าก็จะใช้เป็นส่วนผสมในปริมาณที่มากกว่า ส่วนขยะที่ให้ค่าความร้อนต่ำก็จะใช้ใน
ปริมาณที่น้อยกว่าลดหลั่นลงมาตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ได้กำหนดที่จะผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจาก
ขยะย่อยสลายได้แต่ละประเภทโดยไม่นำมาผสมรวมกับขยะอื่นๆ ควบคู่ไปด้วย ทั้งนี้เพื่อศึกษาว่า
เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตจากขยะในสัดส่วนต่างๆ มีการให้ค่าความร้อนแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด
ด้วยเหตุผลและหลักเกณฑ์ดังกล่าวข้างต้นจึงได้ข้อสรุปเกี่ยวกับสัดส่วนของขยะทั้ง 3 ประเภท
รวมทั้งกากไขมันและแป้งมันสำปะหลังที่ใช้สำหรับผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งในการวิจัยครั้งนี้ออกเป็น
5 ชุดตามที่ได้กล่าวมาแล้วในตารางที่ 4 ดังนี้

- (1) ชุดที่ 1 คือ เศษอาหาร : กากไขมัน : แป้งมันสำปะหลัง ในสัดส่วน 80:10:10
- (2) ชุดที่ 2 คือ เศษผักและผลไม้ : กากไขมัน : แป้งมันสำปะหลัง ในสัดส่วน 80:10:10
- (3) ชุดที่ 3 คือ เศษหญ้าและใบไม้ : กากไขมัน : แป้งมันสำปะหลัง ในสัดส่วน 80:10:10
- (4) ชุดที่ 4 คือ เศษอาหาร : เศษผักและผลไม้ : เศษหญ้าและใบไม้ : กากไขมัน : แป้งมันสำปะหลัง ในสัดส่วนที่ลดหลั่นลงไปตามค่าความร้อนของขยะคือ 40:30:10:10:10
- (5) ชุดที่ 5 คือ เศษอาหาร : เศษผักและผลไม้ : เศษหญ้าและใบไม้ : กากไขมัน : แป้งมันสำปะหลัง ในสัดส่วนที่เท่าๆ กันของขยะคือ 26.7: 26.7: 26.7:10:10

2.2 คุณภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่ง ผลการทดลองผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งตามสัดส่วนต่างๆ ที่กล่าวถึงข้างต้นปรากฏดังแสดงในภาพที่ 12 ซึ่งสามารถตรวจสอบคุณภาพของเชื้อเพลิงในรูปของค่าความร้อน (heating value) และปริมาณเถ้า (ash content) ได้ตามตารางที่ 19 และตารางที่ 20 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 19 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตจากขยะย่อยสลายได้ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ชุดที่	เชื้อเพลิงอัดแท่ง	ค่าความร้อน (cal/g)					เฉลี่ย
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	
1	80:10:10	8069.18	7797.44	7860.83	7988.83	7760.10	7895.28
2	80:10:10	6690.74	6792.36	6759.63	6924.06	6916.93	6816.73
3	80:10:10	6449.87	6555.87	6613.94	6682.59	6757.62	6611.98
4	40:30:10:10:10	6873.88	7031.40	7184.35	7071.40	7193.88	7070.98
5	26.7:26.7:26.7:10:10	6246.19	6355.50	6444.86	6614.51	6709.30	6474.07

ตารางที่ 20 ปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตจากขยะย่อยสลายได้ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ชุดที่	เชื้อเพลิงอัดแท่ง	ปริมาณเถ้า (%)					เฉลี่ย
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	
1	80:10:10	13.9	14.8	13.8	16.0	14.0	14.5
2	80:10:10	10.5	10.5	9.8	10.2	10.0	10.2
3	80:10:10	17.8	18.1	18.5	18.6	18.0	18.2
4	40:30:10:10:10	15.7	15.3	16.5	15.5	15.5	15.7
5	26.7:26.7:26.7:10:10	17.2	17.6	17.5	17.4	17.8	17.5



ชุดที่ 1 สัดส่วน 80:10:10



ชุดที่ 2 สัดส่วน 80:10:10



ชุดที่ 3 สัดส่วน 80:10:10



ชุดที่ 4 สัดส่วน 40:30:10:10:10



ชุดที่ 5 สัดส่วน 26.7:26.7:26.7:10:10

หมายเหตุ: สัดส่วนคือ เศษอาหาร : เศษผักผลไม้ : เศษใบไม้และหญ้า : กากไขมัน : แป้งมันสำปะหลัง

ภาพที่ 12 เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตจากขยะย่อยสลายได้ในสัดส่วนที่แตกต่างกัน

จากตารางที่ 19 พบว่า เชื้อเพลิงอัดแท่งชุดที่ 1 ซึ่งผลิตจากเศษอาหาร โดยมีกากไขมันและแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานในสัดส่วน 80:10:10 ให้ค่าความร้อนสูงที่สุดคือ 7,895.28 cal/g รองลงมาได้แก่ เชื้อเพลิงอัดแท่งชุดที่ 4 ซึ่งผลิตจากส่วนผสมระหว่างขยะย่อยสลายได้ทั้งสามประเภทคือ เศษอาหาร เศษผักและผลไม้ เศษหญ้าและใบไม้ โดยมีกากไขมันและแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานในสัดส่วน 40:30:10:10:10 ซึ่งให้ค่าความร้อนเท่ากับ 7,070.98 cal/g ส่วนเชื้อเพลิง

อัดแห้งชุดที่ 2, 3 และ 5 ให้ค่าความร้อนในระดับต่ำลงมาคือ 6,816.73, 6,611.98 และ 6,474.07 cal/g ตามลำดับ ส่วนตารางที่ 20 สรุปผลได้ว่า เชื้อเพลิงอัดแห้งชุดที่ 1 และ 4 ซึ่งให้ค่าความร้อนสูงที่สุด สองลำดับแรกมีปริมาณเถ้าร้อยละ 14.5 และ 15.7 ตามลำดับ ในขณะที่เชื้อเพลิงอัดแห้งชุดอื่นๆ คือ ชุดที่ 2, 3 และ 5 มีปริมาณเถ้าร้อยละ 10.2, 18.2 และ 17.5 ตามลำดับ

2.3 ลักษณะการเผาไหม้ การทดสอบลักษณะการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงอัดแห้งที่ผลิตจากขยะย่อยสลายได้ทั้ง 5 ชุด ซึ่งประกอบด้วย การทดสอบลักษณะต่างๆ จำนวน 4 ด้าน ได้แก่ การต้มน้ำให้เดือด การเผาไหม้ ควัน และกลิ่น ปรากฏผลดังแสดงตามตารางที่ 21 ดังนี้

ตารางที่ 21 ลักษณะการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงอัดแห้งที่ผลิตจากขยะย่อยสลายได้ในสัดส่วนต่างๆ

ชุดที่	เชื้อเพลิงอัดแห้ง	การต้มน้ำให้เดือด ^{1/} (นาที)	การเผาไหม้ ^{2/} (นาที)	ควัน	กลิ่น
1	80:10:10	12	53	ปานกลาง	ปานกลาง
2	80:10:10	13	43	ปานกลาง	น้อย
3	80:10:10	18	40	มาก	มาก
4	40:30:10:10:10	12	50	มาก	ปานกลาง
5	26.7:26.7:26.7:10:10	20	39	มาก	มาก

หมายเหตุ: ^{1/} อุณหภูมิเริ่มต้นคือ 25 °C และอุณหภูมิน้ำเดือดคือ 100 °C

^{2/} หมายถึง ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มต้นเผาเชื้อเพลิงอัดแห้งจนมอดเป็นเถ้า

จากตารางที่ 21 พบว่า เชื้อเพลิงอัดแห้งชุดที่ 1 มีลักษณะในการเผาไหม้ดีที่สุด กล่าวคือ ใช้ระยะเวลาในการต้มน้ำให้เดือดนาน 12 นาที และตัวเชื้อเพลิงสามารถเผาไหม้จนกระทั่งมอดเป็นเถ้าได้นานถึง 53 นาที ส่วนปัญหาด้านควันและกลิ่นจากการเผาไหม้มีในระดับปานกลาง รองลงมาได้แก่เชื้อเพลิงอัดแห้งชุดที่ 4 ซึ่งใช้เวลาในการต้มน้ำให้เดือดนาน 12 นาทีเช่นเดียวกัน แต่สามารถเผาไหม้ได้นาน 50 นาที และมีปัญหาด้านควันและกลิ่นในระดับมากและปานกลาง ตามลำดับ นอกจากนี้จะมีลักษณะการเผาไหม้ในแต่ละด้านคือขลงเรียงตามลำดับดังนี้คือ เชื้อเพลิงอัดแห้งชุดที่ 2, 3 และ 5

2.4 การจัดเรียงลำดับเชื้อเพลิงอัดแห้ง จากการศึกษาเกี่ยวกับคุณภาพของเชื้อเพลิงอัดแห้งในด้านการให้ค่าความร้อนและปริมาณเถ้า รวมทั้งการศึกษาลักษณะการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงดังกล่าว ในแง่ของระยะเวลาที่ใช้ในการต้มน้ำให้เดือด ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มต้นเผาจนมอดเป็นเถ้า ตลอดจนควันและกลิ่นที่เกิดจากการเผาไหม้ สามารถจัดเรียงลำดับของเชื้อเพลิงอัดแห้งโดยพิจารณาถึงข้อมูลการศึกษาข้างต้นในทุกด้าน และแสดงผลการจัดเรียงลำดับได้ตามตารางที่ 22 ดังนี้

ตารางที่ 22 การจัดเรียงลำดับเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตจากขยะย่อยสลายได้ในสัดส่วนต่างๆ

ชุดที่	เชื้อเพลิงอัดแท่ง	การจัดเรียงลำดับเชื้อเพลิงอัดแท่ง						การคำนวณ	ลำดับ
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)		
1	80:10:10	1	2	1	1	2	2	$9/6 = 1.50$	1
2	80:10:10	3	1	3	3	2	1	$13/6 = 2.16$	2
3	80:10:10	4	5	4	4	3	3	$23/6 = 3.83$	4
4	40:30:10:10:10	2	3	1	2	3	2	$13/6 = 2.16$	2
5	26.7:26.7:26.7:10:10	5	4	5	5	3	3	$25/6 = 4.16$	5

- หมายเหตุ: (1) คือการเรียงลำดับค่าความร้อนจากค่าสูงสุดถึงต่ำสุดโดยเรียงจากลำดับที่ 1, 2, 3, 4 และ 5
 (2) คือการเรียงลำดับปริมาณเถ้าจากค่าต่ำสุดถึงสูงสุดโดยเรียงจากลำดับที่ 1, 2, 3, 4 และ 5
 (3) คือการเรียงลำดับระยะเวลาการต้มน้ำให้เดือดจากค่าต่ำสุดถึงสูงสุดโดยเรียงจากลำดับที่ 1, 2, 3, 4 และ 5
 (4) คือการเรียงลำดับเวลาการเผาไหม้จากค่าสูงสุดถึงต่ำสุดโดยเรียงจากลำดับที่ 1, 2, 3, 4 และ 5
 (5) คือการเรียงลำดับการเกิดควันในขณะเผาไหม้โดยกำหนดให้การเกิดควันน้อย, ปานกลาง และมากเป็นลำดับที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ
 (6) คือการเรียงลำดับการเกิดกลิ่นในขณะเผาไหม้โดยกำหนดให้การเกิดกลิ่นน้อย, ปานกลาง และมากเป็นลำดับที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ

จากตารางที่ 22 พบว่า เชื้อเพลิงอัดแท่งชุดที่ 1 จัดเป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพและมีลักษณะการเผาไหม้ดีที่สุดเป็นลำดับที่ 1 ส่วนในลำดับที่ 2 คือเชื้อเพลิงอัดแท่งชุดที่ 2 และ 4 ซึ่งมีคุณภาพและลักษณะในการเผาไหม้อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน สำหรับในลำดับต่อๆ มาคือเชื้อเพลิงอัดแท่งชุดที่ 3 และ 5 ตามลำดับ ซึ่งผลของการจัดเรียงลำดับเชื้อเพลิงอัดแท่งดังกล่าวมานี้สามารถนำไปใช้ในการพิจารณาว่าควรจะนำขยะย่อยสลายได้ภายในมหาวิทยาลัยฯ มาใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบใดจึงจะมีความเหมาะสมมากที่สุด

บทที่ 5

อภิปรายและวิจารณ์ผล

ในการอภิปรายผลงานวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาศักยภาพในการแปรสภาพขยะที่ย่อยสลายได้เพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้แบ่งหัวข้อของการอภิปรายออกเป็น 3 ส่วน ทั้งนี้เพื่อให้สอดคล้องกับผลการวิจัยที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ผ่านมา ซึ่งการอภิปรายและวิจารณ์ผลการวิจัยในแต่ละส่วนมีรายละเอียดตามหัวข้อต่อไปนี้

1. ชนิดและปริมาณการเกิดขยะภายในมหาวิทยาลัย
2. คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของขยะที่ย่อยสลายได้
3. เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการนำขยะที่ย่อยสลายได้กลับมาใช้ประโยชน์

ชนิดและปริมาณการเกิดขยะภายในมหาวิทยาลัย

จากการประมวลผลการวิจัยเกี่ยวกับชนิดและปริมาณขยะที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ทั้งที่ได้รับจากการศึกษาสำรวจโดยอาศัยแบบสอบถามผู้ที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะภายในมหาวิทยาลัยฯ และโดยการสุ่มชั่งน้ำหนักขยะโดยตรง ซึ่งได้แจกแจงรายละเอียดไปแล้วในบทที่ผ่านมา นั้น สามารถอภิปรายผลการวิจัยในประเด็นหลักๆ ได้ดังต่อไปนี้

1. ชนิดของขยะที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัย

ข้อมูลที่ได้รับจากการสัมภาษณ์ผู้ที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะภายในมหาวิทยาลัยฯ โดยเฉพาะคนงานเก็บขนขยะมีความคิดเห็นว่า ขยะที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยฯ ส่วนใหญ่เป็นขยะย่อยสลายได้ซึ่งประกอบไปด้วยเศษใบไม้ กิ่งไม้ และเศษหญ้า เศษผักและผลไม้ รวมทั้งเศษข้าวและเศษอาหาร ตามลำดับ โดยขยะเหล่านี้บางประเภท เช่น เศษข้าวและเศษอาหารรวมทั้งเศษผักและผลไม้จะมีการจัดภาชนะรองรับแยกไว้ต่างหากจากขยะทั่วไป และเป็นขยะที่เกิดขึ้นทุกๆ วัน เนื่องจากมีการจำหน่ายอาหารให้แก่นักศึกษาและอาจารย์ตลอดจนเจ้าหน้าที่ตลอดเวลาทั้งในวันทำงานและวันหยุดสุดสัปดาห์ ส่วนขยะประเภทเศษใบไม้ กิ่งไม้ และเศษหญ้าพบว่าจะเกิดขึ้นเฉพาะในวันที่มีการตัดแต่งกิ่งไม้ สวนหย่อม และสนามหญ้าเท่านั้น ซึ่งโดยปกติจะมีการตัดแต่งกิ่งไม้ สวนหย่อมและตกแต่งสนามหญ้าประมาณ 1-2 ครั้งต่อสัปดาห์ และขยะเหล่านี้บางส่วนจะถูกทิ้งลงในถังขยะโดยปะปนกับขยะอื่นๆ แต่ส่วนใหญ่แล้วคนสวนจะทำการเก็บรวบรวมและกองเอาไว้เพื่อรอให้คนงานเก็บขนนำรถขยะมาบรรทุกและขนไปยังจุดพักขยะเพื่อรอการเก็บขนจากทางกรุงเทพมหานครอีกทอดหนึ่ง

สำหรับขยะที่สำรวจพบในถังขยะที่ตั้งอยู่ภายนอกอาคารต่างๆ ที่มหาวิทยาลัยฯ พบว่า เป็นขยะที่ทิ้งปะปนกัน โดยไม่มีการคัดแยกตามสีของถังขยะอย่างถูกต้อง ซึ่งประกอบไปด้วยขยะต่างๆ ได้แก่ ถุงพลาสติก หลอดพลาสติก ก่องโฟมใส่อาหาร ขวดน้ำพลาสติก เศษข้าว เศษขนม เศษกระดาษ กระดาษทิชชู ซองใส่ขนม ซองบุหรี ขวดแก้ว ก่องนม และกระป๋องน้ำอัดลม เป็นต้น และเนื่องจากมีการทิ้งขยะปะปนกัน โดยไม่มีการคัดแยกตามที่กล่าวมาแล้ว ขยะเหล่านี้จึงมีศักยภาพต่ำเนื่องจากมีความสกปรกจนขาดคุณภาพที่จะนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีก ดังนั้น มหาวิทยาลัยฯ ควรจัดทำโครงการรณรงค์ให้มีการทิ้งขยะที่ถูกต้องตามสีของถังขยะเพื่อเป็นการคัดแยกขยะตั้งแต่ต้นทาง ซึ่งจะเป็นการเพิ่มมูลค่าของขยะเหล่านั้นให้สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีกเป็นจำนวนมาก ส่วนขยะที่เหลือจากการคัดแยกซึ่งไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้จึงทำการรวบรวมเพื่อรอการเก็บขนจากทางกรุงเทพมหานครเพื่อนำไปกำจัดโดยวิธีฝังกลบต่อไป นอกจากนี้ควรจัดให้มีโถดั่งสำหรับเก็บรวบรวมขยะที่มีการคัดแยกไว้แล้วเพื่อรอการนำไปจำหน่ายให้กับธนาคารวัสดุรีไซเคิลต่อไปด้วย วิธีการที่กล่าวมานี้จะช่วยทำให้ปริมาณขยะที่ทิ้งลงในถังขยะที่ตั้งตามจุดต่างๆ ที่มหาวิทยาลัยฯ ซึ่งที่ผ่านมาถูกเก็บรวบรวมเพื่อรอการเก็บขนจากทางกรุงเทพมหานครเพื่อนำไปฝังกลบมีจำนวนลดลงอย่างมาก

ส่วนขยะอีกประเภทหนึ่งซึ่งก็คือขยะรีไซเคิล อันประกอบด้วยขยะชนิดต่างๆ ได้แก่ กระดาษ พลาสติก แก้ว โลหะ และเศษเหล็ก ฯลฯ นั้น จะมีรายละเอียดของการศึกษาสำรวจอยู่ในรายงานการดำเนินงานของโครงการย่อยที่ 2 ซึ่งจะได้อีกกล่าวถึงในลำดับถัดไป

2. ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัย

ข้อมูลที่ได้รับจากการสุ่มชั่งน้ำหนักขยะโดยตรงจากถังขยะทั้งหมดที่ตั้งไว้บริเวณภายนอกอาคารต่างๆ ภายในมหาวิทยาลัยฯ พบว่ามีปริมาณเฉลี่ย 1,279.6 กิโลกรัมต่อวันหรือประมาณ 1.3 ตันต่อวันในช่วงวันทำงาน และเฉลี่ย 1,057.6 กิโลกรัมต่อวันหรือประมาณ 1 ตันต่อวันโดยประมาณในช่วงวันหยุดสุดสัปดาห์ ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลจากการสัมภาษณ์ที่ประมาณการไว้ว่า ขยะที่เก็บรวบรวมจากถังขยะทั้งหมดตามจุดต่างๆ ภายนอกอาคารมีปริมาณ 1-2 ตันต่อวันโดยประมาณ นอกจากนี้ยังใกล้เคียงกับข้อมูลที่ได้คาดการณ์ไว้เบื้องต้นก่อนการศึกษาวิจัยว่ามีปริมาณขยะเกิดขึ้นประมาณ 1.2-1.5 ตันต่อวันอีกด้วย ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่าปัจจุบันนี้มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทามีขยะที่ทิ้งลงในถังขยะตามจุดต่างๆ คิดเป็นปริมาณเฉลี่ย 1 – 1.3 ตันในแต่ละวัน ทั้งนี้ยังไม่นับรวมขยะรีไซเคิลซึ่งถูกคัดแยกไว้และทำการเก็บรวบรวมผ่านทางธนาคารวัสดุรีไซเคิลของมหาวิทยาลัยฯ เพื่อนำไปจำหน่ายให้แก่ร้านรับซื้อของเก่าอีกส่วนหนึ่ง โดยวิธีการแก้ปัญหาขยะที่มีปริมาณมากถึง 1 – 1.3 ตันต่อวันนี้มหาวิทยาลัยฯ ควรจัดทำโครงการรณรงค์ให้ทิ้งขยะอย่างถูกต้องตามสีของถังขยะอย่างต่อเนื่องและเป็นรูปธรรมดังได้กล่าวมาแล้ว ซึ่งคาดว่าจะทำให้มีปริมาณขยะอย่าง

น้อยร้อยละ 50 ของจำนวนทั้งหมดหรือประมาณ 0.5-0.6 ตันต่อวันถูกคัดแยกออกมาเพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีก และส่งผลให้ขยะที่จะถูกรวบรวมและรอการเก็บขนจากทางกรุงเทพมหานคร เพื่อนำฝังกลบมีจำนวนลดลงไปในปริมาณที่เท่ากันเช่นเดียวกัน

ส่วนขยะที่ย่อยสลายได้ประเภทต่างๆ ได้แก่ เศษข้าวและเศษอาหารรวมทั้งเศษผักและผลไม้ ซึ่งมีการจัดภาชนะรองรับแยกไว้ต่างหากจากขยะทั่วไป ตลอดจนเศษใบไม้ กิ่งไม้ และเศษหญ้าซึ่งบางส่วนมีการทิ้งปะปนไปกับขยะทั่วไปในถังขยะ หรือที่มีการเก็บรวบรวมและกองแยกไว้ต่างหากเพื่อรอให้ทางกรุงเทพมหานครมาเก็บขน ไปกำจัดนั้น จากการเก็บข้อมูลโดยสุ่มซึ่งนำนักขยะดังกล่าวพบว่ามีจำนวนรวมกันเฉลี่ย 299.8 กิโลกรัมต่อวันหรือ 0.3 ตันต่อวัน โดยประมาณ ซึ่งสองในสามส่วนของขยะจำนวนดังกล่าวเป็นเศษข้าวและเศษอาหารที่เกิดจากโรงอาหารทุกแห่งภายในมหาวิทยาลัยฯ ส่วนที่เหลืออีกหนึ่งในสามส่วนเป็นขยะจำพวกเศษใบไม้ กิ่งไม้ เศษหญ้า และเศษผักและผลไม้ ขยะที่ย่อยสลายได้เหล่านี้เป็นส่วนที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีก ประกอบกับการที่มีภาชนะรองรับแยกต่างหากจากขยะทั่วไป จึงทำให้ง่ายต่อการนำมาแปรรูปเพื่อใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ ซึ่งจากข้อมูลการสัมภาษณ์ผู้ที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะพบว่า ส่วนใหญ่ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 75.0 มีความคิดเห็นให้นำขยะเหล่านี้ไปใช้ในการทำปุ๋ยหมัก และอีกร้อยละ 18.2 มีความคิดเห็นให้นำไปใช้เป็นแหล่งพลังงาน และจากการรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องก็พบที่มีการนำขยะย่อยสลายได้ประเภทต่างๆ กลับมาใช้ประโยชน์ในหลายรูปแบบ เช่น นนทรฐ อินธิม (2549) ทดลองนำเศษอาหารจากโรงอาหาร ใบไม้แห้งที่หั่นตามพื้นภายในมหาวิทยาลัยรามคำแหง และเศษผักจากตลาดสดมาหมักทำปุ๋ยโดยกระบวนการย่อยสลายแบบใช้อากาศ หรือในงานวิจัยของ อรรถกร ฤกษ์วีรี (2549) ก็ได้ศึกษาถึงการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากขยะชุมชนซึ่งมีเศษใบไม้และกิ่งไม้เป็นส่วนประกอบในการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งดังกล่าว เป็นต้น ข้อมูลจากงานวิจัยที่กล่าวข้างต้นเกี่ยวกับปริมาณขยะย่อยสลายได้ซึ่งมีจำนวนเฉลี่ยประมาณ 0.3 ตันต่อวัน และข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้ที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องซึ่งร้อยละ 75 และ 18.2 แสดงความเห็นว่าการนำขยะย่อยสลายได้มาใช้ในการทำปุ๋ยหมักและใช้เป็นแหล่งพลังงานตามลำดับนั้น จึงอาจสรุปในเบื้องต้นได้ว่ามหาวิทยาลัยฯ ควรนำขยะจำนวนดังกล่าวในสัดส่วน 3/4 ของขยะย่อยสลายได้ทั้งหมดหรือประมาณ 225 กิโลกรัมต่อวันมาใช้ในการทำปุ๋ยหมัก และอีก 1/4 หรือประมาณ 75 กิโลกรัมต่อวันควรนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานในรูปของการผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อไป

นอกจากนี้ยังได้ทำการสำรวจปริมาณกากไขมันจากบ่อดักไขมันที่ติดตั้งตามร้านค้าจำหน่ายอาหารทั้งหมดภายในมหาวิทยาลัยฯ อีกด้วยซึ่งพบว่ามีจำนวนเฉลี่ยสูงถึง 76 กิโลกรัมต่อวัน กากไขมันเหล่านี้แม้ว่าจะไม่ใช่เป็นขยะแต่ก็เป็นของเสียที่ต้องกำจัดโดยการดักทิ้งจากบ่อดักไขมันอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งก็พบว่ามีปัญหาในการหาแหล่งนำไปทิ้งหรือกำจัดเป็นอย่างมาก ดังนั้น การ

พิจารณานำกากไขมันกลับมาใช้ประโยชน์ในทางใดทางหนึ่งก็จะสามารถช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้นลงได้เป็นอย่างมาก โดยเฉพาะการนำกากไขมันเหล่านี้มาใช้เป็นตัวประสานในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากขยะที่ย่อยสลายได้ ก็เป็นแนวทางที่น่าส่งเสริมและสนับสนุนเพราะเป็นการนำทั้งขยะและกากไขมันที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยฯ กลับมาใช้ประโยชน์ร่วมกัน ซึ่งจากงานวิจัยของอัจฉรา อัสวรจิกุลชัย และคณะ (2554) ก็ได้ทดลองนำเอากากไขมันจากบ่อตกไขมันมาผสมกับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรชนิดต่างๆ เพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งเช่นเดียวกัน

คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของขยะที่ย่อยสลายได้

จากการประมวลผลการวิจัยเกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของขยะที่ย่อยสลายได้โดยทำการสุ่มตัวอย่างขยะเพื่อนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ พร้อมทั้งศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติดังกล่าวระหว่างขยะย่อยสลายได้ประเภทต่างๆ ซึ่งได้แจกแจงรายละเอียดไปแล้วในบทที่ผ่านมานั้น สามารถอภิปรายผลการวิจัยในประเด็นหลักๆ ได้ดังต่อไปนี้

1. คุณสมบัติของขยะที่เหมาะสมต่อการนำมาทำปุ๋ยหมัก

ข้อมูลที่ได้รับจากการวิเคราะห์ตัวอย่างขยะในห้องปฏิบัติการฯ พบว่า คุณสมบัติทางกายภาพซึ่งได้แก่ปริมาณความชื้น (moisture content) ของขยะย่อยสลายได้ทั้ง 3 ประเภทคือ เศษอาหาร เศษผักและผลไม้ เศษหญ้าและใบไม้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 78.15, 75.23 และ 69.54 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Tchobanoglous et al. (1993) ที่กล่าวว่า เศษพืชผักและผลไม้มีปริมาณความชื้นสูงถึงร้อยละ 75 ทั้งนี้เนื่องจากในเศษผักและผลไม้ซึ่งเป็นขยะสดจะมีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่ค่อนข้างมาก ส่วนในเศษอาหารก็จะมีองค์ประกอบที่เป็นน้ำแฉะ น้ำต้มจืด หรือน้ำก๊วยเตี๋ยผสมอยู่ด้วย ส่วนข้อมูลจากการศึกษาทบทวนงานวิจัยอื่นๆ พบว่า ขยะจากโรงอาหารภายในมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต มีปริมาณความชื้นร้อยละ 66.72 (อุษา วิเศษสุนัน, 2547) ในขณะที่ขยะชุมชนในพื้นที่กรุงเทพมหานครมีปริมาณความชื้นร้อยละ 62 (ณัฐวุฒิ แสนอำนวยผล, 2547) ซึ่งต่ำกว่าปริมาณความชื้นของขยะย่อยสลายได้ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

อย่างไรก็ตาม ปริมาณความชื้นของขยะย่อยสลายได้ทั้ง 3 ประเภทภายในมหาวิทยาลัยฯ นั้นน่ามีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในการทำปุ๋ยหมักได้ ซึ่งโดยหลักทฤษฎีแล้วความชื้นในกองปุ๋ยหมักควรมีไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50-60 ซึ่งถ้าปริมาณความชื้นลดต่ำกว่าระดับดังกล่าวก็จะเป็นอุปสรรคต่อการย่อยสลายของจุลินทรีย์ได้

ส่วนคุณสมบัติทางเคมีที่จะต้องคำนึงถึงเมื่อต้องการนำขยะมาทำปุ๋ยหมักก็คืออัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ทั้งนี้ข้อมูลจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการฯ พบว่า เศษอาหาร เศษผักและผลไม้ เศษหญ้าและใบไม้มีค่า C/N ratio เฉลี่ยประมาณ 15-17.5:1 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่เหมาะสมตามหลักทฤษฎีที่กำหนดให้มีค่าระหว่าง 20-40:1 จึงจะทำให้การหมักทำปุ๋ยเกิด

ประสิทธิภาพมากที่สุด อย่างไรก็ตาม อาจกล่าวได้ว่าขยะเหล่านี้มีค่า C/N ratio ใกล้เคียงกับเกณฑ์ที่เหมาะสมดังกล่าวข้างต้นโดยมีค่าต่ำกว่าไม่มากนัก

2. คุณสมบัติของขยะที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงาน

ในการวิเคราะห์คุณสมบัติของขยะที่เกี่ยวข้องกับการนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานซึ่งในที่นี้ได้แก่ค่าความร้อน (heating value) พบว่า ขยะย่อยสลายได้ทั้ง 3 ประเภทคือเศษอาหาร เศษผักและผลไม้ เศษหญ้าและใบไม้ ให้ค่าความร้อนในระดับที่ลดหลั่นกันลงมา โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5,378.29, 5,315.71 และ 4,848.42 cal/g ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ ที่มีผู้ศึกษาไว้แล้วพบว่า ขยะรวมภายในมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต มีค่าความร้อน 6,701 kcal/kg (อุษา วิเศษสุนทร, 2547) ส่วนขยะชุมชนจากโรงงานกำจัดมูลฝอยอ่อนนุชของกรุงเทพมหานครมีค่าความร้อน 1,578 kcal/kg (ฉัฐวุฒิ แสนอำนวยผล, 2547) ทั้งนี้ยังสำรวจไม่พบว่ามีการศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติด้านค่าความร้อนของขยะประเภทเศษอาหาร เศษผักและผลไม้ รวมทั้งเศษหญ้าและใบไม้ ในประเทศไทยแต่อย่างใด จะมีก็แต่เพียงรายงานในต่างประเทศที่กล่าวว่าเศษอาหารและเศษหญ้าให้ค่าความร้อน 2,400 และ 2,700 Btu/lb ตามลำดับ (Shah, 2000) ซึ่งแตกต่างจากการวิจัยในครั้งนี้ที่พบว่าเศษอาหารให้ค่าความร้อนสูงกว่าเศษหญ้า อย่างไรก็ตาม อาจสรุปได้ว่าเศษอาหาร เศษผักและผลไม้ เศษหญ้าและใบไม้ ซึ่งเกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยฯ เป็นจำนวนมากไม่น้อยในแต่ละวันมีศักยภาพในด้านการให้ความร้อนเพียงพอที่จะนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานได้

เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการนำขยะที่ย่อยสลายได้กลับมาใช้ประโยชน์

จากการประมวลผลการวิจัยเกี่ยวกับการประเมินเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการนำขยะที่ย่อยสลายได้ซึ่งประกอบด้วยเศษอาหาร เศษผักและผลไม้ รวมทั้งเศษหญ้าและใบไม้กลับมาใช้ประโยชน์ใน 2 ด้านคือ การนำมาทำปุ๋ยหมัก และการนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยมีการแจกแจงรายละเอียดไปแล้วในบทที่ผ่านมาสามารถอภิปรายผลการวิจัยในประเด็นหลักๆ ได้ดังนี้

1. การนำมาทำปุ๋ยหมัก

ข้อมูลที่ได้รับจากการทดลองนำเอาขยะย่อยสลายได้ทั้ง 3 ประเภทคือ เศษอาหาร เศษผักและผลไม้ เศษหญ้าและใบไม้ มาผสมเข้าด้วยกันในสัดส่วน 3:2:1 เพื่อผลิตปุ๋ยหมักโดยอาศัยกระบวนการใช้ออกซิเจนปรากฏผลดังนี้

(1) อุปกรณ์ที่ใช้หมักปุ๋ยในการวิจัยครั้งนี้ซึ่งได้แก่ถังเหล็กที่มีปริมาตร 200 ลิตร วางบนขาตั้งรูปสามเหลี่ยมในแนวนอนและมีการเจาะรูขนาดประมาณ 0.5 นิ้วด้านข้างโดยรอบตัวถัง นับว่าสามารถใช้เป็นภาชนะเพื่อใส่ขยะย่อยสลายได้ที่นำมาหมักทำปุ๋ยแบบใช้อากาศได้เป็นอย่างดี ซึ่งในการทำปุ๋ยหมักแต่ละครั้งสามารถใส่ขยะลงไปจนถึงหมักได้ 3/4 ของปริมาตรถังหมักปุ๋ยหรือ

ประมาณ 150 ลิตร ทั้งนี้พบว่ามีกลิ่นเหม็นจากขยะบ้างเพียงเล็กน้อยในช่วง 2-3 วันแรกของการหมัก แต่หลังจากนั้นกลิ่นเหม็นดังกล่าวจะลดลงจนไม่มีกลิ่นเลยเมื่อกระบวนการหมักปุ๋ยสิ้นสุดลง ข้อดีประการหนึ่งของอุปกรณ์หมักปุ๋ยแบบนี้ก็คือสามารถประยุกต์เอาวัสดุเหลือใช้คือถังเหล็กและเศษเหล็กมาประกอบเข้าด้วยกันโดยเสียค่าใช้จ่ายไม่มากนัก ทั้งยังใช้พื้นที่เพียง 1.5 X 2.0 เมตรหรือประมาณ 3.0 ตารางเมตรต่อถังหมักปุ๋ยหนึ่งชุดเท่านั้น นอกจากนี้ยังสามารถใช้งานได้นานรวมทั้งสะดวกต่อการเคลื่อนย้ายไปวางไว้ตามจุดต่างๆ ที่ต้องการได้ ซึ่งจากการประมาณการคาดว่าในระยะเริ่มต้นโครงการจะใช้ถังหมักปุ๋ยดังกล่าวนี้จำนวน 10 ชุด ก่อนที่จะเพิ่มมากขึ้นเมื่อโครงการประสบความสำเร็จในโอกาสต่อไป ดังนั้นโครงการทำปุ๋ยหมักจึงต้องการใช้พื้นที่ว่างสำหรับจัดวางถังหมักปุ๋ยทั้งหมดรวมกันเพียง 30 ตารางเมตรโดยไม่จำเป็นต้องสร้างโรงเรือนให้สิ้นเปลืองงบประมาณแต่อย่างใด

(2) ขยะย่อยสลายได้ที่ใช้ทำปุ๋ยหมักในการวิจัยครั้งนี้ซึ่งได้แก่สัดส่วนระหว่างเศษอาหาร : เศษหญ้าและใบไม้ : เศษผักและผลไม้ เท่ากับ 3:2:1 โดยมีอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ประมาณ 17:1 นั้น อาจกล่าวได้ว่ายังไม่เหมาะสมเท่าที่ควรเนื่องจากมีค่า C/N ratio ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 20-40:1 ทั้งนี้เกิดจากข้อจำกัดทางด้านคุณสมบัติของขยะเหล่านี้ที่มีค่า C/N ratio อยู่ระหว่าง 15-17.5:1 เท่านั้น ดังนั้น เมื่อนำเอาขยะเหล่านี้มาผสมเข้าด้วยกันเพื่อทำปุ๋ยหมักก็ไม่สามารถทำให้ค่า C/N ratio เพิ่มมากไปกว่านี้ ซึ่งนับเป็นส่วนหนึ่งส่งผลต่อคุณภาพของปุ๋ยหมักที่ได้ วิธีการที่จะต้องแก้ไขในประเด็นดังกล่าวอาจทำได้โดยการหาวัตถุดิบหรืออย่างอื่นที่มีค่า C/N ratio สูง เช่น ลำต้นข้าวโพดที่มีค่า C/N ratio เท่ากับ 60:1 (ฉัตรชัย จันทร์เด่นดวง, 2553) เป็นต้น ใส่เป็นส่วนผสมเพิ่มเติมเข้าไปในขยะที่ใช้ทำปุ๋ยหมัก ซึ่งจะช่วยให้ค่า C/N ratio โดยรวมสูงขึ้นกว่าเดิมจนอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดได้ อย่างไรก็ตาม วิธีการนี้ก็มีข้อเสียคือเป็นการเพิ่มภาระในการจัดหาวัตถุดิบหรือดังกล่ารวมทั้งหมดทำให้เกิดต้นทุนตามมาอีกด้วย

(3) ระยะเวลาในการหมักปุ๋ยจากขยะย่อยสลายได้ซึ่งพบว่าใช้เวลารวมทั้งสิ้น 28 วันตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งเสร็จสิ้นกระบวนการ นับว่าสอดคล้องกับหลักการหมักปุ๋ยแบบใช้อากาศที่อาศัยการทำงานของจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนในการดำรงชีวิต (aerobic bacteria) ซึ่งจะทำการย่อยสลายและเปลี่ยนแปลงของขยะอินทรีย์ไปเป็นวัสดุปรับปรุงดินหรือฮิวมัสภายใน 3-4 สัปดาห์ (ฉัตรชัย จันทร์เด่นดวง, 2553) อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาถึงคุณภาพของปุ๋ยหมักที่ได้ซึ่งมีค่า Organic matter สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานนั้น อาจมีสาเหตุมาจากจุลินทรีย์ตามธรรมชาติซึ่งทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ในถังหมักปุ๋ยมีจำนวนน้อยเกินไป จึงทำให้ไม่สามารถปรับเปลี่ยนอินทรีย์วัตถุหรือ Organic matter ให้กลายเป็นฮิวมัสได้อย่างสมบูรณ์ในช่วงเวลาดังกล่าวได้ ซึ่งวิธีการที่จะต้องแก้ไขในประเด็นนี้ก็คือการเพิ่มปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เข้าไปในถังหมักปุ๋ยในสัดส่วนที่เหมาะสม

ทั้งนี้เพื่อช่วยให้การทำงานของจุลินทรีย์ในการเปลี่ยนสภาพ Organic matter มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ซึ่งก็จะทำให้ค่า Organic matter ลดต่ำลงจนอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดได้

(4) ในการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการทำปุ๋ยหมักจากขยะที่ย่อยสลายได้ครั้งนี้พบว่ายังมีข้อผิดพลาดทางด้านเทคนิคที่ส่งผลให้การหมักทำปุ๋ยยังไม่สมบูรณ์เท่าที่ควร ซึ่งตรวจสอบได้จากคุณสมบัติของปุ๋ยหมักที่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานของกรมพัฒนาที่ดิน อันประกอบด้วยค่า C/N ratio, Organic matter และ Moisture content ตามลำดับ โดยในส่วนของค่า C/N ratio และ Organic matter นั้นได้กล่าวถึงวิธีดำเนินการแก้ไขเพื่อปรับปรุงกระบวนการทางด้านเทคนิคให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นไปแล้ว สำหรับคุณสมบัติด้านปริมาณความชื้น (moisture content) ซึ่งพบว่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานอยู่มากนั้น อาจเกิดขึ้นจากยังขาดการควบคุมปริมาณความชื้นภายในถังหมักปุ๋ยในระหว่างการหมักให้เหมาะสมคือประมาณร้อยละ 40 ตลอดระยะเวลาของการหมัก ดังนั้น วิธีแก้ไขในประเด็นนี้ก็คือหมั่นตรวจสอบปริมาณความชื้นในระหว่างทำการหมักปุ๋ยให้มีปริมาณที่เหมาะสมอย่างสม่ำเสมอ หากพบว่าช่วงใดที่ปริมาณความชื้นภายในถังหมักปุ๋ยลดต่ำลง ก็ต้องพรมน้ำลงไปในถังหมักปุ๋ยเพื่อให้มีปริมาณความชื้นตามที่กำหนดไว้

(5) เนื่องจากในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะนำขยะย่อยสลายได้ที่เกิดขึ้นเป็นจำนวนมากในแต่ละวันภายในมหาวิทยาลัยฯ กลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงต้องคำนึงถึงปริมาณขยะแต่ละประเภทที่จะใช้ทำปุ๋ยหมักให้มีสัดส่วนเหมาะสมกับจำนวนที่เกิดขึ้นในแต่ละวันด้วย ซึ่งข้อมูลจากการวิจัยที่รายงานไว้ในบทที่ผ่านมามีพบว่าเศษอาหารมีปริมาณมากที่สุดคือ 191.9 กิโลกรัมต่อวัน รองลงมาได้แก่ เศษหญ้าและใบไม้ และเศษผักและผลไม้ โดยมีจำนวนเฉลี่ยเท่ากับ 66.3 และ 41.6 กิโลกรัมต่อวัน ดังนั้น จึงเป็นเหตุผลหนึ่ง que เลือกใช้ขยะทั้ง 3 ประเภทนี้มาผสมเข้าด้วยกันเพื่อผลิตปุ๋ยหมักในสัดส่วน 3:2:1 กล่าวคือ มีเศษอาหาร 3 ส่วน เศษหญ้าและใบไม้ 2 ส่วน และเศษผักและผลไม้ 1 ส่วน ตามลำดับ ซึ่งการกำหนดสัดส่วนในลักษณะเช่นนี้จะช่วยให้การนำขยะย่อยสลายได้ภายในมหาวิทยาลัยฯ กลับมาใช้ประโยชน์มีความเหมาะสมมากที่สุด

(6) เนื่องจากวัตถุประสงค์ของการนำขยะที่ย่อยสลายได้มาใช้ในการทำปุ๋ยหมักก็คือ เพื่อทดแทนการจัดซื้อปุ๋ยเข้ามาใช้ในงานตกแต่งสวนหย่อมภายในมหาวิทยาลัยฯ ในอนาคต ดังนั้น จึงจำเป็นต้องคำนวณต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายที่อาจเกิดขึ้นจากการทำปุ๋ยหมักว่ามีอย่างน้อยเพียงใด และสามารถช่วยลดภาระค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อปุ๋ยได้คุ้มค่ากับการลงทุนหรือไม่ และจากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นพบว่าหากมีการส่งเสริมให้ทำปุ๋ยหมักจากขยะย่อยสลายได้ตามผลของการวิจัยในครั้งนี้ มหาวิทยาลัยฯ ต้องจัดเตรียมต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายเพื่อการผลิตปุ๋ยหมักครั้งนี้

(6.1) ต้นทุนคงที่ (Fixed cost) ได้แก่ ค่าจ้างจัดทำถังหมักปุ๋ยแบบใช้อากาศตามรูปแบบที่ได้นำเสนอไว้ในบทที่ 3 ซึ่งคิดเป็นค่าใช้จ่ายประมาณ 5,000-7,000 บาทต่อถังหมักหนึ่งชุด ซึ่งในระยะเริ่มต้นโครงการควรจัดเตรียมถังหมักปุ๋ยจำนวน 10 ชุดหรือคิดเป็นงบประมาณรวมทั้งหมดประมาณ 50,000-70,000 บาทก่อน และเมื่อโครงการทำปุ๋ยหมักประสบความสำเร็จตามเป้าหมายที่วางไว้จึงค่อยเพิ่มจำนวนถังหมักปุ๋ยให้เพียงพอกับปริมาณขยะย่อยสลายได้ที่จะนำมาใช้หมักทำปุ๋ยต่อไป และเนื่องจากถังหมักปุ๋ยที่ผลิตขึ้นนี้มีอายุการใช้งานได้นานหากมีการบำรุงรักษาที่ดีและสม่ำเสมอ ดังนั้น ค่าใช้จ่ายในส่วนนี้จึงถือว่าคุ้มกับการลงทุนในระยะเวลาไม่น้อยกว่า 5 ปีก่อนที่จะต้องจัดซื้ออุปกรณ์หมักปุ๋ยชุดใหม่มาทดแทน

(6.2) ต้นทุนผันแปร (Variable cost) ได้แก่ ค่าใช้จ่ายส่วนต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำปุ๋ยหมัก ซึ่งประกอบด้วยรายการดังต่อไปนี้

- ค่าจัดซื้อวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ เช่น ถังพลาสติกอย่างหนาขนาดความจุประมาณ 15-20 ลิตรสำหรับจัดเตรียมขยะย่อยสลายได้ทั้ง 3 ประเภทที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการหมักปุ๋ย, ถุงมือยางและรองเท้าน้ำยาง และถุงสำหรับใช้บรรจุปุ๋ยที่หมักเสร็จเรียบร้อยแล้ว เป็นต้น
- ค่าจัดซื้อหัวเชื้อจุลินทรีย์ที่จะใช้ในกระบวนการหมักปุ๋ยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุหรือ Organic matter ให้มากขึ้น
- ค่าตอบแทนล่วงเวลาแบบเหมาจ่ายสำหรับคนงานทำปุ๋ยหมักจำนวน 1-2 คน
- ค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ดอื่นๆ

จากการประมาณการค่าใช้จ่ายส่วนต่างๆ ที่เป็นต้นทุนผันแปรตามรายการข้างต้น คาดว่า จะต้องใช้งบประมาณถัวเฉลี่ยภายในวงเงินรวมกันไม่เกิน 5,000 บาทต่อเดือน

(7) สำหรับผลผลิตปุ๋ยที่จะได้รับจากโครงการทำปุ๋ยหมักตามผลของการวิจัยในครั้งนี้แม้ว่ายังไม่มีความชัดเจนเพียงพอที่จะนำมาคำนวณได้อย่างชัดเจนในขณะนี้ แต่ก็อาจกล่าวในเบื้องต้นว่าสามารถชดเชยค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อปุ๋ยของมหาวิทยาลัยฯ ลงได้ในระดับหนึ่ง นอกจากนี้ยังมีผลต่อการลดค่าใช้จ่ายในการเก็บขนขยะเหล่านี้ไปทำการฝังกลบได้อีกทางหนึ่งด้วย ซึ่งโดยสรุปแล้วพบว่าผลประโยชน์ที่จะได้รับจากการดำเนินโครงการนี้มีมากกว่าต้นทุนค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงานอย่างแน่นอน

2. การนำมาใช้ผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง

ข้อมูลที่ได้รับจากการทดลองนำเอาขยะย่อยสลายได้ทั้ง 3 ประเภทคือ เศษอาหาร เศษผักและผลไม้ เศษหญ้าและใบไม้ มาผสมเข้าด้วยกันในอัตราส่วนต่างๆ เพื่อผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งด้วยวิธีไม่ใช้ความร้อนหรือแบบอัดเปียก โดยใช้กากไขมันจากบ่อคักไขมันและแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน ปรากฏผลดังนี้

(1) จากการนำขยะย่อยสลายได้มาผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งในสัดส่วนที่แตกต่างกัน แล้วทำการประเมินว่าสัดส่วนใดที่จะทำให้เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้มีศักยภาพสูงที่สุด โดยพิจารณาจากปัจจัยด้านต่างๆ 6 ด้านคือ การให้ค่าความร้อน ปริมาณเถ้า ระยะเวลาในการคั่วให้เดือด ระยะเวลาการเผาไหม้ ควัน และกลิ่น และผลจากการวิจัยพบว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งชุดที่ 1 (เศษอาหาร : กากไขมัน : แป้งมันสำปะหลัง ในสัดส่วน 80:10:10) มีศักยภาพสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ชุดที่ 2 (เศษผักและผลไม้ : กากไขมัน : แป้งมันสำปะหลัง ในสัดส่วน 80:10:10) และชุดที่ 4 (เศษอาหาร : เศษผักและผลไม้ : เศษหญ้าและใบไม้ : กากไขมัน : แป้งมันสำปะหลัง ในสัดส่วน 40:30:10:10:10) แต่ถ้ามองในแง่ของการนำขยะทุกประเภทมาใช้ประโยชน์ในการทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยที่ยอมรับว่าศักยภาพอาจลดลงไปบ้างแล้ว ก็ควรส่งเสริมให้ผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยใช้สัดส่วน 40:30:10:10:10 มากกว่าสัดส่วนอื่นซึ่งใช้ขยะเพียงชนิดเดียวในการผลิต

(2) จากการนำขยะที่ย่อยสลายได้มาผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งตามผลของการวิจัยในครั้งนี้ พบว่าสามารถให้ค่าความร้อนสูงกว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตจากวัสดุชนิดอื่นๆ กล่าวคือ เชื้อเพลิงอัดแท่งชุดที่ 1 ที่มีส่วนผสมระหว่างเศษอาหาร กากไขมันและแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วน 80:10:10 ตามที่กล่าวข้างต้นให้ค่าความร้อนถึง 7,895 cal/g ซึ่งสูงกว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตจากกากไขมันและขี้เถ้าในอัตราส่วน 1:1 ที่ให้ค่าความร้อน 7,065 cal/g (นิศากร ดอนกระสินธุ์, 2545) และสูงกว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำเสียและเศษชิ้นไม้สับในอัตราส่วน 1:1 ที่ให้ค่าความร้อน 4,090 cal/g (สุริยา ชัยเดชทยากุล, 2544) รวมทั้งสูงกว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำเสียและเปลือกมะพร้าวอ่อนในอัตราส่วน 1:3 ที่ให้ค่าความร้อนต่ำมากเพียง 3,398 cal/g เท่านั้น (ประธินา ร้าไพ, 2546) จากข้อมูลดังกล่าวจึงสรุปได้ว่าขยะย่อยสลายได้ที่นำมาผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งตามผลของการวิจัยในครั้งนี้มีศักยภาพที่ดีกว่าวัสดุชนิดอื่นๆ ดังนั้นจึงสมควรส่งเสริมให้นำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนสำหรับกิจกรรมที่เหมาะสมภายในมหาวิทยาลัยฯ ต่อไป

(3) การที่นำกากไขมันจากบ่อดักไขมันซึ่งติดตั้งตามร้านค้าจำหน่ายอาหารทั้งหมดภายในมหาวิทยาลัยฯ มาใช้ประโยชน์โดยทำหน้าที่เป็นตัวประสานในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากขยะนั้น แม้ว่าปริมาณและสัดส่วนที่นำมาใช้จะไม่สูงมากเท่าใดก็ตาม แต่ก็ยังเป็นแนวทางที่จะช่วยกำจัดกากไขมันที่เกิดขึ้นทุกวันให้ลดน้อยลงได้ระดับหนึ่ง โดยเป็นการช่วยบรรเทาปัญหาในการนำกากไขมันไปกำจัดโดยวิธีอื่นๆ และยังส่งผลต่อการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสยรวมภายในมหาวิทยาลัยฯ ให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นกว่าเดิม ดังนั้นจึงนับว่าเป็นผลคืออย่างยิ่งในการนำเอากากไขมันจากบ่อดักไขมันมาใช้เป็นส่วนหนึ่งของการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากขยะย่อยสลายได้ในครั้งนี้

(4) เนื่องจากวัตถุประสงค์ของการนำขยะที่ย่อยสลายได้มาใช้ผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งก็คือ เพื่อเป็นแหล่งพลังงานทดแทนสำหรับกิจกรรมที่เหมาะสมภายในมหาวิทยาลัยฯ เช่น ใช้เป็นเชื้อเพลิงในร้านจำหน่ายอาหารเพื่อช่วยลดภาระค่าใช้จ่ายบางส่วนในการจัดซื้อก๊าซหุงต้ม เป็นต้น ดังนั้นจึงต้องคำนวณต้นทุนในการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งว่าคิดเป็นงบประมาณจำนวนเท่าใดและคุ้มค่ากับการลงทุนหรือไม่ ซึ่งจากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นพบว่าหากมีการส่งเสริมให้ทำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากขยะย่อยสลายได้ตามผลของการวิจัยในครั้งนี้ มหาวิทยาลัยฯ ต้องจัดเตรียมต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งดังนี้

(4.1) ต้นทุนคงที่ (Fixed cost) ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อเครื่องมือที่ต้องใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง ซึ่งประกอบด้วยรายการดังต่อไปนี้

- ค่าจัดซื้อเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงที่ใช้แรงคนโดยอาศัยหลักการอัดแบบไม่ใช้ความร้อนหรือแบบอัดเปียก ซึ่งตามต้นแบบที่คิดค้นโดยกรมพัฒนาพลังงานและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน จะมีราคาประมาณเครื่องละ 15,000 บาท โดยในระยะเริ่มต้นโครงการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งควรจัดซื้อจำนวน 1 เครื่อง และหากโครงการประสบความสำเร็จตามเป้าหมายจึงค่อยจัดซื้อเพิ่มเติมตามความเหมาะสมต่อไป

- ค่าจัดซื้อเครื่องบดขยะจำนวน 1 เครื่องในวงเงินไม่เกิน 10,000 บาท สำหรับใช้ในการย่อยขยะที่จะนำมาเป็นวัตถุดิบในการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งให้มีขนาดเล็กลงตามที่ต้องการ โดยเฉพาะขยะจำพวกเศษผักผลไม้รวมทั้งเศษหญ้าและใบไม้แห้ง

(4.2) ต้นทุนผันแปร (Variable cost) ได้แก่ ค่าใช้จ่ายส่วนต่างๆ ที่เกิดขึ้นในการดำเนินโครงการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง ซึ่งประกอบด้วยรายการดังต่อไปนี้

- ค่าจัดซื้อวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ เช่น ถังพลาสติกอย่างหนาขนาดความจุประมาณ 15-20 ลิตรสำหรับจัดเตรียมวัตถุดิบที่จะใช้ในการทำเชื้อเพลิงอัดแท่ง, ถูมือยางและรองเท้าน้ำยาง และถุงสำหรับใส่บรรจุเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ทำเสร็จเรียบร้อยแล้ว เป็นต้น

- ค่าตอบแทนล่วงเวลาแบบเหมาจ่ายสำหรับคนงานทำเชื้อเพลิงอัดแท่ง 1-2 คน

- ค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ดอื่นๆ เช่น ค่าจัดซื้อแป้งมันสำปะหลัง เป็นต้น

จากการประมาณการค่าใช้จ่ายส่วนต่างๆ ที่เป็นต้นทุนผันแปรตามรายการข้างต้น คาดว่า จะต้องใช้งบประมาณถัวเฉลี่ยภายในวงเงินรวมกันไม่เกิน 5,000 บาทต่อเดือนเช่นเดียวกับโครงการทำปุ๋ยหมักตามที่ได้กล่าวมาแล้ว

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

โครงการวิจัยเรื่อง “การศึกษาศักยภาพในการแปรสภาพขยะที่ย่อยสลายได้เพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา” มีรายละเอียดของการดำเนินงานวิจัยโดยสรุป รวมทั้งข้อเสนอแนะต่างๆ จากการวิจัยดังต่อไปนี้

สรุปผลการวิจัย

1. วัตถุประสงค์

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์คือ เพื่อศึกษาสำรวจเกี่ยวกับชนิดและปริมาณ รวมทั้งศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี ซึ่งได้แก่ ปริมาณความชื้น (moisture content) องค์ประกอบทางเคมี (chemical components) ที่เป็นธาตุอาหารหลัก 3 ชนิดคือ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) รวมทั้งอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) และค่าความร้อน (heating value) ของขยะย่อยสลายได้ เพื่อประเมินเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการนำขยะดังกล่าวภายในมหาวิทยาลัยฯ กลับมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบของการทำปุ๋ยหมักและผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

2. วิธีดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนซึ่งมีรายละเอียดโดยสังเขปดังนี้

(1) การศึกษาชนิดและปริมาณการเกิดขยะภายในมหาวิทยาลัย ดำเนินการโดยอาศัยกระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูล 2 แนวทางด้วยกัน ได้แก่ การเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามเพื่อสัมภาษณ์กลุ่มเป้าหมายที่เกี่ยวข้องกับการเก็บรวบรวมขยะ ซึ่งประกอบด้วยคนสวน คนงานเก็บขนขยะ แม่บ้านทำความสะอาดอาคาร และเจ้าของร้านค้าจำหน่ายอาหาร ตามลำดับ และการเก็บข้อมูลโดยสุ่มชั่งน้ำหนักขยะทั่วไปที่เก็บรวบรวมจากภาชนะรองรับขยะที่ตั้งอยู่ภายนอกอาคารทั่วบริเวณมหาวิทยาลัยฯ นอกจากนี้ยังทำการสุ่มชั่งน้ำหนักขยะที่ย่อยสลายได้อันได้แก่ เศษอาหาร เศษผักและผลไม้ เศษหญ้าและใบไม้ รวมทั้งกากไขมันจากบ่อคักไขมันอีกด้วย

(2) การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของขยะที่ย่อยสลายได้ ดำเนินการโดยสุ่มตัวอย่างขยะจำพวกเศษอาหาร เศษผักและผลไม้ เศษหญ้าและใบไม้จำนวนทั้งสิ้น 39 ตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ อันได้แก่ ปริมาณความชื้น (moisture content) ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) และค่าความร้อน (heating value) ตามลำดับ หลังจากนั้นทำการศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติดังกล่าวของขยะที่ย่อยสลายได้ว่าแต่ละประเภทมีความแตกต่างกันหรือไม่

(3) การประเมินเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการนำขยะย่อยสลายได้กลับมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ ดำเนินการ โดยทำการหมักปุ๋ยโดยวิธีใช้ออกซิเจน (aerobic decomposition) จากขยะต่างๆ คือ เศษอาหาร : เศษหญ้าและใบไม้ : เศษผักและผลไม้ ในสัดส่วน 3:2:1 ซึ่งมีค่า C/N ratio โดยรวมเท่ากับ 17:1 ส่วนการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งใช้วิธีการอัดแบบไม่ใช้ความร้อนหรืออัดเปียก โดยมีกากไขมันจากบ่อดักไขมันที่ติดตั้งตามร้านค้าต่างๆ ภายในมหาวิทยาลัยฯ รวมทั้งแยมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน สำหรับวัตถุดิบที่ใช้ในการอัดแท่งเชื้อเพลิงคือขยะประเภทใดประเภทหนึ่งหรือทั้งสามประเภทดังกล่าวข้างต้นรวมกัน 80 ส่วนต่อกากไขมัน 10 ส่วนและต่อแยมันสำปะหลัง 10 ส่วน หรือในสัดส่วนเท่ากับ 80:10:10 นอกจากนี้ยังทำการประเมินค่าใช้จ่ายเบื้องต้นในการดำเนินงานเกี่ยวกับการนำขยะย่อยสลายได้มาทำปุ๋ยหมักและผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งตามวิธีการดังกล่าวข้างต้น

3. ผลของการวิจัย

ผลจากการดำเนินงานวิจัยสามารถสรุปโดยย่อๆ ออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

(1) ขยะทั่วไปที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยฯ มีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 1.18 ตันต่อวัน โดยเป็นขยะที่เกิดขึ้นในช่วงวันทำงาน 1.3 ตันต่อวัน และขยะที่เกิดขึ้นในช่วงวันหยุดสุดสัปดาห์ 1 ตันต่อวัน ส่วนขยะที่ย่อยสลายได้มีจำนวนเฉลี่ยประมาณ 300 กิโลกรัมต่อวัน โดยเศษอาหารมีปริมาณมากที่สุดคือ 191.9 กิโลกรัมต่อวัน รองลงมาเป็นเศษหญ้าและใบไม้ และเศษผักและผลไม้ ซึ่งมีจำนวนเฉลี่ยเท่ากับ 66.3 และ 41.6 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ ซึ่งในส่วนของขยะที่ย่อยสลายได้นี้ควรแบ่งสัดส่วนเพื่อนำไปใช้ในการทำปุ๋ยหมักและผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งเท่ากับ 225 และ 75 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ

(2) การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของขยะที่ย่อยสลายได้พบว่า เศษผักและผลไม้มีปริมาณความชื้นสูงสุดโดยมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 78.15 รองลงมาได้แก่ เศษอาหาร และเศษหญ้าและใบไม้ ซึ่งมีค่าความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 75.23 และ 69.54 ตามลำดับ ส่วนคุณสมบัติทางเคมีด้านต่างๆ สรุปได้ว่า เศษผักและผลไม้มีธาตุอาหารของพืชคือ N, P และ K สูงที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.17, 0.52 และ 0.18% ตามลำดับ เศษอาหารมีอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) สูงสุดคือเฉลี่ยประมาณ 17.5:1 ในขณะที่เศษหญ้าและใบไม้ และเศษผักและผลไม้มีค่า C/N ratio รองลงมาเฉลี่ยประมาณ 17:1 และ 15:1 ตามลำดับ สำหรับคุณสมบัติด้านการให้ค่าความร้อนปรากฏผลว่า เศษอาหารให้ค่าความร้อนสูงที่สุด รองลงมาได้แก่เศษผักและผลไม้กับเศษหญ้าและใบไม้ ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 5,378.29, 5,315.71 และ 4,848.42 cal/g ตามลำดับ และจากการเปรียบเทียบคุณสมบัติทั้งทางด้านกายภาพและทางเคมีระหว่างขยะทั้ง 3 ประเภทพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นปริมาณความชื้นและค่าความร้อนที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

(3) การนำขยะย่อยสลายได้มาผลิตปุ๋ยหมักตามสัดส่วน 3:2:1 พบว่า ปุ๋ยหมักที่ได้มีธาตุอาหารหลักคือ N, P และ K ร้อยละ 3.52, 0.90 และ 1.71 ตามลำดับ และมีค่า pH 6.33 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมพัฒนาที่ดิน แต่ปรากฏว่าค่า C/N ratio, Organic matter และ Moisture content ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานดังกล่าว ดังนั้นจึงต้องทำการปรับปรุงเทคนิคในการหมักปุ๋ยเพื่อให้เกิดกระบวนการหมักที่สมบูรณ์ซึ่งจะส่งผลให้คุณสมบัติเหล่านี้ดีขึ้นจนได้เกณฑ์มาตรฐานต่อไป ส่วนการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากขยะย่อยสลายได้ในสัดส่วนต่างๆ พบว่า เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตโดยใช้เศษอาหาร กากไขมัน และแป้งมันสำปะหลัง ในสัดส่วน 80:10:10 มีศักยภาพสูงที่สุด โดยให้ค่าความร้อน 7,895.28 cal/g และมีปริมาณแฉ่ำร้อยละ 14.5 รองลงมาได้แก่เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตจากเศษอาหาร เศษผักและผลไม้ เศษหญ้าและใบไม้ กากไขมัน และแป้งมันสำปะหลัง ในสัดส่วน 40:30:10:10:10 ซึ่งให้ค่าความร้อน 7,070.98 cal/g และมีปริมาณแฉ่ำร้อยละ 15.7 อย่างไรก็ตาม เพื่อให้มีการนำขยะย่อยสลายได้ทุกประเภทกลับมาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด จึงควรเลือกผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งในชุดที่ 2 แม้ว่าจะมีศักยภาพในด้านการให้ค่าความร้อนน้อยลงและมีปริมาณแฉ่ำมากขึ้นบ้างเล็กน้อยก็ตาม

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับศักยภาพในการแปรสภาพขยะย่อยสลายได้เพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาในครั้งนี้ มีข้อเสนอแนะซึ่งจำแนกออกเป็น 2 ส่วนด้วยกันคือ

1. ข้อเสนอแนะต่อการจัดการขยะย่อยสลายได้ภายในมหาวิทยาลัย

จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้พบว่า ขยะย่อยสลายได้ภายในมหาวิทยาลัยฯ ซึ่งประกอบด้วยเศษอาหาร เศษผักและผลไม้ รวมทั้งเศษหญ้าและใบไม้ มีศักยภาพเพียงพอที่จะนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ ทั้งศักยภาพในด้านของปริมาณที่เกิดขึ้นซึ่งมีจำนวนรวมกันประมาณ 300 กิโลกรัมต่อวัน และศักยภาพในด้านคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีต่างๆ ของขยะ ดังนั้น มหาวิทยาลัยฯ จึงควรให้ความสำคัญต่อการจัดการขยะย่อยสลายเหล่านี้อย่างเป็นระบบเพื่อให้สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์อย่างเป็นรูปธรรม สำหรับแนวทางที่จะนำขยะเหล่านี้กลับมาใช้ประโยชน์ได้จัดเรียงลำดับความสำคัญตามความเหมาะสมเอาไว้ดังต่อไปนี้

1.1 การจัดทำโครงการผลิตปุ๋ยหมักจากขยะที่ย่อยสลายได้ มหาวิทยาลัยฯ ควรกำหนดนโยบาย ยุทธศาสตร์ และมาตรการเพื่อให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องจัดทำโครงการผลิตปุ๋ยหมักจากขยะย่อยสลายได้โดยอาศัยกระบวนการหมักทำปุ๋ยจากที่ได้ศึกษาวิจัยไว้แล้ว ทั้งนี้เพื่อนำปุ๋ยหมักที่ผลิตขึ้นมาใช้ทดแทนหรือเป็นส่วนเสริมในงานตกแต่งสวนหย่อมและรักษาภูมิทัศน์ที่สวยงามโดยรอบ

มหาวิทยาลัยฯ ซึ่งผู้บริหารมหาวิทยาลัยฯ สามารถสนับสนุนการดำเนินงานของโครงการดังกล่าวนี้ในด้านต่างๆ คือ

(1) จัดทำคำสั่งแต่งตั้งคณะกรรมการดำเนินโครงการผลิตปุ๋ยหมักจากขยะย่อยสลายได้ เพื่อให้มีผู้ทำหน้าที่ดูแลรับผิดชอบโดยตรง และรายงานผลการดำเนินงานต่อคณะผู้บริหารของมหาวิทยาลัยฯ (กบม.) อย่างสม่ำเสมอ

(2) จัดหาสถานที่ภายในมหาวิทยาลัยฯ เพื่อรองรับโครงการผลิตปุ๋ยหมักจากขยะย่อยสลายได้ ซึ่งจากการประเมินพบว่าในช่วงเริ่มต้นโครงการฯ มีความต้องการใช้พื้นที่สำหรับดำเนินงานประมาณ 30 ตารางเมตรก่อนที่จะขยายเพิ่มเติมในโอกาสต่อไป นอกจากนี้ยังต้องจัดหาคนงานเพื่อปฏิบัติงานในโครงการฯ ดังกล่าวนี้อีกจำนวน 1-2 คน

(3) สนับสนุนงบประมาณเพื่อใช้เป็นต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายในการดำเนินโครงการฯ โดยในระยะเริ่มต้นจะประกอบไปด้วยต้นทุนคงที่ (Fixed cost) สำหรับจัดหาถังหมักปุ๋ยตามรูปแบบที่ได้ศึกษาไว้จำนวนประมาณ 50,000-70,000 บาท และต้นทุนผันแปร (Variable cost) ซึ่งได้แก่ ค่าใช้จ่ายส่วนต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการทำปุ๋ยหมักในวงเงินไม่เกิน 5,000 บาทต่อเดือน

(4) ส่งเสริมให้ทำการค้นคว้าวิจัยเพิ่มเติมเพื่อพัฒนาเทคนิคและปรับปรุงกระบวนการหมักทำปุ๋ยให้มีประสิทธิภาพที่ดีมากขึ้น และเพื่อให้ได้ผลผลิตปุ๋ยที่มีคุณสมบัติเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมพัฒนาที่ดิน

1.2 การจัดทำโครงการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากขยะย่อยสลายได้ มหาวิทยาลัยฯ ควรส่งเสริมและสนับสนุนให้จัดทำโครงการนี้เพื่อเป็นการนำขยะย่อยสลายได้มาใช้ประโยชน์เป็นแหล่งพลังงานในรูปของเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยเน้นกลุ่มเป้าหมายที่เป็นผู้ประกอบการจำหน่ายอาหารภายในมหาวิทยาลัยฯ ซึ่งเสียค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อก๊าซหุงต้มมาใช้ในการทำอาหารเป็นจำนวนมาก โดยเชื้อเพลิงอัดแท่งสามารถนำมาใช้เสริมก๊าซหุงต้มเพื่อลดภาระค่าใช้จ่ายดังกล่าวลงส่วนหนึ่งได้ และจากการวิจัยพบว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตจากขยะเหล่านี้ให้ค่าความร้อนอยู่ในเกณฑ์ดี มีปริมาณเถ้าไม่สูงมากนัก และมีระยะเวลาเผาไหม้นาน โดยที่มีปัญหาเรื่องกลิ่นและควันบ้างพอสมควร ส่วนงบประมาณที่ควรจัดสรรสำหรับโครงการนี้ประเมินไว้ว่า ในช่วงเริ่มต้นโครงการฯ จะมีค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนคงที่ (Fixed cost) สำหรับจัดซื้อเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงแบบใช้แรงคนและเครื่องบดย่อยขยะประมาณ 25,000 บาท และต้นทุนผันแปร (Variable cost) ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งในวงเงินไม่เกิน 5,000 บาทต่อเดือนเช่นเดียวกันกับโครงการผลิตปุ๋ยหมักตามที่กล่าวข้างต้น

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

เนื่องจากงานวิจัยที่ดำเนินเสร็จสิ้นไปแล้วนี้ยังขาดความสมบูรณ์ของข้อมูลบางส่วน จึงมีข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยในอนาคตเกี่ยวกับการนำขยะที่ย่อยสลายได้ภายในมหาวิทยาลัยฯ กลับมาใช้ประโยชน์ ดังนี้

(1) ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับสัดส่วนที่เหมาะสมในการนำขยะทั้ง 3 ประเภทคือ เศษอาหาร เศษผักและผลไม้ รวมทั้งเศษหญ้าและใบไม้ มาใช้ผลิตปุ๋ยหมัก ซึ่งอาจจำเป็นต้องพิจารณาใช้วัตถุดิบอย่างอื่นเพิ่มเติมเพื่อปรับปรุงให้คุณภาพของปุ๋ยหมักที่ได้เป็นไปตามหรือใกล้เคียงกับเกณฑ์มาตรฐานของกรมพัฒนาที่ดินให้มากที่สุด

(2) ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการนำเชื้อจุลินทรีย์ใส่ลงไปในถังหมักปุ๋ยให้สมดุลกับปริมาณอินทรีย์วัตถุหรือ Organic matter แทนที่จะอาศัยเพียงจุลินทรีย์ที่มีอยู่ตามสภาพธรรมชาติอย่างเดียว ซึ่งน่าจะช่วยให้กระบวนการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และทำให้คุณภาพของปุ๋ยดีขึ้นตามไปด้วย

(3) ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการนำกากไขมันจากบ่อดักไขมันซึ่งมีปริมาณมากพอสมควรในแต่ละวันกลับมาใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ ซึ่งจะเป็นการช่วยแก้ปัญหาการหาแหล่งกำจัดกากไขมันได้อีกทางหนึ่งด้วย

(4) ควรศึกษาเพื่อประเมินต้นทุนและผลประโยชน์ที่จะได้รับจากการดำเนินโครงการผลิตปุ๋ยหมักและโครงการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากขยะที่ย่อยสลายได้โดยละเอียดอีกครั้งหนึ่ง เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการวางแผนและกำหนดแนวทางในการนำขยะย่อยสลายได้กลับมาใช้ประโยชน์ในรูปของการทำปุ๋ยหมักและเป็นแหล่งพลังงานทดแทนในระยะยาวต่อไป

บรรณานุกรม

- กรมควบคุมมลพิษ. (2547). คู่มือการทำปุ๋ยหมักจากขยะมูลฝอย. กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- _____. (2550). คู่มือแนวทางและข้อกำหนดเบื้องต้นการลดและใช้ประโยชน์จากขยะมูลฝอย. กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- _____. (2552). คู่มือการดำเนินงานลดและคัดแยกขยะมูลฝอยภายในอาคารสำนักงาน. กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- _____. (2553). รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทยปี พ.ศ. 2551. กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- กรมพัฒนาที่ดิน. (2542). คู่มือการประเมินคุณภาพที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจ. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. (2537). พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 และกฎหมายที่เกี่ยวข้อง. กรุงเทพฯ: กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม.
- _____. (2541). การจัดการขยะมูลฝอยในประเทศไทย. กรุงเทพฯ: กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.
- จำเป็น อ่อนทอง. (2545). คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช. สงขลา: ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่.
- ฉัตรชัย จันทร์เด่นดวง. (2553). การทำปุ๋ยหมัก. สืบค้นเมื่อ 1 พฤศจิกายน 2553 จาก <http://www.vcharkarn.com/varticle/38803>.
- ชวลิต ฮงประยูร. (2540). การทำปุ๋ยหมัก. นครปฐม: ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.
- ฉัฐวุฒิ แสนอำนวยผล. (2547). การศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ค่าความร้อนของขยะมูลฝอยชุมชนของกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทองทิพย์ พูนเกษม. (2542). การศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนเพื่อทดแทนฟืนและถ่านในการหุงต้มในครัวเรือน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร มหาวิทยาลัยมหิดล.

- นิตสาร ดอนกระสินธุ์. (2545). การนำกากไขมันจากบดักไขมันของสถานที่จำหน่ายอาหารมาผสมกับขี้เถ้าเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแท่ง. ปรินญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- นนทรัฐ อินขันธ์. (2549). การศึกษาการหาอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนและอัตราการผลิตอากาศที่เหมาะสมในการทำปุ๋ยหมักจากขยะมูลฝอยชุมชน. กรุงเทพฯ: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- พุทธิธร แสงรุ่งเรือง, วิจารณ์ อินทรกำแหง และอรรณวุฒิ รื่นเรใจ. (2549). การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือใช้ พื้นที่จังหวัดนนทบุรี. กรุงเทพฯ: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.
- ไพศาล ผดุงศิริกุล. (2538). การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์มูลฝอย. ใน เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตรการวิเคราะห์มูลฝอย. ปทุมธานี: ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม.
- มลจิรา พวงสดและปนัดดา มะลิหอม. (2542). การวิเคราะห์ลักษณะมูลฝอยเบื้องต้นภายในสถาบันราชภัฏสวนสุนันทา. ปรินญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏสวนสุนันทา.
- ขงยุทธ โอสดสภา. (2541). ศัพท์ในวงการปุ๋ย (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์.
- ลดาวลัย วัฒนะจิระ. (2546). การทำปุ๋ยหมักจากเศษใบไม้แห้งและขยะโดยวิธีการหมักแบบใช้ออกซิเจน. ปรินญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิชาโยธา สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคพายัพ เชียงใหม่.
- ศิริวรรณ ศรีสรณ์. (2549). การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากแกลบและฟางข้าว. นครนายก: ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ วิทยาเขตองครักษ์.
- สุริยา ชัยเดชทยากุล. (2544). การทำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากส่วนผสมของกากตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสียและเศษชิ้นไม้สับของโรงงานผลิตเยื่อกระดาษ. ปรินญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- อัจฉรา อัสวรุจิกุลชัย, นิภาวรรณ ชูชาติ, มณีวัลย์ เนตรรังสี และศศิธร นิตพันธ์. (2554). การศึกษานำไขมันและน้ำมันจากบดักไขมันมาเป็นส่วนผสมในการทำเชื้อเพลิงอัดแท่ง. ใน เอกสารประกอบการประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติครั้งที่ 10 วันที่ 23-25 มีนาคม พ.ศ. 2554 ณ โรงแรม บีพี สมิทลา บีช แอนด์ รีสอร์ท จังหวัดสงขลา.

- อาณัติ ต๊ะปิ่นตา. (2553). **ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการจัดการขยะมูลฝอย**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อุษา วิเศษสุมน. (2547). **แนวทางในการปรับปรุงการจัดการขยะของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ศูนย์ รังสิต**. ปทุมธานี: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ วิทยาเขตศูนย์รังสิต.
- อรรถกร ฤกษ์วีรี. (2549). **เชื้อเพลิงแข็งจากขยะมูลฝอยชุมชนอัดแท่ง**. ปริญญาวิทยาศาสตร มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Shah, K.L. (2000). **Basics of solid and hazardous waste management technology**. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Thaniya Kaosol. (2009). Sustainable solutions for municipal solid waste management in Thailand. **World Academy of Science, Engineering and Technology**. 60: 665-670.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H. & S. Vigil. (1993). **Integrated solid waste management: Engineering principles and management issues**. New Jersey: McGraw-Hill, Inc.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
แบบสอบถามที่ใช้ในการวิจัย

แบบสอบถาม

สถานการณ์และความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการขยะมูลฝอย
ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล

คำชี้แจง: โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง หน้าข้อความที่ตรงกับท่านหรือเดิมข้อความให้สมบูรณ์ตามความเป็นจริง

- เพศ 1. ชาย 2. หญิง
- อายุ (ระบุ) ปี
- ระดับการศึกษาสูงสุด 1. ประถมศึกษา 2. มัธยมศึกษาตอนต้น
 3. มัธยมศึกษาตอนปลาย/ ปวช. 4. อนุปริญญา/ ปวส.
 5. ปริญญาตรี 6. สูงกว่าปริญญาตรี
- ระยะเวลาปฏิบัติงานในหน้าที่ (ระบุ) ปี

ตอนที่ 2 ข้อมูลสถานการณ์และการจัดการขยะภายในมหาวิทยาลัย

คำชี้แจง: โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง หน้าข้อความที่ตรงกับความคิดเห็นหรือการปฏิบัติจริงของท่าน

- ขยะที่ท่านพบระหว่างปฏิบัติงานในหน้าที่ประกอบด้วยขยะประเภทใดบ้าง (ระบุหมายเลขเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย; 1, 2, 3, ...,9)
 1. ถุงพลาสติก 2. ขวดพลาสติก 3. กระดาษ
 4. โฟม 5. เศษอาหาร 6. เศษผักและผลไม้
 7. วัสดุที่ทำด้วยแก้ว/อลูมิเนียม 8. เศษใบไม้/กิ่งไม้ 9. เศษหญ้า
 99. อื่น ๆ (ระบุ)
- ขยะที่เกิดขึ้นในส่วนงานที่ท่านดูแลรับผิดชอบมีปริมาณมากน้อยเพียงใด (โดยประมาณ)
 1. ต่ำกว่า 1 ตัน/ วัน 2. 1 – 2 ตัน/ วัน 3. มากกว่า 2 ตัน/ วัน
- ท่านมีวิธีการจัดการขยะในส่วนงานที่ท่านดูแลรับผิดชอบอย่างไร
 1. นำไปรวมยังจุดที่พักรวมขยะของมหาวิทยาลัยโดยรวมกันทุกประเภทขยะ
 2. นำไปรวมยังจุดที่พักรวมขยะของมหาวิทยาลัยโดยคัดแยกแต่ละประเภทขยะ
 99. อื่น ๆ (ระบุ)
- จำนวนครั้งในการนำขยะที่เกิดขึ้นในส่วนงานที่ท่านรับผิดชอบไปทิ้งยังจุดที่พักรวมขยะของมหาวิทยาลัย
 1. 1 ครั้ง/ วัน 2. 2 ครั้ง/ วัน 99. อื่น ๆ (ระบุ)
- ท่านเคยรับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับการรณรงค์จัดการขยะภายในมหาวิทยาลัยหรือไม่
 1. เคย 0. ไม่เคย (ข้ามไปตอบข้อ 7)
- ท่านรับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับการรณรงค์จัดการขยะของมหาวิทยาลัยจากสื่อใด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)
 1. แผ่นพับ 2. เข้าอบรม 3. วารสารจากมหาวิทยาลัย
 4. เสียงตามสาย 5. ไปสเตอร์/ ป้ายประกาศ 6. เพื่อนร่วมงาน
 99. อื่น ๆ (ระบุ)

7. ท่านทราบหรือไม่ว่ามีการรณรงค์การแยกทิ้งขยะในภาชนะรองรับขยะแบบแยกประเภทที่ทางมหาวิทยาลัยจัดเตรียมไว้ให้
1. ทราบ 0. ไม่ทราบ

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการขยะ

คำชี้แจง: โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง และเติมข้อความที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

1. ท่านคิดว่าภาชนะรองรับขยะแบบแยกประเภทที่มหาวิทยาลัยจัดไว้สำหรับทิ้งขยะภายนอกอาคาร มีจำนวนเพียงพอ/เหมาะสมหรือไม่

1. เพียงพอ/เหมาะสมดีแล้ว

0. ไม่เพียงพอ/ไม่เหมาะสม *ควรปรับปรุงโดย (ระบุ).....*
2. ท่านคิดว่าการรณรงค์การแยกทิ้งขยะในภาชนะรองรับขยะแบบแยกประเภทที่จัดเตรียมไว้ภายนอกอาคาร ได้ผลมากน้อยเพียงใด

1. ไม่ได้ผลเลย 2. น้อยกว่า 50% 3. มากกว่า 50%
3. จุดที่ทิ้งรวมขยะที่มหาวิทยาลัยจัดไว้เพื่อรอการเก็บขนจากรถขยะของกรุงเทพมหานครมีสภาพพื้นที่เพียงพอ/เหมาะสมหรือไม่

1. เหมาะสมดีแล้ว

0. ไม่เหมาะสม *ควรปรับปรุงโดย (ระบุ).....*
4. ภาชนะรองรับขยะที่ท่านใช้งานอยู่ในปัจจุบันมีสภาพเป็นอย่างไร

1. ชำรุด

2. สภาพดี (ไม่แตกหรือร้าว) และ 2.1 มีฝาปิด 2.2 ไม่มีฝาปิด

99. อื่น ๆ (ระบุ)
5. ท่านคิดว่าขยะที่ย่อยสลายได้ซึ่งเกิดขึ้นในมหาวิทยาลัยสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้หรือไม่ อย่างไร

0. ไม่ได้

1. ได้ *โดย (ระบุ).....*
6. ท่านคิดว่า มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาควรมีแนวทาง/วิธีการในการนำขยะที่ย่อยสลายได้กลับมาใช้ประโยชน์อย่างไร (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

1. นำมาหมักทำปุ๋ย 2. นำมาใช้เป็นแหล่งพลังงาน

99. อื่น ๆ (ระบุ)
7. ข้อเสนอแนะอื่น ๆ เกี่ยวกับการจัดการขยะภายในมหาวิทยาลัย (ถ้ามี)

ขอขอบพระคุณในความอนุเคราะห์ข้อมูล

แบบสอบถาม
สถานการณ์และความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการขยะมูลฝอย
ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ตอนที่ 1: ข้อมูลส่วนบุคคล

คำชี้แจง: โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง หน้าข้อความที่ตรงกับท่านหรือเติมข้อความให้สมบูรณ์ตามความเป็นจริง

1. เพศ 1. ชาย 2. หญิง
2. อายุ (ระบุ) ปี
3. ระดับการศึกษาสูงสุด

<input type="checkbox"/> 1. ประถมศึกษา	<input type="checkbox"/> 2. มัธยมศึกษาตอนต้น	<input type="checkbox"/> 3. มัธยมศึกษาตอนปลาย/ ปวช.
<input type="checkbox"/> 4. อนุปริญญา/ ปวส.	<input type="checkbox"/> 5.ปริญญาตรี	<input type="checkbox"/> 6. สูงกว่าปริญญาตรี
4. ระยะเวลาปฏิบัติงานในหน้าที่คนสวน (ระบุ) ปี

ตอนที่ 2: ข้อมูลสถานการณ์ขยะ

คำชี้แจง: โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง หน้าข้อความที่ตรงกับความคิดเห็นหรือการปฏิบัติจริงของท่าน

1. ขยะที่ย่อยสลายได้ซึ่งท่านพบระหว่างปฏิบัติงานในหน้าที่ประกอบด้วยขยะประเภทใดบ้าง (ระบุหมายเลขเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย; 1, 2, 3,....)

_____ 1. เศษใบไม้	_____ 2. เศษกิ่งไม้	_____ 3. เศษหญ้า
_____ 99. อื่น ๆ (ระบุ)		
2. เศษใบไม้ กิ่งไม้ และเศษหญ้าที่เกิดขึ้นในส่วนงานที่ท่านดูแลรับผิดชอบมีปริมาณมากน้อยเพียงใด (โดยประมาณ)

<input type="checkbox"/> 1. ต่ำกว่า 50 กก./ ต่อสัปดาห์	<input type="checkbox"/> 2. 51 - 100 กก./ ต่อสัปดาห์	<input type="checkbox"/> 3. มากกว่า 100 กก./ ต่อสัปดาห์
--	--	---
3. ท่านมีวิธีการจัดการขยะประเภทเศษใบไม้ กิ่งไม้ และเศษหญ้า ที่เกิดจากการตกแต่งสวนหย่อมอย่างไร (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

<input type="checkbox"/> 1. ทิ้งรวมกับขยะประเภทอื่น	<input type="checkbox"/> 2. เผาทิ้ง
<input type="checkbox"/> 3. ซุกหลุมฝัง	<input type="checkbox"/> 4. นำไปใช้ประโยชน์(ระบุ).....
<input type="checkbox"/> 99. อื่น ๆ (ระบุ)	
4. จำนวนครั้งในการเกิดขยะประเภทเศษใบไม้ กิ่งไม้ และเศษหญ้า อันเนื่องมาจากการปฏิบัติหน้าที่ตัดแต่งสวนหย่อมภายในมหาวิทยาลัย

<input type="checkbox"/> 1. ทุกวัน	<input type="checkbox"/> 2. 1 - 3 ครั้ง/ สัปดาห์	<input type="checkbox"/> 3. 2 สัปดาห์/ ครั้ง
<input type="checkbox"/> 4. เดือนละครั้ง	<input type="checkbox"/> 99. อื่น ๆ (ระบุ)	
5. ท่านเคยรับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับการรณรงค์จัดการขยะภายในมหาวิทยาลัยหรือไม่

<input type="checkbox"/> 1. เคย	<input type="checkbox"/> 0. ไม่เคย (ข้ามไปตอบข้อ 7)
---------------------------------	---
6. ท่านรับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับการรณรงค์จัดการขยะของมหาวิทยาลัยจากสื่อใด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

<input type="checkbox"/> 1. แผ่นพับ	<input type="checkbox"/> 2. เข้าอบรม	<input type="checkbox"/> 3. วารสารจากมหาวิทยาลัย
<input type="checkbox"/> 4. เสียงตามสาย	<input type="checkbox"/> 5. ไปสเตอร์/ ป้ายประกาศ	<input type="checkbox"/> 6. เพื่อนร่วมงาน
<input type="checkbox"/> 99. อื่น ๆ (ระบุ)		

7. ท่านทราบหรือไม่ว่ามีการรณรงค์การแยกทิ้งขยะในภาชนะรองรับขยะแบบแยกประเภทที่ทางมหาวิทยาลัยจัดเตรียมไว้ให้
1. ทราบ 0. ไม่ทราบ

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการขยะ

คำชี้แจง: โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง และเติมข้อความที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

- ท่านคิดว่าภาชนะรองรับขยะที่เกิดจากการตกแต่งสวนหย่อมภายในมหาวิทยาลัยที่จัดเตรียมไว้ในปัจจุบัน มีจำนวนเพียงพอ/เหมาะสมหรือไม่

1. เพียงพอ/เหมาะสมดีแล้ว

0. ไม่เพียงพอ/ไม่เหมาะสม *ควรปรับปรุงโดย (ระบุ).....*

.....
 - ภาชนะรองรับขยะประเภทเศษใบไม้ กิ่งไม้ และเศษหญ้าที่ท่านใช้งานอยู่ในปัจจุบัน มีสภาพเป็นอย่างไร

0. ไม่มีภาชนะรองรับขยะ

1. ชำรุด

2. สภาพดี (ไม่แตกหรือร่วน) และ 2.1 มีฝาปิด

2.2 ไม่มีฝาปิด

99. อื่น ๆ (ระบุ)
 - ท่านคิดว่า ขยะประเภทเศษใบไม้ กิ่งไม้ และเศษหญ้า สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้หรือไม่อย่างไร

0. ไม่ได้

1. ได้ *โดย (ระบุ).....*

.....
 - ท่านคิดว่ามหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาควรมีแนวทาง/วิธีการในการทำขยะประเภทเศษใบไม้/ กิ่งไม้/ เศษหญ้านำกลับมาใช้ประโยชน์อย่างไร (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

1. นำมาหมักทำปุ๋ย 2. นำมาใช้เป็นแหล่งพลังงาน

99. อื่น ๆ (ระบุ)
 - ข้อเสนอแนะอื่น ๆ เกี่ยวกับการจัดการขยะภายในมหาวิทยาลัย (ถ้ามี)
-
-
-

ขอขอบพระคุณในความอนุเคราะห์ข้อมูล

แบบสอบถาม
สถานการณ์และความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการขยะมูลฝอย
ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล

คำชี้แจง: โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง หน้าข้อความที่ตรงกับท่านหรือเติมข้อความให้สมบูรณ์ตามความเป็นจริง

1. เพศ 1. ชาย 2. หญิง
2. อายุ (ระบุ) ปี
3. ระดับการศึกษาสูงสุด 1. ประถมศึกษา 2. มัธยมศึกษาตอนต้น 3. มัธยมศึกษาตอนปลาย/ ปวช.
 4. อนุปริญญา/ ปวส. 5. ปริญญาตรี 6. สูงกว่าปริญญาตรี
4. อาคาร/หน่วยงานที่สังกัด (ระบุ).....
5. ระยะเวลาปฏิบัติงานในหน้าที่ (ระบุ) ปี

ตอนที่ 2 ข้อมูลสถานการณ์ขยะ

คำชี้แจง: โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง หน้าข้อความที่ตรงกับความคิดเห็นหรือการปฏิบัติจริงของท่าน

1. ขยะที่ย่อยสลายได้ซึ่งท่านพบภายในอาคารระหว่างปฏิบัติงานในหน้าที่ประกอบด้วยขยะประเภทใดบ้าง (ระบุหมายเลขเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย; 1, 2, 3, ...)
_____ 1. เศษข้าวและเศษอาหาร _____ 2. เศษผลไม้ _____ 3. เศษขนม
_____ 99. อื่น ๆ (ระบุ)
2. ขยะที่ย่อยสลายได้ซึ่งเกิดขึ้นในอาคารที่ท่านดูแลรับผิดชอบมีปริมาณมากน้อยเพียงใด (โดยประมาณ)
 1. ต่ำกว่า 10 กก./ ต่อวัน 2. 11 – 20 กก./ ต่อวัน 3. มากกว่า 20 กก./ ต่อวัน
3. ท่านมีวิธีการจัดการขยะที่ย่อยสลายได้ซึ่งเกิดขึ้นในอาคารที่ท่านดูแลรับผิดชอบอย่างไร
 1. ทิ้งร่วมกับขยะประเภทอื่นๆภายในอาคารแล้วใส่ถุงดำนำไปวางไว้ที่จุดเก็บขยะของมหาวิทยาลัย
 2. คัดแยกออกจากขยะประเภทอื่นๆภายในอาคารนำไปทิ้งลงในภาชนะรองรับขยะนอกอาคารที่จัดเตรียมไว้ให้
 99. อื่น ๆ (ระบุ)
4. จำนวนครั้งในการนำขยะที่ย่อยสลายได้ซึ่งเกิดขึ้นในอาคารที่ท่านดูแลรับผิดชอบไปทิ้งลงในภาชนะรองรับขยะนอกอาคารหรือวางไว้ที่จุดเก็บขยะที่จัดเตรียมไว้ให้
 1. 1 ครั้ง/ วัน 2. 2 ครั้ง/ วัน 99. อื่น ๆ (ระบุ)
5. ท่านเคยรับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับการรณรงค์จัดการขยะภายในมหาวิทยาลัยหรือไม่
 1. เคย 0. ไม่เคย (ข้ามไปตอบข้อ 7)
6. ท่านรับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับการรณรงค์จัดการขยะของมหาวิทยาลัยจากสื่อใด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)
 1. แผ่นพับ 2. เข้าอบรม 3. วารสารจากมหาวิทยาลัย
 4. เสียงตามสาย 5. โปสเตอร์/ ป้ายประกาศ 6. เพื่อนร่วมงาน
 99. อื่น ๆ (ระบุ)
7. ท่านทราบหรือไม่ว่าการรณรงค์เกี่ยวกับการแยกทิ้งขยะในภาชนะรองรับขยะแบบแยกประเภทที่ทางมหาวิทยาลัยจัดเตรียมไว้ให้
 1. ทราบ 0. ไม่ทราบ

แบบสอบถาม

สถานการณ์และความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการขยะมูลฝอย

ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ตอนที่ 1: ข้อมูลส่วนบุคคล

คำชี้แจง: โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง หน้าข้อความที่ตรงกับท่านหรือเดิมข้อความให้สมบูรณ์ตามความเป็นจริง

1. เพศ 1. ชาย 2. หญิง
2. อายุ (ระบุ) ปี
3. ระดับการศึกษาสูงสุด

<input type="checkbox"/> 1. ประถมศึกษา	<input type="checkbox"/> 2. มัธยมศึกษาตอนต้น	<input type="checkbox"/> 3. มัธยมศึกษาตอนปลาย/ ปวช.
<input type="checkbox"/> 4. อนุปริญญา/ ปวส.	<input type="checkbox"/> 5.ปริญญาตรี	<input type="checkbox"/> 6. สูงกว่าปริญญาตรี
4. สถานภาพ 1. เจ้าของร้าน 2. ลูกจ้างร้านอาหาร
5. ที่ตั้งร้านค้า 1. ศูนย์อาหาร 2. คาร์วิมน้ำ 3. ร้านค้าในโรงเรียนสาธิต

 99. อื่น ๆ (ระบุที่ตั้ง)
6. ประเภทของอาหารที่ขาย (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

<input type="checkbox"/> 1. อาหารตามสั่ง	<input type="checkbox"/> 2. ข้าวราด	<input type="checkbox"/> 3. ก๋วยเตี๋ยว
<input type="checkbox"/> 4. น้ำดื่มบรรจุขวด	<input type="checkbox"/> 5. ผลไม้	<input type="checkbox"/> 6. ชา/กาแฟ/น้ำผลไม้
<input type="checkbox"/> 7. ข้าวมันไก่/ หมูแดง	<input type="checkbox"/> 99. อื่น ๆ (ระบุ)	
7. ระยะเวลาที่จำหน่ายอาหารที่ร้านค้าแห่งนี้ (ระบุ) ปี
8. จำนวนสมาชิกที่ช่วยทำงานในร้าน (ระบุ) คน

ตอนที่ 2: ข้อมูลสถานการณ์ขยะ

คำชี้แจง: โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง หน้าข้อความที่ตรงกับความคิดเห็นหรือการปฏิบัติจริงของท่าน

1. ขยะที่ย่อยสลายได้ซึ่งเกิดขึ้นในร้านของท่าน เป็นขยะประเภทใดบ้าง(ระบุหมายเลขเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย; 1, 2, 3,..)

_____ 1. เศษพืช/ ผัก	_____ 2. เศษผลไม้	_____ 3. เศษเนื้อสัตว์ (เช่น หมู เนื้อ ปลา กุ้ง ฯลฯ)
_____ 4. เศษข้าว	_____ 5. กระดุกต่าง ๆ , ก้างปลา	_____ 6. น้ำมันใช้แล้วจากการปรุงอาหาร
_____ 99. อื่น ๆ (ระบุ)		
2. ขยะที่ย่อยสลายได้ซึ่งเกิดขึ้นจากร้านค้าของท่านในแต่ละวันมีปริมาณมากน้อยเพียงใด (โดยประมาณ)

<input type="checkbox"/> 1. ต่ำกว่า 30 กก./ วัน	<input type="checkbox"/> 2. 31 – 50 กก./ วัน
<input type="checkbox"/> 3. 50 – 80 กก./ วัน	<input type="checkbox"/> 4. มากกว่า 80 กก./ วัน
3. ท่านมีวิธีการจัดการขยะที่ย่อยสลายได้ซึ่งเกิดขึ้นในร้านค้าของท่านอย่างไร (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

<input type="checkbox"/> 1. ที่รวมกับขยะประเภทอื่น	<input type="checkbox"/> 2. คัดแยกจากขยะอื่นโดยทิ้งลงในภาชนะที่มหาวิทยาลัยจัดเตรียมไว้ให้
<input type="checkbox"/> 3. นำไปใช้ประโยชน์(ระบุ).....	<input type="checkbox"/> 99. อื่น ๆ (ระบุ)
4. จำนวนครั้งในการนำขยะที่ย่อยสลายได้ซึ่งเกิดขึ้นในร้านค้าของท่านไปทิ้งลงในภาชนะที่มหาวิทยาลัยจัดเตรียมไว้ให้

<input type="checkbox"/> 1. 1 - 3 ครั้ง/ วัน	<input type="checkbox"/> 2. 4 - 6 ครั้ง/ วัน	<input type="checkbox"/> 3. มากกว่า 6 ครั้ง/ วัน
--	--	--
5. ท่านเคยรับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับการรณรงค์จัดการขยะภายในมหาวิทยาลัยหรือไม่

<input type="checkbox"/> 1. เคย	<input type="checkbox"/> 0. ไม่เคย (ข้ามไปตอบข้อ 7)
---------------------------------	---

6. ท่านรับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับการรณรงค์จัดการขยะของมหาวิทยาลัยจากสื่อใด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)
1. แผ่นพับ 2. เข้าอบรม 3. วารสารจากมหาวิทยาลัย
4. เสียงตามสาย 5. โปสเตอร์/ ป้ายประกาศ 6. เพื่อนสมาชิกในศูนย์อาหาร
7. สมาชิกในร้าน 99. อื่น ๆ (ระบุ)
7. ท่านทราบหรือไม่ว่ามีกิจกรรมรณรงค์เกี่ยวกับการแยกทิ้งขยะในภาชนะรองรับขยะแบบแยกประเภทที่ทางมหาวิทยาลัยจัดเตรียมไว้ให้
1. ทราบ 0. ไม่ทราบ

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการขยะ

คำชี้แจง: โปรดทำเครื่องหมาย ลงในช่อง และเติมข้อความที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

1. ท่านคิดว่าภาชนะรองรับขยะที่เกิดจากร้านค้าจำหน่ายอาหารซึ่งมหาวิทยาลัยจัดเตรียมไว้ในปัจจุบันมีจำนวนเพียงพอ/ เหมาะสมหรือไม่
1. เพียงพอ/ เหมาะสมดีแล้ว
0. ไม่เพียงพอ/ ไม่เหมาะสม ควรปรับปรุง โดย (ระบุ).....
-
2. ภาชนะรองรับขยะที่เกิดขึ้นในร้านค้าของท่านในปัจจุบันมีสภาพเป็นอย่างไร
0. ไม่มีภาชนะรองรับขยะในร้านค้า
1. ชำรุด
2. สภาพดี (ไม่แตกหรือร้าว) และ 2.1 มีฝาปิด
- 2.2 ไม่มีฝาปิด
99. อื่น ๆ (ระบุ)
3. ท่านคิดว่า ขยะที่ย่อยสลายได้ซึ่งเกิดขึ้นจากร้านค้าของท่านสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หรือไม่ อย่างไร
0. ไม่ได้
1. ได้ โดย (ระบุ).....
-
4. ท่านคิดว่ามหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาคควรมีแนวทาง/ วิธีการในการนำขยะที่ย่อยสลายได้ซึ่งเกิดจากร้านค้าจำหน่ายอาหารกลับมาใช้ประโยชน์อย่างไร (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)
1. นำมาหมักทำปุ๋ย 2. นำมาใช้เป็นแหล่งพลังงาน
99. อื่น ๆ (ระบุ)
5. ข้อเสนอแนะอื่น ๆ เกี่ยวกับการแก้ปัญหาขยะภายในมหาวิทยาลัย (ถ้ามี)
-
-

ขอขอบพระคุณในความอนุเคราะห์ข้อมูล

ภาคผนวก ข

การตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม

การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถาม
สถานการณ์และความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการขยะที่ย่อยสลายได้
ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

หาค่าความเที่ยงตรง (Validity) นำแบบสอบถามให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ทำการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) หลังจากนั้นนำมาหาดัชนีความสอดคล้อง (Objective Congruence Index: IOC)

โดยใช้สูตร

$$IOC = \sum R/N$$

เมื่อ IOC หมายถึง ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of item congruency)

R หมายถึง ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ โดยที่

ค่า +1 หมายถึง เห็นด้วย

ค่า 0 หมายถึง ไม่แน่ใจ

ค่า -1 หมายถึง ไม่เห็นด้วย

N หมายถึง จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

1. แบบสอบถามสำหรับผู้ประกอบการร้านค้าจำหน่ายอาหาร

ประเด็นที่ศึกษา	ข้อที่	ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			IOC
			คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	
ตอนที่ 2 ข้อมูลสถานการณ์ขยะ	1	ขยะที่ย่อยสลายได้ซึ่งเกิดขึ้นในร้านของท่าน เป็นขยะประเภทใดบ้าง (เรียงลำดับจากมากไปหาน้อย; 1, 2, 3, ...)	1	1	1	1.0
	2	ขยะที่ย่อยสลายได้ซึ่งเกิดขึ้นจากร้านค้าของท่านในแต่ละวันมีปริมาณมากน้อยเพียงใด (โดยประมาณ)	1	1	1	1.0
	3	ท่านมีวิธีการจัดการขยะที่ย่อยสลายได้ซึ่งเกิดขึ้นในร้านค้าของท่านอย่างไร	1	1	1	1.0
	4	ความถี่ในการนำขยะที่ย่อยสลายได้ซึ่งเกิดขึ้นในร้านค้าของท่านไปทิ้งลงในภาชนะที่มหาวิทยาลัยจัดเตรียมไว้ให้	1	1	1	1.0
	5	ท่านเคยรับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับการรณรงค์จัดการขยะภายในมหาวิทยาลัยหรือไม่	1	1	1	1.0
	6	ท่านรับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับการรณรงค์จัดการขยะของมหาวิทยาลัยจากสื่อใด	1	1	1	1.0

ประเด็น ที่ศึกษา	ข้อที่	ข้อความ	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			IOC
			คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	
	7	ท่านทราบหรือไม่ว่าการรณรงค์เกี่ยวกับการแยกทิ้งขยะในภาชนะรองรับขยะแบบแยกประเภท ที่ทางมหาวิทยาลัยจัดเตรียมไว้ให้	1	1	1	1.0
ตอนที่ 3 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการขยะ	1	ท่านคิดว่าภาชนะรองรับขยะที่เกิดจากร้านค้าจำหน่ายอาหารซึ่งมหาวิทยาลัยจัดเตรียมไว้ในปัจจุบัน มีจำนวนเพียงพอ/เหมาะสม หรือไม่	1	1	0	0.7
	2	ภาชนะรองรับขยะที่เกิดขึ้นในร้านค้าของท่านในปัจจุบันมีสภาพเป็นอย่างไร	0	1	1	0.7
	3	ท่านคิดว่า ขยะที่ย่อยสลายได้ซึ่งเกิดขึ้นจากร้านค้าของท่านสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หรือไม่ อย่างไร	1	1	1	1.0
	4	ท่านคิดว่า มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาควรมีแนวทาง/วิธีการในการนำขยะที่ย่อยสลายได้ซึ่งเกิดจากร้านค้าจำหน่ายอาหารกลับมาใช้ประโยชน์อย่างไร	1	1	1	1.0

2. แบบสอบถามสำหรับคณาจารย์/แม่บ้านในหน่วยงาน

ประเด็น ที่ศึกษา	ข้อที่	ข้อความ	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			IOC
			คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	
ตอนที่ 2 ข้อมูลสถานการณ์ขยะ	1	ขยะที่ย่อยสลายได้ซึ่งท่านพบภายในอาคารระหว่างปฏิบัติงานในหน้าที่ประกอบด้วยขยะประเภทใดบ้าง (เรียงลำดับจากมากไปหาน้อย; 1, 2, 3, ...)	1	1	0	0.7
	2	ขยะที่ย่อยสลายได้ซึ่งเกิดขึ้นในอาคารที่ท่านดูแลรับผิดชอบมีปริมาณมากน้อยเพียงใด (โดยประมาณ)	1	1	1	1.0
	3	ท่านมีวิธีการจัดการขยะที่ย่อยสลายได้ซึ่งเกิดขึ้นในอาคารที่ท่านดูแลรับผิดชอบอย่างไร	1	1	1	1.0
	4	ความถี่ในการนำขยะที่ย่อยสลายได้ซึ่งเกิดขึ้นในอาคารที่ท่านดูแลรับผิดชอบไปทิ้งลงในภาชนะรองรับขยะภายนอกอาคารหรือวางไว้ที่จุดเก็บขยะที่จัดเตรียมไว้ให้	1	1	1	1.0
	5	ท่านเคยรับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับการรณรงค์จัดการขยะภายในมหาวิทยาลัยหรือไม่	0	1	1	0.7
	6	ท่านรับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับการรณรงค์จัดการขยะของมหาวิทยาลัยจากสื่อใด	0	1	1	0.7
	7	ท่านทราบหรือไม่ว่าการรณรงค์เกี่ยวกับการแยกทิ้งขยะในภาชนะรองรับขยะแบบแยกประเภทที่ทางมหาวิทยาลัยจัดเตรียมไว้ให้	0	1	1	0.7
ตอนที่ 3 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการขยะ	1	ท่านคิดว่าภาชนะรองรับขยะแบบแยกประเภทที่มหาวิทยาลัยจัดไว้สำหรับทิ้งขยะภายในอาคารมีจำนวนเพียงพอ/เหมาะสม หรือไม่	1	1	1	1.0
	2	ท่านคิดว่าการรณรงค์การแยกทิ้งขยะในภาชนะรองรับขยะแบบแยกประเภทที่จัดเตรียมไว้ภายในอาคารได้ผลมากน้อยเพียงใด	1	1	1	1.0
	3	ภาชนะรองรับขยะแบบแยกประเภทที่จัดเตรียมไว้ในอาคารที่ท่านดูแลรับผิดชอบมีสภาพเป็นอย่างไร	1	1	1	1.0
	4	ท่านคิดว่า ขยะที่ย่อยสลายได้ซึ่งภายในอาคารที่ท่านดูแลรับผิดชอบสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้หรือไม่ อย่างไร	0	1	1	0.7
	5	ท่านคิดว่า มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาควรมีแนวทาง/วิธีการในการนำขยะที่ย่อยสลายได้ซึ่งเกิดขึ้นภายในอาคารกลับมาใช้ประโยชน์อย่างไร	0	1	1	0.7

3. แบบสอบถามสำหรับคนสวน

ประเด็น ที่ศึกษา	ข้อที่	ข้อความถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			IOC
			คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	
ตอนที่ 2 ข้อมูลสถานการณ์ขยะ	1	ขยะที่ย่อยสลายได้ซึ่งท่านพบระหว่างปฏิบัติงานใน หน้าที่ประกอบด้วยขยะประเภทใดบ้าง (เรียงลำดับจาก มากไปหาน้อย; 1, 2, 3,...)	0	1	1	0.7
	2	เศษใบไม้ กิ่งไม้ และเศษหญ้าที่เกิดขึ้นในส่วนงานที่ ท่านดูแลรับผิดชอบมีปริมาณมากน้อยเพียงใด (โดยประมาณ)	1	1	1	1.0
	3	ท่านมีวิธีการจัดการขยะประเภทเศษใบไม้ กิ่งไม้ และ เศษหญ้า ที่เกิดจากการตกแต่งสวนห่อมอย่างไร	1	1	1	1.0
	4	ความถี่ในการเกิดขยะประเภทเศษใบไม้ กิ่งไม้ และ เศษหญ้า อันเนื่องมาจากการปฏิบัติหน้าที่ตัดแต่ง สวนห่อม ภายในมหาวิทยาลัย	1	0	1	0.7
	5	ท่านเคยรับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับการรณรงค์จัดการขยะ ภายในมหาวิทยาลัยหรือไม่	0	1	1	0.7
	6	ท่านรับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับการรณรงค์จัดการขยะของ มหาวิทยาลัยจากสื่อใด	0	1	1	0.7
	7	ท่านทราบหรือไม่ว่าการรณรงค์การแยกทิ้งขยะใน ภาชนะรองรับขยะแบบแยกประเภทที่ทางมหาวิทยาลัย จัดเตรียมไว้ให้	0	1	1	0.7
ตอนที่ 3 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการ จัดการขยะ	1	ท่านคิดว่าภาชนะรองรับขยะที่เกิดจากการตกแต่ง สวนห่อมภายในมหาวิทยาลัยที่จัดเตรียมไว้ในปัจจุบัน มีจำนวนเพียงพอ/เหมาะสม หรือไม่	0	1	1	0.7
	2	ภาชนะรองรับขยะประเภทเศษใบไม้ กิ่งไม้ และเศษ หญ้าที่ท่านใช้งานอยู่ในปัจจุบัน มีสภาพเป็นอย่างไร	0	1	1	0.7
	3	ท่านคิดว่า ขยะประเภทเศษใบไม้ กิ่งไม้ และเศษหญ้า สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้หรือไม่ อย่างไร	1	1	1	1.0
	4	ท่านคิดว่า มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ควรมีแนวทาง/วิธีการในการทำขยะประเภทเศษใบไม้/ กิ่งไม้/ เศษหญ้า กลับมาใช้ประโยชน์อย่างไร	1	1	1	1.0

4. แบบสอบถามสำหรับคณาจารย์

ประเด็น ที่ศึกษา	ข้อที่	ข้อความ	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			IOC
			คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	
ตอนที่ 2 ข้อมูลสถานการณ์ขยะ	1	ขยะที่ท่านพบระหว่างปฏิบัติงานในหน้าที่ประกอบด้วยขยะประเภทใดบ้าง (เรียงลำดับจากมากไปหาน้อย; 1, 2, 3, ...,9)	1	1	1	1.0
	2	ขยะที่เกิดขึ้นในสำนักงานที่ท่านดูแลรับผิดชอบมีปริมาณมากน้อยเพียงใด (โดยประมาณ)	1	1	1	1.0
	3	ท่านมีวิธีการจัดการขยะในสำนักงานที่ท่านดูแลรับผิดชอบอย่างไร	1	1	1	1.0
	4	ความถี่ในการนำขยะที่เกิดขึ้นในสำนักงานที่ท่านรับผิดชอบไปทิ้งยังจุดที่พักรวมขยะของมหาวิทยาลัย	1	1	1	1.0
	5	ท่านเคยรับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับการรณรงค์จัดการขยะภายในมหาวิทยาลัยหรือไม่	0	1	1	0.7
	6	ท่านรับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับการรณรงค์จัดการขยะของมหาวิทยาลัยจากสื่อใด	0	1	1	0.7
	7	ท่านทราบหรือไม่ว่าการรณรงค์การแยกทิ้งขยะในภาชนะรองรับขยะแบบแยกประเภทที่ทางมหาวิทยาลัยจัดเตรียมไว้ให้	0	1	1	0.7
ตอนที่ 3 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการขยะ	1	ท่านคิดว่าภาชนะรองรับขยะแบบแยกประเภทที่มหาวิทยาลัยจัดไว้สำหรับทิ้งขยะนอกอาคารมีจำนวนเพียงพอ/เหมาะสม หรือไม่	1	1	1	1.0
	2	ท่านคิดว่ากรรณรงคการแยกทิ้งขยะในภาชนะรองรับขยะแบบแยกประเภทที่จัดเตรียมไว้ภายนอกอาคารได้ผลมากน้อยเพียงใด	1	1	1	1.0
	3	จุดที่พักรวมขยะที่มหาวิทยาลัยจัดไว้เพื่อการเก็บขนจากรถขยะของกรุงเทพมหานครมีสภาพพื้นที่เพียงพอ/เหมาะสม หรือไม่	1	1	1	1.0
	4	ภาชนะรองรับขยะที่ท่านใช้งานอยู่ในปัจจุบันมีสภาพเป็นอย่างไร	0	1	1	0.7
	5	ท่านคิดว่าขยะที่ย่อยสลายได้ซึ่งเกิดขึ้นในมหาวิทยาลัยสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้หรือไม่ อย่างไร	0	1	1	0.7
	6	ท่านคิดว่า มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาควรมีแนวทาง/วิธีการในการนำขยะที่ย่อย-สลายได้กลับมาใช้ประโยชน์อย่างไร	1	1	1	1.0

หมายเหตุ:

1. ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1

นายไพศาล ผดุงศิริกุล

ผู้อำนวยการกลุ่มวิเคราะห์และประสานแผนปฏิบัติการ

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

2. ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2

นายรัฐ เรืองโชติวิทย์

นักวิชาการสิ่งแวดล้อมชำนาญการพิเศษ

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม

3. ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพบูรณ์ แจ่มพงษ์

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ภาคผนวก ค

วิธีวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของขยะ

การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

อุปกรณ์

1. ตู้อบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิ (Hot air Oven)
2. เครื่องชั่งน้ำหนัก
3. ถาดอลูมิเนียม

วิธีการวิเคราะห์

สุ่มขยะด้วยวิธีแบ่ง 4 ส่วน ให้ได้มูลฝอยประมาณ 50 ลิตร ชั่งน้ำหนักถาดอลูมิเนียมเปล่า แล้วบันทึกไว้ ใส่ตัวอย่างขยะลงในถาดอลูมิเนียมแล้วชั่งน้ำหนักขยะรวมถาด บันทึกน้ำหนักไว้ จากนั้นนำไปอบแห้งในตู้อบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิ โดยให้ตั้งค่าอุณหภูมิที่ 75-105 °C เป็นเวลา 3-4 วัน จนกระทั่งขยะแห้งสนิท จึงทำการชั่งน้ำหนักขยะแห้ง

การคำนวณผล

สูตรการคำนวณค่าปริมาณความชื้นมีดังนี้

$$M = \frac{(w - d) \times 100}{w}$$

โดยกำหนดให้ M = ค่าความชื้น (%)

w = น้ำหนักของตัวอย่างขยะมูลฝอยที่วัดได้ในการเก็บขน (กก.)

d = น้ำหนักของขยะมูลฝอยหลังอบแห้งที่ $T = 105$ องศาเซลเซียส (กก.)

การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน

อุปกรณ์

1. บิวเรต (Burette) ขนาด 50 ml
2. ขวดแก้วรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 500 ml หรือขนาด 250 ml
3. กระจกตวง (Cylinder)
4. ปิเปต (Pipette)
5. แผ่นให้ความร้อน (Hot Plate)
6. เครื่องชั่งน้ำหนักอย่างละเอียด ความละเอียด 0.0001 กรัม
7. ชุดกลั่นไนโตรเจน (Nitrogen Distillation Apparatus)
8. ตู้ดูดควัน (Hood)
9. ชุดเครื่องย่อย

สารเคมี

1. Potassium Sulfate (K_2SO_4)
2. Mercuric oxide (HgO)
3. Sulfuric acid concentrated (95-98%)
4. fuming stone
5. Alkaline thiosulfate solution : ละลาย 450 กรัม Sodium hydroxide ในน้ำกลั่น ประมาณ 700 ml. ทำให้เย็นลง เติม 80 กรัม Sodium thiosulfate ($Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$) เติมน้ำกลั่นให้ปริมาตรสุดท้ายเป็น 1000 ml.
6. Boric acid Solution : ละลาย 40 กรัม Boric acid ในน้ำกลั่น 1 ลิตร
7. Methyl purple solution (indicator) : ละลาย 0.3125 กรัม Methyl red และ 0.2062 กรัม Methylene blue ในน้ำกลั่น หรือ 0.1 % ethyl alcohol แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตร เป็น 250 ml. (สารละลายนี้จะมีอายุ 1 เดือน)
8. Sulfuric acid standard solution : ละลาย 15 ml. H_2SO_4 conc. ในน้ำกลั่น ให้มี ปริมาตร เป็น 1 ลิตร

วิธีการวิเคราะห์

นำตัวอย่างมูลฝอยบดละเอียดขนาด 1 มิลลิเมตร ที่อบแห้งสนิท ในตู้อบที่อุณหภูมิ 75°C นานประมาณ 2 ชั่วโมง จากนั้นสุ่มตัวอย่างมูลฝอยบดละเอียดประมาณ 0.5-1 กรัม จึงนำมาวิเคราะห์ด้วยวิธี Kjeldahl-Wilfarth-Gunning-winkler method ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. การ Digest ตัวอย่างโดยชั่งตัวอย่างมาประมาณ 0.5-1 กรัม ใส่ใน Kjeldahl flask เติม K_2SO_4 15 กรัม เติม HgO 0.7 กรัม H_2SO_4 conc. 25 ml. ทำการ digest จนสารละลายที่ได้มีลักษณะใส

2. การกลั่น เติมน้ำกลั่นประมาณ 250 ml. หยด Phenolphthaline indicator จากนั้นเติมสารละลายผสมของ $NaOH$ กับ $Na_2S_2O_3$ solution 75 ml. จะได้สีชมพู กลั่นโดยใช้ Boric acid 4% ในปริมาตร 5 ml. เป็นตัวปรับ NH_3 กลั่นจนได้ปริมาตร 200 ml. นำมา Titrated หา NH_3

3. การ Titrated นำสารละลายที่กลั่นได้มา Titrated กับ H_2SO_4 0.05 N โดยใช้ Methyl purple indicator เป็น indicator จนกระทั่งถึงจุด end point โดยสีของสารละลายที่ได้จะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วง

4. การเตรียม Blank ทำตามขั้นตอนของข้อ 1 ถึง 3 โดยไม่ต้องใส่ตัวอย่างมูลฝอย

การคำนวณผล

คำนวณปริมาณไนโตรเจน สามารถคำนวณได้โดยใช้สูตรต่อไปนี้

$$\%N = \frac{(A - B) \times N \times 14 \times 100}{C}$$

โดยกำหนดให้ A = ปริมาตรของ H_2SO_4 ที่ใช้ไตเตรทสำหรับตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B = ปริมาตรของ H_2SO_4 ที่ใช้ไตเตรทสำหรับ Blank (มิลลิลิตร)

N = ความเข้มข้นของ H_2SO_4 ที่ใช้ไตเตรท

C = น้ำหนักของตัวอย่างมูลฝอย (mg)

การวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัส

อุปกรณ์

1. ตู้อบ (Hot air oven)
2. ตู้ดูดความชื้น (Desicator)
3. เครื่องบดขยะ (Grinder)
4. เครื่องชั่งน้ำหนักอย่างละเอียด (Analytical Balance)
5. เตาให้ความร้อน (Hot Plate)
6. ชุดเครื่องแก้วสำหรับ digest
7. กรวยกรอง พร้อมกระดาษกรอง
8. UV Spectrophotometer ที่มีช่วงความยาวคลื่น 800 นาโนเมตร
9. ตู้ดูดควัน (Hood)

สารเคมี

1. 5N H₂SO₄ : นำ 70 ml H₂SO₄ conc. ละลายด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 500 มิลลิลิตร
2. Antimony potassium tartrate solution: 1.3715 กรัม K(Sbo) C₄H₄O₆ 1/2 H₂O เติมน้ำกลั่น 400 มิลลิลิตร แล้วทำให้ปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร เก็บไว้ในขวดแก้วสีชาที่ 4 องศาเซลเซียส
3. Ammonium molybdate solution : ละลาย 20 กรัม (NH₄)₆ Mo₇O₂₄ 4H₂O ด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 500 มิลลิลิตร เก็บในขวดพลาสติกที่ 4 องศาเซลเซียส
4. Ascorbic acid 0.1M: นำ 1.76 กรัม ascorbic acid ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร สารละลายนี้จะคงตัวอยู่ในช่วงเวลา 1 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส
5. Combined reagent ประกอบด้วย 5N H₂SO₄ 100 มิลลิลิตร, Antimony potassium tartrate solution 10 มิลลิลิตร, Ammonium molybdate solution 30 มิลลิลิตร และ Ascorbic acid solution 60 มิลลิลิตร ตามลำดับ ผสมกันตามลำดับ เขย่าทุกครั้ง que เติม reagent แต่ละตัวและต้องเตรียมใหม่ทุกครั้งที่ใช้
6. Sulfuric acid (conc.)
7. Ammonium persulfate
8. Stock phosphate solution: นำ Potassium dihydrogen Phosphate (KH₂PO₄) มาอบในตู้อบ ที่ 105 องศาเซลเซียส อย่างน้อย 2 ชั่วโมง แล้วนำมา 0.4394 กรัม ละลายน้ำกลั่นให้มีปริมาตรเป็น 1 ลิตร สารละลายที่ได้ 1.0 ml = 0.1 mg P

9. Standard phosphorus solution: ละลาย 10.0 มิลลิกรัม Stock phosphate solution ด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 1000 มิลลิลิตร สารละลายที่ได้ 1.0 ml = 1.0 ug P

วิธีการวิเคราะห์

นำขยะที่ผ่านการอบแห้งและบดแล้วมาอบในตู้อบที่มีอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นในตู้ดูดความชื้น จากนั้นสุ่มตัวอย่างขยะมาประมาณ 1-2 กรัม นำมาวิเคราะห์โดยวิธี Ascorbic acid method ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. การย่อยตัวอย่าง ซึ่งตัวอย่างขยะประมาณ 1 กรัม ใส่ใน Kjendahl flask ใส่ H_2SO_4 (conc.) 25 มิลลิลิตร ใส่ ammonium persulfate ประมาณ 0.4 กรัม เพื่อเป็น catalyst แล้ว digest จนกระทั่งสารละลายใส แต่บางครั้งขยะมี interference ซึ่งจะทำให้สารละลายที่ได้เป็นสารละลายขุ่น จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำมาปรับ pH จนกระทั่งเป็น 7 ± 0.2

2. การเตรียม Combined reagent นำ 5N H_2SO_4 100 มิลลิลิตร, Antimony potassium tartrate solution 10 มิลลิลิตร, Ammonium molybdate solution 30 มิลลิลิตร และ Ascorbic acid solution 60 มิลลิลิตร ผสมกันตามลำดับ เขย่าทุกครั้งที่ได้ reagent แต่ละตัวและต้องเตรียมใหม่ทุกครั้งที่ใช้

3. การทำให้เกิดสี หลังจากปรับ pH จนได้ 7 ± 0.2 แล้วนำตัวอย่างมาปรับปริมาตรให้เป็น 200 มิลลิลิตร จากนั้นนำตัวอย่างมาในอัตราส่วนต่างๆ (dilution) โดยปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร จากนั้นเติม 8.0 มิลลิลิตร ของ Combined reagent แล้วนำไปวัดค่า color absorbance ที่ 880 นาโนเมตร ภายใน 10-30 วินาที

การวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียม

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งน้ำหนักอย่างละเอียด 0.0001 กรัม
2. ขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร
3. เตาช้อนให้ความร้อนในตู้ดูดควัน
4. กรวยกรองพร้อมกระดาษกรอง
5. ขวดปริมาตรขนาด 25 และ 100 มิลลิลิตร
6. หลอดทดลอง
7. Atomic Absorption Spectrophotometer

สารเคมี

1. Digestion Mixture: ผสมกรดไนตริก (Nitric Acid : 65% HNO_3) กับกรดเปอร์คลอริก (Perchloric Acid : 70% HClO_4) ในสัดส่วน 3:1 โดยปริมาตร
2. Stock Potassium Solution 1.000 PPM K: ชั่งโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ที่ผ่านการอบแห้งที่ 100 องศาเซลเซียสแล้วจำนวน 1.907 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปราศจากไอออนปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตรในขวดปริมาตร

วิธีการวิเคราะห์

การย่อยตัวอย่าง:

1. นำตัวอย่างขยะที่ผ่านการอบแห้งสนิทและบดละเอียดมาอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นในตู้ดูดความชื้น
2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างประมาณ 0.50 กรัม (จุดค่าทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 ml
3. เติม Digestion Mixture ลงไป 7 ml แล้วนำไปย่อยบนเตาให้ความร้อนภายในตู้ดูดไอกรดควบคุมอุณหภูมิประมาณ 80-100 องศาเซลเซียส จนกระทั่งควันสีน้ำตาลหมดไป แล้วเพิ่มอุณหภูมิเป็น 200 องศาเซลเซียส ย่อยจนปรากฏควันสีขาวประมาณ 30 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น
4. เทสารละลายที่ได้ลงในขวดปริมาตรขนาด 25 ml ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น
5. กรองสารละลายที่ได้เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียม
6. ทำแบลนด์โดยเติม Digestion Mixture ลงในหลอดย่อย แล้วนำไปดำเนินการย่อยเช่นเดียวกับตัวอย่าง

การวิเคราะห์:

1. เตรียมสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม 0, 10, 20, 30 และ 40 mg/l โดยปิเปต Stock Potassium Solution 1.000 มา 0,1,2,4 และ 6 ml ใส่ลงในขวดปริมาตร เติมกรดเปอร์คลอริกลงไป 0.8 ml และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 100 ml

2. เจือจางตัวอย่าง 5 เท่า โดยปิเปตมา 1 มิลลิลิตรใส่ในหลอดทดลอง แล้วเติมน้ำกลั่นลงไป 4 มิลลิลิตร

3. นำไปวัดค่าด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer โดยใช้สารละลายมาตรฐานที่ไม่มีโพแทสเซียมในการปรับให้เครื่องอ่านค่าเป็นศูนย์ และใช้สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม 60 mg/l ปรับให้เครื่องอ่านค่าได้ประมาณ 100 และทำซ้ำจนเครื่องอ่านค่าสารละลายมาตรฐานที่ไม่มีโพแทสเซียมเป็นศูนย์ และสารละลายมาตรฐานสูงสุดที่ใช้ประมาณ 100

4. วัดสารละลายมาตรฐานตามลำดับความเข้มข้น แล้วจึงวัดแบลงค์และตัวอย่าง

หมายเหตุ: ใช้วิธีการวิเคราะห์ของจำเริญ อ่านทอง (2545)

การวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอน

สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\text{คาร์บอน (ร้อยละ โดยน้ำหนักแห้ง)} = \frac{\text{ปริมาณของแข็งระเหย}}$$

1.8

การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งระเหยได้

อุปกรณ์

1. ตู้อบ (Hot air Oven)
2. เครื่องดูดความชื้น (Desiccator)
3. เครื่องชั่งน้ำหนักอย่างละเอียด ความละเอียด 0.0001 กรัม
4. เตาเผา (Muffle Furnace)
5. ถ้วยกระเบื้องทนความร้อน (Porcelain Crucible)
6. เครื่องบด (Grinder)

วิธีการวิเคราะห์

นำขยะที่อบแห้งสนิทมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดให้มีขนาด 1.0 มิลลิเมตร แล้วอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 75°C นานประมาณ 2 ชั่วโมง จากนั้นนำออกมาใส่ตู้ดูดความชื้นเพื่อปล่อยให้เย็น ชั่งน้ำหนักด้วยดวงทนความร้อน บันทึกน้ำหนักไว้ ชั่งขยะที่บดละเอียดใส่ในถ้วยตวงประมาณ 3-6 กรัม นำเข้าไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600-650 °C นาน 2 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็น แล้วใส่ไว้ในตู้ดูดความชื้นประมาณ 1-2 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนัก บันทึกค่าน้ำหนักสารที่คงเหลือไว้

การคำนวณผล

สูตรการคำนวณค่าปริมาณของแข็งระเหยได้

$$V = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$$

โดยที่ V = ปริมาณของแข็งระเหยได้ (ร้อยละของน้ำหนักแห้ง)

W_1 = น้ำหนักมูลฝอยรวมถ้วยกระเบื้องก่อนเผา

W_2 = น้ำหนักมูลฝอยรวมถ้วยกระเบื้องหลังจากเผา

การวิเคราะห์ค่าความร้อน

อุปกรณ์

1. Water equivalent ของ Bomb calorimeter พร้อมอุปกรณ์
2. Benzoic acid standard กำหนดค่าความร้อนมาตรฐาน
3. น้ำกลั่น Phenolphthaline indicator , 0.1 N ของ NaOH
4. Firing cotton ยาว 12 cm.
5. Ni-Cro Firing Wire ยาว 6 cm.

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งน้ำหนัก Benzoic acid ประมาณ 1.2 กรัม แล้วเข้าเครื่องอัดเม็ด จากนั้นนำไปชั่งเพื่อบันทึกค่าน้ำหนักไปใช้ในการคำนวณ (ละเอียด 0.0001 g)
2. ต่อ Firing Wire เข้ากับขั้ว Electrode ทั้งสองข้างแล้วล็อคให้แน่น จากนั้นนำปลาย Firing cotton ผูกกับ Firing Wire
3. เติมน้ำกลั่น 1 ml ลงใน Oxygen bomb ด้วยปิเปต ก่อนเติม rinse ด้วยน้ำกลั่นให้ Oxygen bomb สะอาดเสียก่อน
4. นำ Ignition terminal วางลงไป Bomb ปิดฝาให้แน่นเติม Oxygen ความดัน 30 bar
5. เติมน้ำลงใน Vassal โดยชั่งน้ำหนักของ Vassal + น้ำ = 3kg นำ Oxygen bomb ใส่ลงใน Vassal แล้วนำไปตั้งในเครื่องให้แกนข้าง Vassal ลงในลือคพอดี้
6. ปรับค่าของอุณหภูมิของน้ำใน Water jacket ให้ใกล้เคียง Vassal แตกต่างไม่เกิน 0.5°C การปรับโดยปรับปุ่ม Balance จากแผง Control ด้านหน้าเครื่อง
7. กด Firing plug เพื่อต่อเข้ากับ Electrode socket บน Oxygen bomb กด test ทดสอบ โดยไฟ test จะติด
8. รอจนอุณหภูมิใน Water Vassal คงที่จึงกดจุดระเบิดการเผาไหม้ บันทึกค่าอุณหภูมิเริ่มต้น และรอจนอุณหภูมิเผาไหม้ได้ค่าสูงสุด บันทึกค่าอุณหภูมิสุดท้าย
9. นำ Oxygen bomb ออกแล้วค่อยๆ ลดความดันลงจนหมด ตั้งภายใน Oxygen bomb ด้วยน้ำกลั่นลงใน Beaker 250 ml. นำไปอุ่นไล่แก๊สออกจากสารละลายประมาณ 5 นาที
หมายเหตุ: ทำซ้ำประมาณ 5 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ย ซึ่งจะใช้เป็นค่ามาตรฐานของเครื่องต่อไป

$$W = \frac{G_E Q + \Sigma R}{\Delta t}$$

W = Water equivalent ของ Auto Bomb (J/°C)

G_E = น้ำหนัก Benzoic acid (g)

Q = ค่าความร้อนมาตรฐานของ Benzoic acid (J/g)

ΣR = ค่าความร้อนที่หักจากการเผาไหม้ Firing Wire และความร้อนจากซิลเฟอร์และไนโตรเจน (acid value) (12.6 × ความยาวของ Firing Wire ที่เผาไหม้หน่วย cm.) + (1.43 × ml. ของ NaOH ที่ใช้)

Δt = T_f - T_i (Final Temp - Initial Temp) (°C)

การคำนวณหาค่าความร้อนของตัวอย่างขณะใช้สูตรต่อไปนี้

$$C_v = \frac{W \Delta t - \Sigma R}{G}$$

C_v = Calorific Value ของตัวอย่าง (J/g)

W = Water equivalent ของ Auto Bomb (J/°C)

ΣR = ค่าความร้อนที่หักจากการเผาไหม้ Firing Wire และความร้อนจากซิลเฟอร์และไนโตรเจน (acid value) (12.6 × ความยาวของ Firing Wire ที่เผาไหม้หน่วย cm.) + (1.43 × ml. ของ NaOH ที่ใช้)

Δt = T_f - T_i (Final Temp - Initial Temp) (°C)

G = น้ำหนักตัวอย่าง (g)

ภาคผนวก ง

สถานที่ตั้งถังขยะภายนอกอาคารในบริเวณมหาวิทยาลัย

แผนผังแสดงที่ตั้งถังขยะภายนอกอาคารในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา



• เขตพื้นที่ 1

- (11) อาคารกรรณภรณ์ทิพย์เน่น (คณะศิลปศาสตร์)
- (12) อาคารนิลรัตนนารถ (สาขาวิชาภาษาอังกฤษ)
- (13) อาคารประชุมพระโศภิต (อาคารมัธยมสาธิต)
- (14) อาคารมัธยมสาธิต (หลังใหม่)
- (15) อาคารมัธยมสาธิต
- (16) อาคารประชุมสาธิต
- (17) อาคารหอประชุมสุนันทานุสรณ์ ศูนย์อาหารและศูนย์หนังสือ

• เขตพื้นที่ 2

- (21) อาคารศรีจุฑาภา (บัณฑิตวิทยาลัย, วนานาชาธิ, วนวิมลกรรมฯ)
- (22) อาคารจันทราพิทยาสรรพ์ (วิทยาลัยพยาบาลและสุขภาพ)
- (23) อาคารวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
- (24) อาคารมาติเนอกลา (โครงการอาหาร เครื่องดื่มและขนมอบ)
- (25) อาคารสืบสวนวิจัยเกษตร (สาขาวิชาสหกรณ์ศาสตร์)
- (26) อาคารศูนย์วิทยาศาสตร์
- (27) อาคารสายสุวานภรณ์ (สำนักคิดประและวัฒนธรรม)

• เขตพื้นที่ 3

- (31) อาคารศูนย์ภาษาและคอมพิวเตอร์
- (32) อาคารปัญญาจรรยาบรรณกรรม (ศูนย์วิทยบริการ)
- (33) อาคารเฉลิมพระเกียรติ (ศูนย์วิทยบริการ)
- (34) อาคารเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางการศึกษา
- (35) อาคารนิทานภรณ์ (คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์)
- (36) อาคารศิลปกรรมศาสตร์
- (37) อาคารมหาวิทยาลัยราชภัฏ (สำนักงานอธิการบดี)
- (38) อาคารรศีกษณ์รงค์ (อาคารพลศึกษา)

• เขตพื้นที่ 4

- (41) อาคารศิวะประไพ (กองพัฒนานักศึกษา)
- (42) อาคารคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
- (43) อาคารสำนักงานคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
- (44) อาคารพัฒนสัมพันธ์
- (45) อาคารจุฬารัตน์ภรณ์ (สาขาวิชาดนตรี)
- (46) อาคารอาหารทิพย์นิเวศ (คณะศิลปกรรมศาสตร์)
- (47) อาคารศูนย์ปฏิบัติการเทคโนโลยีการพิมพ์

• เขตพื้นที่ 5

- (51) อาคารเรือนอาชีวอนามัย
- (54) อาคารโรงแรมสวนสุนันทา
- (55) อาคารเกษตรอินทรีย์ศาสตร์ (โรงผลิตน้ำดื่ม)
- (56) อาคารสุภกักร์นิเวศน์ (คณะวิทยาการจัดการ)
- (57) อาคารสุภกักร์นิเวศน์ (คณะวิทยาการจัดการใหม่)
- (58) อาคารคณะศิลปกรรมศาสตร์
- (59) อาคารประกอบพร้อมละลายน้ำ

ตารางที่ 3-1 การสำรวจดัชนีชี้วัดที่พึงประสงค์ของภาควิชาการในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ลำดับ	เขตพื้นที่	อาคาร	ประเภทสิ่งยยะ			ตำแหน่งที่วางสิ่งยยะ	ชนิดของยยะที่พบในสิ่ง
			แบบเดิม(ตั้ง)	แบบใหม่(ตั้ง)	แบบอื่น(ตั้ง)		
1	1	11 อาคารกรรมการพัฒน [ั] (คณะครุศาสตร์)		เขียว		กระดาด,ของบุหรี,ถุงพลาสติก	
2		”		เหลือง	”	โฟม,ถุงพลาสติก	
3		”		น้ำเงิน	”	ขวดน้ำ,ถุงพลาสติก	
4		”		น้ำเงิน	ข้างอาคาร 11	ถุงพลาสติก,เศษอาหาร	
5		”		น้ำเงิน	”	ถุงพลาสติก, โฟม	
6		”		ส้ม	”	ถุงพลาสติก,เศษอาหาร	
7		”	เขียว		”	ถุงพลาสติก,เศษอาหาร	
8		”	เหลือง		”	ถุงพลาสติก,กระดาด	
9		”	เหลือง		ที่จอดรถข้างอาคาร	ใบไม้,ถุงพลาสติก	
10		”	เหลือง		”	ของขนม,ถุงพลาสติก	
11		”	เหลือง		”	กระดาด,แก้ว,ถุง,โฟม	
12		12 อาคารนิรรัตนกร (โปรแกรมวิชาภาษาต่างประเทศ)			หน้าอาคาร 12	ถุงปูน,ขวดน้ำ,กระดาด	
13		”			”	กล่อง โฟม,กล่องกระดาด,ขวดน้ำ	
14		”		เขียว	”	กล่องนม,แก้วน้ำ,ถุงพลาสติก	
15		”		เหลือง	”	กล่องนม,แก้วน้ำ,กล่อง โฟม,ถุงพลาสติก	
16		”		น้ำเงิน	”	กล่องนม,แก้วน้ำ,กล่อง โฟม	

หมายเหตุ : - ตั้งยะแบบเดิม หมายถึง ตั้งยยะฐานเก่าสีเหลือง/สีเขียว ซึ่งมีขนาดความจุ 200 ลิตร (มีเฉพาะถึงสีเหลืองประมาณ 50 ถัง)

- ตั้งยยะแบบใหม่ หมายถึง ตั้งยยะที่ได้รับการสนับสนุนจากสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ประกอบด้วยถังสีเขียว , สีเหลืองและสีน้ำเงิน ซึ่งมีขนาดความจุ 120 ลิตร (มีทั้งหมดประมาณ 60 ถัง)

- แบบอื่นๆ หมายถึง ตั้งยยะรูปแบบอื่นนอกเหนือจาก 2 แบบแรก (แบบถุงพลาสติกสีดำ)

ตารางที่ 3-1 (ต่อ)กระดาษ

ลำดับ	เขตพื้นที่	อาคาร	ประเภทถังขยะ			ตำแหน่งถังถังขยะ	ชนิดของขยะที่พบในถัง
			แบบเดิม(ตั้ง)	แบบใหม่(ตั้ง)	แบบอื่นๆ(ตั้ง)		
33	2	22 อาคารรัฐมราชศิลปะสจตุรี (วิทยาลัยพยาบาลและสุขภาพ)	เหลือง			หน้าอาคาร 22	ของขนม, ขวดน้ำ, ถุงพลาสติก
34		”			เขียวเล็ก	”	ถุงปูน, ขวดน้ำ, ถุงพลาสติก
35		23 อาคารวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อม	เหลือง			หน้าอาคาร 23	ใบไม้, โฟม, ถุงพลาสติก
36		”	เหลือง			”	ถุงกระดาษ, ถุงพลาสติก
37		”	เขียว			”	ขวดน้ำ, ถุงพลาสติก, ใบไม้
38		24 อาคารมลิเนนคตารา (โครงการอาหาร เครื่องดื่ม และขนมอบ)	เหลือง			หน้าอาคาร 24	เศษอาหาร, ถุงพลาสติก
39		”	เหลือง			ข้างอาคาร 24	ใบไม้, โฟม, ถุงพลาสติก
40		25 อาคารตติบสนธิ์เขียวเกษม (สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์)		เขียว		หน้าอาคาร 25	ขวดน้ำ, พลาสติก, กระดาษ
41		”		เหลือง		”	พลาสติก, กระดาษ, แก้วน้ำ
42		”		น้ำเงิน		”	กล่องสแตนเลส, ขวดน้ำ, กระดาษ
43		26 อาคารศูนย์วิทยาศาสตร์	เหลือง			ข้างอาคาร 26	ถุงอาหาร, เศษอาหาร
44		27 อาคารสาขุศุชานภคค (สำนักศิลปะและวัฒนธรรม)		เหลือง		หน้าอาคาร 27	แก้วพลาสติก, กระดาษ, ขวดน้ำ
45		”		น้ำเงิน		”	กล่องนม, ถุงน้ำอัดลม
46		”			เขียวเล็ก	”	ขวดน้ำ, ถุงพลาสติก
47		”	เหลือง			ข้างอาคาร 27	กระดาษ, ขวดน้ำ, โฟม

หมายเหตุ : - ถังขยะแบบเดิม หมายถึง ถังขยะรุ่นเก่าสีเหลืองสีเขียว ซึ่งมีขนาดความจุ 200 ลิตร (มีเฉพาะถังสีเหลืองประมาณ 50 ถัง)

- ถังขยะแบบใหม่ หมายถึง ถังขยะที่ได้รับการสนับสนุนจากสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ประกอบด้วยถังสีเขียว , สีเหลืองและสีน้ำเงิน ซึ่งมีขนาดความจุ 120 ลิตร (มีทั้งหมดประมาณ 60 ถัง)

- แบบอื่นๆ หมายถึง ถังขยะรูปแบบอื่นนอกเหนือจาก 2 แบบแรก (แบบถุงพลาสติกสีฟ้า)

ตารางที่ ง-1 (ต่อ)

ลำดับ	เขตพื้นที่	อาคาร	ประเภทถังขยะ			ตำแหน่งถังถังขยะ	ชนิดของขยะที่พบในถัง
			แบบเดิม(ตั้ง)	แบบใหม่(ตั้ง)	แบบอื่นๆ(ตั้ง)		
48	3	31 อาคารศูนย์กายาและคอมพิวเตอร์		เขียว		หน้าอาคาร 31	กระดาษ,ถุงพลาสติก
49		”		เหลือง		”	ขวดแก้ว,กระดาษ,กระป๋อง
50		”		น้ำเงิน		”	กระดาษ,ของบุหรี
51		34 อาคารเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางการศึกษา		เขียว		ข้างอาคาร 34	ถุงพลาสติก,ของขนม,ขวดน้ำ
52		”		เหลือง		”	ใบไม้,กระดาษ,ถุงพลาสติก
53		”		น้ำเงิน		”	ของขนม,แก้วน้ำ
54		”		แดง		หน้าอาคาร 34	ถุงอาหาร,เศษอาหาร,ขวดน้ำ,ถุงพลาสติก
55		”		เหลือง		”	พลาสติก,กระดาษ
56		”		น้ำเงิน		”	ของขนม,แก้วน้ำ,ใบไม้
57		35 อาคารนิทานกลด (คณะมนุษยศาสตร์,อาคารเรียนรวม)		แดง		หน้าอาคาร 35	ขวดน้ำ,กระดาษ,พลาสติก
58		”		เหลือง		”	แก้วกระดาษ,ถุงขนม
59		”		น้ำเงิน		”	กระดาษ,ถุงพลาสติก
60		”		น้ำเงิน		”	ขวดน้ำ,กล่องกระดาษ,พลาสติก
61		”	เขียว			”	กล่องนม,ถุงดำ,แก้วพลาสติก
62		”	เหลือง			”	พลาสติก,โฟม,ถุงขนม
63		”		ส้ม		”	ถุงพลาสติก,ใบไม้
64		”		น้ำเงิน		”	กระดาษทิชชู,ของขนม
65		”		เหลือง		”	ขวดน้ำ,แก้วน้ำ,โฟม

หมายเหตุ : - ถังขยะแบบเดิม หมายถึง ถังขยะรุ่นเก่าสีเหลือง/สีเขียว ซึ่งมีขนาดความจุ 200 ลิตร (มีเฉพาะถังสีเหลืองประมาณ 50 ถัง)

- ถังขยะแบบใหม่ หมายถึง ถังขยะที่ได้รับการสนับสนุนจากสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ประกอบด้วยถังสีเขียว , สีเหลืองและสีน้ำเงิน ซึ่งมีขนาดความจุ 120 ลิตร (มีทั้งหมดประมาณ 60 ถัง)

- แบบอื่นๆ หมายถึง ถังขยะรูปแบบอื่นนอกเหนือจาก 2 แบบแรก (แบบถุงพลาสติกสีดี)

ตารางที่ ง-1 (ต่อ)

ลำดับ เขตพื้นที่	อาคาร	ประเภทถังขยะ			ตำแหน่งถังขยะ	ชนิดของขยะที่พบในถัง
		แบบเดิม(ถัง)	แบบใหม่(ถัง)	แบบอื่นๆ(ถัง)		
66	36 อาคารศิลปกรรมศาสตร์	เขียว			ข้างอาคาร 36	แก้วน้ำ, พลาสติก, ทิชชู
67	”	เหลือง			”	พลาสติก, ขวดน้ำ
68	”		น้ำเงิน		”	แก้ว, ถุงดำ, กล่องโฟม
69	37 อาคารมหาวิทยาลัยพิทักษ์ (สำนักงานอธิการบดี)			เขียวเล็ก	หน้าอาคาร 37	แก้ว, พลาสติก, โฟม, กระดาษ
70	”			เขียวเล็ก	”	ขวดน้ำ, แก้ว, โฟม
71	”	เหลือง	เหลือง		ตรงข้ามอาคาร 37	ถุงอาหาร, แก้วกระดาษ, ของขนม
72	38 อาคารวิทยาลัยนังท์ (อาคารพลศึกษา)	เหลือง			ข้างอาคาร 38	โฟม, กระดาษ, พลาสติก
73	”	เหลือง			”	พลาสติก, โฟม, ขวดน้ำ
74	42 อาคารคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม	เหลือง			หน้าอาคาร 42	โฟม, กระดาษ, ขวดน้ำ
75	”	เหลือง			”	ของขนม, โฟม, เศษอาหาร
76	43 อาคารสำนักงานคณะ เทคโนโลยีอุตสาหกรรม	เหลือง			หน้าอาคาร 43	กระป๋องน้ำ, โฟม, พลาสติก
77	44 อาคารพิพิธภัณฑสถาน	เหลือง			ข้างอาคาร 44	พลาสติก, ขวดน้ำ, แก้วน้ำ
78	”			เขียว	”	พลาสติก, ขวดน้ำ, แก้วน้ำ
79	46 อาคารอาหารพิพิธภัณฑสถาน (คณะศิลปกรรมศาสตร์)			เขียว	หน้าอาคาร 46	ของขนม, แก้วน้ำ, ใบไม้
80	47 อาคารศูนย์ปฏิบัติการ เทคโนโลยีการพิมพ์			เขียวเล็ก	หน้าอาคาร 47	กล่องกระดาษ, ถุงพลาสติก, ขวดน้ำ

หมายเหตุ : - ถังขยะแบบเดิม หมายถึง ถังขยะรุ่นเก่าสีเหลือง/สีเขียว ซึ่งมีขนาดความจุ 200 ลิตร (มีเฉพาะถังสีเหลืองประมาณ 50 ถัง)

- ถังขยะแบบใหม่ หมายถึง ถังขยะที่ได้รับการสนับสนุนจากสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ประกอบด้วยถังสีเขียว , สีเหลืองและสีน้ำเงิน ซึ่งมีขนาดความจุ 120 ลิตร (มีทั้งหมดประมาณ 60 ถัง)

- แบบอื่นๆ หมายถึง ถังขยะรูปแบบอื่นนอกเหนือจาก 2 แบบแรก (แบบถุงพลาสติกสีดำ)

ตารางที่ ง-1 (ต่อ)

ลำดับ	เขตพื้นที่	อาคาร	ประเภทถังขยะ			ตำแหน่งที่วางถังขยะ	ชนิดของขยะที่พบในถัง
			แบบเดิม(ถัง)	แบบใหม่(ถัง)	แบบอื่นๆ(ถัง)		
81	5	54 อาคาร โรงแรมแก้วเจ้าจอม			ถังสีดำ	ถุงพลาสติก, ขวดน้ำ, โฟม	
82		55 อาคารเกษตรอินทรีย์เสริมศาสตร์ (โรงผลิตน้ำดื่ม)	เหลือง			ถุงพลาสติก, ขวดน้ำ	
83		”	เหลือง		”	กล่องกระดาษ, พลาสติก	
84		56 อาคารสุวภัทรีนิเวศน์ (คณะวิทยาการจัดการ)	เหลือง		หน้าอาคาร 56	แก้วพลาสติก, กระดาษ, ขวดน้ำ	
85		”	เหลือง		”	แก้วพลาสติก, กระดาษ, เศษอาหาร	
86		”	เหลือง		”	ถุงพลาสติก, แก้ว, ขวดน้ำ, เศษอาหาร	
87		”		เขียวเล็ก	ข้างอาคาร 56	กระป๋องน้ำ, พลาสติก	
88		57 อาคารสุวภัทรีนิเวศน์ (คณะวิทยาการจัดการใหม่)	เหลือง		ข้างอาคาร 57	ถุงพลาสติก, เศษกระดาษ	
89		58 อาคารศิลปกรรมศาสตร์	เหลือง		หน้าอาคาร 58	พลาสติก, แก้วน้ำ, กระดาษ	
90		”	เหลือง		”	พลาสติก, เศษอาหาร, กระดาษ	
91		”	เหลือง		หน้าอาคารฟู้ดโรงเรม	ไม่มี, พลาสติก, กระดาษ	

หมายเหตุ : - ถังขยะแบบเดิม หมายถึง ถังขยะรุ่นเก่าสีเหลือง สีเขียว ซึ่งมีขนาดความจุ 200 ลิตร (มีเฉพาะถังสีเหลืองประมาณ 50 ถัง)

- ถังขยะแบบใหม่ หมายถึง ถังขยะที่ได้รับการสนับสนุนจากสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ประกอบด้วยถังสีเขียว , สีเหลืองและสีน้ำเงิน ซึ่งมีขนาดความจุ 120 ลิตร (มีทั้งหมดประมาณ 60 ถัง)

- แบบอื่นๆ หมายถึง ถังขยะรูปแบบอื่นนอกเหนือจาก 2 แบบแรก (แบบถุงพลาสติกสีดำ)

- * อาคารที่ไม่มีถังขยะตั้งอยู่ภายนอก เช่น
1. 32 อาคารปฎิบัติงานราชการกรม (ศูนย์วิทยบริการ)
 2. 33 อาคารอาคารเฉลิมพระเกียรติ (ศูนย์วิทยบริการ)
 3. 41 อาคารคหิพงษ์ประไพ (กองพัฒนานักศึกษา)
 4. 45 อาคารจุฑารัตนารักษ์ (สาขาวิชาดนตรี)
 5. 51 อาคารเรือนอาศรมแก้วดี
 6. 59 อาคารประกอบพร้อมสระว่ายนํ้า

ภาคผนวก จ

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของขยะที่ย่อยสลายได้

ตารางที่ จ-1 ปริมาณความชื้นของขยะที่ย่อยสลายได้ประเภทเศษผักและผลไม้

ลำดับ ที่	วัน/เดือน/ปี ที่เก็บตัวอย่าง	ปริมาณความชื้น (%)		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
1	21 ก.ค. 53	86	90	88
2	28 ก.ค. 53	90	94	92
3	4 ส.ค. 53	91	93	92
4	17 ส.ค. 53	82	86	84
5	24 ส.ค. 53	83	85	84
6	6 ก.ย. 53	81	87	84
7	15 ก.ย. 53	66	70	68
8	23 ก.ย. 53	70	74	72
9	1 ต.ค. 53	73	79	76
10	10 ต.ค. 53	78	82	80
11	1 พ.ย. 53	62	66	64
12	7 พ.ย. 53	63	65	64
13	18 พ.ย. 53	67	69	68

ตารางที่ จ-2 ปริมาณความชื้นของขยะที่ย่อยสลายได้ประเภทเศษอาหาร

ลำดับ ที่	วัน/เดือน/ปี ที่เก็บตัวอย่าง	ปริมาณความชื้น (%)		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
1	21 ก.ค. 53	74	78	76
2	28 ก.ค. 53	78	82	80
3	4 ส.ค. 53	76	84	80
4	17 ส.ค. 53	82	86	84
5	24 ส.ค. 53	73	79	76
6	6 ก.ย. 53	74	78	76
7	15 ก.ย. 53	72	76	74
8	23 ก.ย. 53	72	80	76
9	1 ต.ค. 53	71	73	72
10	10 ต.ค. 53	73	79	76
11	1 พ.ย. 53	66	70	68
12	7 พ.ย. 53	65	71	68
13	18 พ.ย. 53	70	74	72

ตารางที่ จ-3 ปริมาณความชื้นของขยะที่ย่อยสลายได้ประเภทเศษหญ้าและเศษใบไม้

ลำดับ ที่	วัน/เดือน/ปี ที่เก็บตัวอย่าง	ปริมาณความชื้น (%)		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
1	21 ก.ค. 53	82	86	84
2	28 ก.ค. 53	58	62	60
3	4 ส.ค. 53	74	78	76
4	17 ส.ค. 53	73	79	76
5	24 ส.ค. 53	78	82	80
6	6 ก.ย. 53	65	71	68
7	15 ก.ย. 53	67	73	70
8	23 ก.ย. 53	73	75	74
9	1 ต.ค. 53	81	79	80
10	10 ต.ค. 53	70	74	72
11	1 พ.ย. 53	51	53	52
12	7 พ.ย. 53	54	58	56
13	18 พ.ย. 53	55	57	56

ตาราง จ-4 ปริมาณไนโตรเจนของขยะที่ย่อยสลายได้ประเภทเศษผักและผลไม้

ลำดับที่	วันที่เก็บตัวอย่าง	ไนโตรเจน (%)		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
1	21 ก.ค. 53	0.19	0.15	0.17
2	28 ก.ค. 53	0.04	0.04	0.04
3	4 ส.ค. 53	0.09	0.10	0.09
4	17 ส.ค. 53	0.42	0.47	0.45
5	24 ส.ค. 53	0.23	0.24	0.23
6	6 ก.ย. 53	0.15	0.15	0.15
7	15 ก.ย. 53	0.18	0.17	0.17
8	23 ก.ย. 53	0.19	0.13	0.16
9	1 ต.ค. 53	0.13	0.12	0.13
10	10 ต.ค. 53	0.17	0.18	0.17
11	1 พ.ย. 53	0.14	0.14	0.14
12	7 พ.ย. 53	0.18	0.17	0.18
13	18 พ.ย. 53	0.17	0.18	0.18

ตาราง จ-5 ปริมาณไนโตรเจนของขยะที่ย่อยสลายได้ประเภทเศษอาหาร

ลำดับที่	วันที่เก็บตัวอย่าง	ไนโตรเจน (%)		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
1	21 ก.ค. 53	0.19	0.16	0.17
2	28 ก.ค. 53	0.04	0.04	0.04
3	4 ส.ค. 53	0.04	0.05	0.04
4	17 ส.ค. 53	0.22	0.22	0.22
5	24 ส.ค. 53	0.13	0.21	0.17
6	6 ก.ย. 53	0.07	0.10	0.08
7	15 ก.ย. 53	0.15	0.15	0.15
8	23 ก.ย. 53	0.17	0.16	0.16
9	1 ต.ค. 53	0.16	0.15	0.15
10	10 ต.ค. 53	0.17	0.17	0.17
11	1 พ.ย. 53	0.16	0.16	0.16
12	7 พ.ย. 53	0.17	0.16	0.17
13	18 พ.ย. 53	0.15	0.15	0.15

ตาราง จ-6 ปริมาณไนโตรเจนของขยะที่ย่อยสลายได้ประเภทเศษหญ้าและเศษใบไม้

ลำดับที่	วันที่เก็บตัวอย่าง	ไนโตรเจน (%)		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
1	21 ก.ค. 53	0.13	0.12	0.12
2	28 ก.ค. 53	0.03	0.05	0.04
3	4 ส.ค. 53	0.04	0.06	0.05
4	17 ส.ค. 53	0.10	0.07	0.09
5	24 ส.ค. 53	0.28	0.26	0.27
6	6 ก.ย. 53	0.13	0.17	0.15
7	15 ก.ย. 53	0.19	0.18	0.19
8	23 ก.ย. 53	0.20	0.20	0.20
9	1 ต.ค. 53	0.15	0.17	0.16
10	10 ต.ค. 53	0.16	0.16	0.16
11	1 พ.ย. 53	0.15	0.17	0.16
12	7 พ.ย. 53	0.15	0.15	0.15
13	18 พ.ย. 53	0.16	0.17	0.17

ตาราง จ-7 ปริมาณฟอสฟอรัสของขยะที่ย่อยสลายได้ประเภทเศษผักและผลไม้

ลำดับที่	วันที่เก็บตัวอย่าง	ฟอสฟอรัส (%)		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
1	21 ก.ค. 53	0.01	0.12	0.07
2	28 ก.ค. 53	0.26	0.22	0.24
3	4 ส.ค. 53	0.50	0.52	0.51
4	17 ส.ค. 53	0.11	0.10	0.10
5	24 ส.ค. 53	0.84	0.77	0.81
6	6 ก.ย. 53	0.33	0.29	0.31
7	15 ก.ย. 53	0.61	0.61	0.61
8	23 ก.ย. 53	0.56	0.55	0.55
9	1 ต.ค. 53	0.63	0.69	0.66
10	10 ต.ค. 53	0.61	0.61	0.61
11	1 พ.ย. 53	0.78	0.65	0.71
12	7 พ.ย. 53	0.79	0.74	0.76
13	18 พ.ย. 53	0.79	0.75	0.77

ตาราง จ-8 ปริมาณฟอสฟอรัสของขยะที่ย่อยสลายได้ประเภทเศษอาหาร

ลำดับที่	วันที่เก็บตัวอย่าง	ฟอสฟอรัส (%)		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
1	21 ก.ค. 53	0.09	0.06	0.07
2	28 ก.ค. 53	0.22	0.19	0.21
3	4 ส.ค. 53	0.43	0.52	0.47
4	17 ส.ค. 53	0.10	0.11	0.11
5	24 ส.ค. 53	0.58	0.59	0.58
6	6 ก.ย. 53	0.45	0.45	0.45
7	15 ก.ย. 53	0.56	0.56	0.56
8	23 ก.ย. 53	0.66	0.67	0.66
9	1 ต.ค. 53	0.65	0.65	0.65
10	10 ต.ค. 53	0.66	0.67	0.66
11	1 พ.ย. 53	0.55	0.57	0.56
12	7 พ.ย. 53	0.69	0.65	0.67
13	18 พ.ย. 53	0.54	0.59	0.56

ตาราง จ-9 ปริมาณฟอสฟอรัสของขยะที่ย่อยสลายได้ประเภทเศษหญ้าและเศษใบไม้

ลำดับที่	วันที่เก็บตัวอย่าง	ฟอสฟอรัส (%)		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
1	21 ก.ค. 53	0.00	0.02	0.01
2	28 ก.ค. 53	0.15	0.16	0.16
3	4 ส.ค. 53	0.30	0.44	0.37
4	17 ส.ค. 53	0.10	0.10	0.10
5	24 ส.ค. 53	0.65	0.75	0.70
6	6 ก.ย. 53	0.44	0.49	0.47
7	15 ก.ย. 53	0.59	0.59	0.59
8	23 ก.ย. 53	0.57	0.57	0.57
9	1 ต.ค. 53	0.54	0.55	0.54
10	10 ต.ค. 53	0.61	0.62	0.62
11	1 พ.ย. 53	0.66	0.59	0.62
12	7 พ.ย. 53	0.63	0.61	0.62
13	18 พ.ย. 53	0.68	0.63	0.65

ตาราง จ-10 ปริมาณโพแทสเซียมของขยะที่ย่อยสลายได้ประเภทเศษผักและผลไม้

ลำดับที่	วันที่เก็บตัวอย่าง	โพแทสเซียม (%)		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
1	21 ก.ค. 53	0.18	0.15	0.16
2	28 ก.ค. 53	0.21	0.17	0.19
3	4 ส.ค. 53	0.21	0.18	0.19
4	17 ส.ค. 53	0.19	0.15	0.17
5	24 ส.ค. 53	0.18	0.29	0.24
6	6 ก.ย. 53	0.14	0.16	0.15
7	15 ก.ย. 53	0.18	0.18	0.18
8	23 ก.ย. 53	0.18	0.18	0.18
9	1 ต.ค. 53	0.15	0.15	0.15
10	10 ต.ค. 53	0.17	0.17	0.17
11	1 พ.ย. 53	0.16	0.16	0.16
12	7 พ.ย. 53	0.18	0.17	0.18
13	18 พ.ย. 53	0.19	0.19	0.19

ตาราง จ-11 ปริมาณโพแทสเซียมของขยะที่ย่อยสลายได้ประเภทเศษอาหาร

ลำดับที่	วันที่เก็บตัวอย่าง	โพแทสเซียม (%)		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
1	21 ก.ค. 53	0.15	0.15	0.15
2	28 ก.ค. 53	0.16	0.18	0.17
3	4 ส.ค. 53	0.17	0.20	0.18
4	17 ส.ค. 53	0.15	0.20	0.17
5	24 ส.ค. 53	0.28	0.18	0.23
6	6 ก.ย. 53	0.13	0.13	0.13
7	15 ก.ย. 53	0.15	0.15	0.15
8	23 ก.ย. 53	0.15	0.15	0.15
9	1 ต.ค. 53	0.14	0.15	0.15
10	10 ต.ค. 53	0.15	0.14	0.14
11	1 พ.ย. 53	0.17	0.17	0.17
12	7 พ.ย. 53	0.15	0.15	0.15
13	18 พ.ย. 53	0.16	0.17	0.17

ตาราง จ-12 ปริมาณโพแทสเซียมของขยะที่ย่อยสลายได้ประเภทเศษหญ้าและเศษใบไม้

ลำดับที่	วันที่เก็บตัวอย่าง	โพแทสเซียม (%)		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
1	21 ก.ค. 53	0.18	0.18	0.18
2	28 ก.ค. 53	0.19	0.21	0.20
3	4 ส.ค. 53	0.20	0.20	0.20
4	17 ส.ค. 53	0.18	0.17	0.18
5	24 ส.ค. 53	0.15	0.18	0.17
6	6 ก.ย. 53	0.15	0.15	0.15
7	15 ก.ย. 53	0.18	0.17	0.18
8	23 ก.ย. 53	0.18	0.18	0.18
9	1 ต.ค. 53	0.15	0.18	0.16
10	10 ต.ค. 53	0.16	0.16	0.16
11	1 พ.ย. 53	0.17	0.18	0.18
12	7 พ.ย. 53	0.14	0.15	0.15
13	18 พ.ย. 53	0.15	0.16	0.16

ตาราง จ-13 ปริมาณคาร์บอนของขยะที่ย่อยสลายได้ประเภทเศษผักและผลไม้

ลำดับที่	วันที่เก็บตัวอย่าง	คาร์บอน (%)		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
1	21 ก.ค. 53	1.80	2.13	1.97
2	28 ก.ค. 53	1.78	1.56	1.67
3	4 ส.ค. 53	1.84	1.96	1.90
4	17 ส.ค. 53	2.05	1.56	1.80
5	24 ส.ค. 53	2.04	1.59	1.81
6	6 ก.ย. 53	2.86	2.68	2.77
7	15 ก.ย. 53	2.05	1.89	1.97
8	23 ก.ย. 53	1.98	1.76	1.87
9	1 ต.ค. 53	2.32	2.01	2.16
10	10 ต.ค. 53	1.55	1.79	1.67
11	1 พ.ย. 53	2.09	1.73	1.91
12	7 พ.ย. 53	2.08	2.13	2.11
13	18 พ.ย. 53	2.13	2.15	2.14

ตาราง จ-14 ปริมาณคาร์บอนของขยะที่ย่อยสลายได้ประเภทเศษอาหาร

ลำดับที่	วันที่เก็บตัวอย่าง	คาร์บอน (%)		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
1	21 ก.ค. 53	2.10	1.97	2.03
2	28 ก.ค. 53	2.14	1.93	2.03
3	4 ส.ค. 53	1.74	1.95	1.84
4	17 ส.ค. 53	1.83	1.89	1.86
5	24 ส.ค. 53	1.81	1.90	1.85
6	6 ก.ย. 53	1.54	1.35	1.45
7	15 ก.ย. 53	1.77	1.94	1.86
8	23 ก.ย. 53	2.15	1.90	2.02
9	1 ต.ค. 53	1.94	2.06	2.00
10	10 ต.ค. 53	1.75	1.95	1.85
11	1 พ.ย. 53	1.94	1.81	1.87
12	7 พ.ย. 53	2.19	2.10	2.15
13	18 พ.ย. 53	2.10	2.04	2.07

ตาราง จ-15 ปริมาณคาร์บอนของขยะที่ย่อยสลายได้ประเภทเศษหญ้าและเศษใบไม้

ลำดับที่	วันที่เก็บตัวอย่าง	คาร์บอน (%)		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
1	21 ก.ค. 53	1.73	1.87	1.80
2	28 ก.ค. 53	1.98	1.73	1.85
3	4 ส.ค. 53	1.99	1.91	1.95
4	17 ส.ค. 53	1.51	1.85	1.68
5	24 ส.ค. 53	1.91	1.50	1.70
6	6 ก.ย. 53	1.94	2.00	1.97
7	15 ก.ย. 53	1.93	1.93	1.93
8	23 ก.ย. 53	2.08	1.78	1.93
9	1 ต.ค. 53	1.74	1.59	1.66
10	10 ต.ค. 53	1.50	1.53	1.52
11	1 พ.ย. 53	2.14	1.77	1.96
12	7 พ.ย. 53	2.08	1.98	2.03
13	18 พ.ย. 53	1.98	2.02	2.00

ตาราง จ-16 ค่า C/N ratio ของขยะที่ย่อยสลายได้ประเภทเศษผักและผลไม้

ลำดับที่	วันที่เก็บตัวอย่าง	C/N ratio		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
1	21 ก.ค. 53	9.47	14.20	11.84
2	28 ก.ค. 53	44.50	39.00	41.75
3	4 ส.ค. 53	20.44	19.60	20.02
4	17 ส.ค. 53	4.88	3.32	4.10
5	24 ส.ค. 53	8.87	6.63	7.75
6	6 ก.ย. 53	19.06	17.86	18.46
7	15 ก.ย. 53	11.38	11.12	11.25
8	23 ก.ย. 53	10.42	13.54	11.98
9	1 ต.ค. 53	17.84	16.75	17.30
10	10 ต.ค. 53	9.12	9.94	9.53
11	1 พ.ย. 53	14.93	12.36	13.65
12	7 พ.ย. 53	11.55	12.53	12.04
13	18 พ.ย. 53	12.53	11.94	12.24

ตาราง จ-17 ค่า C/N ratio ของขยะที่ย่อยสลายได้ประเภทเศษอาหาร

ลำดับที่	วันที่เก็บตัวอย่าง	C/N ratio		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
1	21 ก.ค. 53	11.05	12.31	11.68
2	28 ก.ค. 53	53.50	48.25	50.87
3	4 ส.ค. 53	43.50	39.00	41.25
4	17 ส.ค. 53	8.31	8.59	8.45
5	24 ส.ค. 53	13.92	9.04	11.48
6	6 ก.ย. 53	22.00	13.50	17.75
7	15 ก.ย. 53	11.80	12.93	12.37
8	23 ก.ย. 53	12.64	11.87	12.26
9	1 ต.ค. 53	12.12	13.73	12.93
10	10 ต.ค. 53	10.29	11.47	10.88
11	1 พ.ย. 53	12.12	11.31	11.72
12	7 พ.ย. 53	12.88	13.12	13.00
13	18 พ.ย. 53	14.00	13.60	13.80

ตาราง จ-18 ค่า C/N ratio ของขยะที่ย่อยสลายได้ประเภทเศษหญ้าและเศษใบไม้

ลำดับที่	วันที่เก็บตัวอย่าง	C/N ratio		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
1	21 ก.ค. 53	13.30	15.58	14.44
2	28 ก.ค. 53	66.00	34.60	50.30
3	4 ส.ค. 53	49.75	31.83	40.79
4	17 ส.ค. 53	15.10	26.42	20.76
5	24 ส.ค. 53	6.82	5.76	6.29
6	6 ก.ย. 53	14.92	11.76	13.34
7	15 ก.ย. 53	10.15	10.72	10.44
8	23 ก.ย. 53	10.40	8.90	9.65
9	1 ต.ค. 53	11.60	9.35	10.48
10	10 ต.ค. 53	9.37	9.56	9.47
11	1 พ.ย. 53	14.26	10.41	12.34
12	7 พ.ย. 53	13.86	13.20	13.53
13	18 พ.ย. 53	12.37	11.88	12.13

ตาราง จ-19 ค่าความร้อนของขยะที่ย่อยสลายได้ประเภทเศษผักและผลไม้

ลำดับที่	วันที่เก็บตัวอย่าง	ค่าความร้อน (cal/g)		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
1	21 ก.ค. 53	4674.20	4929.01	4801.60
2	28 ก.ค. 53	5660.18	5907.59	5783.88
3	4 ส.ค. 53	5157.46	5463.12	5310.29
4	17 ส.ค. 53	4777.78	5239.52	5008.65
5	24 ส.ค. 53	5652.59	5577.54	5615.06
6	6 ก.ย. 53	5508.94	5552.90	5530.92
7	15 ก.ย. 53	7064.85	5909.26	6487.06
8	23 ก.ย. 53	6378.98	4928.55	5653.76
9	1 ต.ค. 53	4493.84	3864.81	4179.33
10	10 ต.ค. 53	5973.16	4067.88	5020.52
11	1 พ.ย. 53	4638.40	6082.20	5360.30
12	7 พ.ย. 53	4599.78	5171.72	4885.75
13	18 พ.ย. 53	5919.50	5014.78	5467.14

ตาราง จ-20 ค่าความร้อนของขยะที่ย่อยสลายได้ประเภทเศษอาหาร

ลำดับที่	วันที่เก็บตัวอย่าง	ค่าความร้อน (cal/g)		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
1	21 ก.ค. 53	4668.29	5867.57	5267.93
2	28 ก.ค. 53	4519.47	4569.35	4544.41
3	4 ส.ค. 53	4195.17	4799.83	4497.50
4	17 ส.ค. 53	4818.62	4701.00	4759.81
5	24 ส.ค. 53	4924.05	5041.04	4982.55
6	6 ก.ย. 53	7637.00	5046.21	6341.60
7	15 ก.ย. 53	5229.73	6484.90	5857.32
8	23 ก.ย. 53	6532.88	6343.47	6438.18
9	1 ต.ค. 53	5080.39	5749.24	5414.82
10	10 ต.ค. 53	6182.39	5558.21	5870.30
11	1 พ.ย. 53	6273.10	6255.98	6264.54
12	7 พ.ย. 53	4223.32	4204.35	4213.83
13	18 พ.ย. 53	4539.63	6390.35	5464.99

ตาราง จ-21 ค่าความร้อนของขยะที่ย่อยสลายได้ประเภทเศษหญ้าและเศษใบไม้

ลำดับที่	วันที่เก็บตัวอย่าง	ค่าความร้อน (cal/g)		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
1	21 ก.ค. 53	4846.18	5181.53	5013.85
2	28 ก.ค. 53	4965.35	5100.30	5032.82
3	4 ส.ค. 53	4861.66	4475.34	4668.50
4	17 ส.ค. 53	4207.28	4865.92	4536.60
5	24 ส.ค. 53	5786.59	4946.94	5366.76
6	6 ก.ย. 53	5306.99	5809.11	5558.05
7	15 ก.ย. 53	4722.89	5897.06	5309.97
8	23 ก.ย. 53	4357.97	3603.29	3980.63
9	1 ต.ค. 53	2640.77	4993.31	3817.04
10	10 ต.ค. 53	4981.12	4690.09	4835.60
11	1 พ.ย. 53	4456.49	4398.02	4427.25
12	7 พ.ย. 53	4393.56	4523.93	4458.74
13	18 พ.ย. 53	5723.09	6324.40	6023.75

ภาคผนวก จ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธี One-Way ANOVA

1. ผลการเปรียบเทียบปริมาณความชื้นของขยะที่ย่อยสลายได้

Descriptives

ปริมาณความชื้น

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
เศษผักและผลไม้	26	78.1538	10.14176	1.98896	74.0575	82.2502	62.00	94.00
เศษอาหาร	26	75.2308	5.21772	1.02328	73.1233	77.3383	65.00	86.00
เศษหญ้าและใบไม้	26	69.5385	10.43161	2.04581	65.3250	73.7519	51.00	86.00
Total	78	74.3077	9.51459	1.07732	72.1625	76.4529	51.00	94.00

ANOVA

ปริมาณความชื้น

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	998.154	2	499.077	6.267	.003
Within Groups	5972.462	75	79.633		
Total	6970.615	77			

2. ผลการเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนของขยะที่ย่อยสลายได้

Descriptives

ไนโตรเจน

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
เศษผักและผลไม้	26	.1738	.09287	.01821	.1363	.2114	.04	.47
เศษอาหาร	26	.1423	.05339	.01047	.1207	.1639	.04	.22
เศษหญ้าและใบไม้	26	.1462	.06106	.01198	.1215	.1708	.03	.28
Total	78	.1541	.07167	.00811	.1379	.1703	.03	.47

ANOVA

ไนโตรเจน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.015	2	.008	1.519	.226
Within Groups	.380	75	.005		
Total	.395	77			

3. ผลการเปรียบเทียบปริมาณฟอสฟอรัสของขยะที่ย่อยสลายได้

Descriptives

ฟอสฟอรัส

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
เศษผักและผลไม้	26	.5169	.25169	.04936	.4153	.6186	.01	.84
เศษอาหาร	26	.4754	.21599	.04236	.3881	.5626	.06	.69
เศษหญ้าและใบไม้	26	.4631	.22838	.04479	.3708	.5553	.00	.75
Total	78	.4851	.23062	.02611	.4331	.5371	.00	.84

ANOVA

ฟอสฟอรัส

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.041	2	.021	.383	.683
Within Groups	4.054	75	.054		
Total	4.095	77			

4. ผลการเปรียบเทียบปริมาณโพแทสเซียมของขยะที่ย่อยสลายได้

Descriptives

โพแทสเซียม

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
เศษผักและผลไม้	26	.1775	.02900	.00569	.1658	.1892	.14	.29
เศษอาหาร	26	.1627	.02987	.00586	.1506	.1748	.13	.28
เศษหญ้าและใบไม้	26	.1712	.01818	.00357	.1638	.1785	.14	.21
Total	78	.1705	.02660	.00301	.1645	.1765	.13	.29

ANOVA

โพแทสเซียม

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.003	2	.001	2.096	.130
Within Groups	.052	75	.001		
Total	.054	77			

5. ผลการเปรียบเทียบอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนของขยะที่ย่อยสลายได้

Descriptives

C/N Ratio

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
เศษผักและผลไม้	26	14.7608	9.07940	1.78062	11.0935	18.4280	3.32	44.50
เศษอาหาร	26	17.4558	12.54229	2.45975	12.3898	22.5217	8.31	53.50
เศษหญ้าและใบไม้	26	17.2258	13.98771	2.74322	11.5760	22.8755	5.76	66.00
Total	78	16.4808	11.95287	1.35340	13.7858	19.1757	3.32	66.00

ANOVA

C/N Ratio

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	116.065	2	58.033	.400	.672
Within Groups	10885.01	75	145.134		
Total	11001.08	77			

6. ผลการเปรียบเทียบค่าความร้อนของขยะที่ย่อยสลายได้

Descriptives

ค่าความร้อน

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
เศษผักและผลไม้	26	5315.713	725.10511	142.2048	5022.8368	5608.5894	3864.81	7064.85
เศษอาหาร	26	5378.290	907.77190	178.0287	5011.6330	5744.9470	4195.17	7637.00
เศษหญ้าและใบไม้	26	4848.430	754.13005	147.8971	4543.8303	5153.0297	2640.77	6324.40
Total	78	5180.811	824.32971	93.33696	4994.9534	5366.6687	2640.77	7637.00

ANOVA

ค่าความร้อน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4359515	2	2179757.514	3.408	.038
Within Groups	4.8E+07	75	639513.119		
Total	5.2E+07	77			

ภาคผนวก ข

ตารางบันทึกการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในถังหมักปุ๋ยแบบใช้อากาศ

ตาราง ข -1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในห้องหมักปุ๋ยแบบใช้อากาศ

ลำดับ ที่	วัน/เดือน/ปี	อุณหภูมิของ อากาศภายนอก ช่วงเช้า (°C)	อุณหภูมิภายในห้องหมักปุ๋ยช่วง เช้า (°C)						อุณหภูมิของ อากาศภายนอก ช่วงบ่าย (°C)	อุณหภูมิภายในห้องหมักปุ๋ย ช่วงบ่าย (°C)						อุณหภูมิ ภายในห้องหมักปุ๋ย เฉลี่ยทั้งวัน (°C)		
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3	ครั้งที่ เฉลี่ย							
1	11 มค. 54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2	12 มค. 54	28	36	40	41	39.0	39.0	28	38	39	42	39.7	28.0	38	39	42	39.7	39.4
3	13 มค. 54	28	36	40	40	39.3	39.3	29	40	44	45	43.0	28.5	40	44	45	43.0	41.2
4	14 มค. 54	28	38	41	40	39.7	39.7	25	41	44	46	43.7	26.5	41	44	46	43.7	41.7
5	15 มค. 54	27	35	40	38	37.7	37.7	26	42	45	44	43.7	26.5	42	45	44	43.7	40.7
6	16 มค. 54	28	39	42	43	41.3	41.3	30	41	41	40	40.6	29.0	41	41	40	40.6	41.0
7	17 มค. 54	31	36	36	36	36.0	36.0	27	38	38	40	38.7	29.0	38	38	40	38.7	37.4
8	18 มค. 54	26	39	38	40	39.0	39.0	29	39	39	39	39.0	27.5	39	39	39	39.0	39.0
9	19 มค. 54	27	39	40	39	39.5	39.5	28	40	41	40	40.3	27.5	40	41	40	40.3	40.0
10	20 มค. 54	33	33	33	33	33.0	33.0	27	34	34	33	33.6	30.0	34	34	33	33.6	33.3
11	21 มค. 54	33	32	31	31	31.3	31.3	30	31	31	31	31.0	31.5	31	31	31	31.0	31.2
12	22 มค. 54	31	31	30	30	30.3	30.3	29	31	37	40	36.0	30.0	31	37	40	36.0	33.2
13	23 มค. 54	28	31	32	38	33.6	33.6	27	35	36	38	36.3	27.5	35	36	38	36.3	35.0
14	24 มค. 54	29	30	35	41	35.3	35.3	31	31	31	31	31.0	30.0	31	31	31	31.0	33.2
15	25 มค. 54	31	33	33	34	33.3	33.3	31	32	33	34	33.0	31.0	32	33	34	33.0	33.2
16	26 มค. 54	31	32	33	33	32.6	32.6	32	32	32	33	32.3	31.5	32	32	33	32.3	32.5
17	27 มค. 54	32	32	33	34	33.0	33.0	32	33	32	32	32.3	32.0	33	32	32	32.3	32.5

ตาราง ข-1 (ต่อ)

ลำดับ ที่	วัน/เดือน/ปี	อุณหภูมิของ อากาศภายนอก ช่วงเช้า (°C)	อุณหภูมิภายในห้องผู้ป่วย ช่วง เช้า (°C)						อุณหภูมิของ อากาศภายนอก ช่วงบ่าย (°C)	อุณหภูมิภายในห้องผู้ป่วย ช่วงบ่าย (°C)						อุณหภูมิ ภายในห้องผู้ป่วย เฉลี่ยทั้งวัน (°C)
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
18	28 มค. 54	31	32	32	33	32.3	30	31	31	31	31.0	31.0	31.0	31.0	31.7	
19	29 มค. 54	32	32	33	33	32.6	31	31	32	32	31.6	31.6	31.6	31.6	32.1	
20	30 มค. 54	29	31	31	31	31.0	29	31	31	31	31.0	31.0	31.0	31.0	31.0	
21	31 มค. 54	32	31	31	32	31.3	31	31	32	32	31.6	31.6	31.6	31.6	31.5	
22	1 กพ. 54	31	30	30	30	30.0	32	33	3	34	33.3	33.3	33.3	32.0	31.7	
23	2 กพ. 54	31	32	32	33	32.6	33	33	34	34	33.6	33.6	33.6	32.5	33.1	
24	3 กพ. 54	33	32	32	33	32.6	34	33	32	33	32.6	32.6	32.6	33.5	32.6	
25	4 กพ. 54	31	32	32	33	32.6	30	32	33	33	32.6	32.6	32.6	30.5	32.6	
26	5 กพ. 54	30	31	31	32	31.3	31	31	32	33	32.6	32.6	32.6	30.5	32.0	
27	6 กพ. 54	31	32	32	33	32.3	31	32	32	31	31.6	31.6	31.6	31.0	32.0	
28	7 กพ. 54	31	31	31	31	31.0	31	31	31	31	31.0	31.0	31.0	31.0	31.0	

โครงการย่อยที่ 2

การประเมินความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ของการดำเนินโครงการ
ธนาคารวัสดุรีไซเคิลภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

(Evaluating the Efficiency of the Recycle Waste Bank Project in Suan Sunandha
Rajabhat University; Economic Point of View)

ชื่อโครงการ

- (ภาษาไทย) การประเมินความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ของการดำเนินโครงการธนาคารวัสดุรีไซเคิลภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
- (ภาษาอังกฤษ) Evaluating the Efficiency of the Recycle Waste Bank Project in Sunandha Rajabhat University; Economic Point of View

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปี 2553 จำนวนเงิน 172,160 บาท

ระยะเวลาที่ทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 12 พฤษภาคม พ.ศ. 2553 ถึง 12 พฤษภาคม พ.ศ. 2554

ชื่อผู้วิจัยพร้อมหน่วยงานที่สังกัดและเลขหมายโทรศัพท์

1. หัวหน้าโครงการ

ดร.รณบรจรจบ อภิตติกุล

สาขาวิชาการจัดการและควบคุมมลพิษ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา 10300

เลขที่ 1 ถนนอุทงนอก แขวงวชิระ เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร

โทรศัพท์ 0-2160-1210 โทรสาร 0-2160-1210

E-mail: Ronbanchob@gmail.com

ผู้ร่วมงานวิจัย

2.

นางสาววิณา นันทมนตรี

สถาบันการบรรจุภัณฑ์และรีไซเคิลเพื่อสิ่งแวดล้อม สภาอ

สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย

เลขที่ 333 อาคารเล่าเป้งง้วน 1 ชั้น 20 บี ซอยเฉยพ่วง ถนนวิภาวดีรังสิต

แขวงจอมพล เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

โทรศัพท์ 02-272-1552-3 ext.13 โทรสาร 02-272-1552-3 ext.18

E-mail: khunpoo_ja@yahoo.com

3. ที่ปรึกษาโครงการวิจัย

รศ.ดร.ปริญภา จิตราภรณ์

สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

เลขที่ 1 ถนนอุทงนอก แขวงวชิระ เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300

โทรศัพท์ 02-243-2240 ต่อ 1511 โทรสาร 02-243-6866

E-mail: parinnapha@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์จากการดำเนินงานโครงการธนาคารวัสดุรีไซเคิลภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาตั้งแต่เริ่มดำเนินโครงการ (ก.ค. 52) จนถึง ธ.ค. 53 โดยศึกษาจากปริมาณขยะที่ทางธนาคารวัสดุรีไซเคิลรวบรวมได้และข้อมูลทางการเงินของธนาคารวัสดุรีไซเคิล รวมถึงการใช้แบบสอบถามและการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้ที่เกี่ยวข้องเพื่อศึกษาความเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินโครงการฯ ผลการศึกษาพบว่า ธนาคารวัสดุรีไซเคิลสามารถรวบรวมเก็บขยะได้ทั้งสิ้น 97.614 เมตริกตัน ซึ่งประมาณเป็นอัตราการใช้ประโยชน์จากขยะร้อยละ 13.28 โดยขยะประเภทกระดาษขาวดำมีปริมาณมากที่สุด โดยสามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกซึ่งคิดเทียบเท่ากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 390.024 เมตริกตัน เทียบกับการฝังกลบ ซึ่งเป็นผลจากขยะประเภทกระดาษขาวดำมากที่สุด การวิเคราะห์ในเชิงเศรษฐศาสตร์พบว่า มีค่าผลตอบแทนต่อต้นทุนระหว่าง 1.09 – 1.16 และมีค่าอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เท่ากับ 43.18 % ต่อเดือน ตามข้อมูลจริงและ 1.35% เมื่อคิดค่าใช้จ่ายในทางทฤษฎี และธนาคารวัสดุรีไซเคิลมีกำไรสุทธิเฉลี่ยประมาณ 5,000 – 6,000 บาทต่อเดือน จากการสำรวจความคิดเห็นพบว่าสมาชิกส่วนใหญ่เป็นแม่บ้านและมีรายได้เพิ่มขึ้นหลังการดำเนินงานของธนาคารวัสดุรีไซเคิล และมีความพอใจกับการดำเนินโครงการธนาคารวัสดุรีไซเคิลในระดับปานกลางโดยทางธนาคารวัสดุรีไซเคิลควรเพิ่มการประชาสัมพันธ์ให้มากกว่าเดิม และทางมหาวิทยาลัยควรมีการสนับสนุนสถานที่เพื่อใช้เป็นสำนักงานธนาคารวัสดุรีไซเคิลแบบถาวรรวมถึงสถานที่สำหรับสร้างโกดังในการเก็บและคัดแยกขยะ

คำสำคัญ : การรีไซเคิล; ธนาคารวัสดุรีไซเคิล; การจัดการขยะ; เศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อม; ความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์; ก๊าซเรือนกระจก

Abstract

This research studied the worthiness of Recycle Waste Bank project of Suan Sunandha Rajabhat University (RMB-SSRU) in economic point of view during July 2009 to December 2010. The study was conducted by analyzes of waste amount collected by RMB-SSRU, financial data of RMB-SSRU, questionnaires and in-depth interview of involved people. The results showed that the project collected total amount of recyclable wastes about 97.614 metric ton which is calculated to a waste utilization rate of 13.28%. The office paper has the largest amount among these recycled wastes. The project reduced greenhouse gas emission equivalent to about 390.024 metric ton of carbon dioxide compared to the disposal by landfill. The most significant recyclable waste that affects the reduction of greenhouse gas emission was office paper. Economic analyzes showed that B/C ratio of the project was about 1.09 to 1.16 with the Internal Rate of Return (IRR) of 43.18% per month according to the real financial data and 1.35% per year according the ideal financial data. The RMB-SSRU had an average net profit about 5,000 – 6,000 ₪ per month. The study of sample opinion and in-depth interview showed that main member of RMB-SSRU is housekeeper and these have the higher income after the project. The member had a moderate satisfaction to the RMB-SSRU's operation. The study suggested that RMB-SSRU should have more public relation and the university should support a place to use as permanent bank RMB-SSRU office including a place to build a storehouse for collecting and separating the garbage.

Keywords: Recycling; Recycle Waste Bank; Solid Waste Management; Environmental Economics; Economical Worthiness; Greenhouse Gases

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ปัจจุบันนี้ปัญหาขยะมูลฝอยมีแนวโน้มในการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว อันเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของประชากร การขยายตัวทางเศรษฐกิจ ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีอย่างรวดเร็ว (สมณพร สุทธิบาท และ คณะ, 2552) รวมไปถึงพฤติกรรมกรอุปโภคและบริโภคของคนในชุมชนที่เน้นแต่ความสะดวกสบาย (สถานีอนามัยบ้านคอนมูล, 2552) จากการสำรวจของกรมควบคุมมลพิษพบว่าประเทศไทยปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนทั่วประเทศในปี พ.ศ. 2551 ทั้งหมด 15.03 ล้านตัน หรือประมาณ 41,064 ตันต่อวัน ซึ่งมาจากกรุงเทพมหานคร 8,780 ตันต่อวันหรือประมาณ 21% (กรมควบคุมมลพิษ, 2553) และคาดว่าปริมาณที่แท้จริงน่าจะมีมากกว่านี้เนื่องจากข้อมูลดังกล่าวยังไม่รวมถึงขยะที่มีการจัดการเองภายในครัวเรือนเช่น การเผาขยะ หรือการทิ้งขยะนอกถังขยะเช่น ในซอยแคบๆ หรือชุมชนแออัด หรือ ในแม่น้ำลำคลอง เป็นต้น ซึ่งหน่วยงานที่รับผิดชอบในการจัดการขยะไม่สามารถเข้าไปถึงเพื่อจัดการกับขยะเหล่านี้ (Muttamara และคณะ 1994) ซึ่งขยะมูลฝอยเหล่านี้นอกจากจะก่อให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพและความเป็นอยู่ของประชาชนทั้งทางตรงและทางอ้อมแล้วยังก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆ ตามมาเช่น ปัญหาแหล่งน้ำเน่าเสีย และ ปัญหามลภาวะทางอากาศ เป็นต้น โดยปัญหาขยะมูลฝอยนี้จะ พบมาก ตามเขตพื้นที่ที่มีประชากรอาศัยอยู่อย่างหนาแน่น (พิริยะ สะสม, 2551)

การจัดการกับปัญหาขยะมูลฝอยเหล่านี้ทำได้หลายวิธี เช่น การนำไปฝังกลบในหลุมฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill) และ การนำไปเผาในเตาเผาขยะชุมชน (Municipal Solid Waste Incinerator) เป็นต้น อย่างไรก็ตามวิธีดังกล่าวข้างต้นก็มีข้อเสีย กล่าวคือ การฝังกลบขยะนอกจากก่อให้เกิดปัญหาน้ำชะ (leachate) แล้วยังก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกเช่น ก๊าซมีเทน เป็นต้น นอกจากนี้กรณีการเผาขยะมูลฝอยในเตาเผาที่นอกจากมีโอกาสมิฉะนั้นจะมีขยะที่เผาไหม้ไม่หมดแล้วยังอาจก่อให้เกิดสารมลพิษจากการเผา เช่น สารไดออกซินซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งขึ้นมาได้ นอกจากนี้วิธีที่กล่าวมาข้างต้นยังเป็นวิธีที่ใช้ค่าใช้จ่ายสูง โดยเฉพาะวิธีการฝังกลบจำเป็นต้องใช้พื้นที่มากเพียงพอในการฝังกลบขยะมูลฝอยซึ่งทำให้สิ้นเปลืองพื้นที่เป็นอย่างมาก และยังมีค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการขนส่งขยะมูลฝอยอีกด้วย

การนำขยะมูลฝอยเหล่านี้กลับมาใช้ใหม่ (Reuse) หรือ นำกลับมาเปลี่ยนสภาพแปรรูปใหม่ (Recycle) เป็นอีกแนวทางหนึ่งในการจัดการปัญหาขยะมูลฝอยที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง

เนื่องจากการลดปริมาณขยะมูลฝอยที่จะนำไปกำจัด ซึ่งจะส่งผลให้ลดมลพิษอันเกิดจากการเผาขยะรวมไปถึงการยืดอายุการใช้งานของหลุมฝังกลบให้สามารถใช้งานได้ยาวนานขึ้น อีกทั้งยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งและค่าใช้จ่ายในการกำจัดขยะมูลฝอยเหล่านี้อีกด้วย (Suttibak and Nitivattananon, 2008).

รูปแบบในการดำเนินการใช้ประโยชน์จากขยะมูลฝอยที่ใช้ในประเทศไทยคือ โครงการธนาคารวัสดุรีไซเคิล ซึ่งเป็นรูปแบบของระบบการจัดการขยะมูลฝอย ที่ดำเนินการโดยจัดตั้งศูนย์กลางการซื้อขายวัสดุเหลือใช้ที่สามารถนำมาผ่านกระบวนการรีไซเคิลได้ (ขยะรีไซเคิล) โดยให้สมาชิกนำขยะรีไซเคิลมาฝากไว้กับธนาคารวัสดุรีไซเคิล และธนาคารวัสดุรีไซเคิลก็จะติดต่อกับร้านรับซื้อของเก่าให้มารับซื้อขยะรีไซเคิลที่ทางธนาคารวัสดุรีไซเคิลได้รวบรวมไว้ แล้วนำรายได้ที่ได้จากการขายขยะให้ร้านรับซื้อของเก่าส่วนหนึ่งมาเข้าในบัญชีของสมาชิกเพื่อให้สมาชิกสามารถถอนเงินที่ได้จากการนำขยะรีไซเคิลมาฝากธนาคาร โดยรายได้ของธนาคารจะเกิดจากส่วนต่างระหว่างราคาขยะรีไซเคิลที่ทางธนาคารวัสดุรีไซเคิลรับซื้อจากสมาชิกกับราคาที่ทางธนาคารวัสดุรีไซเคิลจำหน่ายขยะรีไซเคิลให้กับร้านขายของเก่าที่มารับซื้อ

โครงการธนาคารวัสดุรีไซเคิลในระดับมหาวิทยาลัยของประเทศไทยนั้นเริ่มขึ้นครั้งแรกที่มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (วิทยาเขตรังสิต) โดยความร่วมมือกับสถาบันการจัดการบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ในวันที่ 29 พฤศจิกายน พ.ศ. 2549 ด้วยเล็งเห็นถึงความสำคัญของธนาคารวัสดุรีไซเคิล มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา โดยคณะกรรมการตัวแทนฝ่ายบริหารด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมของมหาวิทยาลัย ซึ่งเป็นผู้รับผิดชอบในการดำเนินโครงการจัดทำระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม (ISO 14001:2004) จึงได้ร่วมมือกับสถาบันการจัดการบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย นั้น เพื่อจัดตั้งธนาคารวัสดุรีไซเคิลขึ้นภายในมหาวิทยาลัย และได้เปิดธนาคารวัสดุรีไซเคิลอย่างเป็นทางการเมื่อวันที่ 21 กรกฎาคม 2552 โดยคาดหวังว่าจะทำให้มีระบบการจัดการวัสดุรีไซเคิลภายในมหาวิทยาลัยอย่างเป็นทางการอีกทั้งมีส่วนช่วยให้นักเรียน นักศึกษา และบุคลากรภายในมหาวิทยาลัยมีจิตสำนึกในการคัดแยกขยะ นอกจากนี้รายได้จากการดำเนินโครงการสามารถนำมาพัฒนาการจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในมหาวิทยาลัย ซึ่งจะส่งผลให้เกิดภาพลักษณ์ที่ดีและยังเป็นการส่งเสริมและรักษาระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมของมหาวิทยาลัยตามมาตรฐานสากล ISO 14001 : 2004

ดังนั้นเพื่อความสำเร็จของการดำเนินงานตามที่กล่าวข้างต้น คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการทำวิจัยเรื่อง “การประเมินความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ของการดำเนินโครงการธนาคารวัสดุรีไซเคิลภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา” ขึ้น โดยคาดว่าผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยจะถูก

นำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาการดำเนินงานของธนาคารวิศดุรีไซเคิลให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นต่อไป เพื่อนำไปสู่การพัฒนาคุณภาพสิ่งแวดล้อมในมหาวิทยาลัยฯ ให้ดียิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อให้การดำเนินโครงการดังกล่าวเป็นไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ คณะผู้วิจัยจึงได้กำหนดวัตถุประสงค์ของการทำวิจัยในครั้งนี้ออกเป็น 3 ประการด้วยกัน ดังนี้คือ

1. เพื่อประเมินความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ของโครงการธนาคารวิศดุรีไซเคิล
2. เพื่อคำนวณปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงานของธนาคารวิศดุรีไซเคิล
3. เพื่อกำหนดรูปแบบการดำเนินโครงการธนาคารวิศดุรีไซเคิลภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาที่เหมาะสมในอนาคต

ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาปริมาณวิศดุรีไซเคิลและข้อมูลทางการเงินของธนาคารวิศดุรีไซเคิลมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาเท่านั้น
2. ศึกษาข้อมูลการดำเนินงานระหว่างวันที่ 21 กรกฎาคม 2552 ถึง 31 ธันวาคม 2553

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

นิยามและความหมายเกี่ยวกับขยะมูลฝอยและขยะรีไซเคิล

ปรีดา แยมเจริญวงศ์ (2531) ได้ให้คำจำกัดความของมูลฝอยไว้ว่า บรรดาสิ่งของที่ไม่ต้องการใช้แล้วซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นของแข็ง จะเนาเปื่อยได้หรือไม่ก็ได้ก็ตาม รวมตลอดถึง เถ้า ซากสัตว์ เศษฝุ่นละอองและเศษวัสดุที่เหลือทิ้งแล้วจากบ้านเรือน ที่พักอาศัย สถานที่ต่างๆ รวมถึงสถานที่สาธารณะตลาดและโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

Shah (2000) ได้กำหนดความหมายของขยะมูลฝอย (Solid waste) ว่าหมายถึงสิ่งต่างๆ ที่ถูกทิ้งหลังจากผ่านการใช้งานในกิจกรรมการดำเนินชีวิตของมนุษย์ เนื่องจากเหตุผลต่างๆ เช่น ไม่สามารถใช้งานได้ อีก หรือ ไม่เป็นที่ต้องการใช้งานของผู้ใช้ หรือ เหตุผลอื่นๆ ที่ทำให้สิ่งเหล่านั้นหมดคุณค่าหรือไม่เป็นประโยชน์ต่อการใช้งานอีกต่อไป

กรมควบคุมมลพิษ (2548) ได้แบ่งประเภทของขยะมูลฝอยตามลักษณะทางกายภาพของขยะออกเป็น 4 ประเภทได้แก่

1. ขยะย่อยสลาย (Compostable waste) หรือ มูลฝอยย่อยสลาย
2. ขยะรีไซเคิล (Recyclable waste)
3. ขยะอันตราย (Hazardous waste) หรือ มูลฝอยอันตราย
4. ขยะทั่วไป (General waste) หรือ มูลฝอยทั่วไป

และกรมควบคุมมลพิษ (2548) ได้ให้ความหมายของขยะรีไซเคิล (Recyclable waste) ว่าเป็น มูลฝอยที่ยังใช้ได้ คือ ของเสียบรรจุภัณฑ์ หรือวัสดุเหลือใช้ ซึ่งสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้ เช่น แก้ว กระดาษ เศษพลาสติก ก่องเครื่องดื่มแบบ UHT ครอบเครื่องดื่ม เศษโลหะ อะลูมิเนียม ยางรถยนต์ เป็นต้น ขยะรีไซเคิลจะถูกพบมากเป็นอันดับที่สองในกองขยะ (ประมาณ 30% ของปริมาณขยะทั้งหมดในกองขยะ) รองจากขยะย่อยสลาย

นอกจากนี้กลุ่มพัฒนาการส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม (2552) ได้ให้ความหมายของขยะ รีไซเคิล (Recyclable waste) ไว้ว่าขยะรีไซเคิล คือ ขยะที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ โดยนำไปผ่านกระบวนการแปรรูปในระบบอุตสาหกรรม ซึ่งอยู่ปะปนกับขยะมูลฝอยที่เราสร้างขึ้น สามารถแบ่งประเภทได้เป็นกระดาษ แก้ว พลาสติก โลหะ และอโลหะ ซึ่งสามารถคัดแยกและนำกลับมาใช้ได้อีกครั้งหนึ่ง โดยขยะแต่ละประเภทสามารถแยกย่อยได้มากมาย

จากนิยามและความหมายดังกล่าวข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ขยะรีไซเคิลคือสิ่งที่ไม่ต้องการใช้งานแล้วแต่สามารถนำไปผ่านกระบวนการแปรรูปทางอุตสาหกรรมเพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่

วิธีการจัดการขยะมูลฝอย

ปัญหาเกี่ยวกับขยะมูลฝอยนั้นเป็นปัญหาที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในประเทศที่พัฒนาแล้ว และในประเทศที่กำลังพัฒนา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณตัวเมืองเพราะจะส่งผลกระทบต่อสภาพความเป็นอยู่และสิ่งแวดล้อมของชุมชน และปัญหาดังกล่าวนี้อาจทวีความรุนแรงยิ่งขึ้นเรื่อยๆ ทั้งนี้มีสาเหตุมาจากการเพิ่มขึ้นของประชากรเป็นหลัก ส่งผลให้เกิดการผลิตสิ่งของต่างๆ เพิ่มปริมาณมากขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการที่มากขึ้น และทำให้เกิดการใช้สิ่งต่างๆ มากขึ้นและส่งผลให้เกิดของที่เหลือใช้เป็นขยะมูลฝอยมากขึ้นตามลำดับ ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องมีการจัดการขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น

ซึ่งการจัดการขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นมากแล้วจากกิจกรรมการใช้ชีวิตประจำวันของมนุษย์ มีอยู่ด้วยกันหลายวิธี โดยแต่ละวิธีก็จะมีข้อดีและข้อเสียต่างๆ กัน ซึ่งจากเอกสารเกี่ยวกับการจัดการขยะมูลฝอย (Tchobanoglous et al., 1993 ; กรมควบคุมมลพิษ, 2550; อาณัติ ต๊ะปิ่นตา, 2553) ผู้วิจัยสามารถแบ่งวิธีการจัดการเกี่ยวกับกับขยะมูลฝอยแบ่งได้เป็น 2 ประเภทหลักๆ ดังนี้

1. การใช้ประโยชน์จากขยะมูลฝอย (utilization of solid waste)
2. การกำจัดหรือทำลายขยะมูลฝอย (solid waste disposal)

ซึ่งแต่ละประเภทมีรายละเอียดคร่าวๆ ดังนี้

1. การใช้ประโยชน์จากขยะมูลฝอย

การใช้ประโยชน์จากขยะมูลฝอยมีความสำคัญเนื่องจากการเพิ่มมูลค่าของขยะมูลฝอย และยังเป็น การลดปริมาณขยะมูลฝอยที่จะต้องนำไปกำจัดหรือทำลายซึ่งนับวันจะยังมีปริมาณที่เพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ อาณัติ ต๊ะปิ่นตา (2553) ได้กล่าวถึงแนวทางในการใช้ประโยชน์จากขยะมูลฝอยไว้ ดังนี้ (Tchobanoglous et al., 1993 ; กรมควบคุมมลพิษ, 2550; อาณัติ ต๊ะปิ่นตา, 2553)

1. การใช้ซ้ำ (Reuse) คือ การนำวัสดุที่ผ่านการใช้งานแล้วกลับมาใช้ใหม่อีกครั้งโดยไม่ผ่านกระบวนการเปลี่ยนแปลงหรือแปรรูปใดๆ ซึ่งเป็นการปฏิบัติที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อนเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่น ๆ
2. การแปรรูปเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่หรือการรีไซเคิล (Recycling) คือ การนำเอาขยะรีไซเคิลหรือวัสดุเหลือใช้มาผ่านกระบวนการแปรรูปเป็นวัตถุดิบ หรือเป็นวัตถุดิบร่วม

เพื่อผลิตเป็นสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ใหม่ ซึ่งแตกต่างกับการนำกลับมาใช้ซ้ำตรงที่การรีไซเคิลมีความยุ่งยากและซับซ้อนมากกว่า เนื่องจากต้องนำขยะรีไซเคิลหรือวัสดุเหลือใช้ไปผ่านกระบวนการต่าง ๆ ก่อนจะเปลี่ยนสภาพไปเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ต่อไป

3. การหมักทำปุ๋ย (Composting) หมายถึงการย่อยสลายขยะอินทรีย์ด้วยกระบวนการทางธรรมชาติของจุลินทรีย์ โดยจะเป็นการเปลี่ยนสภาพสารอินทรีย์ในขยะ ไปเป็นสารที่มีประโยชน์ในการบำรุงดินที่เรียกว่า “วัสดุปรับปรุงดิน (humus-like material)” ซึ่งเป็นวัสดุที่มีลักษณะทรงรูป สีค่อนข้างดำ มีความชื้นเล็กน้อย และไม่มียีสหรือกลิ่นเหม็น
4. การนำมาใช้เป็นพลังงาน (Waste to Energy) คือการนำเอาขยะมูลฝอยมาเป็นเชื้อเพลิงให้เกิดการเผาไหม้แล้วได้ผลผลิตออกมาในรูปของพลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้า หรืออีกแนวทางหนึ่งก็นำขยะไปเผาในสภาวะไร้อากาศหรือมีออกซิเจนอยู่น้อยทำให้ได้ผลผลิตเป็นก๊าซมีเทน (CH_4) ซึ่งก๊าซชนิดนี้สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อให้เกิดพลังงานความร้อนหรือพลังงานไฟฟ้าได้เช่นเดียวกัน

2. การกำจัดหรือทำลายขยะมูลฝอย

การกำจัดหรือทำลายขยะมูลฝอย (Solid waste disposal) เป็นขั้นตอนปลายทางในการจัดการขยะมูลฝอย หลังจากที่ขยะมูลฝอยผ่านการดำเนินงานในการนำไปใช้ประโยชน์ดังวิธีการต่างๆ ดังที่กล่าวข้างต้นจนไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อีกต่อไปแล้ว ก็จะถูกรวบรวมไว้ยังสถานที่รวบรวมขยะมูลฝอยเพื่อรอที่จะนำไปผ่านกระบวนการกำจัดหรือทำลาย โดยมีแนวทางในการกำจัดหรือทำลาย ดังนี้

1. การเทกองลงบนพื้น (Open dumping) ทำได้โดยรวบรวมขยะจากแหล่งกำเนิดต่างๆ แล้วนำไปเทกองทิ้งไว้ในสถานที่ทิ้งขยะ โดยมีได้ดำเนินการใด ๆ กับกองขยะดังกล่าว วิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดและเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด แต่สร้างปัญหาในหลาย ๆ เช่นแหล่งเพาะพันธุ์ของพาหะนำโรคต่าง ๆ ทำให้เกิดน้ำชะจากกองขยะ (Leachate) ซึ่งเป็นน้ำเสียที่อาจปนเปื้อนลงแหล่งน้ำไม่ว่าจะเป็นน้ำผิวดินหรือน้ำใต้ดินได้ และยังเป็นการทำลายทัศนียภาพของพื้นที่ ดังนั้นจึงควรหลีกเลี่ยงการกำจัดขยะด้วยวิธีนี้
2. การเผาในที่โล่ง (Open burning) ทำได้โดยรวบรวมขยะจากแหล่งกำเนิดต่างๆ แล้วนำไปเทกองทิ้งไว้ในสถานที่ทิ้งขยะ และดำเนินการเผาขยะเหล่านั้นเมื่อขยะมีปริมาณมากขึ้น วิธีนี้เป็นวิธีที่เรียบง่ายแต่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นปัญหาด้านกลิ่นอันไม่พึงประสงค์และปัญหามลพิษทางอากาศจากควันไฟและเศษขี้เถ้าจากการเผาขยะ ดังนั้นจึงควรหลีกเลี่ยงการกำจัดขยะด้วยวิธีนี้เช่นกัน

3. การฝังกลบ (Landfilling) ทำได้โดยนำขยะมาเททิ้งลงในหลุมฝังกลบ (Landfill) ที่มีการดำเนินการสร้างขึ้นตามหลักวิชาการเช่น มีการใช้วัสดุปรองกันหลุมเอาไว้เพื่อเป็นการป้องกันให้น้ำชะจากขยะมูลฝอยไหลซึมลงไปปนเปื้อนกับน้ำใต้ดิน เป็นต้น เพื่อป้องกันปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นกับขยะที่ถูกนำมาเทกองรวมกัน ซึ่งหลุมฝังกลบสามารถแบ่งได้ 2 ประเภทตามชนิดของขยะที่นำมาฝังกลบ ได้แก่ หลุมฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary landfill) สำหรับฝังกลบขยะมูลฝอยทั่วไปที่ไม่ใช่ขยะอันตราย และ หลุมฝังกลบอย่างปลอดภัย (Secure landfill) สำหรับฝังกลบขยะอันตราย ซึ่งจะมีการป้องกันที่เข้มงวดกว่าหลุมฝังกลบประเภทแรก
4. การเผาในเตาเผา (Incineration) เป็นการนำขยะมูลฝอยมาเผาในเตาเผาที่มีอุณหภูมิสูงเพื่อให้เกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งต้องใช้ความร้อนระหว่าง 1,300-1,800 องศาฟาเรนไฮด์ ทำให้ขยะมูลฝอยหรือของเสียนั้นเปลี่ยนสภาพไปเป็นก๊าซและเศษเหลือ เช่น ขี้เถ้า ฯลฯ และมีการป้องกันมลพิษที่จะเกิดขึ้น เช่น มีอุปกรณ์ในการดักจับ คว้น ไอเสีย ตลอดจนเศษผงหรือฝุ่นละออง เถ้าลอย (Fly ash) ที่ปนออกไปกับคว้นจากการเผาเพื่อเป็นการป้องกันมลพิษทางอากาศ และขี้เถ้าที่เกิดจากขบวนการเผาไหม้ขยะที่อยู่ด้านล่างของเตาเผา (Bottom ash) โดยทั่วไปเศษเหลือที่เป็นขี้เถ้ามีสัดส่วนประมาณร้อยละ 15-20 ก็จะถูกรวบรวมไปกำจัดขั้นสุดท้าย เช่น หลุมฝังกลบอีกทีหนึ่งต่อไป

การจัดการขยะมูลฝอยทั่วๆ ไปนั้น วิธีที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในปัจจุบันคือ การฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Pipatti and Wihersaari, 1998; Lou and Nair, 2009) และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากในประเทศกำลังพัฒนานั้น รัฐบาลมีแนวโน้มจะสนับสนุนงบประมาณเพื่อเปลี่ยนวิธีการจัดการขยะมูลฝอยแบบเดิมซึ่งเป็นวิธีเทกองลงบนพื้นให้เป็นวิธีการฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล เพื่อภาพลักษณ์ที่ดีของประเทศ (Meadows et al., 1997)

อย่างไรก็ตามการนำขยะมูลฝอยไปฝังกลบในหลุมฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาลต้องใช้พื้นที่อย่างมาก นอกจากนี้การฝังกลบยังก่อให้เกิดก๊าซมีเทนจากกระบวนการย่อยสลายด้วยกระบวนการแบบไร้ออกซิเจน (Anaerobic condition) ของขยะมูลฝอยที่มีสารคาร์บอนอินทรีย์เป็นองค์ประกอบ นอกจากนี้การดำเนินการกับขยะมูลฝอยก่อนฝังกลบในหลุมฝังกลบ เช่น กระบวนการย่อยสลายแบบใช้อากาศของขยะอินทรีย์ที่กองไว้ระหว่างรอการฝังกลบ และการขนส่งขยะจากแหล่งกำเนิดไปหลุมฝังกลบ ก็จะทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ซึ่งทั้งก๊าซมีเทนและ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ล้วนส่งผลกระทบต่อภาวะโลกร้อนทั้งสิ้น (IPCC, 2006) นอกจากนี้

ยังก่อให้เกิดปัญหาน้ำชะปนเปื้อนสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติทั้งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินอีกด้วยถ้าหากบริหารจัดการไม่ดี

ส่วนการใช้เตาเผาในการกำจัดขยะก็มีข้อเสียคือ การเกิดสารไดออกซินซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งในกรณีที่สภาวะในการเผาไม่เหมาะสมรวมไปถึงยังก่อให้เกิดมลพิษอื่นๆ เนื่องจากเมื่อขยะมูลฝอยได้รับการเผาแล้วส่วนที่เหลือจากการเผาส่วนหนึ่งก็จะกลายเป็นเถ้าลอย (Fly ash) และเถ้าหนัก (Bottom ash) ซึ่งมีโลหะหนักปนเปื้อนอยู่ด้วย และ เถ้าลอยเหล่านี้ก็จะต้องนำไปฝังกลบในหลุมฝังกลบที่ปลอดภัย (Secure Landfill) ทำให้การเผามีต้นทุนค่าใช้จ่ายที่สูง เช่น เตาเผาขยะที่จังหวัดภูเก็ต จะมีค่าใช้จ่ายในการเผาขยะถึงปีละประมาณ 100 ล้านบาท (สถานีอนามัยบ้านดอนมูล, 2552) นอกจากนี้การนำขยะมูลฝอยไปกำจัดไม่ว่าจะโดยวิธีฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาลหรือวิธีเผาด้วยเตาเผา ยังเป็นการสิ้นเปลืองค่าขนส่งอีกด้วย เนื่องจากทั้งหลุมฝังกลบและเตาเผาขยะมักจะตั้งอยู่ห่างไกลจากชุมชน อีกทั้งยังเป็นการทำลายขยะที่สามารถนำมาใช้ใหม่ไปเป็นจำนวนมาก

ธนาคารขยะ/วัสดุรีไซเคิล

การนำของเสียมาแปรสภาพเพื่อนำกลับมาใช้งานใหม่ (Recycling) เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางว่าจะช่วยลดปริมาณขยะมูลฝอยที่จะต้องนำไปกำจัด (Suttibak and Nitivattananon, 2008) ธนาคารวัสดุขยะก็เป็นเครื่องมือทางเศรษฐศาสตร์รูปแบบหนึ่งของการจัดการขยะมูลฝอยอย่างเป็นระบบเพื่อนำไปสู่การแปรสภาพเพื่อนำกลับมาใช้งานใหม่ (หรืออาจจะรวมถึงการนำไปใช้ซ้ำในบางกรณี) ที่ช่วยคนในชุมชนมีส่วนร่วมในการคัดแยกขยะมูลฝอยก่อนทิ้งโดยใช้รายได้ที่เกิดขึ้นจากการคัดแยกเป็นเครื่องมือในทางเศรษฐศาสตร์ที่ช่วยสร้างแรงจูงใจ นอกจากนี้ยังช่วยในการลดพื้นที่ของหลุมฝังกลบรวมไปถึงลดค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการขนส่งขยะมูลฝอยไปยังหลุมฝังกลบ และยังเป็นลดปัญหาด้านขยะมูลฝอยที่จะเกิดขึ้นได้อีกด้วย

ธนาคารขยะเป็นหน่วยงานที่ชุมชนจัดตั้งขึ้นมาเพื่อเป็นศูนย์กลางการซื้อขายวัสดุเหลือใช้ที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่โดยอาจทำในรูปแบบการใช้ซ้ำหรือนำไปผ่านกระบวนการรีไซเคิลก็ได้ โดยให้สมาชิกนำวัสดุเหลือใช้หรือขยะดังกล่าวมาฝากไว้กับธนาคารวัสดุรีไซเคิล และธนาคารวัสดุรีไซเคิลก็จะติดต่อกับร้านรับซื้อของเก่าให้มารับซื้อขยะที่ทางธนาคารวัสดุรีไซเคิลได้รวบรวมไว้แล้วนำรายได้ที่ได้จากการขายขยะให้ร้านรับซื้อของเก่าส่วนหนึ่งมาเข้าในบัญชีของสมาชิกเพื่อให้สมาชิกสามารถถอนเงินที่ได้จากการนำขยะรีไซเคิลมาฝากธนาคาร โดยรายได้ของธนาคารจะเกิดจากส่วนต่างระหว่างราคาขยะรีไซเคิลที่ทางธนาคารวัสดุรีไซเคิลรับซื้อจากสมาชิกกับราคาที่ทางธนาคารวัสดุรีไซเคิลจำหน่ายขยะรีไซเคิลให้กับร้านขายของเก่าที่มารับซื้อ โครงการธนาคารขยะเริ่มเปิดดำเนินการครั้งแรกในประเทศไทยเมื่อปี พ.ศ. 2542 เริ่มจากเจ้าหน้าที่ของบริษัท วงษ์พาณิชย์

จำกัด ได้เห็นเด็กนักเรียนยากจนในเทศบาลนครพิษณุโลกรวบรวมวัสดุรีไซเคิลมาขาย แล้วนำเงินที่ขายวัสดุเหล่านั้น ได้มาฝากธนาคาร ดังนั้นหากสามารถตั้งธนาคารขยะในโรงเรียนได้ก็จะมีความสะดวกแก่เด็กนักเรียนมากขึ้น จึงได้นำแนวคิดดังกล่าวมาปรึกษากับเทศบาลนครพิษณุโลก และได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทดลองโครงการธนาคารขยะเป็นครั้งแรกใน ปี พ.ศ. 2542 ณ โรงเรียนเทศบาลวัดพันปี อ.เมือง จ.พิษณุโลก เพื่อสนับสนุนให้นักเรียนและคนในชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมในการคัดแยกขยะรีไซเคิล แล้วนำไปขายซึ่งเป็นการส่งเสริมให้เกิดเครือข่ายธุรกิจการซื้อขายวัสดุรีไซเคิลอย่างจริงจัง และได้ขยายตัวอย่างรวดเร็ว โดยในปี พ.ศ. 2544 มีธนาคารวัสดุรีไซเคิลชุมชนที่เปิดดำเนินการประมาณ 500 กว่าแห่งในจังหวัดต่างๆ มากกว่า 30 จังหวัด โดยคาดการณ์ว่าธนาคารวัสดุรีไซเคิลแต่ละแห่งสามารถลดปริมาณขยะมูลฝอยได้ประมาณ 3 – 5 ตันต่อเดือน (กรมควบคุมมลพิษ, 2552) ส่วนโครงการธนาคารวัสดุรีไซเคิลในระดับมหาวิทยาลัยของประเทศไทยนั้นเริ่มขึ้นครั้งแรกที่มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (วิทยาเขตรังสิต) โดยความร่วมมือกับสถาบันการจัดการบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ในวันที่ 29 พฤศจิกายน พ.ศ. 2549 จากการดำเนินงานพบว่าโครงการวัสดุรีไซเคิลสามารถลดปริมาณขยะได้ถึง 1 ใน 3 ของขยะทั้งหมด และสามารถสร้างรายได้จากการขายขยะรีไซเคิลได้ราว 3 แสนบาทในระยะเวลา 3 เดือน และตลอดระยะเวลาของปีงบประมาณ 2551 (ตุลาคม พ.ศ. 2550 – กันยายน พ.ศ. 2551) พบว่ามีขยะที่นำมาขายทั้งหมดประมาณ 491,375 ตัน คิดเป็นมูลค่ารวม 3,359,949.50 บาท (มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2552) ซึ่งนับว่าประสบความสำเร็จอย่างยิ่ง อย่างไรก็ตามการที่จะทำให้โครงการธนาคารวัสดุรีไซเคิลประสบความสำเร็จได้นั้น นอกจากแรงจูงใจในการได้รับรายได้จากการนำขยะมาฝากไว้กับทางธนาคารวัสดุรีไซเคิลและความสะดวกในการนำขยะมาฝากแล้ว ยังจำเป็นต้องมีปัจจัยเสริมอื่นๆ เช่น มีการประชาสัมพันธ์ที่ดี และการให้ความสำคัญกับการจัดการปัญหาขยะมูลฝอยของหน่วยงานหรือองค์กรนั้นๆ ด้วย (Suttibak and Nitivattananon, 2008)

สำหรับมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาได้เริ่มดำเนินโครงการธนาคารวัสดุรีไซเคิล หรือที่เรียกอย่างไม่เป็นทางการว่าธนาคารขยะ ขึ้นภายในมหาวิทยาลัยตั้งแต่วันที่ 21 กรกฎาคม 2552 โดยร่วมมือกับสถาบันการจัดการบรรจุภัณฑ์และรีไซเคิลเพื่อสิ่งแวดล้อม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย เพื่อเป็นแหล่งรับซื้อขยะรีไซเคิลจากสมาชิกซึ่งเป็นบุคลากรของมหาวิทยาลัยและขายให้ร้านรับซื้อจากภายนอกอีกที่หนึ่ง โดยใช้ระบบการประมูลราคา โดยทุกสัปดาห์ก่อนเปิดธนาคารจะให้ร้านรับซื้อที่สนใจยื่นเสนอราคาและทางธนาคารวัสดุรีไซเคิลจะคัดเลือกร้านที่ให้ผลตอบแทนสูงสุดเข้ามารับซื้อ ซึ่งทางธนาคารวัสดุรีไซเคิลจะรับซื้อเฉพาะขยะแห้ง เช่น กระดาษ พลาสติก แก้ว โลหะ เป็นต้น แต่ไม่รับขยะเปียกและขยะอินทรีย์ เช่น เศษอาหาร หรือ เศษกิ่งไม้ โดยในช่วงปี พ.ศ. 2552 เปิดให้บริการเดือนละประมาณ 2 ครั้ง โดยเปิดทุกวันอังคาร ต่อมาในช่วง

กลางปี พ.ศ. 2553 จึงได้เริ่มเปิดให้บริการอย่างเป็นทางการเดือนละประมาณ 4 ครั้ง และเปิดทุกวันพุธ เวลา 11:00 – 13:00 น. สำหรับการรับซื้อวัสดุรีไซเคิลต่างๆไป นอกจากนี้ยังมีการรับซื้อขวดน้ำดื่มที่สะอาดซึ่งมีการซื้อขายโดยมีหน่วยนับเป็นใบซึ่งจะประสานงานกับร้านรับซื้ออีกทีหนึ่งให้มารับซื้อเพิ่มเติมจากวันที่เปิดดำเนินการปกติ ปัจจุบันมีสมาชิกที่เปิดบัญชีกับทางธนาคารวัสดุรีไซเคิลทั้งสิ้นประมาณ 205 บัญชี

ปัญหาภาวะโลกร้อนและก๊าซเรือนกระจก

สาเหตุของปัญหาโลกร้อน (Global Warming) ส่วนหนึ่งมาจากปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse effect) ซึ่งสภาวะที่โลกยอมให้ความร้อนจากดวงอาทิตย์ผ่านชั้นบรรยากาศมาให้ความอบอุ่นยังพื้นโลก แต่จะไม่มีการยอมให้ความร้อนที่สะท้อนจากพื้นผิวโลกบางส่วนกลับออกไปนอกโลกได้ เนื่องจากรังสีอินฟราเรดที่สะท้อนผิวโลกกลับขึ้นไปจะถูกก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas) กักเก็บเอาไว้บางส่วน (นิรันดร์, 2539 และ คุณากร วาณิชยวิรุฬห์, 2550)

ปรากฏการณ์เรือนกระจกเป็นกลไกธรรมชาติที่ช่วยรักษาสมดุลอุณหภูมิของโลกไม่ให้ร้อนมากเกินไปในเวลากลางวันและไม่ให้เย็นเกินไปในเวลากลางคืน ซึ่งมีหลักการเหมือนกับเรือนกระจกสำหรับใช้ปลูกพืชฤดูร้อนหรือพืชเมืองร้อนในเมืองที่มีอากาศหนาวเย็น โดยในที่นี้ก๊าซเรือนกระจกจะทำหน้าที่เหมือนกับกระจกในอาคารปลูกพืชเมืองหนาว อย่างไรก็ตามถ้าก๊าซเรือนกระจกมีปริมาณที่มากเกินไป ก็จะส่งผลให้สภาพอากาศเปลี่ยนแปลงโดยอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกสูงขึ้น

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (2553) ได้อธิบายถึงก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas) ว่าเป็นก๊าซที่มีคุณสมบัติในการดูดซับคลื่นรังสีความร้อน หรือรังสีอินฟราเรดได้ดี โดยก๊าซเหล่านี้ดูดซับคลื่นรังสีความร้อนไว้ในเวลากลางวัน แล้วค่อยๆ แผ่รังสีความร้อนออกมาในเวลากลางคืน ทำให้อุณหภูมิในบรรยากาศโลกไม่เปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน ซึ่งมีทั้งชนิดที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญคือ ไอน้ำ (H₂O) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) โอโซน (O₃) มีเทน (CH₄) ไนตรัสออกไซด์ (N₂O) และ สารซีเอฟซี (CFCs) เป็นต้น แต่ก๊าซเรือนกระจกที่ถูกควบคุมโดยพิธีสารเกียวโต มีเพียง 6 ชนิด โดยจะต้องเป็นก๊าซที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (anthropogenic greenhouse gas emission) เท่านั้น ได้แก่ CO₂, CH₄, N₂O, ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs), ก๊าซเปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) เช่น CF₄ และ C₂F₆ เป็นต้น และก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF₆) ทั้งนี้ ยังมีก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งคือ สารซีเอฟซี (CFCs หรือ Chlorofluorocarbons) ซึ่งใช้เป็นสารทำความเย็นและใช้ในการผลิตโฟม แต่ไม่ถูกกำหนดในพิธีสารเกียวโต เนื่องจากเป็นสารที่

ถูกจำกัดการใช้ในพิธีสารมอนทรีออลแล้ว ก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดยังมีศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP) ที่แตกต่างกัน ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนนี้ ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในการแผ่รังสีความร้อนของโมเลกุล และขึ้นอยู่กับอายุของก๊าซนั้นๆ ในบรรยากาศ และจะคิดเทียบกับการแผ่รังสีความร้อนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง เช่น 20 ปี 50 ปี หรือ 100 ปี โดยค่า GWP ของก๊าซเรือนกระจกต่างๆ ในช่วงเวลา 100 ปี ของก๊าซเรือนกระจกต่างๆ แสดงได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ตัวอย่างก๊าซเรือนกระจกและคุณสมบัติบางประการ

ก๊าซเรือนกระจก	อายุในชั้น บรรยากาศ (ปี)*	GWP*	อายุในชั้น บรรยากาศ (ปี)**	GWP**
CO ₂	200 - 450	1	ไม่ได้ระบุ	1
CH ₄	9 - 15	23	12	25
N ₂ O	120	296	114	298
CFC-12	100	10,600	100	10900
CF ₄	50,000	5,700	50,000	7390
C ₂ F ₆	ไม่ได้ระบุ	ไม่ได้ระบุ	10,000	12,200
SF ₆	3,200	22,000	3,200	22,800

*องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2553

** IPCC, 2007 and Forster et al., 2007

คณะผู้วิจัยระหว่างรัฐบาลเกี่ยวกับเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) ได้ทำการศึกษาโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทำนายค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิโลกซึ่งพบว่าถ้าหากมนุษยโลกยังคงดำเนินกิจกรรมการพัฒนาอุตสาหกรรมเช่นนี้ต่อไปเรื่อยๆ จะทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มขึ้น 0.8 – 4.5°C ในปีพ.ศ. 2653 เมื่อเทียบกับปี 2538 (IPCC, 1996) และข้อมูลล่าสุดจากการศึกษาของสถาบันเทคโนโลยีแมสซาชูเซต (Massachusetts Institute of Technology) ในปี พ.ศ. 2552 (MIT Global Change Program, 2009) ซึ่งได้รวบรวมข้อมูลในอดีตที่ผ่านมาและใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทำนายผลที่คาดว่าจะเกิดในอนาคต ซึ่งพบว่าในกรณีที่วิถีชีวิตของคนปัจจุบันในโลกยังคงปล่อยก๊าซเรือนกระจกเช่น คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) มีเทน (CH₄) ฯลฯ ต่อไปมีความเป็นไปได้ 57% ที่อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกจะเพิ่มขึ้น 5 องศาเซลเซียสในปีพ.ศ. 2653 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2552 หากเรายังปล่อย

ก๊าซเรือนกระจกเหล่านี้ต่อไปอีกเรื่อยๆ โดยไม่มีมาตรการในการป้องกันใดๆ ผลกระทบที่ตามมาคือ โลกก็จะร้อนขึ้นตามที่แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้ทำนายเอาไว้ ถ้าหากเราตระหนักถึงปัญหาที่จะเกิดขึ้นตามมา ก็จะเกิดคำถามที่ว่าในเมื่อเป็นไปได้ที่จะหยุดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เนื่องจากมนุษย์ต้องหายใจและก็จำเป็นที่จะต้องมีการผลิตในภาคอุตสาหกรรมเพื่อเพิ่มรายได้ทางเศรษฐกิจเพื่อนำมาเลี้ยงชีวิตประชากร โลกเป็นจำนวนมาก แล้วเราควรทำเช่นไร? คำตอบก็คือเราจำเป็นต้องคิดแปลงกระบวนการผลิตเหล่านี้ หรือสร้างระบบเพิ่มเติมที่ใช้ในการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อให้มีการปล่อยก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ให้น้อยลง หรือไม่ให้ปล่อยออกมาเลยจะดีที่สุด แต่ถ้าจำเป็นต้องปล่อยก็ต้องมีมาตรการควบคุมโดยการปล่อยอย่างมีขีดจำกัด เพื่อให้สภาพอากาศในโลกเปลี่ยนแปลงในระดับที่สามารถยอมรับได้ เช่น ออกกฎหมายควบคุม รวมไปถึงการนำหลักเศรษฐศาสตร์มาใช้ในการควบคุมการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เช่น การตั้งมาตรการคาร์บอนเครดิตที่กล่าวถึงในสนธิสัญญาเกียวโต กล่าวคือถ้าประเทศปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ได้ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ก็สามารถที่จะขายสิทธิ์ในการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหลือให้กับประเทศอื่นได้ เป็นต้น

Lou และ Nair (2009) ได้ศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะด้วยหลุมฝังกลบและการหมักเพื่อทำปุ๋ยจากเอกสารต่างๆ ซึ่งสรุปได้ว่าการย่อยสลายขยะด้วยกระบวนการทางชีวภาพจะส่งผลกระทบต่อภาวะ โลกร้อนเนื่องจากการปลดปล่อยก๊าซมีเทนและก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 5 ของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่เกิดขึ้นในโลก สำหรับการจัดการขยะด้วยหลุมฝังกลบนั้นจะมีการปล่อยก๊าซมีเทนเป็นหลักซึ่งเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการย่อยสลายขยะอินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจนโดยก๊าซเหล่านี้จะถูกสะสมอยู่ในหลุมฝังกลบและมีการปล่อยก๊าซอื่นๆ เช่น CO₂ เนื่องจากการย่อยสลายขยะอินทรีย์แบบใช้ออกซิเจนที่สถานีขนถ่ายหรือระหว่างการขนส่งเพื่อร่อนนำขยะเข้าสู่หลุมฝังกลบแต่ส่งผลกระทบต่อโลกน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดทั้งหมดโดยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนี้จะเกิดขึ้นในหลุมฝังกลบขยะทั้ง 2 ช่วงเวลาได้แก่ ช่วงดำเนินการ (operating stage) และช่วงหลังดำเนินการ (closed stage) ซึ่งช่วงแรกจะมีการปล่อยก๊าซมีเทนมากกว่าช่วงหลัง เนื่องจากการย่อยสลายจะเกิดขึ้นในช่วงปีแรกๆ เป็นส่วนมาก และหลังจากปิดหลุมฝังกลบแล้วการปลดปล่อยก๊าซจะค่อยๆ ลดลงอย่างช้าๆ แต่ก็เป็นไปได้ที่ยังมีการปล่อยออกมาเป็นเวลาหลายร้อยปีหลังจากปิดหลุมฝังกลบแล้ว ซึ่งขยะมูลฝอยหนึ่งตันจะก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก 40 – 250 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งในอัตราเฉลี่ยมีการประมาณการว่าขยะหนึ่งตันจะปล่อยก๊าซเรือนกระจก 1.287 เมตริกตันเทียบเท่ากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งค่าที่แท้จริงอาจมากกว่านี้เนื่องจากยังไม่รวมปลดปล่อยจากการหมักก่อนนำขยะ ไปฝังในหลุมฝังกลบ ทั้งนี้ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกองขยะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆอย่าง ซึ่งปัจจัยที่สำคัญที่สุด

ในการกำหนดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกคือองค์ประกอบอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ของขยะมูลฝอย นอกจากนี้การปล่อยก๊าซเรือนกระจกก็เพิ่มขึ้นในขั้นตอนการดำเนินงานหลุมฝังกลบ เช่น การบดอัดขยะ การลำเลียงน้ำชะขยะ รวมถึงการทำหลุมฝังกลบขยะแบบใช้อากาศ (Aerobic landfill)

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้คำนวณจากฐานข้อมูล Waste Reduction Model (WARM) version 8 ที่พัฒนาโดยองค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของประเทศสหรัฐอเมริกา (US. Department for Energy, 2006; US-EPA, 2010) พบว่าการฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชนทั่วไป (Mixed Municipal Solid Waste) จะปล่อยเกิดก๊าซเรือนกระจก 0.3561 เมตริกตันเทียบเท่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อขยะ 1 ช็อตตัน (Short ton) หรือ เท่ากับ 0.3926 เมตริกตันเทียบเท่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อขยะ 1 เมตริกตัน (1 ช็อตตัน เท่ากับ 2000 ปอนด์ หรือ 0.9071848 เมตริกตัน)

สำหรับในประเทศไทย วารุณี ลิขิตสุภิน และคณะ (2554) ได้ศึกษาการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของการจัดมูลฝอยชุมชนด้วยเทคโนโลยีแบบผสมผสาน จากข้อมูลของศูนย์การจัดการมูลฝอยตามหลักสุขาภิบาล เทศบาลตำบลเวียงฝาง จ. เชียงใหม่ และศูนย์กำจัดมูลฝอยแบบครบวงจร เทศบาลตำบลแม่สาย จ. เชียงราย โดยใช้โดยโปรแกรม SimaPro 7.1 และวิธี Eco-indicator 95 พบว่า ตลอดวัฏจักรของการกำจัดมูลฝอยชุมชนด้วยเทคโนโลยีแบบผสมผสาน ขยะมูลฝอย 1 เมตริกตันจะมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.24644 เมตริกตันเทียบเท่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยเกิดจากกระบวนการฝังกลบมากที่สุด (0.23076 เมตริกตันเทียบเท่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์) และขั้นตอนการเก็บขนมูลฝอยจะปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก 20.30 กิโลกรัมเทียบเท่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเมตริกตันขยะ ในขณะที่ขั้นตอนการหมักปุ๋ย จะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 4 กิโลกรัมเทียบเท่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเมตริกตันขยะ

อย่างไรก็ตาม จากการสำรวจเอกสารดังกล่าวข้างต้นพบว่าส่วนใหญ่จะเป็นการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการฝังกลบ และในขณะที่ผู้วิจัยได้จัดทำรายงานการวิจัยนี้ประเทศไทยยังไม่มีฐานข้อมูลสำหรับค่าการปลดปล่อยหรือการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission or Reduction Factor) สำหรับขยะมูลฝอยอย่างครบวงจรที่รวมถึงการประโยชน์จากขยะ เช่น การรีไซเคิลขยะมูลฝอย ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้ค่าดังกล่าวจากฐานข้อมูล Waste Reduction Model (WARM) version 8 ในการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งจากการเปรียบเทียบฐานข้อมูลดังกล่าวในส่วนที่เป็น การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการฝังกลบกับงานวิจัยล่าสุดที่ทำในประเทศไทยดังสรุปข้างต้นพบว่าฐานข้อมูล WARM version 8 ประมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อขยะ 1 เมตริกตัน ได้มากกว่างานวิจัยในประเทศไทยเล็กน้อย จึงสรุปได้ว่าการใช้ฐานข้อมูลดังกล่าวในการประเมินการลดหรือการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในประเทศไทยจึงเชื่อถือได้ในระดับหนึ่ง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นงานวิจัยแรกที่รายงานผลการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ประโยชน์ของ

ขยะมูลฝอยผ่านโครงการธนาคารวัสดุรีไซเคิล มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาเมื่อเทียบกับการนำขยะดังกล่าวไปฝังกลบหรือเผาด้วยเตาเผา

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Muttamara และคณะ (1994) ได้ศึกษาการรีไซเคิลและการนำกลับมาใช้ใหม่ของขยะในกรุงเทพมหานคร พบว่า ในปี 1990 มีขยะ 5240 ตันต่อวัน ซึ่งคิดว่าเป็นร้อยละ 81 ของปริมาณขยะจริงที่เกิดขึ้นทั้งหมด วัสดุส่วนใหญ่จากกองขยะในกรุงเทพฯ ที่มีรีไซเคิลและการนำกลับมาใช้ใหม่ได้แก่ ขวดแก้ว กระดาษ พลาสติก และ โลหะ วัสดุเหล่านี้ถูกแยกออกมาในสถานที่ต่างๆ คือ

1) ที่แหล่งกำเนิดก่อนรวบรวม ประมาณ 286 ตันต่อวันหรือประมาณร้อยละ 5 ของขยะทั้งหมดที่เก็บได้ทั้งเมือง

2) บนรถเก็บขยะ โดยคนรกระหว่างขนส่ง (ประมาณร้อยละ 2.5 ของขยะที่บรรทุกทั้งหมด (ERL, 1988)) และมีสัดส่วนขยะที่ถูกคัดแยก คือ กลุ่มกระดาษร้อยละ 50 แก้วร้อยละ 20 พลาสติกร้อยละ 20 และ โลหะร้อยละ 10

3) ที่แหล่งทิ้งขยะ โดยคนคู่ขยะ ซึ่งจะมีร้านรับซื้อของเก่าขนาดเล็ก (Small Scale Recycling shops; SSRs) ตั้งอยู่บริเวณรอบๆ สถานีขนถ่าย ซึ่งรับซื้อขยะจากคนรถและคนคู่ขยะ โดยแต่ละวันจะมีการรับซื้อขยะประมาณ 1 - 6 ตัน (50 - 150 กก. ต่อคนต่อวัน) หรือประมาณร้อยละ 7.5 ของขยะที่ถูกนำไปรีไซเคิล

ซึ่งวัสดุต่างๆที่ได้จากกองขยะเหล่านี้จะถูกนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเช่น อุตสาหกรรมที่เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์จำพวกกระดาษ เช่น เยื่อกระดาษ ก่อถ่วงลิ่ง นิตยสาร มักใช้จากกระดาษรีไซเคิลเป็นวัตถุดิบ โดยใช้กระดาษที่รีไซเคิลคิดเป็นร้อยละ 55 ของขยะทั้งหมด ส่วนอุตสาหกรรมแก้วจะใช้แก้วรีไซเคิลในการผลิตแก้วคุณภาพต่ำ (plain glass) (คิดเป็นร้อยละ 1 - 3 ของขยะทั้งหมด ในขณะที่อุตสาหกรรมรีไซเคิลพลาสติก จะใช้พลาสติกร้อยละ 10-15 ของขยะทั้งหมดในกระบวนการรีไซเคิล ซึ่งอุตสาหกรรมการรีไซเคิลนี้มีอัตราส่วนกำไรต่อต้นทุน (B/C ratio) มากกว่า 1.5

จากการสำรวจพบว่ารายได้จากการขายขยะในกรุงเทพฯอยู่ในช่วงวันละ 30 - 300 บาทต่อคน โดยทั่วไปแล้ว จะได้ 30 - 150 บาทต่อวันสำหรับผู้ใหญ่ และ 50 - 80 บาทต่อวันสำหรับเด็ก ซึ่งรายได้เฉลี่ยต่อคนอยู่ที่ 75 บาทต่อวัน

ในการเพิ่มอัตราการรีไซเคิล ควรมีมาตรการทางกฎหมายเข้ามาเกี่ยวข้อง อย่างไรก็ตามยังไม่มีกฎหมายเกี่ยวกับการรีไซเคิลในประเทศไทยจึงไม่มีแรงจูงใจให้ผูรีไซเคิลแยกขยะเพื่อ

รีไซเคิลเนื่องจากราคาขยะในกรุงเทพค่อนข้างต่ำและไม่ค่อยแน่นอน ดังนั้นควรมีการบริหารจัดการระบบราคาวัสดุรีไซเคิลเพื่อให้การรีไซเคิลเกิดประสิทธิภาพมากขึ้น

Gotschall (1996) ได้สรุปเกี่ยวกับการทำเงินจากขยะว่าเป็นสิ่งที่เป็นไปได้เนื่องจากรัฐบาล หน่วยงาน และบริษัทต่างๆ ได้ทุ่มเทงบประมาณในโครงการสิ่งแวดล้อม โดยเน้นที่หลักการ 2 อย่างคือ

- 1) ลดปริมาณขยะในครัวเรือนและอุตสาหกรรม
- 2) การจัดการขยะ ซึ่งอาจจะเป็นการแปรรูปเพื่อขายทำกำไร เป็นต้น

ซึ่งหลักการทั้งสองนี้เป็นแนวทางในการจัดการขยะอย่างมีประสิทธิภาพ โดยในประเทศด้านตะวันตกเช่น เยอรมัน กับสวิสเซอร์แลนด์ เป็นผู้นำด้านเทคโนโลยีในการจัดการขยะที่ไม่ใช้หลุมฝังกลบเนื่องจากมีพื้นที่จำกัด

ปัจจุบันนี้ธุรกิจในการจัดการของเสีย เช่น การทำผลิตก๊าซเพื่อใช้เป็นพลังงาน (Gasification), การรีไซเคิล (Recycling), การทำเตาเผาขยะ (Incineration), การหมักเพื่อทำปุ๋ย (Composting) และการลดขยะที่แหล่งกำเนิด (Source reduction) ได้รับความนิยมนอย่างมาก โดยในประเทศสหรัฐอเมริกา มีเงินหมุนเวียนประมาณ \$30,000 ล้านดอลลาร์ และ มีแนวโน้มที่ธุรกิจในการจัดการของเสีย นี้จะเติบโตขึ้นทั่วโลกในอนาคต

Batool และคณะ (2008) ได้ศึกษาการรีไซเคิลขยะในครัวเรือนของเมือง Lahore ประเทศปากีสถานซึ่งมีประชากร 7.2 ล้านคน โดยรวบรวมข้อมูลจากประชาชน, คนเก็บขยะ, และร้านรับซื้อขยะ พบว่ามีการรีไซเคิลขยะร้อยละ 21.2 ของขยะทั้งหมดที่สามารถรีไซเคิลได้ซึ่งคิดเป็นมูลค่า 4.5 ล้านดอลลาร์ต่อปี ซึ่งถ้าทำอย่างเป็นระบบในรูปแบบอุตสาหกรรมจะสามารถลดต้นทุนในการเก็บรวบรวมขยะเพื่อนำไปกำจัดได้ประมาณ 1.08 ล้านดอลลาร์ต่อปี และสามารถก่อให้เกิดรายได้ทั้งหมดประมาณ 8.8 ล้านดอลลาร์ และสามารถประหยัดพลังงานรวมถึงทรัพยากรธรรมชาติได้อย่างมหาศาล

จากการรวบรวมข้อมูลในช่วงปี ค.ศ. 1980–2005 ปริมาณกระดาษและพลาสติกในกองขยะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากเศรษฐกิจของประเทศดีขึ้นทำให้ประชาชนมีกำลังซื้อผลิตภัณฑ์กระดาษและพลาสติกมากขึ้นเพื่อใช้สอยในชีวิตประจำวัน ในขณะที่อัตราการเกิดขยะทั้งหมดเป็น 0.75 กก.ต่อคนต่อวัน และในช่วงปี ค.ศ. 2005 มีขยะมูลฝอยทั้งหมดเฉลี่ยประมาณ 1.97 ล้านตันต่อปีซึ่ง ร้อยละ 21.2 ของขยะมูลฝอยเหล่านี้เป็นขยะที่สามารถรีไซเคิลได้ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปี ค.ศ. 2001 ประมาณร้อยละ 9.1 ซึ่งแบ่งได้เป็นกลุ่มหลักๆ 4 กลุ่ม ได้แก่ พลาสติก กระดาษ แก้ว และโลหะ โดยที่เหล็กเป็นวัสดุที่มีการรีไซเคิลมากที่สุดอย่างไรก็ตามในปากีสถานไม่มีกฎหมายเกี่ยวกับการรีไซเคิลและหน่วยงานของรัฐที่รับผิดชอบเรื่องการจัดการขยะก็ไม่ได้ทำหน้าที่ในการจัดการรี

ไซเคิลขยะเหล่านี้ยังเป็นรูปธรรม ซึ่งงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าถ้ามีการจัดตั้งหน่วยงานในการจัดการรีไซเคิลขยะอย่างเป็นทางการก็จะสามารถเพิ่มรายได้และลดรายจ่ายจากการจัดการขยะได้อย่างมาก

ศักยภาพของการรีไซเคิลในเชิงเศรษฐศาสตร์สามารถวัดได้จากราคาที่เพิ่มขึ้นของวัสดุรีไซเคิล เช่น ในช่วงปี 2001 – 2005 ราคาวัสดุรีไซเคิลเพิ่มขึ้นในช่วงร้อยละ 500 – 1300 โดยราคาพลาสติก, เหล็ก, และกระดาษเพิ่มขึ้นร้อยละ 500, 1300, และ 600 ตามลำดับ ซึ่งสาเหตุหลักที่วัสดุเหล่านี้มีราคาที่เพิ่มขึ้นเนื่องมาจากความต้องการใช้วัสดุรีไซเคิลเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในภาคอุตสาหกรรม จากการสำรวจครัวเรือนทั้งหมด 360 ครัวเรือนโดยแบบสอบถามพบว่า มีรายได้เฉลี่ยปีละประมาณ 226.8 เหรียญสหรัฐจากการจำหน่ายวัสดุรีไซเคิลให้กับคนที่ซื้อขยะไปขาย โดยคนเหล่านี้จะขายขยะให้ร้านรับซื้อขยะซึ่งมีอยู่ทั้งหมด 400 ร้าน โดยได้กำไรจากส่วนต่างราคาที่รับซื้อตามบ้านกับราคาที่ขายให้กับร้านรับซื้อขยะ ซึ่งคิดเป็นกำไรเฉลี่ยสำหรับวัสดุรีไซเคิลทุกประเภทประมาณร้อยละ 15 (เหล็กร้อยละ 11, แก้วร้อยละ 13, พลาสติกร้อยละ 20, และกระดาษร้อยละ 18) และเจ้าของร้านรับซื้อก็จะได้กำไรจากส่วนต่างราคาซึ่งเฉลี่ยแล้วจะกำไรประมาณร้อยละ 14 เมื่อขายให้กับภาคอุตสาหกรรม

Suttibak และ Nitivattananon (2008) ได้ศึกษาเรื่องการประเมินปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในโครงการรีไซเคิลขยะโดยศึกษาโครงการรีไซเคิล 120 โครงการในเขตชุมชนเมืองต่างๆของประเทศไทย ซึ่งโครงการเหล่านี้เช่น โครงการธนาคารขยะโรงเรียน ธนาคารขยะชุมชน และ โรงหมักขยะ เป็นต้น ผลการศึกษาพบว่าวิธีที่มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณขยะมูลฝอยที่กำลังเพิ่มขึ้นคือการรีไซเคิลขยะแบบบูรณาการ ดังนั้นการเข้าใจปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการรีไซเคิลจึงเป็นกุญแจดอกสำคัญที่จะนำไปสู่ความสำเร็จอย่างยั่งยืนในการจัดการขยะมูลฝอยซึ่งมีตัวชี้วัดประสิทธิภาพในการดำเนินการคือ อัตราส่วนการบริการ (service ratio) ซึ่งถูกใช้ในการประเมินประสิทธิภาพการรีไซเคิลด้วยวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติ จากการศึกษาพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อโครงการรีไซเคิลขยะได้แก่ ประเด็นด้านเทคนิคการรีไซเคิล, เศรษฐศาสตร์และการเงิน, มุมมองและความเห็นเกี่ยวกับสถาบัน และปัจจัยที่สำคัญมากที่จะทำให้การดำเนินงานประสบความสำเร็จคือการรับรู้และการตระหนักถึงความสำคัญของการจัดการขยะมูลฝอยของผู้บริหาร สำหรับธนาคารขยะในระดับโรงเรียนพบว่าสิ่งที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการดำเนินการได้แก่ แรงจูงใจทางการเงิน เช่น ดอกเบี้ย, สินค้าตอบแทนสำหรับสมาชิกธนาคาร, ค่าขนส่ง เช่น การไปรับขยะถึงที่, และต้นทุนในการแยกขยะที่ไม่สูงมาก สำหรับธนาคารขยะชุมชนพบว่า การจัดหาเงินกู้ให้สมาชิกและบริหารจัดการให้มีความร่วมมือระดับองค์กร, และการไปรับขยะถึงที่ (door-to-door service) มีความสัมพันธ์ต่อการเพิ่มสมรรถภาพการดำเนินงาน สำหรับการทำปุ๋ยหมักจากขยะพบว่า การจัดหา

ถึงขยะสำหรับขยะอินทรีย์และความร่วมมือกับองค์กรเอกชน (NGOs) จะช่วยทำให้เพิ่มอัตราการนำขยะมาเข้าโครงการเพิ่มขึ้น

สรุปคือข้อเสนอแนะในการเพิ่มประสิทธิภาพของโครงการรีไซเคิลที่ได้จากการศึกษานี้คือ การจัดให้มีมาตรการต่างๆ เช่น การสร้างแรงจูงใจทางการเงิน เช่น ดอกเบี้ย หรือการนำค่าใช้จ่ยจากการรีไซเคิลไปลดภาษี, การสนับสนุนงบประมาณในการดำเนินการรีไซเคิล, การประชาสัมพันธ์และการให้ข้อมูล, การณรงค์ให้ตระหนักถึงความสำคัญของการรีไซเคิล, การฝึกอบรมและการให้ความช่วยเหลือในเชิงเทคนิค, และการและเปลี่ยนผู้ดำเนินการรวมถึงการสร้างเครือข่ายกับหน่วยงานที่สมัครใจ เช่นองค์กรอิสระต่างๆ เป็นต้น

พริยะ สะสม (2551) ได้ศึกษาการดำเนินงานธนาคารขยะและการจัดการปัญหาขยะชุมชน กรณีศึกษาพื้นที่เขตเทศบาลนครลำปาง ด้วยแบบสอบถามพบว่าธนาคารขยะชุมชนได้มีการส่งเสริมให้ประชาชนในชุมชนทุกครัวเรือนเรียนรู้จักการคัดแยกขยะจากต้นทาง การมีความรับผิดชอบกับขยะมูลฝอยที่มาจากครัวเรือนของตนเอง และการสนับสนุนส่งเสริมให้ประชาชนทุกครัวเรือนเห็นคุณค่าของขยะมูลฝอยหรือขยะ รวมถึงการสร้างรายได้เสริมภายในครัวเรือน จากการสำรวจพบว่าการรับรู้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับปัญหาขยะจากสื่อต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นสื่อทางวิทยุ โทรทัศน์ ธนาคารขยะและการจัดการปัญหาขยะชุมชน กรณีศึกษาพื้นที่เขตเทศบาลนครลำปาง 6 การรณรงค์ทั้งจากทางหน่วยงานราชการและจากผู้นำชุมชนหรือคณะกรรมการชุมชนมีผลต่อพฤติกรรมการจัดการปัญหาขยะของประชาชนที่มีการนำมาปฏิบัติต่อครัวเรือนและชุมชนของตนเอง นอกจากนี้จากการสำรวจความเห็นของประชาชนโดยสุ่มตัวอย่างทั้งหมด 335 ตัวอย่างพบว่า กลุ่มตัวอย่างมากกว่าร้อยละ 80 มีความเห็นว่า ธนาคารขยะชุมชนมีผลต่อการสร้างรายได้ให้เกิดขึ้นเนื่องจากรายได้จากการนำขยะรีไซเคิลมาฝากที่ธนาคารขยะชุมชน ในเรื่องของการใช้จ่ยเล็กน้อยๆ ภายในครัวเรือน และ แนวทางในการบริหารจัดการปัญหาขยะมูลฝอยภายในชุมชน เช่น การบริการเก็บขนขยะมูลฝอย การส่งเสริมการนำขยะมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์ และการคัดแยกขยะ-วัสดุรีไซเคิล เพื่อนำมาฝากที่ธนาคารขยะชุมชน มีผลทำให้ปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในชุมชนมีปริมาณที่ลดน้อยลงได้อย่างชัดเจน

สมณพร สุทธิบาท และคณะ (2552) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดำเนินการธนาคารขยะชุมชน โดยมีกรณีศึกษาจากธนาคารขยะชุมชน 4 แห่งใน 3 เขตพื้นที่คือ เทศบาลตำบลเชียงเครือ เทศบาลเมืองสกลนคร และ เทศบาลตำบลกุมภวาปี พบว่า ประเภทมูลฝอยที่ธนาคารขยะทั้ง 4 แห่งข้างต้นมีการรับซื้อมากที่สุด 3 อันดับแรก คือ ขวดแก้ว, กลองกระดาษแข็ง และ ขวดพลาสติกรวม ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 42.30, 14.17 และ 9.18 ตามลำดับ ส่วนรายละเอียดการดำเนินการของธนาคารขยะทั้ง 4 แห่งนั้นสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สรุปข้อมูลการสำรวจธนาคารชุมชนจากงานวิจัยของ สมณพร สุทธิบาท และคณะ

พารามิเตอร์	ธนาคารชุมชน ดงพัฒนา	ดอนอุดม 1	แสนสุข 2	โพนสว่าง
1. ข้อมูลพื้นฐาน				
ประชากรในชุมชน (คน)	404	1180	1150	645
จำนวนครัวเรือน (ครัวเรือน)	110	320	253	150
จำนวนสมาชิกธนาคาร (คน)	52	277	85	ไม่ได้ระบุ ในงานวิจัย
2. วัดผลการดำเนินการ (Performance Indicators)				
อัตราการมีส่วนร่วมของ ประชาชน (%)	12.87	23.47	10.00	9.61
ปริมาณมูลฝอยกลับมาใช้ ใหม่ (กก.ต่อคนต่อปี)	68	32	398	30
การนำมูลฝอยกลับมาใช้ แทนการนำไปกำจัด (%)	4.76	2.20	11.5	1.57
ผลประโยชน์ที่ได้รับต่อ ค่าใช้จ่ายในการ ดำเนินการ (B/C Ratio)	0.59	1.26	0.65	4.48
ผลการดำเนินงานโดย ภาพรวม (%)	55	45	75	45

นอกจากนี้ยังได้ศึกษาปัจจัยที่อิทธิพลต่อการดำเนินงานพบว่าเครื่องมือในเชิงเศรษฐศาสตร์ ได้แก่ การให้สมาชิกถือหุ้นแบบไม่จำกัดจำนวนหุ้น, การจัดสรรเงินปันผลให้กับสมาชิก และ การอำนวยความสะดวกในการรับซื้อขยะมูลฝอยถึงบ้านสมาชิก เป็นวิธีที่ส่งผลในการเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินโครงการธนาคารขยะโดยรวมมากที่สุด ในขณะที่การจัดสวัสดิการให้แก่สมาชิก เช่น การตรวจเยี่ยมผู้ป่วย หรือ การสนับสนุนค่ารักษาพยาบาล มีผลมากที่สุดต่อการตัดสินใจในการสมัครเป็นสมาชิกธนาคารขยะ นอกจากนี้ปัจจัยอื่นๆ ได้แก่ การประชาสัมพันธ์ทัศนคติที่ดีของผู้บริหาร และการให้ความสำคัญต่อปัญหามูลฝอยขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นล้วนมีส่วนทำให้การดำเนินโครงการธนาคารขยะชุมชนประสบผลสำเร็จเช่นกัน

จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสามารถสรุปภาพรวมได้ว่างานวิจัยส่วนใหญ่จะรายงานชนิดและปริมาณขยะที่ใช้ประโยชน์ได้ อัตราการใช้ประโยชน์ รวมถึงราคาการซื้อขายขยะรวมถึงปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการดำเนินโครงการตลอดจนตัวชี้วัดการดำเนินโครงการธนาคารขยะหรือธนาคารวัสดุรีไซเคิล และผลจากการสอบถามความเห็นของสมาชิกที่มีต่อการดำเนินโครงการ

บทที่ 3

ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย

พื้นที่ดำเนินงานวิจัย

พื้นที่ในการทำวิจัยครั้งนี้คือมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาซึ่งมีที่อยู่คือ เลขที่ 1 ถนนอุทองนอก เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร ซึ่งเปิดสอนในระดับปริญญาตรี ปริญญาโทและปริญญาเอก ทั้งภาคปกติและภาคพิเศษ มีหน่วยงานที่เปิดสอนได้แก่ คณะครุศาสตร์ คณะเทคโนโลยี อุตสาหกรรม คณะวิทยาการจัดการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะศิลปกรรมศาสตร์ คณะมนุษยศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย วิทยาลัยนานาชาติ วิทยาลัยพยาบาลและสุขภาพ วิทยาลัยนวัตกรรมการจัดการ โดยในปี พ.ศ. 2553 มีประชากรทั้งหมดในวิทยาเขตกรุงเทพฯ 16,458 คน (ข้อมูลถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2553) ซึ่งประกอบด้วยคณาจารย์ที่ปฏิบัติงานจริง 500 คน เจ้าหน้าที่ 554 คน และนักศึกษา 15,404 คน

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องชั่งน้ำหนัก

คอมพิวเตอร์

ฐานข้อมูลปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก WARM ของ United State

Environmental Protection Agency (US-EPA)

แบบสอบถาม

การประเมินความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ของโครงการธนาคารวัสดุรีไซเคิลและ ประเมินการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

1) ทำการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับรูปแบบการดำเนินงานของธนาคารวัสดุรีไซเคิล โดยเก็บข้อมูลต่างๆ เช่น ชนิดและปริมาณขยะรีไซเคิลภายในมหาวิทยาลัยฯ ประเภทและจำนวนสมาชิกที่เปิดบัญชีกับธนาคารวัสดุรีไซเคิล ตลอดจนรายรับและรายจ่ายจากการดำเนินงานตลอดระยะเวลาที่ธนาคารวัสดุรีไซเคิลเปิดทำการ เป็นต้น

2) ศึกษาตัวชี้วัดในเชิงเศรษฐศาสตร์และในด้านอื่นๆ ของการดำเนินงานของธนาคารวัสดุรีไซเคิลในช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษา ได้แก่ รายได้ที่เกิดขึ้นจากโครงการธนาคารวัสดุรีไซเคิล, อัตราส่วนผลประโยชน์ที่ทางธนาคารวัสดุรีไซเคิลได้รับต่อค่าใช้จ่ายในการ

ดำเนินการ (Benefit/Cost Ratio), อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return), รายได้เฉลี่ยจากการขายขยะของสมาชิกต่อคนในช่วงเวลาที่ศึกษา, สัดส่วนการใช้ประโยชน์ (Recycle หรือ Reuse) หรือสัดส่วนขยะที่ธนาคารวัสดุรีไซเคิลรวบรวมได้กับขยะมูลฝอยของที่เกิดขึ้นทั้งหมด

3) วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพจากแบบสอบถามที่ได้จากการสัมภาษณ์กลุ่มเป้าหมาย

4) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ฯลฯ ด้วย

5) นำข้อมูลปริมาณขยะรีไซเคิลที่ได้มาทำการคำนวณปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการดำเนินงานของธนาคารวัสดุรีไซเคิล โดยใช้ฐานข้อมูล Waste Reduction Model ขององค์กรปกป้องสิ่งแวดล้อมประเทศสหรัฐอเมริกา (US-EPA) โดยนำข้อมูลมาจัดทำเป็นโปรแกรมคำนวณด้วย MS-EXCEL และประเมินคุณค่าในทางเศรษฐศาสตร์ที่เกิดจากการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ CO_2 , CH_4 , N_2O , CF_4 , และ C_2F_6

1. การคำนวณข้อมูลในเชิงเศรษฐศาสตร์

ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการดำเนินการของธนาคารวัสดุรีไซเคิล จำเป็นต้องวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงเศรษฐศาสตร์ เพื่อใช้บอกถึงประสิทธิภาพในทางการเงิน ซึ่งในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้เลือกตัวชี้วัด 2 ตัวชี้วัด ได้แก่ Benefit to Cost Ratio (B/C Ratio) และ Internal Rate of Return (IRR) โดยเลือกข้อมูลในช่วงปี พ.ศ. 2553 หรือระหว่างเดือนมกราคม พ.ศ. 2553 จนถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2553 เนื่องจากในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2552 ธนาคารวัสดุรีไซเคิลเพิ่งจัดตั้งได้ไม่นานจึงทำให้ข้อมูลรายรับรายจ่ายยังมีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละเดือนค่อนข้างมากเนื่องจากระบบต่างๆยังไม่ลงตัวจึงอาจส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ได้

นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 รูปแบบคือ 1) การวิเคราะห์โดยคำนวณจากรายรับและค่าใช้จ่ายจากข้อมูลทางการเงินที่แท้จริงของธนาคารวัสดุรีไซเคิล ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา และ 2) การวิเคราะห์โดยคำนวณข้อมูลทางการเงินที่มีการคิดรายละเอียดสำหรับรายรับและค่าใช้จ่ายในทางทฤษฎีที่ควรจะเป็นเพื่อความสมบูรณ์ในเชิงทฤษฎี

1.1 Benefit to Cost Ratio

Benefit to Cost Ratio เป็นการวิเคราะห์เพื่อหาผลตอบแทนที่ได้จากการดำเนินการเมื่อเทียบกับค่าใช้จ่าย ซึ่งคำนวณจากสมการที่ (5.1)

$$B/C = \text{ผลตอบแทนทั้งหมด/ต้นทุนและค่าใช้จ่ายทั้งหมด} \quad (3.1)$$

ผลตอบแทน หมายถึง รายรับจากการขายขยะให้ร้านรับซื้อ, รายรับจากการลดค่าใช้จ่ายในการจัดการกับขยะที่สมาชิกรนำมาให้ธนาคารวัสดุรีไซเคิล, ดอกเบี้ยเงินฝากของธนาคารพาณิชย์ เป็นต้น

ต้นทุน หมายถึง เงินลงทุนซื้ออุปกรณ์ต่างๆที่จำเป็นสำหรับการดำเนินงานธนาคารวัสดุรีไซเคิล เช่น ค่าจ้างสำหรับช่างขยะ, สมุดบัญชีเงินฝาก, เครื่องคอมพิวเตอร์ เป็นต้น,

ค่าใช้จ่าย หมายถึง ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการเช่นค่าสาธารณูปโภคไม่ว่าจะเป็นค่าโทรศัพท์สำหรับติดต่อประสานงานหรือค่าใช้ไฟฟ้า

1.2 Internal Rate of Return

Internal Rate of Return (IRR) เป็นการวิเคราะห์เพื่อหาผลตอบแทนในรูปแบบร้อยละของรายได้ต่อเวลา ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ (3.2) (ดัดแปลงจากประสิทธิ์ ตงยั้งศิริ, 2527)

$$C_T = \sum_{n=1}^k \frac{F_n - Z_n}{\left(1 + \frac{IRR}{100}\right)^n} \quad (3.2)$$

เมื่อ C_T คือ Total Capital Cost (บาท)

F_n คือมูลค่าของรายรับทั้งหมดที่เกิดขึ้นในเดือนที่ n (บาท)

Z_n คือมูลค่าของค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในเดือนที่ n (บาท)

n คือ ระยะเวลา (ในหน่วยเดือน) ระหว่างวันสิ้นเดือนที่ใช้ในการวิเคราะห์
กับวันที่ 1 มกราคม 2553

k คือ จำนวนเดือนที่สนใจในการวิเคราะห์หาค่า IRR (ในที่นี้คือ 12)

IRR คือ Internal Rate of Return (ในหน่วย ร้อยละต่อเดือน)

2. การคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้จากการดำเนินงานของธนาคารวัสดุรีไซเคิล

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้การศึกษาเพื่อประเมินการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ที่ใช้ในพิธีสารเกียวโตได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซเปอร์ฟลูออโรมีเทน (CF_4), ก๊าซเปอร์ฟลูออโรอีเทน (C_2F_6), และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) จากปริมาณของขยะที่รับซื้อได้ในช่วงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2552 – ธันวาคม พ.ศ. 2553 เมื่อเทียบกับการนำขยะเหล่านี้ไปฝังกลบ และการเผาด้วยเตาเผาโดยการคำนวณจากค่าสัดส่วนการปลดปล่อย (Emission Factor) ของ Waste Reduction Model (WARM) version 8 (US. Department for Energy, 2006; US-EPA, 2010)

ที่พัฒนาโดยองค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของประเทศสหรัฐอเมริกา และรายงานผลในรูปของปริมาณเมตริกตันเทียบเท่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (MTCO₂E) ซึ่งคำนวณโดยใช้ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อน (Global Warming Potential) สำหรับก๊าซ CH₄, CF₄, C₂F₆, และ N₂O เท่ากับ 25, 7,390, 12,200, และ 298 เท่าของ CO₂ ตามลำดับ (Forster et al., 2007) ซึ่งสามารถคำนวณโดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

$$[\text{MTCO}_2\text{E}] = [\text{CO}_2] + 25[\text{CH}_4] + 7390[\text{CF}_4] + 12200[\text{C}_2\text{F}_6] + 298[\text{N}_2\text{O}] \quad (3.3)$$

เมื่อ [MTCO₂E] คือปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดในหน่วยเมตริกตันเทียบเท่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในขณะที่ [CO₂], [CH₄], [CF₄], [C₂F₆], และ [N₂O] คือปริมาณก๊าซ CO₂, CH₄, CF₄, C₂F₆, และ N₂O ในหน่วยเมตริกตันตามลำดับ

ซึ่งรายละเอียดฐานข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้จากขยะประเภทต่างๆ แสดงดังรายละเอียดในภาคผนวก ก

การสำรวจข้อมูลเพื่อศึกษาความเห็นของบุคลากรในมหาวิทยาลัยต่อการดำเนินโครงการ

งานวิจัยในส่วนนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) มีวัตถุประสงค์เพื่อเก็บข้อมูลปฐมภูมิในภาคสนาม โดยใช้แบบสอบถามเกี่ยวกับรายได้ของสมาชิกและศึกษาความเห็นของบุคลากรในมหาวิทยาลัยต่อการดำเนินงานธนาคารวัสดุรีไซเคิลของมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ความพึงพอใจต่อการดำเนินงานธนาคารวัสดุรีไซเคิลเพื่อวัดประสิทธิภาพในการดำเนินงาน รวมไปถึงข้อเสนอแนะในการพัฒนาการดำเนินงานของธนาคารวัสดุรีไซเคิลให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้นอันจะนำไปสู่กำหนดรูปแบบการดำเนินโครงการธนาคารวัสดุรีไซเคิลภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาที่เหมาะสมในอนาคต โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการศึกษาครั้งนี้จะเก็บข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) โดยเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสอบถาม (ภาคผนวก ข) จากกลุ่มตัวอย่างโดยไม่อาศัยความน่าจะเป็น (Non probability Sampling) ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (Accidental Sampling) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ประชากรที่ทำการวิจัยครั้งนี้คือ บุคลากรที่อยู่ในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาทั้งหมด จำนวน 16,458 คน ทำการหาจำนวนตัวอย่างโดยคำนวณตามสูตรของ Taro และ Yamane (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540) ดังสมการที่ 3.4

$$n = \frac{N}{1 + N\varepsilon^2} \quad (3.4)$$

โดย n หมายถึง ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

N หมายถึง ขนาดประชากร

ε หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อน ในที่นี้กำหนดให้เท่ากับ 0.05 (5%)

ซึ่งจะได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาเท่ากับ 391 คน ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการสุ่มตัวอย่างเป็นจำนวน 402 คน โดยเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสอบถาม (Questionnaire) และหาค่าความเที่ยงตรง (Validity) โดยนำแบบสอบถามให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ได้แก่ รศ.ดร. โยธิน แสงศิริ รศ.ดร.ปริณดา จิตราภรณ์ และผศ.ดร. ไพบุลย์ แจ่มพงษ์ ทำการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) หลังจากนั้นนำมาหาดัชนีความสอดคล้อง (Index of Objective Congruence: IOC) เพื่อปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้อง และมีความเหมาะสมมากขึ้น (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ค) หลังจากนั้นจึงนำแบบสอบถามที่ได้ตรวจสอบแล้วไปทดลองใช้ (Try out) จำนวน 30 คน แล้วนำผลที่ได้มาหาค่าความเชื่อมั่น โดยใช้วิธีหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัค (α -Conbrach) ค่าแอลฟาที่ได้จะแสดงถึงระดับความคงที่ของแบบสอบถามโดยจะมีค่าระหว่าง $0 < \alpha < 1$ ค่าที่ใกล้เคียงกับ 1 มาก แสดงว่ามีความเชื่อมั่นสูง ซึ่งจากการทดสอบแบบสอบถามฉบับนี้ ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.8281 ดังนั้นจึงถือว่ามีความเชื่อมั่นสูง

แบบสอบถาม (Questionnaire) ที่ใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ได้แบ่งออกเป็น 4 ส่วนคือ

- 1) แบบสอบถามที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 9 ข้อ
- 2) แบบสอบถามที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการรับซื้อขยะ จำนวน 17 ข้อ
- 3) แบบสอบถามที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับความพึงพอใจต่อการให้บริการของธนาคารวัสดุรีไซเคิลจำนวน 10 ข้อ โดยมีลักษณะของคำถามให้ผู้ตอบแบบสอบถามแสดงความคิดเห็นที่มีต่อการให้บริการของธนาคารวัสดุรีไซเคิล 5 ระดับ คือ

พึงพอใจมากที่สุด	=	5 คะแนน
พึงพอใจมาก	=	4 คะแนน
พึงพอใจปานกลาง	=	3 คะแนน
พึงพอใจน้อย	=	2 คะแนน
พึงพอใจน้อยที่สุด	=	1 คะแนน

4) แบบสอบถามปลายเปิดเพื่อให้เห็นถึงข้อเสนอแนะและความคิดเห็นที่มีต่อการให้บริการของธนาคารวิศุครีไซเคิลปลายเปิดเพื่อให้เห็นถึงข้อเสนอแนะและความคิดเห็นที่มีต่อการให้บริการของธนาคารวิศุครีไซเคิล

2. การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

- 1) การตรวจสอบข้อมูล (Editing) ผู้วิจัยตรวจสอบความถูกต้องของแบบสอบถามและแยกแบบสอบถามที่ไม่สมบูรณ์ออก เหลือจำนวน 95 ชุด
- 2) การลงรหัส (Coding) นำแบบสอบถามที่ถูกต้องเรียบร้อยแล้ว มาลงรหัสตามที่ได้กำหนดรหัสไว้ล่วงหน้า
- 3) ผู้วิจัยทำการประเมินผลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป (โปรแกรม SPSS)

ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้สถิติ โดยพิจารณาถึงความเหมาะสมของข้อมูลดังนี้

2.1 สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics)

เป็นการแสดงค่าข้อมูล โดยการวิเคราะห์แยกเป็นตารางทางเดียว โดยใช้กับข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม และข้อมูลเกี่ยวกับการรับชื้อขยะ ส่วนค่าทางสถิติที่ใช้ได้แก่

- 1) ค่าเฉลี่ย (Arithmetic mean)

โดยใช้สูตร

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} \quad (3.5)$$

เมื่อ	\bar{X}	แทน	ค่าเฉลี่ย
	$\sum X$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
	n	แทน	ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

เกณฑ์การให้คะแนนการตอบสนองด้านการแสดงความคิดเห็นที่มีต่อความพึงพอใจต่อการให้บริการของธนาคารวิศุครีไซเคิล แบบสอบถามใช้มาตรวัด Likert's Scale โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนแบ่งเป็น 5 ระดับ ดังนี้

พึงพอใจมากที่สุด	=	5 คะแนน
พึงพอใจมาก	=	4 คะแนน
พึงพอใจปานกลาง	=	3 คะแนน

พึงพอใจน้อย = 2 คะแนน

พึงพอใจน้อยที่สุด = 1 คะแนน

การแปลความหมายค่าเฉลี่ย ใช้หลักเกณฑ์แต่ละช่วงเท่ากัน (Class Interval) ซึ่งสามารถคำนวณอันตรภาคชั้น ได้ดังนี้

$$\frac{\text{คะแนนสูงสุด} - \text{คะแนนต่ำสุด}}{\text{จำนวนชั้น}} = \frac{5-1}{5} = 0.8$$

ซึ่งจะได้ค่าเฉลี่ยแต่ละระดับห่างกัน 0.8 และกำหนดความหมายของค่าคะแนนเฉลี่ยแต่ละระดับดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.21 ถึง 5.00 หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.41 ถึง 4.20 หมายถึง พึงพอใจมาก

ค่าเฉลี่ย 2.61 ถึง 3.40 หมายถึง ปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.81 ถึง 2.60 หมายถึง พึงพอใจน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 ถึง 1.80 หมายถึง พึงพอใจน้อยที่สุด

2) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation หรือ S.D) โดยใช้สูตรดังนี้

$$S.D = \sqrt{\frac{n \sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}} \quad (3.6)$$

เมื่อ	S.D.	แทน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนของกลุ่มตัวอย่าง
	X	แทน	คะแนนแต่ละในกลุ่มตัวอย่าง
	n-1	แทน	จำนวนตัวแปรอิสระ
	($\sum X$) ²	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง
	$\sum X^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลัง
	n	แทน	ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

3) ค่าร้อยละ (Percentage) โดยใช้สูตร

$$P = \frac{f}{n} \times 100 \quad (3.7)$$

เมื่อกำหนดให้

P = แทน ร้อยละ

f = แทนความถี่ที่ต้องการแปลงให้เป็นร้อยละ
n = แทนจำนวนความถี่ทั้งหมด

2.2 สถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistics)

เป็นการทดสอบสมมติฐาน และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าสถิติ ดังนี้

1) สถิติที่ใช้ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยใช้วิธีหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Objective Congruence Index: IOC) จากใช้สูตร

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \quad (3.8)$$

เมื่อ IOC หมายถึง ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of item congruency)

R หมายถึง ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ โดยที่

ค่า +1 หมายถึง เห็นด้วย

ค่า 0 หมายถึง ไม่แน่ใจ

ค่า -1 หมายถึง ไม่เห็นด้วย

N หมายถึง จำนวนทรงคุณวุฒิ

2) สถิติที่ใช้ทดสอบความเชื่อมั่นได้ของแบบสอบถาม ค่าความเชื่อถือได้ของเครื่องมือ (Reliability of the test) โดยใช้วิธีหาค่า แอลฟา-ครอนบาค (Alpha-Cronbach Coefficient) (พวงรัตน์ ทีวีรัตน์, 2540)

$$\alpha = \frac{N}{N-1} \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2} \right] \quad (3.9)$$

เมื่อ α = ค่าสัมประสิทธิ์ของความเชื่อถือได้ของเครื่องมือที่ใช้ในการวัด

$\sum S_i^2$ = ผลรวมของความแปรปรวนของคะแนนที่วัดได้จากแต่ละข้อ

S_T^2 = ค่าความแปรปรวนของคะแนนรวมของทุกข้อคำถาม

N = จำนวนข้อคำถามทั้งหมดที่ใช้วัด

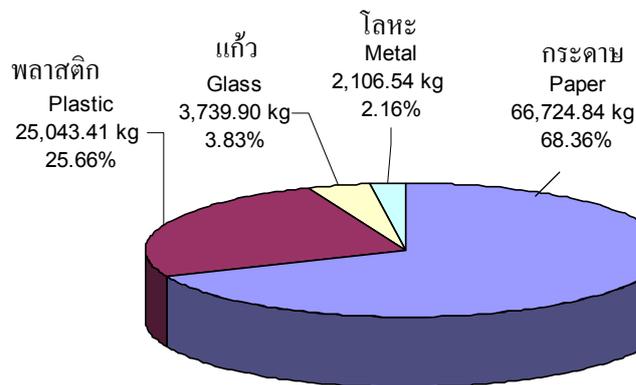
บทที่ 4

ผลการวิจัย

ชนิดและปริมาณขยะ

ปริมาณขยะมูลฝอยทั่วไปที่รวบรวมได้จากการสุ่มซึ่งขยะในวันพุธ (ซึ่งเป็นตัวแทนของวันทำงาน) และวันเสาร์ ในช่วง เดือนสิงหาคมถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2553 ที่สำนักสิ่งแวดล้อม กรุงเทพมหานครเข้ามาเก็บขนออกไปจากมหาวิทยาลัยในแต่ละวัน มีค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานคือ 1279.7 ± 310.2 กิโลกรัม และ 1057.6 ± 377.3 กิโลกรัม สำหรับวันพุธ (ซึ่งเป็นตัวแทนของวันทำงาน) และ วันเสาร์ (ซึ่งเป็นตัวแทนของวันหยุด) ตามลำดับ ในขณะที่วันพุธจะมีปริมาณขยะอยู่ในช่วง 809.00 ถึง 1,723.50 กิโลกรัม และวันเสาร์จะมีปริมาณขยะอยู่ในช่วง 594.00 ถึง 1,841.00 กิโลกรัม และเมื่อคิดรวมทั้งวันพุธและวันเสาร์ จะได้ค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 1180.1 ± 353.8 กิโลกรัม โดยมีปริมาณขยะอยู่ในช่วง 594.00 ถึง 1,841.00 กิโลกรัม

ส่วนปริมาณขยะรีไซเคิลและขยะที่นำมาใช้ซ้ำ ที่ทางธนาคารวัสดุรีไซเคิลของมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทารับซื้อ ในช่วง 21 กรกฎาคม พ.ศ. 2552 จนถึง 31 ธันวาคม พ.ศ. 2553 มีปริมาณทั้งหมดเท่ากับ 97.614 เมตริกตัน โดยมีรายละเอียดดังสรุปในภาพที่ 1 และตารางที่ 3 ซึ่งปริมาณดังกล่าวเทียบเท่ากับ 5.423 เมตริกตันต่อเดือน หรือ 0.1808 เมตริกตัน (180.8 กิโลกรัม) ต่อวัน



ภาพที่ 1 สัดส่วนปริมาณขยะรีไซเคิลและขยะที่นำมาใช้ซ้ำที่ทางธนาคารวัสดุรีไซเคิลรวบรวมได้

ตารางที่ 3 ชนิดและปริมาณขยะรีไซเคิลและขยะที่นำมาใช้ซ้ำ

กลุ่ม	ชนิดของขยะ	หน่วย กิโลกรัม	ปริมาณขยะ	
			สัดส่วน (%)	สัดส่วนในกลุ่ม (%)
กระดาษ	กระดาษขาวดำ	38,353.94	39.29	57.48
	กระดาษลัง/กล่องลัง	8,798.70	9.01	13.19
	สมุดเล่มและเศษกระดาษรวม	16,970.30	17.39	25.43
	กระดาษหนังสือพิมพ์	2,600.90	2.66	3.90
พลาสติก	Poly Ethylene Terephthalate (PET)	12,933.81	13.25	51.65
	Low Density PolyEthylene (LDPE)	5,884.10	6.03	23.50
	High Density PolyEthylene (HDPE)	2,194.05	2.25	8.76
	Polystyrene (PS)	810.40	0.83	3.24
	Poly Vinyl Chloride (PVC)	20.20	0.02	0.08
	พลาสติกรวม	3,200.85	3.28	12.78
แก้ว	แก้ว	3,739.90	3.83	100
โลหะ	เหล็ก	1,609.20	1.65	76.39
	อลูมิเนียม	300.94	0.31	14.29
	อื่นๆ เช่น ทองแดง, สังกะสี, ทองเหลือง	196.40	0.20	9.32
รวม		97,613.69	100.0	-

จากภาพที่ 1 จะเห็นได้ว่าขยะในกลุ่มกระดาษมีมากที่สุด ตามมาด้วย กลุ่มพลาสติก แก้ว และโลหะ ตามลำดับ ในขณะที่ตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าปริมาณขยะที่มากที่สุดสามอันดับแรก ได้แก่ กระดาษขาวดำ สมุดเล่มและเศษกระดาษรวม และพลาสติกชนิด PET

ผลการดำเนินงานของธนาคารวัสดุรีไซเคิล

1. รายรับรายจ่ายของธนาคารวัสดุรีไซเคิล

ผู้วิจัย ได้เก็บรวบรวมข้อมูลรายรับรายจ่ายของธนาคารวัสดุรีไซเคิล มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ข้อมูลทางการเงินของธนาคารวัสดุรีไซเคิลมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

เดือน	ปี	รายรับจากการขายขยะ+ดอกเบี้ยเงินฝาก	รายจ่ายจากการซื้อขยะ	กำไรส่วนต่าง	รายจ่ายอื่นๆทั้งหมด	กำไรสุทธิ
ก.ค.	52	21,461	19,456.85	2,004.15	1,829.00	175.15
ค.ค.	52	59,387	52,942.14	6,444.86	3,658.00	2,786.86
ก.ย.	52	47,422	36,192.	11,230	3,579.00	7,651.00
ต.ค.	52	35,945	26,007	9,938	3,345.00	6,593.00
พ.ย.	52	50,328	39,826	10,502	3,825.00	6,677.00
ธ.ค.	52	67,804.50	51,436.50	16,368	7,800.00	8,568.00
ม.ค.	53	43,441	33,696	9,776	8,150.00	2,076.00
ก.พ.	53	58,276.50	45,562.50	12,714	8,640.00	4,074.00
มี.ค.	53	37,149	20,393	16,756.00	15,272.00	1,484.00
เม.ย.	53	38,924	29,478.70	9,445.30	8,620.00	1,775.30
พ.ค.	53	11,965	10,123.85	1,841.15	1,000.00	841.15
มิ.ย.	53	91,780.90	67,968.77	23,812.13	9,259.00	14,553.13
ก.ค.	53	90,095.97	69,032.02	21,063.95	8,970.00	12,093.95
ส.ค.	53	93,067.50	69,664.89	23,402.61	9,660.00	13,742.61
ก.ย.	53	83,517.50	63,487.67	20,029.83	10,480.00	9,549.83
ต.ค.	53	48,469.50	37,167.28	11,302.22	9,305.00	1,997.22
พ.ย.	53	66,185.50	53,638.59	12,546.91	9,070.00	3,476.91
ธ.ค.	53	71,450.40	57,429.01	14,021.39	10,441.00	3,580.39
					กำไรสุทธิสะสม	<u>101,695.5</u>
					กำไรสุทธิเฉลี่ยต่อเดือน	<u>5,649.75</u>

2. ราคาที่ธนาคารวัสดุรีไซเคิลขายให้ร้านรับซื้อ

ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลราคาขยะที่ทางธนาคารวัสดุรีไซเคิลขายให้ร้านรับซื้อในช่วงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2552 ถึงธันวาคม พ.ศ. 2553 ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ราคาขยะ (ต่อหน่วยนับ) ที่ทางธนาคารวัสดุรีไซเคิลขายให้ร้านรับซื้อ

รายการ	หน่วย นับ	ธนาคารวัสดุรีไซเคิล มหาวิทยาลัยราชภัฏสวน สุนันทา						DPC, 1992	
		(21 ก.ค. 52 - 31 ธ.ค. 53)						ต่ำสุด (บาท)	สูงสุด (บาท)
		จำนวนครั้ง ที่ซื้อขาย	เฉลี่ย (บาท)	SD (บาท)	ต่ำสุด (บาท)	สูงสุด (บาท)			
กระดาษขาวดำ	kg	46	6.42	1.16	4	8	3.2	3.3	
กระดาษลัง+ กล่องลัง	kg	45	4.09	0.66	3	6.5	1.2	1.4	
สมุดเล่ม	kg	44	2.43	0.70	1	4	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล	
เศษกระดาษ	kg	44	2.37	0.64	1	3	0.8	1.1	
หนังสือพิมพ์	kg	39	4.43	0.72	3	5.3	1.3	1.8	
ขวดน้ำดื่ม	ใบ	60	0.65	0.02	0.55	0.7	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล	
พลาสติก*	kg	60	32.17	1.05	27.40	34.87	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล	
ขวดน้ำดื่ม	ใบ	28	0.70	0.01	0.65	0.7	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล	
พลาสติกพิเศษ*	kg	28	36.20	0.49	33.70	36.30	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล	
พลาสติกใส	kg	46	11.13	2.35	6	15	3.2	3.3	
พลาสติกขาวขุ่น	kg	20	13.55	2.28	10	16	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล	
พลาสติกรวม	kg	40	7.81	1.65	1.5	12	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล	
แก้วมาม่า	kg	4	9.00	2.58	6	12	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล	
ถุงพลาสติกเหนียว	kg	10	9.25	1.65	5	10.5	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล	
พลาสติกกรอบ	kg	30	2.73	0.94	2	6	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล	
แก้วน้ำพลาสติก	kg	6	6.67	3.14	3	10	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล	
ปลอกสายไฟ	kg	2	14.00	15.56	3	25	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล	
แผ่น CD	kg	25	9.62	3.89	3	15	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล	

* 1 ใบหนักประมาณ 20 กรัม

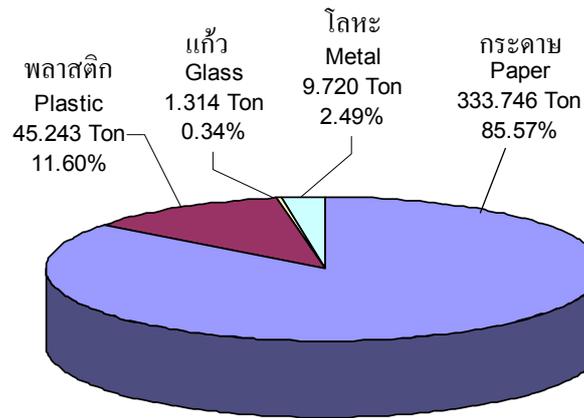
ตารางที่ 5 (ต่อ)

ธนาคารวัสดุไร่ไชเคิล มหาวิทยาลัยราชภัฏสวน								
รายการ	หน่วย นับ	สุันษา (21 ก.ค. 52 - 31 ธ.ค. 53)					DPC, 1992	
		จำนวนครั้ง	เฉลี่ย	SD	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด
		ที่ซื้อขาย	(บาท)	(บาท)	(บาท)	(บาท)	(บาท)	(บาท)
ขวดแก้วใส	kg	35	0.76	0.23	0.5	1	0.2	0.3
ขวดแก้วขุ่น	kg	14	0.68	0.22	0.5	1	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล
ขวดเบียร์สิงห์	ลัง	5	6.00	3.24	1	10	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล
ขวดเบียร์ช้าง	ลัง	3	5.93	4.69	0.8	10	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล
ขวดเบียร์ลิโอ	ลัง	30	8.40	0.72	7	10	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล
ขวดเบียร์ น้ำตาล**	kg	30	1.68	0.14	1.40	2.00	0.1	0.2
ไฮเนเกัน (ลัง)	ลัง	3	10.00	3.46	8	14	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล
เหล้าขาว (ลัง)	ลัง	2	8.50	0.71	8	9	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล
เหล็กบาง	kg	29	7.19	0.99	4	8	1.5	1.6
เหล็กหนา	kg	25	7.76	0.60	6	8	1.5	1.6
สังกะสี	kg	25	2.07	1.58	0.75	7.5	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล
กระป๋อง อลูมิเนียม	kg	40	30.73	3.28	25	35	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล
อลูมิเนียม	kg	17	34.53	3.14	28	40	14.7	17.7
ทองแดง	kg	1	151.00	-	151	151	39.7	49.7
ทองเหลือง	kg	1	80.00	-	80	80	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล

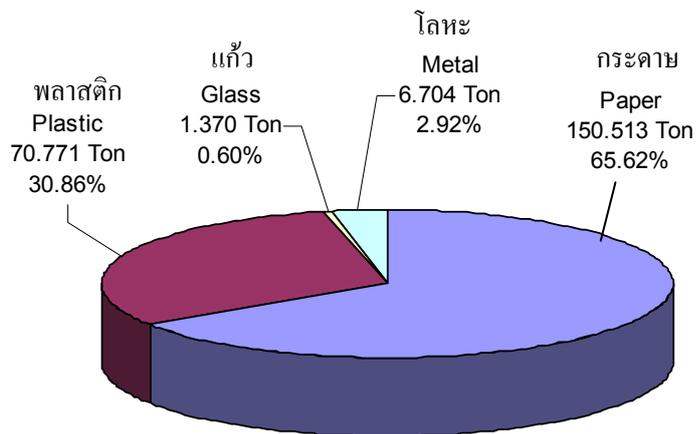
** คัดจากขวดเบียร์ลิโอเป็นตัวแทน โดย 1 ลังจะมีขวดเบียร์หนักประมาณ 5 กิโลกรัม

ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้จากการดำเนินงานของธนาคารวิสตอรี่เซล

สัดส่วนของก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้จากการขยะประเภทต่างๆ เทียบกับการฝังกลบและการเผาด้วยเตาเผาซึ่งคำนวณตั้งรายละเอียดในภาคผนวก ก แสดงดังแผนภูมิในภาพที่ 2 และ 3 ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากการดำเนินงานธนาคารวิสตอรี่เซลเทียบกับการฝังกลบและการเผาด้วยเตาเผาสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 6 และ 7 ตามลำดับ



ภาพที่ 2 สัดส่วนก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงเมื่อเทียบกับการนำขยะไปฝังกลบ



ภาพที่ 3 สัดส่วนก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงเมื่อเทียบกับการนำขยะไปเผาด้วยเตาเผา

ตารางที่ 6 ก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงเมื่อเทียบกับการนำขยะไปฝังกลบ

กลุ่ม	ชนิดของขยะ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้					สัดส่วน MTCO ₂ E (%)
		CO ₂ (เมตริกตัน)	CH ₄ (กิโลกรัม)	CF ₄ (กรัม)	C ₂ F ₆ (กรัม)	MTCO ₂ E (เมตริกตัน)	
กระดาษ	กระดาษขาวดำ	95.275	5059.027	-	-	221.750	56.86
	กระดาษลัง/กล่องลัง	18.473	515.666	-	-	31.364	8.04
	เศษกระดาษ+สมุดเล่ม	42.264	1210.113	-	-	72.517	18.59
	หนังสือพิมพ์	6.171	77.731	-	-	8.114	2.08
พลาสติก	Poly Ethylene Terephthalate (PET)	21.008	80.184	-	-	23.013	5.90
	Low Density PolyEthylene (LDPE)	10.111	58.827	-	-	11.582	2.97
	High Density PolyEthylene (HDPE)	3.049	21.022	-	-	3.575	0.92
	Polystyrene (PS)	1.278	6.964	-	-	1.452	0.37
	Poly Vinyl Chloride (PVC)	0.032	0.174	-	-	0.036	0.01
	พลาสติกผสม (พลาสติกกรรม)	4.935	26.013	-	-	5.585	1.43
	รวม						
แก้ว	ขวดแก้ว	1.290	0.973	-	-	1.314	0.34
โลหะ	เหล็ก	3.141	5.123	-	-	3.269	0.84
	อลูมิเนียม	4.142	6.272	88.5	7.0	5.039	1.29
	สังกะสี,ทองแดง, ทองเหลือง, ฯลฯ	1.197	1.842	20.3	1.6	1.412	0.36
รวม		212.366	7069.9	108.8	8.6	390.024	100.00

ตารางที่ 7 ก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงเมื่อเทียบกับการนำขยะไปเผาด้วยเตาเผา

กลุ่ม	ชนิดของขยะฯ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้					สัดส่วน	
		CO ₂ (เมตริกตัน)	CH ₄ (กิโลกรัม)	CF ₄ (กรัม)	C ₂ F ₆ (กรัม)	C ₂ F ₆ (กิโลกรัม)	MTCO ₂ E (เมตริกตัน)	MTCO ₂ E (%)
กระดาษ	กระดาษขาวดำ	76.146	-15.5	-	-	5.001	77.247	33.68
	กระดาษลัง/กล่องลัง	19.663	-2.2	-	-	1.147	19.949	8.70
	เศษกระดาษ+สมุดเล่ม	44.660	8.7	-	-	2.213	45.535	19.85
	หนังสือพิมพ์	7.582	3.9	-	-	0.339	7.782	3.39
พลาสติก	Poly Ethylene Terephthalate (PET)	35.319	1.4	-	-	-	37.323	16.27
	Low Density PolyEthylene (LDPE)	15.388	58.8	-	-	-	16.858	7.35
	High Density PolyEthylene (HDPE)	5.017	21.0	-	-	-	5.542	2.42
	Polystyrene (PS)	2.062	0.6	-	-	-	2.236	0.97
	Poly Vinyl Chloride (PVC)	0.051	0.2	-	-	-	0.056	0.02
	พลาสติกผสม (พลาสติกรวม)	8.106	1.6	-	-	-	8.756	3.82
	แก้ว	ขวดแก้ว	1.346	1.0	-	-	-	1.370
โลหะ	เหล็ก	0.450	0.3	-	-	-	0.465	0.20
	อลูมิเนียม	4.150	1.7	88.5	7.0	-	5.047	2.20
	สังกะสี,ทองแดง, ทองเหลือง, ฯลฯ	0.985	1.5	20.3	1.6	-	1.192	0.52
รวม		220.9	83.0	108.8	8.6	8.700	229.359	100.00

ความเห็นของบุคลากรในมหาวิทยาลัยต่อการดำเนินโครงการ

ผู้วิจัยได้สรุปความเห็นของบุคลากรในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาต่อการดำเนินโครงการธนาคารวัสดุรีไซเคิลจากแบบสอบถามที่ใช้ในภาคผนวก ข โดยเก็บข้อมูลตัวอย่างจากแบบสอบถามทั้งหมด 402 ชุด ซึ่งแบ่งออกเป็นเพศชาย 81 คน (ร้อยละ 20.15) และเพศหญิง 321 คน (ร้อยละ 79.85) มีอายุผู้ตอบแบบสอบถามเฉลี่ย 32.48 ปี ส่วนรายละเอียดอื่นๆแสดงไว้ในตารางที่ 8 ถึง 30

ตารางที่ 8 แสดงระดับการศึกษาของผู้ตอบแบบสอบถาม

ระดับการศึกษา	จำนวน	ร้อยละ
ไม่ได้เรียน	6	1.49
ประถมศึกษา	90	22.39
มัธยมศึกษาตอนต้น	30	7.46
มัธยมศึกษาตอนปลาย	41	10.20
ปวช.	9	2.24
ปวส.	5	1.24
ปริญญาตรี	180	44.78
อื่นๆ	41	10.20
รวม	402	100

จากตารางที่ 8 พบว่า ระดับการศึกษาของผู้ตอบแบบสอบถาม ไม่ได้รับการศึกษาจำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 1.49 ประถมศึกษาจำนวน 90 คน คิดเป็นร้อยละ 22.39 มัธยมศึกษาตอนต้นจำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 7.46 มัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 41 คน คิดเป็นร้อยละ 10.20 ปวช. จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 2.24 ปวส. จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 1.24 ปริญญาตรีจำนวน 180 คน คิดเป็นร้อยละ 44.78 อื่น ๆ จำนวน 41 คน คิดเป็นร้อยละ 10.20 โดยผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีระดับการศึกษาอยู่ในระดับ ปริญญาตรี มากที่สุด รองลงมาคือ ประถมศึกษา และมัธยมศึกษาตอนปลาย ตามลำดับ

ตารางที่ 9 แสดงอาชีพของผู้ตอบแบบสอบถาม

อาชีพ	จำนวน	ร้อยละ
นักศึกษา	97	24.13
แม่บ้าน	119	29.60
คนสวน/คนขับรถ	3	0.75
บุคลากรสายสนับสนุน	129	32.09
อาจารย์	30	7.46
อื่นๆ	24	5.97
รวม	402	100

จากตารางที่ 9 พบว่า อาชีพของผู้ตอบแบบสอบถามประกอบอาชีพนักศึกษาจำนวน 97 คน คิดเป็นร้อยละ 24.13 แม่บ้าน จำนวน 119 คน คิดเป็นร้อยละ 29.60 คนสวน/คนขับรถจำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 0.75 บุคลากรสายสนับสนุน จำนวน 129 คน คิดเป็นร้อยละ 32.09 และ อาจารย์ จำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 7.46 และ อื่น จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 5.97 โดยผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นแม่บ้าน มากที่สุด รองมาคือ บุคลากรสายสนับสนุน และ นักศึกษา ตามลำดับ

ตารางที่ 10 แสดงสถานภาพความเป็นสมาชิกของธนาคารวิศศิริ ไซเคิลของผู้ตอบแบบสอบถาม

สถานภาพความเป็นสมาชิกของธนาคารวิศศิริ ไซเคิล	จำนวน	ร้อยละ
เป็น	121	30.10
ไม่เป็น	281	69.90
รวม	402	100

จากตารางที่ 10 พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีสถานภาพความเป็นสมาชิกของธนาคารวิศศิริ ไซเคิลจำนวน 121 คน คิดเป็นร้อยละ 30.10 ไม่เป็นสมาชิกของธนาคารวิศศิริ ไซเคิลจำนวน 281 คน คิดเป็นร้อยละ 69.90 โดยผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ไม่เป็นสมาชิกของธนาคารวิศศิริ ไซเคิล

ตารางที่ 11 แสดงรายได้ต่อเดือน (ปัจจุบัน) ของผู้ตอบแบบสอบถาม

รายได้ต่อเดือน (ปัจจุบัน)	จำนวน	ร้อยละ
ต่ำกว่า 5,000 บาท	114	28.36
5,001 – 10,000 บาท	167	41.54
10,001 – 15,000 บาท	84	20.90
15,001 – 20,000 บาท	23	5.72
20,001 – 25,000 บาท	2	0.50
25,001 – 30,000 บาท	6	1.49
มากกว่า 30,000 บาท	6	1.49
รวม	402	100

จากตารางที่ 11 พบว่า รายได้เฉลี่ยต่อเดือนของผู้ตอบแบบสอบถาม มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนต่ำกว่า 5, 000 บาท จำนวน 114 คน คิดเป็นร้อยละ 28.36 รายได้เฉลี่ยต่อเดือนอยู่ระหว่าง 5,001 – 10,000 บาท จำนวน 167 คน คิดเป็นร้อยละ 41.54 รายได้เฉลี่ยต่อเดือนอยู่ระหว่าง 10,001 – 15,000 บาท จำนวน 84 คน คิดเป็นร้อยละ 20.90 รายได้เฉลี่ยต่อเดือนอยู่ระหว่าง 15,001 – 20,000 บาท จำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 5.72 รายได้เฉลี่ยต่อเดือนอยู่ระหว่าง 20,001 – 25,000 บาท จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 0.50 รายได้เฉลี่ยต่อเดือนอยู่ระหว่าง 25,001 – 30,000 บาทจำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 1.49 และรายได้เฉลี่ยต่อเดือนมากกว่า 30,000 บาท จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 1.49 โดยผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนอยู่ระหว่าง 5,001 – 10,000 บาท มากที่สุด รองลงมาคือ มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนต่ำกว่า 5,000 บาท และมีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนอยู่ระหว่าง 10,001 – 15,000 บาท ตามลำดับ

ตารางที่ 12 แสดงรายได้ต่อเดือน (ก่อนดำเนินงานธนาคารวิศุกรีไซเคิล) ของผู้ตอบแบบสอบถาม

รายได้ต่อเดือน (ปัจจุบัน)	จำนวน	ร้อยละ
ต่ำกว่า 5,000 บาท	140	34.83
5,001 – 10,000 บาท	145	36.07
10,001 – 15,000 บาท	82	20.40
15,001 – 20,000 บาท	20	4.98
20,001 – 25,000 บาท	4	0.99
25,001 – 30,000 บาท	6	1.49
มากกว่า 30,000 บาท	5	1.24
รวม	402	100

จากตารางที่ 12 พบว่า รายได้เฉลี่ยต่อเดือนของผู้ตอบแบบสอบถาม(ก่อนดำเนินงานธนาคารวิศุกรีไซเคิล) มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนต่ำกว่า 5, 000 บาท จำนวน 140 คน คิดเป็นร้อยละ 34.83 รายได้เฉลี่ยต่อเดือนอยู่ระหว่าง 5,001 – 10,000 บาท จำนวน 145 คน คิดเป็นร้อยละ 36.07 รายได้เฉลี่ยต่อเดือนอยู่ระหว่าง 10,001 – 15,000 บาท จำนวน 82 คน คิดเป็นร้อยละ 20.40 รายได้เฉลี่ยต่อเดือนอยู่ระหว่าง 15,001 – 20,000 บาท จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 4.98 รายได้เฉลี่ยต่อเดือนอยู่ระหว่าง 20,001 – 25,000 บาท จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 0.99 รายได้เฉลี่ยต่อเดือนอยู่ระหว่าง 25,001 – 30,000 บาทจำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 1.49 และรายได้เฉลี่ยต่อเดือนมากกว่า 30,000 บาท จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 1.24 โดยผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนอยู่ระหว่าง 5,001 – 10,000 บาท มากที่สุด รองลงมาคือ มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนต่ำกว่า 5,000 บาท และมีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนอยู่ระหว่าง 10,001 – 15,000 บาท ตามลำดับ

ตารางที่ 13 แสดงประเภทของขยะส่วนใหญ่ที่นำมาขายให้กับทางธนาคารวัสดุรีไซเคิล

ประเภทของขยะส่วนใหญ่ที่นำมาขายให้กับทาง ธนาคารวัสดุรีไซเคิล	จำนวน	ร้อยละ
กระดาษขาวดำ	100	16.98
กระดาษลัง-กล่องลัง	77	13.07
สมุดเล่ม-เศษกระดาษ	59	10.02
หนังสือพิมพ์	41	6.96
ขวดพลาสติก (ขายแบบนับใบ)	80	13.58
พลาสติกใส (รวมขวดพลาสติกแบบซังกิโ)	39	6.62
พลาสติกรวม	50	8.49
พลาสติกกรอบ	15	2.55
พลาสติกขาวขุ่น (ขวดพลาสติก)	28	4.75
ถุงพลาสติกเหนียว	12	2.04
ขวดแก้วใส	24	4.07
ขวดแก้วขุ่น	9	1.53
ขวดเบียร์	8	1.36
เหล็ก	13	2.21
สังกะสี	2	0.34
อลูมิเนียม	13	2.21
แผ่น CD	18	3.05
อื่นๆ	1	0.17
รวม	589	100

จากตารางที่ 13 พบว่า ประเภทของขยะส่วนใหญ่ที่นำมาขายให้กับทางธนาคารวัสดุรีไซเคิล คือกระดาษขาวดำ จำนวน 100 คน คิดเป็นร้อยละ 16.98 กระดาษลัง-กล่องลัง จำนวน 77 คน คิดเป็นร้อยละ 13.07 สมุดเล่ม-เศษกระดาษ จำนวน 59 คน คิดเป็นร้อยละ 10.02 หนังสือพิมพ์ จำนวน 41 คน คิดเป็นร้อยละ 6.96 ขวดพลาสติก (ขายแบบนับใบ) จำนวน 80 คน คิดเป็นร้อยละ 13.58 พลาสติกใส (รวมขวดพลาสติกแบบซังกิโ) จำนวน 39 คน คิดเป็นร้อยละ 6.62 พลาสติกรวม จำนวน 50 คน คิดเป็น ร้อยละ 8.49 พลาสติกกรอบ จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 2.55 พลาสติกขาวขุ่น (ขวดพลาสติก) จำนวน 28 คน คิดเป็นร้อยละ 4.75 ถุงพลาสติกเหนียว จำนวน 12 คน คิดเป็น

ร้อยละ 2.04 ขวดแก้วใส จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 4.07 ขวดแก้วขุ่น จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 1.53 ขวดเบียร์ จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 1.36 เหล็ก จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 2.21 สังกะสี จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 0.34 อลูมิเนียม จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 2.21 แผ่น CD จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 3.05 และอื่นๆ จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 0.17 โดยประเภทของขยะส่วนใหญ่ที่นำมาขายให้กับทางธนาคารวัสดุรีไซเคิล คือ กระจกขาวดำตาม มากที่สุด รองลงมาคือ พลาสติกใส (รวมขวดพลาสติกแบบซังกิโกล) และ กระจกสี-กล่องสี ตามลำดับ

ตารางที่ 14 แสดงประเภทของขยะที่พบในหน่วยงาน

ประเภทของขยะที่นำมาขายให้กับทางธนาคาร วัสดุรีไซเคิล	จำนวน	ร้อยละ
กระจกขาวดำ	91	16.31
กระจกสี-กล่องสี	67	12.01
สมุดเล่ม-เศษกระจก	51	9.14
หนังสือพิมพ์	41	7.35
ขวดพลาสติก (ขายแบบนับใบ)	77	13.80
พลาสติกใส (รวมขวดพลาสติกแบบซังกิโกล)	38	6.81
พลาสติกรวม	43	7.71
พลาสติกกรอบ	14	2.51
พลาสติกขาวขุ่น (ขวดพลาสติก)	30	5.38
ถุงพลาสติกเหนียว	16	2.87
ขวดแก้วใส	24	4.30
ขวดแก้วขุ่น	12	2.15
ขวดเบียร์	7	1.25
เหล็ก	8	1.43
สังกะสี	5	0.90
อลูมิเนียม	9	1.61
แผ่น CD	20	3.58
อื่นๆ	5	0.90
รวม	558	100

จากตารางที่ 14 พบว่า ประเภทของขยะที่พบในหน่วยงาน คือกระดาษขาวดำ จำนวน 91 คน คิดเป็นร้อยละ 16.31 กระดาษลัง-กล่องลัง จำนวน 67 คน คิดเป็นร้อยละ 12.01 สมุดเล่ม-เศษกระดาษ จำนวน 51 คน คิดเป็นร้อยละ 9.14 หนังสือพิมพ์ จำนวน 41 คน คิดเป็นร้อยละ 7.35 ขวดพลาสติก (ขายแบบนับใบ) จำนวน 77 คน คิดเป็นร้อยละ 13.80 พลาสติกใส (รวมขวดพลาสติกแบบซังกิโกล) จำนวน 38 คน คิดเป็นร้อยละ 6.81 พลาสติกรวม จำนวน 43 คน คิดเป็น ร้อยละ 7.71 พลาสติกกรอบ จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 2.5 พลาสติกขุ่น (ขวดพลาสติก) จำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 5.38 ถุงพลาสติกเหนียว จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 2.87 ขวดแก้วใส จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 4.30 ขวดแก้วขุ่น จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 2.15 ขวดเบียร์ จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 1.25 เหล็ก จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 1.43 สังกะสี จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 0.90 อลูมิเนียม จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 1.61 แผ่น CD จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 3.58 และอื่นๆ จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 0.90 โดยประเภทของขยะที่พบในหน่วยงาน คือกระดาษขาวดำ ตาม มากที่สุด รองลงมาคือ ขวดพลาสติก (ขายแบบนับใบ) และ กระดาษลัง-กล่องลัง ตามลำดับ

ตารางที่ 15 แสดงมูลค่าของขยะที่คาดหวังเมื่อนำมาขายกับธนาคารวัสดุรีไซเคิลแต่ละครั้ง

มูลค่าของขยะที่คาดหวังเมื่อนำมาขายกับ ธนาคารวัสดุรีไซเคิลแต่ละครั้ง	จำนวน	ร้อยละ
สูงกว่าที่คาดไว้	6	4.96
พอดีหรือใกล้เคียงกับที่คาดไว้	89	73.55
ต่ำกว่าที่คาดไว้	26	21.49
รวม	121	100

จากตารางที่ 15 พบว่า มูลค่าของขยะที่คาดหวังเมื่อนำมาขายกับธนาคารวัสดุรีไซเคิลแต่ละครั้งสูงกว่าที่คาดไว้จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 4.96 พอดีหรือใกล้เคียงกับที่คาดไว้ จำนวน 89 คน คิดเป็นร้อยละ 73.55 และ ต่ำกว่าที่คาดไว้ จำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 21.49 โดยผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่คิดว่ามูลค่าของขยะที่คาดหวังเมื่อนำมาขายกับธนาคารวัสดุรีไซเคิลแต่ละครั้งพอดีหรือใกล้เคียงกับที่คาดไว้

ตารางที่ 16 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของจำนวนครั้งและจำนวนเงินที่นำขยะมาขายกับธนาคารในแต่ละเดือน

คำถาม	\bar{X}	S.D.
จำนวนครั้ง	2.19	1.64
จำนวนเงิน	398.53	850.27

จากตารางที่ 16 พบว่า จำนวนครั้งที่นำขยะมาขายกับธนาคาร เฉลี่ย 2.19 ครั้ง/เดือน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.64 ครั้ง/เดือน จำนวนเงินที่นำขยะมาขายกับธนาคารเฉลี่ยครั้งละ 398.53 บาท ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 850.27 บาท

ตารางที่ 17 แสดงรายได้จากการขายขยะเป็นของท่าน

รายได้จากการขายขยะเป็นของท่าน	จำนวน	ร้อยละ
ใช่	100	82.64
ไม่ใช่	21	17.36
รวม	121	100

จากตารางที่ 17 พบว่า รายได้จากการขายขยะเป็นของตนเอง จำนวน 100 คน คิดเป็นร้อยละ 82.64 และไม่เป็นของตนเอง จำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 17.36 โดยรายได้จากการขายขยะส่วนใหญ่เป็นของตนเอง

ตารางที่ 18 แสดงกรณีที่รายได้เป็นของหน่วยงานทางหน่วยงานแบ่งรายได้จากการขายขยะให้หรือไม่

กรณีที่รายได้เป็นของหน่วยงาน ทางหน่วยงานแบ่งรายได้จากการขายขยะให้หรือไม่	จำนวน	ร้อยละ
ไม่ได้ให้	13	61.9
ให้โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์	4	19.0
ให้โดยคิดเป็นจำนวนเงิน	3	14.3
ให้ในรูปแบบผลตอบแทนอื่น ๆ	1	4.8
รวม	21	100

จากตารางที่ 18 พบว่า กรณีที่รายได้เป็นของหน่วยงาน ทางหน่วยงานแบ่งรายได้จากการขายขยะให้ คือ ไม่ได้ให้จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 61.9 ให้โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 19 ให้โดยคิดเป็นจำนวนเงินจำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 14.3 ขึ้นตัววิ่งใน TV จอแบนในมหาวิทยาลัย จำนวน 32 คิดเป็นร้อยละ 15.2 ผ่าน www.ssru.ac.th ให้ในรูปแบบผลตอบแทนอื่น ๆ จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 4.8 โดยหน่วยงานแบ่งรายได้ไม่ได้แบ่งรายได้จากการขายขยะให้มากที่สุด รองลงมาคือ ให้โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ และให้โดยคิดเป็นจำนวนเงิน ตามลำดับ

ตารางที่ 19 แสดงท่านอยากให้ทางธนาคารประชาสัมพันธ์การดำเนินงานรับซื้อขยะและถอนเงินของสมาชิกโดยช่องทางใด

ท่านอยากให้ทางธนาคารประชาสัมพันธ์การดำเนินงานรับซื้อขยะและถอนเงินของสมาชิกโดยช่องทางใด	จำนวน	ร้อยละ
วารสารแก้วเจ้าจอม	209	20.19
ปิดประกาศที่บอร์ดหน้าธนาคารวัดสุริยไชยเกิด	221	21.35
ผ่าน www.eoffice.ssru.ac.th	108	10.44
ขึ้นตัววิ่งใน TV จอแบนในมหาวิทยาลัย	167	16.14
ผ่าน www.ssru.ac.th	124	11.98
แผ่นพับ	104	10.05
เว็บไซต์ของธนาคารวัดสุริยไชยเกิด	76	7.34
อื่นๆ	26	2.51
รวม	1035	100

จากตารางที่ 19 พบว่า ช่องทางที่อยากให้ทางธนาคารประชาสัมพันธ์การดำเนินงานรับซื้อขยะและถอนเงินของสมาชิก คือ วารสารแก้วเจ้าจอมจำนวน 209 คน คิดเป็นร้อยละ 20.19 ปิดประกาศประชาสัมพันธ์ที่บอร์ดหน้าธนาคารวัดสุริยไชยเกิด จำนวน 221 คน คิดเป็นร้อยละ 21.35 ผ่าน www.eoffice.ssru.ac.th จำนวน 108 คน คิดเป็นร้อยละ 10.44 ขึ้นตัววิ่งใน TV จอแบนในมหาวิทยาลัย จำนวน 167 คิดเป็นร้อยละ 16.14 ผ่าน www.ssru.ac.th จำนวน 124 คน คิดเป็นร้อยละ 11.98 แผ่นพับ จำนวน 104 คน คิดเป็นร้อยละ 10.05 เว็บไซต์ของธนาคารวัดสุริยไชยเกิด จำนวน 76 คน คิดเป็นร้อยละ 7.34 และอื่น ๆ จำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 2.51 โดยช่องทางที่อยากให้ทางธนาคารประชาสัมพันธ์การดำเนินงานรับซื้อขยะและถอนเงินของสมาชิก คือ ปิดประกาศ

ประชาสัมพันธ์ที่บอร์ดหน้าธนาคารวิศดุรีไซเคิล มากที่สุด รองลงมาคือ วารสารแก้วเจ้าจอม และ
 ขึ้นตัววิ่งใน TV จอแบนในมหาวิทยาลัย ตามลำดับ

ตารางที่ 20 แสดงความต้องการให้ทางธนาคารวิศดุรีไซเคิล มีสถานที่ประจำสำหรับเจ้าหน้าที่
 ธนาคารเพื่อใช้สำหรับติดต่อ

ความต้องการให้ทางธนาคารวิศดุรีไซเคิล มี สถานที่ประจำสำหรับเจ้าหน้าที่ธนาคารเพื่อใช้ สำหรับติดต่อ	จำนวน	ร้อยละ
ต้องการ	375	93.3
ไม่ต้องการ	27	6.7
รวม	402	100

จากตารางที่ 20 พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความต้องการให้ทางธนาคารวิศดุรีไซเคิล มี
 สถานที่ประจำสำหรับเจ้าหน้าที่ธนาคารเพื่อใช้สำหรับติดต่อจำนวน 92 คน คิดเป็นร้อยละ 96.8
 และไม่ต้องการให้ทางธนาคารวิศดุรีไซเคิล มีสถานที่ประจำสำหรับเจ้าหน้าที่ธนาคารเพื่อใช้
 สำหรับติดต่อ จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 3.2 โดยผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีความต้องการให้
 ทางธนาคารวิศดุรีไซเคิล มีสถานที่ประจำสำหรับเจ้าหน้าที่ธนาคารเพื่อใช้สำหรับติดต่อ

ตารางที่ 21 แสดงความคิดเห็นต่อการเปิดทำการรับซื้อขยะ

ความคิดเห็นต่อการเปิดทำการรับซื้อขยะ	จำนวน	ร้อยละ
มากไป	2	2.1
พอดี	72	75.8
น้อยไป	21	22.1
รวม	402	100

จากตารางที่ 21 พบว่า ความคิดเห็นว่าการเปิดทำการรับซื้อขยะมากเกินไป จำนวน 2 คน
 คิดเป็นร้อยละ 2.1 ความคิดเห็นว่าการเปิดทำการรับซื้อขยะมีความพอดี จำนวน 72 คน คิดเป็นร้อย
 ละ 75.8 และมีความคิดเห็นว่าการเปิดทำการรับซื้อน้อยไป จำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 22.1 โดย
 ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่าการเปิดทำการรับซื้อขยะมีความพอดี

ตารางที่ 22 แสดงความคิดเห็นว่าธนาคารวัสดุรีไซเคิลควรเปิดทำการรับซื้อขยะประมาณสัปดาห์ละ
กี่ครั้งในช่วงเปิดเทอม

แสดงความคิดเห็นว่าธนาคารวัสดุรีไซเคิลควรเปิด ทำการรับซื้อขยะประมาณสัปดาห์ละกี่ครั้งในช่วง เปิดเทอม	จำนวน	ร้อยละ
1 ครั้ง	102	25.37
2 ครั้ง	176	43.78
3 ครั้ง	61	15.18
4 ครั้ง	37	9.20
5 ครั้ง	26	6.47
รวม	402	100

จากตารางที่ 22 พบว่า ความคิดเห็นว่าธนาคารวัสดุรีไซเคิลควรเปิดทำการรับซื้อขยะ
ประมาณสัปดาห์ละ 1 ครั้งในช่วงเปิดเทอม จำนวน 102 คน คิดเป็นร้อยละ 25.37 ธนาคารวัสดุรี
ไซเคิลควรเปิดทำการรับซื้อขยะประมาณสัปดาห์ละ 2 ครั้งในช่วงเปิดเทอม จำนวน 176 คน คิดเป็น
ร้อยละ 43.78 ธนาคารวัสดุรีไซเคิลควรเปิดทำการรับซื้อขยะประมาณสัปดาห์ละ 3 ครั้งในช่วงเปิด
เทอม จำนวน 61 คน คิดเป็นร้อยละ 15.18 ธนาคารวัสดุรีไซเคิลควรเปิดทำการรับซื้อขยะประมาณ
สัปดาห์ละ 4 ครั้งในช่วงเปิดเทอม จำนวน 37 คน คิดเป็นร้อยละ 9.20 และธนาคารวัสดุรีไซเคิลควร
เปิดทำการรับซื้อขยะประมาณสัปดาห์ละ 5 ครั้งในช่วงเปิดเทอมจำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 6.47
โดยผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่ธนาคารวัสดุรีไซเคิลควรเปิดทำการรับซื้อขยะ
ประมาณสัปดาห์ละ 2 ครั้งในช่วงเปิดเทอม มากที่สุด รองลงมาคือสัปดาห์ละ 1 และสัปดาห์ละ 3
ครั้ง ตามลำดับ

ตารางที่ 23 แสดงความคิดเห็นว่าการเปิดให้สมาชิกมาถอนเงิน 1 ครั้งต่อ 2 สัปดาห์ เหมาะสมหรือไม่

แสดงความคิดเห็นว่าการเปิดให้สมาชิกมาถอนเงิน 1 ครั้งต่อ 2 สัปดาห์ เหมาะสมหรือไม่	จำนวน	ร้อยละ
มากไป	17	4.23
พอดี	284	70.65
น้อยไป	101	25.12
รวม	402	100

จากตารางที่ 23 พบว่า ความคิดเห็นว่าการเปิดให้สมาชิกมาถอนเงิน 1 ครั้งต่อ 2 สัปดาห์ มากเกินไป จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 4.23 ความคิดเห็นว่าการเปิดให้สมาชิกมาถอนเงิน 1 ครั้งต่อ 2 สัปดาห์ มีความพอดี จำนวน 284 คน คิดเป็นร้อยละ 70.65 และมีความคิดเห็นว่าการเปิดให้สมาชิกมาถอนเงิน 1 ครั้งต่อ 2 สัปดาห์ น้อยไปจำนวน 101 คน คิดเป็นร้อยละ 25.12 โดยผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่าการเปิดให้สมาชิกมาถอนเงิน 1 ครั้งต่อ 2 สัปดาห์ มีความพอดี

ตารางที่ 24 แสดงความคิดเห็นว่าธนาคารวัสดุรีไซเคิลควรให้สมาชิกถอนเงินในช่วงเปิดเทอมอย่างไร

แสดงความคิดเห็นว่าธนาคารวัสดุรีไซเคิลควรให้สมาชิกถอนเงินในช่วงเปิดเทอมอย่างไร	จำนวน	ร้อยละ
1 ครั้ง/2 สัปดาห์	96	23.88
1 ครั้ง/ สัปดาห์	173	43.03
2 ครั้ง/ สัปดาห์	108	26.87
3 ครั้ง/ สัปดาห์	11	2.74
4 ครั้ง/ สัปดาห์	14	3.48
รวม	402	100

จากตารางที่ 24 พบว่า ความคิดเห็นว่าธนาคารวัสดุรีไซเคิลควรให้สมาชิกถอนเงินในช่วงเปิดเทอม 1 ครั้ง/2 สัปดาห์ จำนวน 96 คน คิดเป็นร้อยละ 23.88 ธนาคารวัสดุรีไซเคิลควรให้สมาชิกถอนเงินในช่วงเปิดเทอม 1 ครั้ง/ สัปดาห์ จำนวน 173 คน คิดเป็นร้อยละ 43.03 ธนาคารวัสดุรีไซเคิลควรให้สมาชิกถอนเงินในช่วงเปิดเทอม 2 ครั้ง/ สัปดาห์ จำนวน 108 คน คิดเป็นร้อยละ 26.87 ธนาคารวัสดุรีไซเคิลควรให้สมาชิกถอนเงินในช่วงเปิดเทอม 3 ครั้ง/ สัปดาห์ จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 2.74 และธนาคารวัสดุรีไซเคิลควรให้สมาชิกถอนเงินในช่วงเปิดเทอม 4 ครั้ง/ สัปดาห์ จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 3.48 โดยผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่าการธนาคารวัสดุรีไซเคิลควรให้สมาชิกถอนเงินในช่วงเปิดเทอม 1 ครั้ง/ สัปดาห์ มากที่สุด รองลงมาคือ 2 ครั้ง/ สัปดาห์ และ 1 ครั้ง/2 สัปดาห์ ตามลำดับ

ตารางที่ 25 แสดงความรู้ว่าทางธนาคารวัสดุรีไซเคิลมีบริการไปรับขยะถึงที่ในวันที่เปิดทำการ ถ้ามีขยะเกิน 70 กิโลกรัมขึ้นไป

แสดงความรู้ว่าทางธนาคารวัสดุรีไซเคิลมีบริการไปรับขยะถึงที่ในวันที่เปิดทำการ ถ้ามีขยะเกิน 70 กิโลกรัมขึ้นไป		
บริการไปรับขยะถึงที่ในวันที่เปิดทำการ ถ้ามีขยะเกิน 70 กิโลกรัมขึ้นไป	จำนวน	ร้อยละ
ทราบ	107	26.62
ไม่ทราบ	295	73.38
รวม	402	100

จากตารางที่ 25 พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามที่ทราบว่าทางธนาคารวัสดุรีไซเคิลมีบริการไปรับขยะถึงที่ในวันที่เปิดทำการ ถ้ามีขยะเกิน 70 กิโลกรัมขึ้นไป จำนวน 107 คน คิดเป็นร้อยละ 26.62 และไม่ทราบว่าทางธนาคารวัสดุรีไซเคิลมีบริการไปรับขยะถึงที่ในวันที่เปิดทำการ ถ้ามีขยะเกิน 70 กิโลกรัมขึ้นไป จำนวน 295 คน คิดเป็นร้อยละ 73.38 โดยผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ไม่ทราบว่าทางธนาคารวัสดุรีไซเคิลมีบริการไปรับขยะถึงที่ในวันที่เปิดทำการ ถ้ามีขยะเกิน 70 กิโลกรัมขึ้นไป

ตารางที่ 26 แสดงความคิดเห็นว่าระยะเวลาการเปิดให้มีการนำขยะมาขาย (ประมาณ 2 ชั่วโมง) มีความเหมาะสมเพียงใด

แสดงความคิดเห็นว่าระยะเวลาการเปิดให้มีการนำขยะมาขาย (ประมาณ 2 ชั่วโมง) มีความเหมาะสมเพียงใด		
นำขยะมาขาย (ประมาณ 2 ชั่วโมง) มีความเหมาะสมเพียงใด	จำนวน	ร้อยละ
นานเกินไป	26	6.47
เหมาะสมแล้ว	201	50.00
น้อยเกินไป	175	43.53
รวม	402	100

จากตารางที่ 26 พบว่า ความคิดเห็นว่าการเปิดให้มีการนำขยะมาขาย (ประมาณ 2 ชั่วโมง) นานเกินไปจำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 6.47 ความคิดเห็นว่าการเปิดให้มีการนำขยะมาขาย (ประมาณ 2 ชั่วโมง) มีความเหมาะสม จำนวน 201 คน คิดเป็นร้อยละ 50.00 และมีความคิดเห็นว่าการเปิดให้มีการนำขยะมาขาย (ประมาณ 2 ชั่วโมง) น้อยเกินไป จำนวน 175 คน คิดเป็นร้อยละ 43.53 โดยผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่าการเปิดให้มีการนำขยะมาขาย (ประมาณ 2 ชั่วโมง) มีความเหมาะสม

ตารางที่ 27 แสดงความคิดเห็นว่าช่วงเวลาการเปิดให้มีการนำขยะมาขาย (ทุกวันพุธประมาณ 11:00 – 13:00 น.) มีความเหมาะสมเพียงใด

ความคิดเห็นต่อช่วงเวลาที่เปิดให้นำขยะมาขาย (ทุกวันพุธ ประมาณ 11:00 – 13:00 น.)	จำนวน	ร้อยละ
เหมาะสม	270	67.16
ไม่เหมาะสม	132	32.84
รวม	402	100

จากตารางที่ 27 พบว่า ความคิดเห็นว่าช่วงเวลาการเปิดให้มีการนำขยะมาขาย (ทุกวันพุธ ประมาณ 11:00 – 13:00 น.) มีความเหมาะสม จำนวน 270 คน คิดเป็นร้อยละ 67.16 และมีความคิดเห็นว่าช่วงเวลาการเปิดให้มีการนำขยะมาขาย (ทุกวันพุธ ประมาณ 11:00 – 13:00 น.) ไม่

เหมาะสมจำนวน 132 คน คิดเป็นร้อยละ 32.84 โดยผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่า ช่วงเวลาการเปิดให้มีการนำขยะมาขาย (ทุกวันพุธ ประมาณ 11:00 – 13:00 น.) มีความเหมาะสม

ตารางที่ 28 แสดงความคิดเห็นว่าระยะเวลาการเปิดให้สมาชิกมาถอนเงิน (ประมาณ 2 ชั่วโมง) มีความเหมาะสมเพียงใด

ความคิดเห็นต่อระยะเวลาที่เปิดให้สมาชิกมา ถอนเงิน (ประมาณ 2 ชั่วโมง)	จำนวน	ร้อยละ
นานเกินไป	19	4.73
เหมาะสมแล้ว	248	61.69
น้อยเกินไป	135	33.58
รวม	402	100

จากตารางที่ 28 พบว่า ความคิดเห็นว่าการเปิดให้สมาชิกมาถอนเงิน (ประมาณ 2 ชั่วโมง) นานเกินไป จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 4.73 ความคิดเห็นว่าการเปิดให้สมาชิกมาถอนเงิน (ประมาณ 2 ชั่วโมง) มีความเหมาะสม จำนวน 248 คน คิดเป็นร้อยละ 61.69 และมีความคิดเห็นว่า การเปิดให้สมาชิกมาถอนเงิน (ประมาณ 2 ชั่วโมง) น้อยเกินไป จำนวน 135 คน คิดเป็นร้อยละ 33.58 โดยผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่า การเปิดให้สมาชิกมาถอนเงิน (ประมาณ 2 ชั่วโมง) มีความเหมาะสม

ตารางที่ 29 แสดงความคิดเห็นว่าช่วงเวลาการเปิดให้สมาชิกมาถอนเงิน (วันพฤหัสบดีประมาณ 11:00 – 13:00 น.) มีความเหมาะสมเพียงใด

แสดงความคิดเห็นว่าช่วงเวลาการเปิดให้สมาชิก มาถอนเงิน (วันพฤหัสบดี ประมาณ 11:00 – 13:00 น.) มีความเหมาะสมเพียงใด	จำนวน	ร้อยละ
เหมาะสม	305	75.87
ไม่เหมาะสม	97	24.13
รวม	402	100

จากตารางที่ 29 พบว่า ความคิดเห็นว่าช่วงเวลาการเปิดให้สมาชิกมาถอนเงิน (วันพฤหัสบดี ประมาณ 11:00 – 13:00 น.) มีความเหมาะสม จำนวน 305 คน คิดเป็นร้อยละ 75.87 และมีความคิดเห็นว่าช่วงเวลาการเปิดให้สมาชิกมาถอนเงิน (วันพฤหัสบดีประมาณ 11:00 – 13:00 น.) ไม่เหมาะสมจำนวน 97 คน คิดเป็นร้อยละ 24.13 โดยผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่าช่วงเวลาการเปิดให้สมาชิกมาถอนเงิน (วันพฤหัสบดีประมาณ 11:00 – 13:00 น.) มีความเหมาะสม

ตารางที่ 30 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความพึงพอใจต่อการให้บริการของ
ธนาคารวิศุทธิ์ไซเคิล

ขั้นตอนการบริการของธนาคาร	\bar{X}	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. การลงทะเบียนรับสมัครสมาชิก	3.378	0.781	พึงพอใจปานกลาง
2. การประชาสัมพันธ์	3.149	0.852	พึงพอใจปานกลาง
3. ขั้นตอนการนำขะมาฝากกับทางธนาคารวิศุทธิ์ไซเคิล	3.276	0.809	พึงพอใจปานกลาง
4. ขั้นตอนการถอนเงินกับทางธนาคารวิศุทธิ์ไซเคิล	3.306	0.753	พึงพอใจปานกลาง
5. ความถี่ในการเปิดให้นำขะมาฝากกับธนาคารวิศุทธิ์ไซเคิล	3.187	0.791	พึงพอใจปานกลาง
6. ความถี่ในการเปิดให้สมาชิกมาถอนเงินกับธนาคารวิศุทธิ์ไซเคิล	3.241	0.820	พึงพอใจปานกลาง
7. ความเหมาะสมของราคาที่ได้จากการขายขะ	3.201	0.836	พึงพอใจปานกลาง
8. สถานที่ในการดำเนินงานรับซื้อขะ	3.170	0.875	พึงพอใจปานกลาง
9. สถานที่ในการถอนเงินจากธนาคารวิศุทธิ์ไซเคิล	3.342	0.807	พึงพอใจปานกลาง
10. ช่องทางในการติดต่อกับทางธนาคารวิศุทธิ์ไซเคิล	3.202	0.880	พึงพอใจปานกลาง
รวม	3.242	0.605	พึงพอใจปานกลาง

จากตารางที่ 30 พบว่า ความพึงพอใจของผู้ตอบแบบสอบถามที่มีต่อการให้บริการของธนาคารวิศุทธิ์ไซเคิลโดยรวมอยู่ในระดับพอใจปานกลาง เมื่อพิจารณาในรายข้อพบว่า ส่วนใหญ่แล้วความพึงพอใจของผู้ตอบแบบสอบถามที่มีต่อการให้บริการของธนาคารวิศุทธิ์ไซเคิล อยู่ในระดับพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลางทุกข้อเช่นเดียวกัน โดยความพึงพอใจที่ผู้ตอบแบบสอบถามมีต่อการให้บริการของธนาคารวิศุทธิ์ไซเคิล มากที่สุด คือ การลงทะเบียนรับสมัครสมาชิก รองลงมาคือ

สถานที่ในการถอนเงินจากธนาคารวิศดุรีไซเคิล ขั้นตอนการถอนเงินกับทางธนาคารวิศดุรีไซเคิล ตามลำดับ (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.378 , 3.342 และ 3.306 ตามลำดับ) ส่วนข้อความที่ผู้ตอบแบบสอบถาม มีความพึงพอใจต่อ การให้บริการของธนาคารวิศดุรีไซเคิล น้อยที่สุดคือ การประชาสัมพันธ์

บทที่ 5

อภิปรายและวิจารณ์ผล

ชนิดและปริมาณขยะ

ธนาคารวัสดุรีไซเคิล มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา รวบรวมปริมาณขยะที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ (Recycle และ Reuse) ได้ทั้งหมด 97.614 เมตริกตัน (0.1808 เมตริกตันต่อวัน) ตั้งแต่เริ่มดำเนินโครงการจนถึงสิ้นปี พ.ศ. 2553 สามารถประหยัดค่าฝังกลบไปได้ประมาณ 97,614 บาท โดยคำนวณจากค่าใช้จ่ายในการดำเนินการฝังกลบคือ ค่าขนส่งประมาณ 500 บาทต่อตันและค่าใช้จ่ายในการฝังกลบประมาณ 500 บาทต่อตัน (สำนักสิ่งแวดล้อม, 2551) ในขณะที่ปริมาณขยะมูลฝอยที่สำนักสิ่งแวดล้อม กรุงเทพมหานคร มาเก็บขนออกไปจากมหาวิทยาลัยในแต่ละวันมีค่าเฉลี่ยประมาณ 1.1801 เมตริกตันต่อวัน ซึ่งหมายความว่าขยะที่สามารถใช้ประโยชน์ได้คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 13.28 เทียบกับปริมาณขยะทั้งหมด (ขยะที่สามารถใช้ประโยชน์ได้รวมกับขยะมูลฝอยที่สำนักสิ่งแวดล้อม กรุงเทพมหานคร มาเก็บขนออกไปในแต่ละวัน) ซึ่งตัวเลขดังกล่าวมีค่าใกล้เคียงกับสัดส่วนขยะรีไซเคิลของกรุงเทพมหานครและของประเทศไทยซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 15 และ 11 ตามลำดับ ในขณะที่ค่าดังกล่าวมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับเมืองอื่นๆเช่น สิงคโปร์ (ร้อยละ 39), โซล (ร้อยละ 45), และฮ่องกง (ร้อยละ 36) แต่สูงกว่าบางเมืองเช่น ปักกิ่ง (<ร้อยละ 10) (World Bank, 2003 และ Wongdeethai and Ertel, 2008) และสูงกว่าชุมชนในเทศบาลตำบลเชิงเคือ เทศบาลเมืองสกลนคร และ เทศบาลตำบลกุมภวาปี ที่ดำเนินการศึกษาโดยสมณพร สุทธิบาก และคณะ (2552) ซึ่งมีอัตราการใช้ประโยชน์มูลฝอยแทนการกำจัดอยู่ในช่วงร้อยละ 2.2 – 11.5

เมื่อพิจารณาปริมาณขยะที่ทางธนาคารวัสดุรีไซเคิลรับซื้อตั้งแต่เริ่มเปิดดำเนินการพบว่า มีค่าเฉลี่ยประมาณ 5,423 กิโลกรัมต่อเดือน ซึ่งนับว่ามีค่ามากเมื่อเทียบกับ ชุมชน ดงพัฒนา, ดอนอุดม 1 และ โพนสว่าง และ แสนสุข 2 ซึ่งมีค่าระหว่าง 155 – 3800 กิโลกรัมต่อเดือน (สมณพร สุทธิบาก และคณะ, 2552)

อย่างไรก็ตามตลอดปี 2553 พบว่ามีธนาคารวัสดุรีไซเคิล มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา รวบรวมขยะได้ทั้งหมด 67,176.15 กิโลกรัม ในขณะที่ในช่วงเวลาดังกล่าว ทางธนาคารวัสดุรีไซเคิลมีสมาชิกที่เปิดบัญชีกับทางธนาคารทั้งหมด 205 บัญชี ซึ่งคิดเฉลี่ยคือ 327.7 กก.ต่อบัญชีต่อปี เมื่อเปรียบเทียบกับชุมชน ดงพัฒนา, ดอนอุดม 1 และ โพนสว่าง และ แสนสุข 2 (สมณพร สุทธิบาก และคณะ, 2552) พบว่าธนาคารวัสดุรีไซเคิล มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทามีอัตราการนำมูล

ฝอยกลับมาใช้ใหม่สูงกว่าชุมชนพัฒนา, คอนอูม 1 และ โพนสว่าง ซึ่งมีค่าระหว่าง 30 – 68 กก.ต่อคนต่อปี แต่ต่ำกว่าชุมชนแสนสุข 2 ซึ่งมีค่าอยู่ที่ 398 กก.ต่อคนต่อปี

เมื่อพิจารณาสัดส่วนของประเภทขยะจากภาพที่ 1 และตารางที่ 3 พบว่าประเภทขยะที่พบเป็นเช่นเดียวกับผลการวิจัยจากแหล่งอื่นๆ กล่าวคือ ขยะส่วนใหญ่ที่พบจะเป็นขยะจำพวก พลาสติก, แก้ว, กระดาษ, และโลหะ จากภาพที่ 1 แสดงให้เห็นว่าขยะประเภทกระดาษมีปริมาณมากที่สุดทั้งนี้เนื่องจากมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาเป็นหน่วยงานด้านการศึกษาดังนั้นจึงเป็นเรื่องปกติมีการใช้กระดาษในหน่วยงานเป็นส่วนมากในการจัดการเรียนการสอน โดยเฉพาะการจัดทำเอกสารเกี่ยวกับการเรียนการสอน โดยจากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่า กระดาษขาวดำมีปริมาณมากที่สุดในขยะกลุ่มกระดาษ ในขณะที่พลาสติก PET มีสัดส่วนมากที่สุดในขยะกลุ่มพลาสติกเนื่องจากมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทามีโรงงานผลิตน้ำดื่มเป็นของตัวเองซึ่งใช้พลาสติก PET เป็นวัตถุดิบในการผลิตขวดน้ำดื่มดังนั้นจึงมีพลาสติกชนิดนี้จำนวนมาก ซึ่งพลาสติกประเภทนี้คิดเป็นสัดส่วนในช่วงร้อยละ 31.1 ถึง 70.8 ของพลาสติกทั้งหมดที่ทางธนาคารวัสดุรีไซเคิลรวบรวมได้ในแต่ละเดือน

อย่างไรก็ตามขวดน้ำดื่มที่ทำจาก PET มีการซื้อขาย 2 รูปแบบคือขายแบบซังน้ำหนักสำหรับขวดที่ไม่ค่อยสะอาดและมีตำหนิหรือเสียหายเช่น บวม หรือ ขาด เป็นต้น และขายแบบนับเป็นใบสำหรับขวดที่มีสภาพดีปานกลางคือขวดที่ยังไม่มีการแกะฉลากรวมถึงแหวนพลาสติก และฝาขวดออกกับขวดที่มีสภาพดีมากคือขวดที่ผ่านการแกะฉลากรวมถึงแหวนพลาสติก และฝาขวดออกแล้ว โดยผู้วิจัยได้ซังน้ำหนักขวดเหล่านี้และได้ข้อมูลดังรายละเอียดต่อไปนี้

- ประเภทขวดน้ำดื่มแบบผสม (ซื้อขายก่อนเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2553) มีน้ำหนักเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 20.1 ± 2.4 กรัมต่อใบ
- ประเภทขวดน้ำดื่มที่ไม่ได้ผ่านการแกะฉลากและฝาขวด (ซื้อขายตั้งแต่เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2553) มีน้ำหนักเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 20.1 ± 1.5 กรัมต่อใบ
- ประเภทขวดน้ำดื่มที่ผ่านการแกะฉลากและฝาขวด (ซื้อขายตั้งแต่เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2553) มีน้ำหนักเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 19.3 ± 1.4 กรัมต่อใบ

จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ก่อนที่ทางธนาคารวัสดุรีไซเคิลจะประสานกับทางร้านรับซื้อให้เพิ่มราคารับซื้อขวดที่ถูกแกะฉลากและฝาขวด ขวดน้ำที่ทางสมาชิคนำมาขายให้กับทางธนาคารวัสดุรีไซเคิล มีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับขวดที่ไม่ได้แกะฉลากและฝาขวด ซึ่งหมายความว่าสมาชิกส่วนใหญ่ไม่ได้คัดแยกสิ่งต่างๆ เหล่านี้ออกจากขวดน้ำดื่มก่อนนำมาขายเนื่องจากไม่มีแรงจูงใจทางด้านราคาที่เพิ่มขึ้นในส่วนของคุณ้ำดื่ม อย่างไรก็ตามอาจมีสมาชิกบางท่านคัดแยกสิ่งต่างๆ เหล่านี้ออกจากขวดน้ำดื่มเพื่อนำไปซังกิโยขายเพิ่มเติมนอกจากการขายตัวขวดที่ขายเป็นใบ

จึงทำให้ข้อมูลที่ได้จากการคำนวณน้ำหนักของขดน้ำผสมมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงกว่าข้อมูลที่ได้จากการคำนวณน้ำหนักขดน้ำค้ำที่ไม่ได้แยกจลาจและฝาชวด ส่วนขดน้ำค้ำที่ผ่านการแยกจลาจและฝาชวดจะมีน้ำหนักเฉลี่ยต่ำกว่าขดที่ไม่ผ่านการแยกประมาณ 0.8 กรัมต่อใบ นอกจากนี้หลังจากทางธนาคารวิศุรีไซเคิลรูปแบบการขายขดน้ำค้ำโดยให้เพิ่มราคาขดที่ถูกแยกจลาจและฝาชวด ผู้วิจัยได้ไปสำรวจภาคสนามพบว่าสมาชิกส่วนใหญ่จะทำการคัดแยกสิ่งต่างๆออกจากขดน้ำค้ำ แสดงให้เห็นว่าการให้ราคาที่สูงขึ้นมีผลต่อพฤติกรรมการแยกขยะของสมาชิก

ในขณะที่ขยะประเภทแก้วนั้นส่วนใหญ่มาจากขดเบียร์ยี่ห้อลิโอซึ่งมีการซื้อขายในหน่วยลัง ซึ่ง 1 ลังจะมีขดประมาณ 12 ใบ โดย 1 ลังจะมีน้ำหนักแก้ว 5 กิโลกรัม และในส่วนของโลหะจะเป็นขยะประเภทเหล็กเป็นส่วนมาก

การวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงเศรษฐศาสตร์

1. B/C Ratio

ผู้วิจัยได้สรุปรายละเอียดต่างๆ ตามความเป็นจริงที่ธนาคารวิศุรีไซเคิลมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาดำเนินการในช่วงเดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2553 และคำนวณค่า B/C Ratio ดังตารางที่ 31

ตารางที่ 31 สรุปผลตอบแทนและค่าใช้จ่ายตามจริงในการดำเนินโครงการธนาคารวิศุรีไซเคิล

ผลตอบแทน	จำนวนเงิน (บาท)	ค่าใช้จ่าย	จำนวนเงิน (บาท)
1. รายรับในรูปแบบเงินสด		1. เงินลงทุน	
- ค่าขายขยะให้กับร้านรับซื้อ	733,735.47	- ค่าเช่าสำหรับซังขยะ	4,500.00
- ดอกเบี้ยเงินฝาก	587.30	- สมุดเงินฝาก	4,000.00
		2. เงินที่ใช้ดำเนินการ	
		- รายจ่ายในการรับซื้อ	557,642.28
		ขยะจากสมาชิก	
		- ค่าตอบแทน	108,867.00
		เจ้าหน้าที่ธนาคาร	
รวม	734,322.77	รวม	675,009.28
Benefit to Cost Ratio = 1.09			

การวิเคราะห์ข้างต้นเป็นการคำนวณจากรายรับและค่าใช้จ่ายจากข้อมูลทางการเงินที่แท้จริงของธนาคารวิศดุรีไซเคิล มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา แต่เพื่อความสมบูรณ์ของเนื้อหาผู้วิจัยจึงเพิ่มรายละเอียดต่างๆ เช่น เงินลงทุนในการซื้อเครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพา, รายได้ที่เกิดจากการลดค่าใช้จ่ายในการนำขยะไปจัดการด้วยวิธีฝังกลบ, ค่าเช่าสถานที่ในการดำเนินการ เป็นต้น ทั้งนี้ในทางปฏิบัติรายรับหรือรายจ่ายดังกล่าวไม่ได้เกิดขึ้นจริงเนื่องจากธนาคารวิศดุรีไซเคิลเป็นโครงการของมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาที่ดำเนินการร่วมกับสถาบันการบรรจุกัญฉัและรีไซเคิลเพื่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นจึงสามารถใช้ทรัพยากรของมหาวิทยาลัยฯ ได้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย เช่น การขอยืมเครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพาจากสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หรือ การใช้สถานที่และสาธารณูปโภคภายในมหาวิทยาลัยเพื่อรับซื้อขยะเป็นต้น ซึ่งรายละเอียดต่างๆ สรุปได้ดังตารางที่ 32

ตารางที่ 32 สรุปผลตอบแทนและค่าใช้จ่ายในการดำเนินโครงการธนาคารวิศดุรีไซเคิลทางทฤษฎี

ผลตอบแทน	จำนวนเงิน (บาท)	ค่าใช้จ่าย	จำนวนเงิน (บาท)
1. รายรับในรูปเงินสด		1. เงินลงทุน	
- ค่าขายขยะให้กับร้านรับซื้อ	733,735.47	- ค่าจ้างสำหรับซั้งขยะ	4,500.00
- ดอกเบี้ยเงินฝาก	587.30	- สมุดเงินฝาก	4,000.00
2. รายรับจากการลดค่าใช้จ่าย		- เอกสารและอุปกรณ์สำนักงาน	500.00
- ค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บขยะ*	33588.00	2. เงินที่ใช้ดำเนินการ	
- ค่าใช้จ่ายในการฝังกลบ*	33588.00	- รายจ่ายในการรับซื้อขยะจากสมาชิก	557,642.28
		- ค่าตอบแทนเจ้าหน้าที่ธนาคาร	108,867.00
		- ค่าเช่าสถานที่และ ค่าใช้สาธารณูปโภค	40,000.00
รวม	802,086.07	รวม	693,663.28

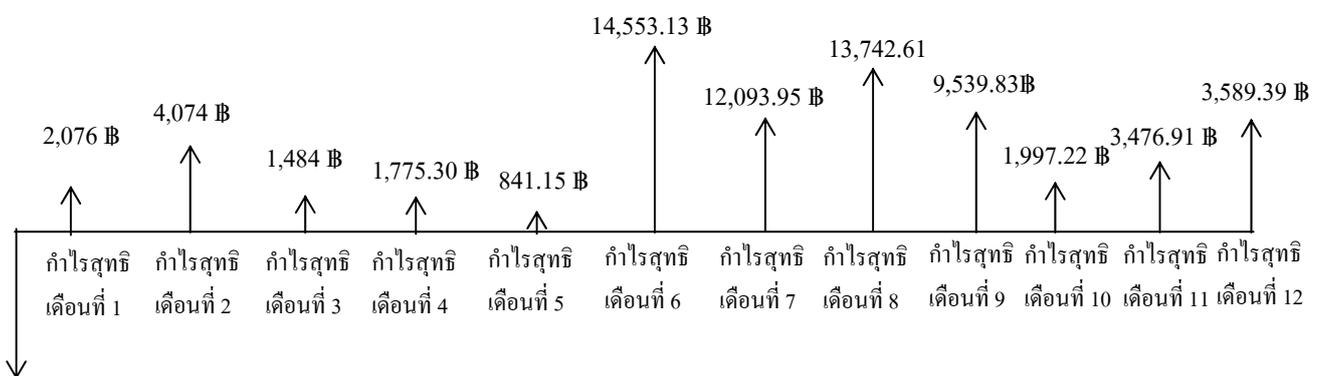
Benefit to Cost Ratio = 1.16

* คิดจากค่าขนส่งขยะไปฝังกลบ 500 บาทต่อตันขยะ และค่าดำเนินการฝังกลบ 500 บาทต่อตันขยะ รวม 1,000 บาทต่อตันขยะ (สำนักสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพมหานคร, 2551) แต่ทางค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บดังกล่าวสำนักสิ่งแวดล้อมกรุงเทพมหานครเป็นผู้รับผิดชอบให้กับทางมหาวิทยาลัย

จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าผลประกอบการธนาคารวิศดุรีไซเคิลมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทามีค่า B/C Ratio อยู่ในช่วง 1.09 – 1.16 ถึงแม้ว่าค่าดังกล่าวอาจไม่มากเมื่อเทียบกับการดำเนินการธุรกิจอื่นๆ เช่น อุตสาหกรรมรีไซเคิลพลาสติกซึ่งมี B/C ratio มากกว่า 1.5 (Muttamara et al., 1994) แต่ก็นับว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดีเนื่องจาก B/C Ratio มีค่ามากกว่า 1 ซึ่งหมายความว่า การดำเนินงานมีผลตอบแทนมากกว่าค่าใช้จ่าย นอกจากนี้เมื่อเทียบกับ ธนาคารขยะชุมชนพบว่า มีค่าสูงกว่าธนาคารขยะชุมชน ดงพัฒนา และ แสนสุข 2 ซึ่งมีค่า B/C Ratio 0.59 และ 0.65 ตามลำดับ แต่มีค่าใกล้เคียงกับธนาคารขยะชุมชนดอนอุ้ม 1 ซึ่งมีค่า B/C Ratio เท่ากับ 1.26 และมีค่าน้อยกว่าธนาคารขยะชุมชน โพนสว่าง ซึ่งมีค่า B/C Ratio เท่ากับ 4.48 (สมณพร สุทธิบาท และคณะ, 2552)

2. Internal Rate of Return

ในเบื้องต้นผู้วิจัยจะวิเคราะห์โดยใช้กำไรสุทธิในแต่ละเดือน (คำนวณจาก กำไรสุทธิ = รายรับทั้งหมด – รายจ่ายทั้งหมดที่ใช้ในการดำเนินงานธนาคาร ดังรายละเอียดในตารางข้อมูลทางการเงินหรือตารางที่ 4) และกำหนดให้กำไรสุทธิของแต่ละเดือนเกิดขึ้นในทุกวันสุดท้ายของแต่ละเดือนเพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ ซึ่งรายละเอียดตามจริงต่างๆ ดังกล่าวมานี้สามารถสรุปเป็นแผนผังกระแสเงินสด (Cash Flow Diagram) ดังแสดงในภาพที่ 4



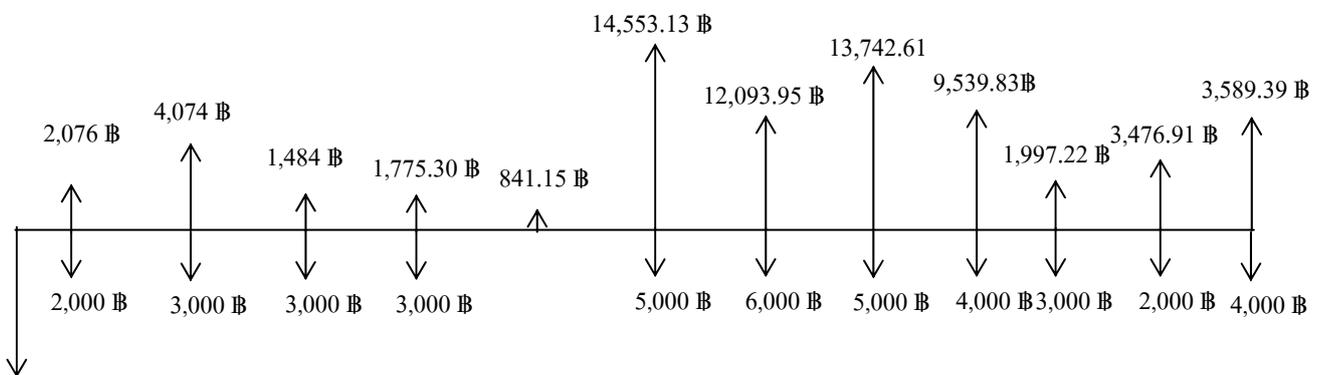
→ เงินลงทุนเริ่มแรกในการจัดตั้งธนาคารวิศดุรีไซเคิลหรือ Total Capital Cost (C_T) จำนวน 8,500 บาท ประกอบด้วยค่าใช้จ่ายต่างๆ ดังนี้

- ค่าเช่าสำหรับช่วงขยะ 4,500 บาท
- ค่าจัดทำสมุดบัญชีเงินฝาก 4000 บาท (500 เล่ม เล่มละ 8 บาท)

ภาพที่ 4 แผนผังกระแสเงินสดของการดำเนินงานธนาคารวิศดุรีไซเคิล

หลังจากนั้นคำนวณค่า IRR โดยใช้สมการที่ (3.2) โดยคำนวณจากข้อมูลแผนผังกระแสเงินสดข้างต้นด้วยฟังก์ชัน Solver ของโปรแกรม Microsoft EXCEL ซึ่งได้ค่า IRR เท่ากับร้อยละ 43.18 ต่อเดือน ซึ่งจัดว่าเป็นผลตอบแทนที่อยู่ในระดับที่ดีมากเมื่อเทียบกับดอกเบี้ยเงินฝากของธนาคารพาณิชย์ทั่วไป และจากแผนผังกระแสเงินสดดังกล่าวทำให้ประมาณการระยะเวลาที่เริ่มคืนทุน (Break Even Point) ของโครงการคือ ตั้งแต่เดือนที่ 4 เป็นต้นไป

เพื่อความสมบูรณ์ของเนื้อหาผู้วิจัยได้คำนวณค่า IRR ในกรณีที่ การคำนึงถึงค่าใช้จ่ายที่ควรจะเป็น เช่น ค่าใช้สถานที่และค่าสาธารณูปโภคในแต่ละเดือน (คิดตามจำนวนครั้งที่เปิดรับซื้อขายอย่างเป็นทางการโดยคิดค่าแบบเหมาจ่าย 1,000 บาทต่อครั้ง) เป็นต้น ดังแสดงรายละเอียดในภาพที่ 5 ต่อไปนี้



→ เงินลงทุนเริ่มแรกในการจัดตั้งธนาคารวัสดุรีไซเคิลหรือ Total Capital Cost (C_T) จำนวน 29,000 บาท ประกอบด้วยค่าใช้จ่ายต่างๆดังนี้

- คอมพิวเตอร์แบบพกพา (Note book) 20,000 บาท
- คาซิ่งสำหรับซังขยะ 4,500 บาท
- ค่าจัดทำสมุดบัญชีเงินฝาก 4,000 บาท (500 เล่ม เล่มละ 8 บาท)
- ชุดเอกสารที่ใช้ในการสมัครสมาชิก 250 บาท

ภาพที่ 5 แผนผังกระแสเงินสดโดยละเอียดของธนาคารวัสดุรีไซเคิล

จากภาพที่ 5 สามารถคำนวณค่า IRR ได้เท่ากับร้อยละ 0.1127 ต่อเดือน หรือเท่ากับร้อยละ 1.35 ต่อปีซึ่งจัดว่าเป็นผลตอบแทนที่อยู่ในระดับที่ดีกว่าดอกเบี้ยเงินฝากของธนาคารพาณิชย์ทั่วไปเล็กน้อย เนื่องจากในช่วงปี พ.ศ. 2553 ดอกเบี้ยเงินฝากประเภทออมทรัพย์ของธนาคารพาณิชย์ทั่วไปมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.5 – 0.75 ต่อปี และจากแผนผังกระแสเงินสดดังกล่าวสามารถประมาณการระยะเวลาที่เริ่มคืนทุน (Break Even Point) ของโครงการคือ ตั้งแต่เดือนที่ 11 เป็นต้นไป

3. รายได้จากการขายวัสดุไซเคิล

จากข้อมูลทางการเงินของธนาคารวัสดุไซเคิลดังตารางที่ 4 พบว่าธนาคารวัสดุไซเคิล มีกำไรสุทธิเฉลี่ยต่อเดือนอยู่ในช่วง 5,000 - 6,000 บาทต่อเดือน จากการสัมภาษณ์เชิงลึกเจ้าหน้าที่ธนาคารวัสดุไซเคิลของมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา สรุปได้ว่ารายได้ของธนาคารวัสดุไซเคิล มาจากส่วนต่างของราคาที่ได้รับซื้อจากสมาชิกกับราคาที่ขายให้กับร้านรับซื้อเท่านั้น แต่ไม่ได้เกิดจากการตัดแยกขยะเพื่อเพิ่มมูลค่าเนื่องจากทางมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาไม่มีโกดังสำหรับเก็บและตัดแยกขยะที่นำมาใช้ประโยชน์ใหม่ ซึ่งธนาคารวัสดุไซเคิลจะมีผลกำไรมากกว่านี้ถ้าหากมีการตัดแยกขยะส่วนกลางและขยะที่สมาชิกลำมาขายอย่างเป็นระบบ ในขณะที่ข้อมูลจากสัมภาษณ์เชิงลึกผู้จัดการธนาคารขยะของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (ศุภย์รังสิต) พบว่าระหว่าง พ.ศ. 2552 - 2553 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (ศุภย์รังสิต) มีกำไรสุทธิจากส่วนต่างราคาขยะเฉลี่ยประมาณเดือนละ 20,000 - 30,000 บาท ในขณะที่กำไรสุทธิจากการตัดแยกขยะส่วนกลางที่โกดังเพื่อเพิ่มมูลค่าก่อนมีค่าเฉลี่ยประมาณเดือนละ 10,000 - 20,000 บาท

เมื่อเปรียบเทียบผลกำไรสุทธิของธนาคารวัสดุไซเคิลที่เกิดจากส่วนต่างราคาขายระหว่างมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทากับมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์พบว่า มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทามีกำไรสุทธิน้อยกว่ามหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์มาก ทั้งนี้เนื่องจากมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทามีขนาดประชากรและปริมาณขยะน้อยกว่ามหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ โดยมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทามีอัตราการเกิดขยะทั้งหมด (ขยะจากส่วนกลางและขยะที่ทางธนาคารวัสดุไซเคิลรวบรวมได้) ประมาณ 1 - 2 ตันต่อวัน ในขณะที่มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์มีอัตราการเกิดขยะประมาณ 6 - 8 ตันต่อวัน

4. ราคาวัสดุไซเคิล

จากตารางที่ 5 พบว่า วัสดุไซเคิลที่มีราคาสูงที่สุดที่ทางธนาคารรับซื้อในช่วงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2552 ถึงธันวาคม พ.ศ. 2553 คือ ทองแดงซึ่งมีราคา 151 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับอดีต ในปี พ.ศ. 2535 (ค.ศ. 1992) พบว่าทองแดงก็เป็นวัสดุไซเคิลที่มีราคาสูงที่สุดเช่นกัน ส่วนขยะที่มีราคาต่ำที่สุดที่ทางธนาคารรับซื้อคือขวดแก้วซึ่งมีราคา 0.5 บาทต่อกิโลกรัม ในขณะที่ 18 ปีที่แล้ว (พ.ศ. 2535) ขวดเบียร์มีราคาต่ำที่สุด ซึ่งสรุปได้ว่าราคาขยะจำพวกแก้วมีราคาต่ำที่สุด

อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบกับอดีตในปี พ.ศ. 2535 พบว่าราคาวัสดุไซเคิลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกรายการซึ่งคาดว่าจะเป็นเกิดจากอัตราเงินเฟ้อและเกิดจากความต้องการของภาคอุตสาหกรรมที่มีความต้องการวัตถุดิบจากของเหลือใช้สำหรับกระบวนการรีไซเคิลเพื่อลด

ต้นทุนจากการใช้วัตถุดิบจากธรรมชาติและเพื่อตอบสนองค่านิยมในการรักษาสิ่งแวดล้อม สำหรับ
ขยะที่มีอัตราการเพิ่มของราคามากที่สุดคือ ขวดเบียร์สีน้ำตาล โดยมีราคาเพิ่มขึ้นจากอดีตประมาณ
ร้อยละ 1033 หรือประมาณ ร้อยละ 57.4 ต่อปี ในขณะที่กระดาษขาวดำมีราคาเพิ่มขึ้นน้อยที่สุดเมื่อ
เทียบกับในอดีตโดยเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 84.6 หรือประมาณร้อยละ 4.45 ต่อปี

ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้จากการดำเนินงานของธนาคารวัสดุรีไซเคิล

การประมาณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงเนื่องจากการดำเนินงานนั้นมีความสำคัญ
อย่างมากเนื่องจาก ก๊าซเรือนกระจกก่อให้เกิดปัญหาภาวะโลกร้อนอันจะนำมาสู่ปัญหาต่างๆ
มากมายที่มีมูลค่าความเสียหายอย่างมหาศาล ดังนั้นการประมาณการลดลงของปริมาณก๊าซเรือน
กระจกจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่บ่งบอกถึงความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ของการดำเนินงานธนาคาร
วัสดุรีไซเคิล

ข้อมูลจากภาพที่ 2 และ 3 และจากตารางที่ 6 และ 7 พบว่าตั้งแต่ธนาคารวัสดุรีไซเคิล
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาเริ่มดำเนินการมาตั้งแต่วันที่ 21 กรกฎาคม 2552 จนถึง 31 ธันวาคม
2553 สามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้ 390.024 เมตริกตันเทียบเท่ากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
จากการรีไซเคิลขยะภายในมหาวิทยาลัย เมื่อเทียบกับการนำขยะเหล่านี้ไปฝังกลบในหลุมฝังกลบ
(เฉลี่ยประมาณ 4.0 เมตริกตันเทียบเท่ากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเมตริกตันขยะ) แต่ถ้าเทียบกับ
การนำขยะเหล่านี้ไปเผาด้วยเตาเผาจะสามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้ 229.359 เมตริกตัน
เทียบเท่ากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (เฉลี่ยประมาณ 2.3 เมตริกตันเทียบเท่ากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
ต่อเมตริกตันขยะ) จากข้อมูลดังกล่าวที่การรีไซเคิลขยะเมื่อเทียบกับการเผาในเตาเผาสามารถลด
ก๊าซเรือนกระจกได้น้อยกว่าการรีไซเคิลขยะเมื่อเทียบกับการฝังในหลุมฝังกลบ แสดงให้เห็นว่าการ
จัดการขยะด้วยวิธีเผาขยะในเตาเผาทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจกมากกว่าการจัดการขยะด้วยวิธีการฝัง
ขยะในหลุมฝังกลบ อย่างไรก็ตามเนื่องจากการจัดการขยะในกรุงเทพมหานครเป็นการจัดการด้วย
วิธีนำไปฝังกลบดังนั้นผู้วิจัยจึงวิเคราะห์ข้อมูลเฉพาะการลดก๊าซเรือนกระจกเมื่อเทียบกับการฝัง
กลบเท่านั้น

ข้อมูลจากภาพที่ 2 แสดงให้เห็นว่าการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเกิดจากขยะกลุ่ม
กระดาษมากที่สุดตามด้วยกลุ่มพลาสติก, โลหะ, และแก้วตามลำดับ เป็นที่น่าสังเกตว่าขยะกลุ่มโลหะ
สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่าขยะกลุ่มแก้วทั้งๆที่ข้อมูลจากภาพที่ 4.1 แสดง
ให้เห็นว่าขยะกลุ่มแก้วมีปริมาณขยะมากกว่ากลุ่มโลหะ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการรีไซเคิลโลหะทำให้เกิด
การลดวัตถุดิบและลดความต้องการการใช้พลังงานมากกว่าการรีไซเคิลแก้วจึงทำให้การรีไซเคิล

ขยะกลุ่มโลหะสามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบวนการผลิตมากกว่าการรีไซเคิล ขยะกลุ่มแก้ว

ข้อมูลจากตารางที่ 6 พบว่าขยะที่สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มากที่สุดในแต่ละกลุ่มขยะ คือ กระจกขาวดำสำหรับขยะกลุ่มกระจก, ขวดพลาสติกประเภท PET สำหรับขยะกลุ่มพลาสติก และ อลูมิเนียมสำหรับขยะกลุ่มโลหะ แต่ขยะที่สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มากที่สุด 3 อันดับแรกเมื่อเทียบกับขยะทั้งหมดมาจากขยะกลุ่มกระจกซึ่งได้แก่ กระจกขาวดำ สมุดเล่มและเศษกระจกรวม และกระจกลัง/กล่องลัง ตามลำดับ

จากการประเมินมูลค่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงโดยใช้ราคาในตลาดคาร์บอน (CER) ซึ่งปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้จะมีมูลค่า 11.5 ยูโรต่อเมตริกตันเทียบเท่ากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2554) และอัตราแลกเปลี่ยน 1 ยูโรเท่ากับ 42.8304 บาท (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2554) จะได้ว่า การดำเนินโครงการธนาคารวัสดุรีไซเคิล จะสามารถลดก๊าซเรือนกระจกคิดเป็นมูลค่าเทียบเท่ากับเงิน 192,106 บาทเมื่อเทียบกับการนำขยะเหล่านี้ไปฝังกลบ

ความเห็นของบุคลากรในมหาวิทยาลัยต่อการดำเนินโครงการและอัตราการมีส่วนร่วม

จากข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามแสดงให้เห็นว่าแม่บ้านหรือพนักงานทำความสะอาดมีความสำคัญต่อการดำเนินโครงการเป็นอย่างมากทั้งนี้เนื่องจากส่วนใหญ่ของสมาชิกธนาคารวัสดุรีไซเคิล คือ กลุ่มอาชีพนี้ ส่วนนักเรียน-นักศึกษา ยังไม่ค่อยมีสัดส่วนการเป็นสมาชิกธนาคารมากนัก ทั้งนี้เนื่องจาก นักศึกษา ไม่มีสถานที่ในการเก็บสะสมขยะให้ได้ปริมาณมากๆ แล้วจึงนำมาขายเหมือนกับทางแม่บ้าน ส่งผลให้ขยะที่นำมาขายแต่ละครั้งมีปริมาณน้อยและรายได้จากการขายขยะน้อยตามไปด้วยทำให้ไม่มีแรงจูงใจมากพอในการคัดแยกขยะ

อย่างไรก็ตามสมาชิกธนาคารวัสดุรีไซเคิล ส่วนใหญ่ พึงพอใจกับราคาที่ทางธนาคารวัสดุรีไซเคิลรับซื้อขยะ โดยแต่ละครั้งสมาชิกนำขยะมาขายเฉลี่ยครั้งละ 463.98 บาท (อยู่ในช่วง 50 – 8,000 บาท) และส่วนมากรายได้จากการขายขยะเป็นของตนเอง ทั้งนี้ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีรายได้เพิ่มขึ้นหลังมีการดำเนินการโครงการธนาคารวัสดุรีไซเคิล ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่าโครงการธนาคารวัสดุรีไซเคิล มีส่วนในการเพิ่มรายได้ให้กับบุคลากรในมหาวิทยาลัย

สำหรับผลสำรวจการดำเนินงานพบว่าสมาชิกส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่าการเปิดทำการรับซื้อขยะ (1 ครั้งต่อสัปดาห์) และถอนเงินที่ดำเนินการอยู่ในปัจจุบัน (1 ครั้งต่อ 2 สัปดาห์) มีความพอดีแต่อยากให้เกิดความถี่ในการดำเนินการคือ เปิดรับซื้อขยะประมาณสัปดาห์ละ 2 ครั้งในช่วง

เปิดทอมและถอนเงินสัปดาห์ละ 1 ครั้ง และสมาชิกร้อยละ 96.8 ต้องการให้ทางธนาคารวิศดุรีไซเคิล มีสถานที่ประจำสำหรับเจ้าหน้าที่ธนาคารเพื่อใช้สำหรับติดต่อ

นอกจากนี้ส่วนใหญ่ไม่ทราบว่าทางธนาคารวิศดุรีไซเคิลมีบริการไปรษณีย์ถึงที่ในวันที่เปิดทำการ ถ้ามีขยะเกิน 70 กิโลกรัมขึ้นไป แสดงว่าธนาคารวิศดุรีไซเคิลยังมีจุดอ่อนในเรื่องการประชาสัมพันธ์ทั้งนี้เนื่องจากทางธนาคารวิศดุรีไซเคิลเองไม่มีเจ้าหน้าที่ซึ่งรับผิดชอบด้านการประชาสัมพันธ์โดยตรงและไม่มีสถานที่ตั้งสำนักงานที่แน่นอนจึงทำให้เป็นอุปสรรคต่อการประชาสัมพันธ์และการแจ้งข่าวสาร อย่างไรก็ตามจากการสำรวจพบว่าความพึงพอใจของสมาชิกที่มีต่อการให้บริการของธนาคารวิศดุรีไซเคิลโดยรวมอยู่ในระดับพอใจปานกลาง และการประชาสัมพันธ์ที่ทางสมาชิกต้องการมากที่สุดคือการปิดประกาศตามบอร์ดต่างๆ

เมื่อพิจารณาอัตราการมีส่วนร่วมของบุคลากรในมหาวิทยาลัยจากข้อมูลสมาชิกและประชากรในมหาวิทยาลัยพบว่า ประชากรมหาวิทยาลัยมีจำนวนทั้งหมด 16,458 คนแต่มีบัญชีที่เปิดกับทางธนาคารทั้งหมด 205 บัญชี ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 1.25 ซึ่งนับน้อยมาก แต่จากศึกษาข้อมูลสมาชิกธนาคารวิศดุรีไซเคิลพบว่า สมาชิกส่วนใหญ่คือพวกแม่บ้านและเจ้าหน้าที่ฝ่ายสนับสนุนวิชาการส่วนนักเรียนและนักศึกษานั้นเข้าร่วมโครงการน้อยมาก ดังนั้นถ้าหากคิดเฉพาะประชากรแม่บ้านและเจ้าหน้าที่ฝ่ายสนับสนุนวิชาการในมหาวิทยาลัยซึ่งมีอยู่ทั้งหมดประมาณ 1,054 คนในขณะที่บัญชีธนาคารวิศดุรีไซเคิลของประชากรกลุ่มนี้มี 174 บัญชี ซึ่งคิดเป็นอัตราการมีส่วนร่วมได้ประมาณร้อยละ 16.51 ซึ่งสูงกว่าชุมชนคงพัฒนา แสนสุข 2 และ โพนสว่าง ซึ่งมีค่าระหว่าง ร้อยละ 9.61 – 12.87 แต่น้อยกว่าชุมชนคอนอุดม 1 ซึ่งมีค่าร้อยละ 23.47 (สมณพร สุทธิบาท และคณะ, 2552)

จากการสัมภาษณ์เชิงลึกเจ้าหน้าที่ธนาคารวิศดุรีไซเคิลพบว่า ทางธนาคารวิศดุรีไซเคิลต้องการการสนับสนุนจากทางมหาวิทยาลัยมากกว่านี้โดยเฉพาะที่ตั่งสำนักงานถาวรของธนาคารวิศดุรีไซเคิล รวมถึงโกดังสำหรับเก็บและคัดแยกขยะที่สามารถใช้ประโยชน์ได้เพื่อเพิ่มมูลค่าของขยะ และเพื่อเก็บขยะที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ที่สมาชิคนำมาขายแต่ไม่สามารถขายให้ทางร้านรับซื้อได้ในบางกรณีที่ร้านรับซื้อเกิดปัญหาไม่สามารถเข้ามารับซื้อในวันที่เปิดธนาคารวิศดุรีไซเคิลได้

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าในช่วงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2552 – ธันวาคม พ.ศ. 2553 โครงการธนาคารวัสดุรีไซเคิล สามารถนำขยะกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้ทั้งสิ้น 97.614 เมตริกตัน ซึ่งเรียงลำดับกลุ่มขยะตามปริมาณที่มากที่สุดไปน้อยสุดคือ กลุ่มกระดาษ พลาสติก แก้ว และโลหะ ตามลำดับ ทั้งนี้สามารถประมาณเป็นอัตราการใช้ประโยชน์ได้ร้อยละ 13.28 ของขยะทั้งหมดได้ โดยสามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ประมาณ 390.024 เมตริกตันเทียบกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เมื่อเทียบกับการนำขยะเหล่านี้ไปฝังกลบ ซึ่งเป็นผลจากขยะประเภทกระดาษ ขวดน้ำดื่มพลาสติก โดยคิดเป็นร้อยละ 56.86 ของปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่สามารถลดได้ และสามารถเรียงลำดับกลุ่มประเภทขยะที่มีผลต่อการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากมากไปน้อยคือ กลุ่มกระดาษ พลาสติก แก้วและโลหะ ตามลำดับ

ผลการศึกษาทางเศรษฐศาสตร์แสดงให้เห็นว่า การดำเนินโครงการมีอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนระหว่าง 1.09 – 1.16 ซึ่งหมายความว่าผลตอบแทนมากกว่าต้นทุน และ IRR เท่ากับร้อยละ 43.18 ต่อเดือน ตามข้อมูลจริงและร้อยละ 1.35 เมื่อคิดค่าใช้จ่ายในทางทฤษฎี และธนาคารมีกำไรสุทธิเฉลี่ยต่อเดือนประมาณ 5,000 – 6,000 บาท ซึ่งเป็นรายได้ที่เกิดจากส่วนต่างของราคาที่ธนาคารวัสดุรีไซเคิลรับซื้อจากสมาชิกในราคาที่ถูกลงกว่าและขายให้ร้านรับซื้อของเก่าภายนอกในราคาที่แพงกว่า

จากการสำรวจความเห็นพบว่าสมาชิกส่วนใหญ่เป็นแม่บ้านและมีรายได้เพิ่มขึ้นหลังการดำเนินงานของธนาคารวัสดุรีไซเคิล และมีความพอใจกับการดำเนินโครงการธนาคารวัสดุรีไซเคิลในระดับปานกลางโดยทางธนาคารวัสดุรีไซเคิลควรเพิ่มการประชาสัมพันธ์ให้มากกว่าเดิม และทางมหาวิทยาลัยควรมีการสนับสนุนสถานที่เพื่อใช้เป็นสำนักงานธนาคารรวมถึงสถานที่สำหรับสร้างโกดังในการเก็บและคัดแยกขยะ

จากผลการวิจัยสรุปได้ว่า ธนาคารวัสดุรีไซเคิลมีความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ทั้งต่อบุคลากรในมหาวิทยาลัย ต่อมหาวิทยาลัยและต่อส่วนรวม เนื่องจากการสร้างรายได้ให้กับบุคลากรรวมถึงเป็นการส่งเสริมการคัดแยกขยะจากต้นทาง นอกจากนี้ยังสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในการจัดการขยะของมหาวิทยาลัยรวมถึงเพิ่มรายได้จากการขายขยะได้อีกทางหนึ่ง และยังประหยัดพื้นที่ในการฝังกลบของประเทศชาติรวมถึงยังสามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น

จากการกำจัดขยะด้วยวิธีฝังกลบหรือการเผาได้อีกด้วยซึ่งทำให้เป็นส่วนหนึ่งในการช่วยลดปัญหาภาวะโลกร้อน ดังนั้นทางมหาวิทยาลัยจึงควรเห็นความสำคัญและให้การสนับสนุนการดำเนินงานของธนาคารวัสดุรีไซเคิล นอกจากนี้ผลการวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานในการจัดการขยะในองค์กรต่างๆ โดยเป็นแนวทางในการกำหนดนโยบายรวมถึงเป็นแนวทางในการดำเนินงานธนาคารวัสดุรีไซเคิลได้

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะต่อการพัฒนาการดำเนินงานโครงการธนาคารวัสดุรีไซเคิลดังนี้

1. ผู้บริหารขององค์กรต่างๆควรให้ความสำคัญและควรส่งเสริมให้มีการจัดตั้งธนาคารวัสดุรีไซเคิลในหน่วยงานของตน รวมถึงสนับสนุนการดำเนินงานธนาคารวัสดุรีไซเคิลในหน่วยงานของตนเนื่องจากมีความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์
2. ควรมีสถานที่สำหรับเก็บขยะสำหรับนักเรียนนักศึกษาเพื่อให้นักศึกษามีส่วนร่วมในการเก็บและคัดแยกขยะและนำมาขายให้กับทางธนาคารวัสดุรีไซเคิลในสถานศึกษา
3. องค์กรต่างๆควรจัดหาสถานที่สำหรับสำนักงานธนาคารวัสดุรีไซเคิลและสร้างโกดังเก็บและคัดแยกขยะที่สามารถใช้ประโยชน์ได้
4. ควรมีการคัดแยกขยะส่วนกลางเพื่อเพิ่มมูลค่าและรายได้ให้ทางธนาคารวัสดุรีไซเคิล
5. ควรมีการประชาสัมพันธ์ให้ทั่วถึง

บรรณานุกรม

- กรมควบคุมมลพิษ. (2550). **คู่มือแนวทางและข้อกำหนดเบื้องต้นการลดและใช้ประโยชน์จากขยะมูลฝอย**. กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- กรมควบคุมมลพิษ. (2552). **ความสำเร็จในการจัดการมลพิษของประเทศไทย**. สืบค้นเมื่อ 1 กรกฎาคม 2552 จาก http://pcd.go.th/info_serv/pol_suc_wastebank.html
- กรมควบคุมมลพิษ. (2553). **รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทยปี พ.ศ. 2551**. กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- กลุ่มพัฒนาการส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม. (2552). **ธนาคารขยะ**. สืบค้นเมื่อ 1 กรกฎาคม 2552 จาก http://hpe4.anamai.moph.go.th/hpe/data/env/global%20warm/knowledge/G%20garbage/recycle_bank.pdf
- คุณากร วาณิชชัยวิรุฬห์. (2550). **โลกร้อนความจริงที่ไม่มีใครอยากฟัง**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มติชน.
- ธนาคารแห่งประเทศไทย. (2554). **อัตราแลกเปลี่ยนประจำวัน**. คาร์บอน. สืบค้นเมื่อ 31 มกราคม 2554 จาก http://www.bot.or.th/thai/statistics/financialmarkets/exchangerate/_layouts/application/exchangerate/exchangerate.aspx
- นිරนัย. (2539). **ปรากฏการณ์เรือนกระจก The Greenhouse Effect**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์สกายบุ๊ก.
- ประสิทธิ์ ตงยิ่งศิริ. (2527) **การวิเคราะห์และประเมินโครงการ**. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- ปรีดา เข้มเจริญวงศ์. (2531). **การจัดการขยะมูลฝอย**. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2540) **วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์**. กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- พิริยะ สะสม. (2551). **ธนาคารขยะและการจัดการปัญหาขยะชุมชน กรณีศึกษา พื้นที่เขตเทศบาลนครลำปาง**. เอกสารประกอบการประชุมเชิงวิชาการนักศึกษานิติศาสตร์และกฎหมายสารสนเทศแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 1.
- มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต. (2552). **คู่มือธนาคารขยะรีไซเคิล**. สืบค้นเมื่อ 1 กรกฎาคม 2552 จาก <http://www.tu.ac.th/org/ofrector/bg-rs/text/ประชาสัมพันธ์คู่มือธนาคารขยะรีไซเคิล.pdf>

- วารุณี ลิขิตสุภิน, เพชรดา เวณุนันท์ และปมทอง มาลากุล ณ อยุธยา. (2554). การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของการจัดมูลฝอยชุมชนด้วยเทคโนโลยีแบบผสมผสาน. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติครั้งที่ 10.
- สมณพร สุทธิบาท, วิลาส นิตวิฒนานนท์, นัฐฐานี ศรีจันทร์ภาส, คมกริช นาใจคง และ เสกสิทธิ์ แก้วสนิท. (2552). ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดำเนินการธนาคารขยะชุมชน: กรณีศึกษาเชิงเปรียบเทียบในเขตพื้นที่เทศบาลตำบลเชียงเคี่ยน เทศบาลเมืองสกลนคร เทศบาลตำบลกุมภวาปี และเทศบาลนครอุดรธานี. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติครั้งที่ 8
- สถานีอนามัยบ้านคอนมูล. (2552). ประสิทธิภาพของการจัดตั้งธนาคารขยะในชุมชน บ้านคอนมูลพัฒนา ตำบลคูใต้ อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน สืบค้นเมื่อ 1 กรกฎาคม 2552 จาก http://www.nno.moph.go.th/web_ssj/km/Research/Sanitation/2551/25104.pdf
- สำนักสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพมหานคร. (2551). สิ่งแวดล้อม...สำหรับอนาคตของคนกรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์ดาวฤกษ์ กรุงเทพมหานคร.
- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. (2553). ก๊าซเรือนกระจก. สืบค้นเมื่อ 1 กรกฎาคม 2553 จาก http://www.tgo.or.th/index.php?option=com_content&task=view&id=38&Itemid=35
- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. (2554). ตลาดคาร์บอน. สืบค้นเมื่อ 31 มกราคม 2554 จาก http://www.tgo.or.th/index.php?option=com_content&task=category§ionid=&id=32&Itemid=56
- อานัติ ต๊ะปินดา. (2553). ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการจัดการขยะมูลฝอย. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Batool, S.A., Chaudhry, N. & Majeed, K. (2008). Economic potential of recycling business in Lahore, Pakistan. **Waste Management**. 28: 294–298.
- Department of Public Cleansing (DPC). (1992). **Public Cleansing Service in Bangkok**. Department of Public Cleansing, Bangkok, Thailand.
- Environmental Resource Limited (ERL). (1988). **Promoting private sector involvement in the production of energy and other useful products from urban solid waste in Bangkok (with other possible applications in other ASEAN countries)**. Commission of the European Communities. Ministry of Industry of Thailand.

- Forster, P., V. Ramaswamy, P. Artaxo, T. Berntsen, R. Betts, D.W. Fahey, J. Haywood, J. Lean, D.C. Lowe, G. Myhre, J. Nganga, R. Prinn, G. Raga, M. Schulz and R. Van Dorland. (2007). Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Gotschall, M.G. (1996). Making big money from garbage; How companies are forming international alliances to recycle trash for profit. **The Columbia Journal of World Business**. Fall:100 – 107.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (1996). **Climate Change 1995, The science of climate change**. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2006). **IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Accessed 2010, August, 1 from <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.htm>.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2007). **Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**, Solomon S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, UK and USA, 996 pp.
- Lou, X.F. & Nair, J. (2009). The impact of landfilling and composting on greenhouse gas emissions – A review. **Bioresource Technology**. 100: 3792–3798.
- Meadows, M., Franklin, F., Campbell, D. & Riemer, P. (1997). Global methane emissions from solid waste disposal sites. In: Ayalon, O., Shechter, M., 2001. Solid waste treatment as a high priority and low-cost alternative for greenhouse gas mitigation. **Environmental Management**. 27: 697–704.
- MIT Global Change Program. (2009). **MIT Global Change Program. Greenhouse Gamble Update Comparison**. Retrieved March 7, 2009 from <http://globalchange.mit.edu/resources/gamble/comparison.html>.

- MIT Global Change Program. (2009). **MIT Global Change Program. Greenhouse Gamble Update Comparison**. Retrived March 7, 2009 from <http://globalchange.mit.edu/resources/gamble/comparison.html>.
- Muttamara, S., Visvanathan, C. & Alwis, K.U. (1994). Solid waste recycling and reuse in Bangkok. **Waste Management & Research**. 12: 151 – 163.
- Pipatti, R. & Wihersaari, M. (1998). Cost-effectiveness of alternative strategies in mitigating the greenhouse impact of waste management in three communities of different size. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**. 2: 337– 358.
- Shah, K.L. (2000). **Basics of solid and hazardous waste management technology**. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Suttibak, S. & Nitivattananon, V. (2008). Assessment of Factors Influencing the Performance of Solid Waste Recycling Programs. **Resources, Conservation and Recycling**. 53: 45-56.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H. & S. Vigil. (1993). **Integrated solid waste management: Engineering principles and management issues**. New Jersey: McGraw-Hill, Inc.
- US. Department for Energy. (2006). **Notes and Instruments for Using the EIA – 1605, Recycling, Source Reduction and Composting Workbook**. Energy Information Administration, USA.
- US.EPA. (2010). **Climate Change – Waste : Model History**. Retrieved 2010, September, 30, fro, http://www.epa.gov/climatechange/wycd/waste/calculators/Model_History.html.
- Wongdeethai, A. & Ertel, J. (2008). The Need for Developing Thresholds for the Recycling Rate of Products in Thailand. In: Schmidt, M., Glasson, J., Emmelin, L., Helbron, H. **Standards and Thresholds for Impact Assessment Standards and Thresholds for Impact Assessment**, Springer-Verlag, 145-156.
- World Bank. (2003). **Thailand environment monitor**. The World Bank, Thailand.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การคำนวณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากการดำเนินงานกิจกรรมต่างๆ

ประเภทของก๊าซเรือนกระจกและหน่วยวัดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ก๊าซเรือนกระจกในฐานข้อมูลได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbondioxide; CO₂) ก๊าซมีเทน (Methane; CH₄) ก๊าซเปอร์ฟลูออโรมีเทน (Perfluoromethane; CF₄), ก๊าซ เปอร์ฟลูออโรอีเทน (Perfluoroethane; C₂F₆), และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (NitrousOxide; N₂O) ซึ่งนิยมนิยามงานผลปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเหล่านี้ในรูปของเมตริกตันเทียบเท่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Metric Ton of CO₂ Equivalent; MTCO₂E) ซึ่งคำนวณโดยใช้ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อน (Global Warming Potential, GWP) สำหรับก๊าซ CH₄ , CF₄ , C₂F₆ , และ N₂O เท่ากับ 25, 7,390 , 12,200 , และ 298 เท่าของ CO₂ ตามลำดับ (Forster et al., 2007) โดยสามารถคำนวณโดยใช้สูตรดังต่อไปนี้*

$$[MTCO_2E] = [CO_2] + 25[CH_4] + 7390[CF_4] + 12200[C_2F_6] + 298[N_2O]$$

เมื่อ [MTCO₂E] คือปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดในหน่วยเมตริกตันเทียบเท่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในขณะที่ [CO₂], [CH₄], [CF₄], [C₂F₆], และ [N₂O] คือปริมาณก๊าซ CO₂, CH₄, CF₄, C₂F₆, และ N₂O ในหน่วยเมตริกตันตามลำดับ

แต่ในบางครั้งก็มีการรายงานผลในรูปของเมตริกตันเทียบเท่าของคาร์บอน (Metric Ton of Carbon Equivalent; MTCE) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับ MTCO₂E ดังสมการต่อไปนี้

$$[MTCE] = \frac{12}{44} [MTCO_2E] \quad \text{หรือ} \quad 1 \text{ MTCE} = 3.6667 \text{ MTCO}_2\text{E}$$

$$[MTCO_2E] = \frac{44}{12} [MTCE] \quad \text{หรือ} \quad 1 \text{ MTCO}_2\text{E} = 0.2727 \text{ MTCE}$$

เมื่อ [MTCE] คือปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดในหน่วยเมตริกตันเทียบเท่าของคาร์บอน

* หมายเหตุ ในฐานข้อมูลของ US-EPA ใช้ GWP ค่าเก่า แต่ในเอกสารนี้ผู้วิจัยได้ดัดแปลงโดยใช้ค่าใหม่ของ IPCC ในการคำนวณ

GHGs	GWP เก่า	GWP ใหม่
CO ₂	1	1
CH ₄	21	25
CF ₄	6,500	7,390
C ₂ F ₆	9,200	12,200
N ₂ O	310	298

ตารางที่ ก-1 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (เมตริกตันก๊าซต่อเมตริกตันขยะ) จากการลดขยะที่แหล่งกำเนิด

	Source Reduction						
	CO ₂	CH ₄	CF ₄	C ₂ F ₆	N ₂ O	MTCO ₂ E	MTCE
วัสดุ	1	25	7,390	12,200	298		
อลูมิเนียม	-8.38	-0.0129	-0.0002	-10 ⁻⁵	0	-9.9938	-2.7256
เหล็ก	-3.4209	-0.0038	0	0	0	-3.516	-0.9589
แก้ว	-0.5359	-0.0008	0	0	0	-0.5561	-0.1517
High Density Poly Ethylene	-1.7106	-0.0114	0	0	0	-1.9949	-0.5441
Low Density Poly Ethylene	-2.2205	-0.0126	0	0	0	-2.5362	-0.6917
Polyethylene terephthalate	-2.1246	-0.008	0	0	0	-2.325	-0.6341
กระดาษลัง	-2.8379	-0.0015	0	0	0	-2.8746	-0.784
กระดาษนิตยสาร	-4.6464	-0.0031	0	0	0	-4.7234	-1.2882
กระดาษหนังสือพิมพ์	-4.3517	-0.004	0	0	0	-4.4506	-1.2138
กระดาษขาวดำ	-3.9428	-0.0018	0	0	0	-3.9886	-1.0878
กระดาษสมุดโทรศัพท์	-5.5715	-0.0045	0	0	0	-5.6829	-1.5499
สมุดเล่ม	-5.1407	-0.0039	0	0	0	-5.2389	-1.4288
ท่อนไม้	-2.2162	-0.0002	0	0	0	-2.2205	-0.6056
แผ่นไม้อัด	-2.4127	-0.0006	0	0	0	-2.4281	-0.6622
เศษอาหาร	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
เศษไม้จากการแต่งสวน	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
หญ้า	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ใบไม้	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
เศษกิ่งไม้	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
เศษกระดาษ ทั่วไป	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
กระดาษรวมจากแหล่งที่อยู่อาศัย	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
กระดาษรวมจากสำนักงาน	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
โลหะผสม	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
พลาสติกผสม	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
อื่นๆ	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
สารอินทรีย์อื่นๆ	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ขยะรวม	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
พรม	-3.7862	-0.01	0	0	-0.0016	-4.5137	-1.231
คอมพิวเตอร์	-60.865	-0.1079	0	0	0	-63.563	-17.335
อีฐมวอลเบา (อีฐดินเผา)	-0.3053	-0.0006	0	0	0	-0.3211	-0.0876
เศษหิน	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
เก้าอี้ลอย	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

ตารางที่ ก-2 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (เมตริกตันก๊าซต่อเมตริกตันขยะ) จากการรีไซเคิลขยะ

	Source Reduction						
	CO ₂	CH ₄	CF ₄	C ₂ F ₆	N ₂ O	MTCO ₂ E	MTCE
วัสดุ	1	25	7390	12200	298		
อลูมิเนียม	-13.7206	-0.0208	-2.94x10 ⁻⁴	-2.34x10 ⁻⁵	0	-16.7017	-4.5550
เหล็ก	-1.9096	-0.0032	0	0	0	-1.9892	-0.5425
แก้ว	-0.3026	-0.0003	0	0	0	-0.3091	-0.0843
High Density Poly Ethylene	-1.3474	-0.0096	0	0	0	-1.5869	-0.4328
Low Density Poly Ethylene	-1.6760	-0.0100	0	0	0	-1.9260	-0.5253
Polyethylene terephthalate	-1.5819	-0.0062	0	0	0	-1.7369	-0.4737
กระดาษลัง	-3.0229	0.0003	0	0	0	-3.0166	-0.8227
กระดาษ นิตยสาร	-2.9803	0.0000	0	0	0	-2.9810	-0.8130
กระดาษ หนังสือพิมพ์	-3.8088	-0.0015	0	0	0	-3.8466	-1.0491
กระดาษขาวดำ	-2.7453	0.0004	0	0	0	-2.7352	-0.7460
กระดาษสมุด โทรศัพท์	-3.6547	-0.0012	0	0	0	-3.6842	-1.0048
สมุดเล่ม	-3.0209	-0.0001	0	0	0	-3.0234	-0.8246
ท่อนไม้	-2.7069	0.0001	0	0	0	-2.7042	-0.7375
แผ่นไม้อัด	-2.7244	0.0000	0	0	0	-2.7240	-0.7429
เศษอาหาร	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
เศษไม้จากการแต่งสวน	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
หญ้า	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ใบไม้	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
เศษกิ่งไม้	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
เศษกระดาษ ทั่วไป	-3.4803	-0.0007	0	0	0	-3.4971	-0.9537
กระดาษรวมจาก แหล่งที่อยู่อาศัย	-3.4803	-0.0007	0	0	0	-3.4971	-0.9537
กระดาษรวมจาก สำนักงาน	-3.3566	-0.0005	0	0	0	-3.3693	-0.9189
โลหะผสม	-6.0518	-0.0094	-1.03 x10 ⁻⁴	-8.21x10 ⁻⁶	0	-7.1490	-1.9497
พลาสติกผสม	-1.4993	-0.0081	0	0	0	-1.7025	-0.4643
อื่นๆ	-3.0953	-0.0008	-5.48x10 ⁻⁶	-4.36 x10 ⁻⁷	0	-3.1622	-0.8624
สารอินทรีย์อื่นๆ	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ขยะรวม	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
พรม	-5.9204	-0.0152	0	0	-5.88x10 ⁻³	-8.0538	-2.1965
คอมพิวเตอร์	-2.5670	-0.0040	-4.75 x10 ⁻⁵	-3.78 x10 ⁻⁶	0.0000	-3.0626	-0.8353
อิฐมวลเบา (อิฐดินเผา)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
เศษหิน	-0.0086	0.0000	0	0	0.0000	-0.0087	-0.0024
ถ้ำลอย	-0.9476	-0.0006	0	0	0.0000	-0.9622	-0.2624

NA หมายถึง ไม่มีการศึกษาสำหรับวัสดุประเภทนั้นๆ

* ค่าติดลบ หมายถึงกิจกรรมดังกล่าว สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ เช่น การลดการใช้กระดาษขาวดำ 1 ตันจะลดการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ ได้ประมาณ 3.9428 ตัน

** วัสดุบางประเภทที่ไม่มีในรายการอาจใช้ค่าที่เป็นตัวแทน (proxy) โดยศึกษาจากคู่มือ Notes and Instruments for Using the EIA – 1605, Recycling, Source Reduction and Composting Workbook เช่น พลาสติก Poly Styrene และ plastic PVC

ค่าสัดส่วนของ PS คำนวณจากสูตร ค่าสัดส่วนของ PS = (ค่าสัดส่วนของ PET+ค่าสัดส่วนของ LDPE+ค่าสัดส่วนของ HDPE)/3
ค่าสัดส่วนของ PVC คำนวณจากสูตร ค่าสัดส่วนของ PVC = (ค่าสัดส่วนของ PET+ค่าสัดส่วนของ LDPE+ค่าสัดส่วนของ HDPE)

ตารางที่ ก-3 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (เมตริกตันก๊าซต่อเมตริกตันขยะ) จากการฝังกลบขยะในหลุมฝังกลบขยะ (ค่าเฉลี่ยหลุมฝังกลบทั่วไปในอเมริกา)

	CO ₂	CH ₄	MTCO ₂ E	MTCE
วัสดุ	1	25		
อลูมิเนียม	0.042355	0	0.042355	0.011551
เหล็ก	0.042355	0	0.042355	0.011551
แก้ว	0.042355	0	0.042355	0.011551
High Density Poly Ethelyne	0.042355	0	0.042355	0.011551
Low Density Poly Ethelyne	0.042355	0	0.042355	0.011551
Polyethylene terephthalate	0.042355	0	0.042355	0.011551
กระดาษลัง	-0.923424	0.058858	0.548038	0.149465
กระดาษนิตยสาร	-1.163892	0.032274	-0.357036	-0.097374
กระดาษหนังสือพิมพ์	-1.436347	0.028374	-0.727002	-0.198273
กระดาษขาวดำ	-0.26119	0.132309	3.046536	0.830873
กระดาษสมุดโทรศัพท์	-1.436347	0.028374	-0.727002	-0.198273
สมุดเล่ม	-0.26119	0.132309	3.046536	0.830873
ท่อนไม้	-0.81382	0.018624	-0.348232	-0.094972
แผ่นไม้อัด	-0.81382	0.018624	-0.348232	-0.094972
เศษอาหาร	-0.082123	0.036698	0.835323	0.227815
เศษไม้จากการแต่งสวน	-1.0047	0.019921	-0.50667	-0.138183
หญ้า	-0.451186	0.023481	0.135833	0.037045
ใบไม้	-1.562997	0.018225	-1.107376	-0.302012
เศษกิ่งไม้	-0.81382	0.018624	-0.348232	-0.094972
เศษกระดาษ ทั่วไป	-0.933316	0.064106	0.669322	0.182542
กระดาษรวมจากแหล่งที่อยู่อาศัย	-0.97273	0.059472	0.514061	0.140199
กระดาษรวมจากสำนักงาน	-0.866058	0.070798	0.903882	0.246513
โลหะผสม	0.042355	0	0.042355	0.011551
พลาสติกผสม	0.042355	0	0.042355	0.011551
อื่นๆ	-0.82624	0.051382	0.45831	0.124994
สารอินทรีย์อื่นๆ	-0.559152	0.028023	0.14143	0.038572
ขยะรวม	-0.391178	0.03135	0.392578	0.107067
พรม	0.042355	0	0.042355	0.011551
คอมพิวเตอร์	0.042355	0	0.042355	0.011551
อิฐมวลเบา (อิฐดินเผา)	0.042355	0	0.042355	0.011551
เศษหิน	0.042355	0	0.042355	0.011551
เก้าอี้ลอย	0.042355	0	0.042355	0.011551

* ค่าบวก หมายถึงกิจกรรมดังกล่าว เป็นการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเช่น การฝังกลบกระดาษขาวดำ 1 ตันจะมีการปล่อยก๊าซ CH₄ ประมาณ 0.132309 ตัน (แต่ลดการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ ได้ประมาณ 0.26119 ตัน)

ตารางที่ ก-4 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (เมตริกตันก๊าซต่อเมตริกตันขยะ) จากการเผา
ขยะในเตาเผา (Combustion)

วัสดุ	CO ₂ 1	CH ₄ 25	N ₂ O 298	MTCO ₂ E	MTCE
อลูมิเนียม	0.068864379	0	0	0.068864	0.018781194
เหล็ก	-1.629901105	-0.002807895	0	-1.7001	-0.46366322
แก้ว	0.057248238	0	0	0.057248	0.015613156
High Density Poly Ethylene	0.939119356	0	0	0.939119	0.256123461
Low Density Poly Ethylene	0.939119356	0	0	0.939119	0.256123461
Polyethylene terephthalate	1.148808494	0	0	1.148808	0.313311407
กระดาษลัง	-0.788174535	0	0.000130381	-0.74932	-0.20436028
กระดาษ นิตยสาร	-0.580826411	0	0.000130381	-0.54197	-0.14781079
กระดาษหนังสือพิมพ์	-0.893532938	0	0.000130381	-0.85468	-0.23309439
กระดาษขวดา	-0.759947312	0	0.000130381	-0.72109	-0.19666195
กระดาษสมุดโทรศัพท์	-0.893532938	0	0.000130381	-0.85468	-0.23309439
สมุดเล่ม	-0.759947312	0	0.000130381	-0.72109	-0.19666195
ท่อนไม้	-0.934189433	0	0.000130381	-0.89534	-0.24418253
แผ่นไม้อัด	-0.934189433	0	0.000130381	-0.89534	-0.24418253
เศษอาหาร	-0.245352246	0	0.000130381	-0.2065	-0.05631784
เศษไม้จากการแต่งสวน	-0.295301655	0	0.000130381	-0.25645	-0.0699404
หญ้า	-0.295301655	0	0.000130381	-0.25645	-0.0699404
ใบไม้	-0.295301655	0	0.000130381	-0.25645	-0.0699404
เศษกิ่งไม้	-0.295301655	0	0.000130381	-0.25645	-0.0699404
เศษกระดาษ ทั่วไป	-0.791227257	0	0.000130381	-0.75237	-0.20519284
กระดาษรวมจากแหล่งที่อยู่อาศัย	-0.787720344	0	0.000130381	-0.74887	-0.20423641
กระดาษรวมจากสำนักงาน	-0.72492813	0	0.000130381	-0.68607	-0.18711126
โลหะผสม	-1.034125532	-0.001823135	0	-1.0797	-0.2944647
พลาสติกผสม	1.032980209	0	0	1.03298	0.281721875
อื่นๆ	-0.707650401	-9.67752E-05	0.000112144	-0.67665	-0.18454115
สารอินทรีย์อื่นๆ	-0.271179155	0	0.000130381	-0.23233	-0.06336154
ขยะรวม	-0.194749879	-8.92549E-05	0.000130381	-0.15813	-0.04312575
พรม	0.367277967	0	0	0.367278	0.100166718
คอมพิวเตอร์	-0.209652364	-0.000803058	0	-0.22973	-0.06265331
อิฐมวลเบา (อิฐดินเผา)	NA	NA	NA	NA	NA
เศษหิน	NA	NA	NA	NA	NA
ถ้ำลอย	NA	NA	NA	NA	NA

ตารางที่ ก-5 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (เมตริกตันก๊าซต่อเมตริกตันขยะ) จากการหมักขยะ (Composting)

	CO ₂	MTCO ₂ E	MTCE
วัสดุ	1		
อลูมิเนียม	0	0	0
เหล็ก	0	0	0
แก้ว	0	0	0
High Density Poly Ethylene	0	0	0
Low Density Poly Ethylene	0	0	0
Polyethylene terephthalate	0	0	0
กระดาษลัง	0	0	0
กระดาษ			
นิตยสาร	0	0	0
กระดาษหนังสือพิมพ์	0	0	0
กระดาษขาวดำ	0	0	0
กระดาษสมุดโทรศัพท์	0	0	0
สมุดเล่ม	0	0	0
ท่อนไม้	0	0	0
แผ่นไม้อัด	0	0	0
เศษอาหาร	-0.218366017	-0.218366017	-0.05955
เศษไม้จากการแต่งสวน	-0.218366017	-0.218366017	-0.05955
หญ้า	-0.218366017	-0.218366017	-0.05955
ใบไม้	-0.218366017	-0.218366017	-0.05955
เศษกิ่งไม้	-0.218366017	-0.218366017	-0.05955
เศษกระดาษ ทั่วไป	NA	NA	NA
กระดาษรวมจากแหล่งที่อยู่อาศัย	NA	NA	NA
กระดาษรวมจากสำนักงาน	NA	NA	NA
โลหะผสม	NA	NA	NA
พลาสติกผสม	NA	NA	NA
อื่นๆ	NA	NA	NA
สารอินทรีย์อื่นๆ	-0.218366017	-0.218366017	-0.05955
ขยะรวม	0	0	0
พรม	0	0	0
คอมพิวเตอร์	0	0	0
อีฐมวอลเบา (อีฐดินเผา)	0	0	0
เศษหิน	0	0	0
เก้าอี้ลอย	0	0	0

การคำนวณการเปลี่ยนแปลงการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การคำนวณว่า การจัดการขยะด้วยวิธีเดิม เมื่อเปลี่ยนเป็นวิธีใหม่จะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHGs) เช่นไร

ให้เอาค่าการปลดปล่อย GHGs ของวิธีใหม่ ตั้งแล้วลบด้วยค่าการปลดปล่อย GHGs ของวิธีเดิม

ซึ่งเขียนเป็นสูตรได้คือ

$$\text{การเปลี่ยนแปลงการปล่อยก๊าซเรือนกระจก} = \text{ค่าการปลดปล่อย GHGs ของวิธีใหม่} - \text{ค่าการปลดปล่อย GHGs ของวิธีเดิม}$$

เช่น

ถ้าแต่ก่อน จัดการกับขยะที่เป็นกระดาษขาวดำ 3 ตัน ด้วยวิธีการฝังกลบ แต่ ต่อมาภายหลังจัดการด้วยวิธี รีไซเคิล จะคำนวณการเปลี่ยนแปลงก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดในหน่วย MTCO₂E ได้

$$\begin{aligned} & \text{โดยเอา } 3 \times (-2.7352) - 3 \times (3.046536) = -17.345208 \text{ MTCO}_2\text{E} \\ & \qquad \qquad \qquad \text{<จากตาราง ที่ 2>} \qquad \qquad \text{<จากตารางที่ 3>} \\ & \qquad \qquad \qquad \text{รีไซเคิล} \qquad \qquad \text{ฝังกลบ} \end{aligned}$$

หมายความว่า การจัดการกระดาษขาวดำ 3 ตันด้วยวิธี รีไซเคิล จะสามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้เทียบเท่ากับ 17.345208 เมตริกตันของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

อย่างไรก็ตามผู้เขียนได้ทำตารางสรุปในส่วนที่เป็นการจัดการขยะด้วยการรีไซเคิลเทียบกับการฝังกลบ และเผาด้วยเตาเผาเนื่องจากพบได้บ่อยในการจัดการขยะต่างๆ ไปดังตารางที่ ก-6 และ ก-7

ตารางที่ ก-6 ก๊าซเรือนกระจกที่เปลี่ยนแปลงจากการรีไซเคิลเมื่อเทียบกับการนำขยะ 1 ตันไปฝัง
กลบ

กลุ่ม	ชนิดของขยะฯ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เปลี่ยนไป					
		CO ₂ (เมตริกตัน)	CH ₄ (กิโลกรัม)	CF ₄ (กรัม)	C ₂ F ₆ (กรัม)	N ₂ O (กิโลกรัม)	MTCO ₂ E (เมตริกตัน)
กระดาษ	กระดาษขาวดำ	-2.48409	-131.904	-	-	-	-5.78169
	กระดาษลัง/กล่องลัง	-2.09946	-58.6071	-	-	-	-3.56464
	เศษกระดาษ+สมุดเล่ม	-2.4905	-71.3077	-	-	-	-4.27319
	หนังสือพิมพ์	-2.37246	-29.8864	-	-	-	-3.11961
พลาสติก	Poly Ethylene Terephthalate (PET)	-1.62427	-6.19959	-	-	-	-1.77926
	Low Density PolyEthylene (LDPE)	-1.71838	-9.99767	-	-	-	-1.96833
	High Density PolyEthylene (HDPE)	-1.38977	-9.58123	-	-	-	-1.6293
	Polystyrene (PS)*	-1.57747	-8.59283	-	-	-	-1.79229
	Poly Vinyl Chloride (PVC)*	-1.57747	-8.59283	-	-	-	-1.79229
	พลาสติกผสม (พลาสติกกรวม)	-1.54168	-8.12704	-	-	-	-1.74486
แก้ว	ขวดแก้ว	-0.34496	-0.26011	-	-	-	-0.35146
โลหะ	เหล็ก	-1.95193	-3.18355	-	-	-	-2.03152
	อลูมิเนียม	-13.76291	-20.84282	-294.23	-23.42	-	-16.74409
	สังกะสี,ทองแดง,ทองเหลือง,ฯลฯ	-6.09417	-9.37685	-103.19	-8.21	-	-7.19138

* ค่าสัดส่วนของ PS คำนวณจากสูตร ค่าสัดส่วนของ PS = (ค่าสัดส่วนของ PET+ค่าสัดส่วนของ LDPE+ค่า
สัดส่วนของ HDPE)/3

ค่าสัดส่วนของ PVC คำนวณจากสูตร ค่าสัดส่วนของ PVC = (ค่าสัดส่วนของ PET+ค่าสัดส่วนของ LDPE+ค่า
สัดส่วนของ HDPE)/3

ตารางที่ ก-7 ก๊าซเรือนกระจกที่เปลี่ยนแปลงจากการรีไซเคิลเมื่อเทียบกับการนำขยะ 1 ตัน ไปเผา
ด้วยเตาเผา

กลุ่ม	Types of Recycled Wastes	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้					
		CO ₂ (เมตริกตัน)	CH ₄ (กิโลกรัม)	CF ₄ (กรัม)	C ₂ F ₆ (กรัม)	N ₂ O (กิโลกรัม)	MTCO ₂ E (เมตริกตัน)
กระดาษ	กระดาษขาวดำ	-1.98534	0.40535	-	-	-0.13038	-2.01406
	กระดาษลัง/กล่องลัง	-2.23471	0.25144	-	-	-0.13038	-2.26728
	เศษกระดาษ+สมุดเล่ม	-2.63163	-0.51011	-	-	-0.13038	-2.68323
	หนังสือพิมพ์	-2.91527	-1.51258	-	-	-0.13038	-2.99194
พลาสติก	Poly Ethylene Terephthalate (PET)	-2.73072	-0.1048	-	-	-	-2.88571
	Low Density PolyEthylene (LDPE)	-2.61515	-9.99767	-	-	-	-2.86509
	High Density PolyEthylene (HDPE)	-2.28653	-9.58123	-	-	-	-2.52606
	Polystyrene (PS)*	-2.54413	-0.77656	-	-	-	-2.75895
	Poly Vinyl Chloride (PVC)*	-2.54413	-8.59283	-	-	-	-2.75895
	พลาสติกผสม (พลาสติกกรวม)	-2.5323	-0.51365	-	-	-	-2.73548
แก้ว	ขวดแก้ว	-0.35985	-0.26011	-	-	-	-0.36636
โลหะ	เหล็ก	-0.27967	-0.17773	-	-	-	-0.28907
	อลูมิเนียม	-13.7894	-5.73592	-294.23	-23.42	-	-16.7706
	สังกะสี, ทองแดง, ทองเหลือง, ฯลฯ	-5.01769	-7.55371	-103.19	-8.21	-	-6.06932

* ค่าสัดส่วนของ PS คำนวณจากสูตร ค่าสัดส่วนของ PS = (ค่าสัดส่วนของ PET+ค่าสัดส่วนของ LDPE+ค่า
สัดส่วนของ HDPE)/3

ค่าสัดส่วนของ PVC คำนวณจากสูตร ค่าสัดส่วนของ PVC = (ค่าสัดส่วนของ PET+ค่าสัดส่วนของ LDPE+ค่า
สัดส่วนของ HDPE)/3

ภาคผนวก ข

แบบสอบถามที่ใช้ในการวิจัย

โครงการวิจัยเรื่อง การประเมินความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ของการดำเนินโครงการธนาคาร
วัสดุรีไซเคิลภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

แบบสอบถามงานวิจัย

ตอนที่ 1. ข้อมูลทั่วไป

1. เพศ
 หญิง ชาย
2. อายุ (ระบุ)..... ปี
3. ศาสนา (ระบุ)
 พุทธ คริสต์ อิสลาม อื่นๆ.....(ระบุ)
4. สถานภาพ
 โสด สมรส
 หม้าย หย่า/แยก
5. ระดับการศึกษาสูงสุด
 ไม่ได้เรียน ประถมศึกษา
 มัธยมศึกษาตอนต้น มัธยมศึกษาตอนปลาย
 ปวช. ปวส.
ปริญญาตรี อื่นๆ (ระบุ).....
6. อาชีพ
 นักศึกษา แม่บ้าน คนสวน/คนขับรถ
 บุคลากรสายสนับสนุน อาจารย์ อื่นๆ
(ระบุ).....
7. เป็นสมาชิกของธนาคารขยะหรือไม่
 เป็น ไม่เป็น
8. รายได้ต่อเดือน (ปัจจุบัน)
 ต่ำกว่า 5,000 บาท ระหว่าง 5,001 – 10,000 บาท
 ระหว่าง 10,001 – 15,000 บาท ระหว่าง 15,001 – 20,000 บาท
 ระหว่าง 20,001 – 25,000 บาท ระหว่าง 25,001 – 30,000 บาท
 มากกว่า 30,000 บาท

9. รายได้ต่อเดือน (ก่อนดำเนินการธนาคารขยะ)

- ต่ำกว่า 5,000 บาท
- ระหว่าง 5,001 – 10,000 บาท
- ระหว่าง 10,001 – 15,000 บาท
- ระหว่าง 15,001 – 20,000 บาท
- ระหว่าง 20,001 – 25,000 บาท
- ระหว่าง 25,001 – 30,000 บาท
- มากกว่า 30,000 บาท

ตอนที่ 2. ข้อมูลเกี่ยวกับการรับซื้อขยะ

สำหรับ
สมาชิก

10. ส่วนใหญ่ท่านนำขยะแห่ง ประเภทใดมาขายให้กับทางธนาคารขยะบ้าง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

- กระดาษขาวดำ
- กระดาษสี-กล่องสี
- สมุดเล่ม-เศษกระดาษ
- หนังสือพิมพ์
- ขวดพลาสติก (ขายแบบนับใบ)
- พลาสติกใส (รวมขวดพลาสติกแบบซังกิโล)
- พลาสติกรวม
- พลาสติกกรอบ
- พลาสติกขาวขุ่น (ขวดพลาสติก)
- ขวดพลาสติกเหนียว
- ขวดแก้วใส
- ขวดแก้วขุ่น
- ขวดเบียร์
- เหล็ก
- สังกะสี
- อลูมิเนียม
- แผ่น CD
- อื่นๆ โปรดระบุ.....

11. ท่านพบขยะแห่งประเภทใดในหน่วยงานที่ท่านทำงานบ้าง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

- กระดาษขาวดำ
- กระดาษสี-กล่องสี
- สมุดเล่ม-เศษกระดาษ
- หนังสือพิมพ์
- ขวดพลาสติก (ขายแบบนับใบ)
- พลาสติกใส (รวมขวดพลาสติกแบบซังกิโล)
- พลาสติกรวม
- พลาสติกกรอบ
- พลาสติกขาวขุ่น (ขวดพลาสติก)
- ขวดพลาสติกเหนียว
- ขวดแก้วใส
- ขวดแก้วขุ่น
- ขวดเบียร์
- เหล็ก
- สังกะสี
- อลูมิเนียม
- แผ่น CD
- อื่นๆ โปรดระบุ.....

สำหรับสมาชิก
ธนาคารขยะ

12. โดยรวมแล้วท่านคิดว่ามูลค่าของขยะที่ท่านนำมาขายกับธนาคารวัสดุรีไซเคิลแต่ละครั้งมีมูลค่าเป็นอย่างไร

- สูงกว่าที่คาดไว้
- พอดีหรือใกล้เคียงกับที่คาดไว้
- ต่ำกว่าที่คาดไว้
- อื่นๆ (ระบุ).....

13. ในแต่ละเดือนท่านนำขยะมาขายกับทางธนาคารเฉลี่ยประมาณกี่ครั้งและขายได้ครั้งละประมาณกี่บาท

- ไม่เคยเลย* เคย (ระบุจำนวนครั้ง)ครั้ง

*ถ้าตอบไม่เคย

แต่ละครั้งเป็นเงินเฉลี่ยประมาณ.....บาท

ให้ข้ามไปข้อ 16

สำหรับ
สมาชิก

14. ในการนำขยะมาขายแต่ละครั้ง รายได้จากการขายขยะเป็นของท่านหรือไม่

- ใช่ (ข้ามไปข้อ 16)
 ไม่ใช่ (ตอบข้อ 15 ด้วย)

สำหรับ
สมาชิก

15. ในกรณีที่รายได้เป็นของหน่วยงาน ทางหน่วยงานแบ่งรายได้จากการขายขยะให้กับท่านหรือไม่

- ไม่ได้ให้
 ให้ โดยคิดเป็น(ระบุโดยประมาณ)% ของยอดที่ท่านขายได้
 ให้ โดยคิดเป็นเงินจำนวน(ระบุโดยประมาณ)บาทต่อครั้งที่ท่านนำมาขาย
 ให้ในรูปแบบตอบแทนอื่นๆ (โปรดระบุ).....

16. ท่านอยากให้ทางธนาคารประชาสัมพันธ์การดำเนินงานรับซื้อขยะและถอนเงินของสมาชิกโดยช่องทางใด

โดยเรียงลำดับตามความต้องการจากมากไปน้อย (ต้องการมากที่สุดให้เป็นเลข 1)

- วารสารแก้วเจ้าจอม ปิดประกาศประชาสัมพันธ์ที่บอร์ดหน้าธนาคารวัดสุตรีไชเคิล
 ผ่าน www.eoffice.ssru.ac.th
 ขึ้นตัววิ่งใน TV จอแบนในมหาวิทยาลัย ผ่าน www.ssru.ac.th แผ่นพับ
 เว็บไซต์ของธนาคารวัดสุตรีไชเคิล
 อื่นๆ โปรดระบุ

17. ท่านต้องการให้ทางธนาคารวัดสุตรีไชเคิล มีสถานที่ประจำสำหรับเจ้าหน้าที่ธนาคารเพื่อใช้สำหรับติดต่อหรือไม่

- ต้องการ ไม่ต้องการ

18. ในปัจจุบันธนาคารขยะเปิดทำการรับซื้อขยะทั่วไปสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ท่านคิดว่าเหมาะสมหรือไม่

- มากไป พอดี น้อยไป

19. ท่านคิดว่าธนาคารวัดสุตรีไชเคิลควรเปิดทำการรับซื้อขยะประมาณสัปดาห์ละกี่ครั้งในช่วงเปิดเทอม

- 1 ครั้ง 2 ครั้ง 3 ครั้ง 4 ครั้ง 5 ครั้ง

20. ในปัจจุบันธนาคารขยะเปิดให้สมาชิกมาถอนเงิน 1 ครั้งต่อ 2 สัปดาห์ ท่านคิดว่าเหมาะสมหรือไม่

- มากไป พอดี น้อยไป

21. ท่านคิดว่าธนาคารวัดสุตรีไชเคิลควรให้สมาชิกถอนเงินในช่วงเปิดเทอมอย่างไร

- 1 ครั้ง/2 สัปดาห์ 1 ครั้ง/สัปดาห์ 2 ครั้ง/สัปดาห์
 3 ครั้ง/สัปดาห์ 4 ครั้ง/สัปดาห์

ตอนที่ 3 ความพึงพอใจต่อการให้บริการของธนาคารขยะ

ขั้นตอนการบริการของธนาคาร	ระดับความพึงพอใจ/ความเหมาะสม				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
11. การลงทะเบียนรับสมัครสมาชิก					
12. การประชาสัมพันธ์					
13. ขั้นตอนการนำขยะมาฝากกับทางธนาคารวัสดุรีไซเคิล					
14. ขั้นตอนการถอนเงินกับทางธนาคารวัสดุรีไซเคิล					
15. ความถี่ในการเปิดให้นำขยะมาฝากกับธนาคารวัสดุรีไซเคิล					
16. ความถี่ในการเปิดให้สมาชิกมาถอนเงินกับธนาคารวัสดุรีไซเคิล					
17. ความเหมาะสมของราคาที่ได้จากการขายขยะ					
18. สถานที่ในการดำเนินงานรับซื้อขยะ					
19. สถานที่ในการถอนเงินจากธนาคารวัสดุรีไซเคิล					
20. ช่องทางในการติดต่อกับทางธนาคารวัสดุรีไซเคิล					

ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นเพิ่มเติมต่อการดำเนินงานของธนาคารวัสดุรีไซเคิล

.....

.....

.....

.....

ขอขอบคุณที่ท่านให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม

คณะผู้วิจัย

ภาคผนวก ค

การตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม

แบบสอบถามสำหรับบุคลากรของมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ประเด็นที่ศึกษา	ข้อที่	ข้อความ	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ			ค่า IOC
			คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	
ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับการรับซื้อขยะ	10	ส่วนใหญ่ที่ท่านนำขยะแห้ง ประเภทใดมาขายให้กับทางธนาคารขยะบ้าง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)	1	1	1	1.0
	11	ท่านพบขยะแห้งประเภทใดในหน่วยงานที่ท่านทำงานบ้าง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)	1	1	1	1.0
	12	โดยรวมแล้วท่านคิดว่ามูลค่าของขยะที่ท่านนำมาขายกับธนาคารวัสดุรีไซเคิลแต่ละครั้งมีมูลค่าเป็นอย่างไร	1	1	1	1.0
	13	ในแต่ละเดือนท่านนำขยะมาขายกับทางธนาคารเฉลี่ยประมาณกี่ครั้งและขายได้ครั้งละประมาณกี่บาท	1	1	1	1.0
	14	ในการนำขยะมาขายแต่ละครั้ง รายได้จากการขายขยะเป็นของท่านหรือไม่	1	1	1	1.0
	15	ในกรณีที่รายได้เป็นของหน่วยงาน ทางหน่วยงานแบ่งรายได้จากการขายขยะให้กับท่านหรือไม่	1	1	1	1.0
	16	ท่านอยากให้ทางธนาคารประชาสัมพันธ์การดำเนินงานรับซื้อขยะและกองทุนของสมาชิก โดยช่องทางใด โดยเรียงลำดับตามความต้องการจากมากไปน้อย (ต้องการมากที่สุดให้เป็นเลข 1)	1	1	1	1.0

ประเด็นที่ศึกษา	ข้อที่	ข้อความถาม	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ			ค่า IOC
			คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	
ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับการรับซื้อขยะ	17	ท่านต้องการให้ทางธนาคารวิศดุรีไซเคิล มีสถานที่ประจำสำหรับเจ้าหน้าที่ธนาคารเพื่อใช้สำหรับติดต่อหรือไม่	1	1	1	1.0
	18	ในปัจจุบันธนาคารขยะเปิดทำการรับซื้อขยะทั่วไปสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ท่านคิดว่าเหมาะสมหรือไม่	1	1	1	1.0
	19	ท่านคิดว่าธนาคารวิศดุรีไซเคิลควรเปิดทำการรับซื้อขยะประมาณสัปดาห์ละกี่ครั้งในช่วงเปิดเทอม	1	1	1	1.0
	20	ในปัจจุบันธนาคารขยะเปิดให้สมาชิกมาถอนเงิน 1 ครั้งต่อ 2 สัปดาห์ ท่านคิดว่าเหมาะสมหรือไม่	1	1	1	1.0
	21	ท่านคิดว่าธนาคารวิศดุรีไซเคิลควรให้สมาชิกถอนเงินในช่วงเปิดเทอมอย่างไร	1	1	1	1.0
	22	ท่านทราบหรือไม่ว่าถ้าท่านมีขยะเกิน 70 กิโลกรัมขึ้นไป ทางธนาคารวิศดุรีไซเคิลมีบริการไปรับขยะถึงที่ในวันที่เปิดทำการ	1	1	1	1.0
	23	ท่านคิดว่าระยะเวลาการเปิดให้มีการนำขยะมาขาย (ประมาณ 2 ชั่วโมง) มีความเหมาะสมเพียงใด	1	1	1	1.0
	24	ท่านคิดว่าช่วงเวลาการเปิดให้มีการนำขยะมาขาย (ทุกวันพุธ ประมาณ 11:00 – 13:00 น.) มีความเหมาะสมเพียงใด	1	1	0	0.7
	25	ท่านคิดว่าระยะเวลาการเปิดให้สมาชิกมาถอนเงิน (ประมาณ 2 ชั่วโมง) มีความเหมาะสมเพียงใด	1	1	1	1.0
	26	ท่านคิดว่าช่วงเวลาการเปิดให้สมาชิกมาถอนเงิน (วันพฤหัสบดี ประมาณ 11:00 – 13:00 น.) มีความเหมาะสมเพียงใด	1	1	0	0.7

ประเด็นที่ ศึกษา	ข้อ ที่	ข้อความ	ความคิดเห็นของ ผู้ทรงคุณวุฒิ			ค่า IOC
			คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	
ตอนที่ 3 ความพึงพอใจ ต่อการ ให้บริการของ ธนาคารขยะ	1	การลงทะเบียนรับสมัครสมาชิก	1	1	1	1.0
	2	การประชาสัมพันธ์	1	1	1	1.0
	3	ขั้นตอนการนำขยะมาฝากกับทางธนาคารวัสดุรีไซเคิล	1	1	1	1.0
	4	ขั้นตอนการถอนเงินกับทางธนาคารวัสดุรีไซเคิล	1	1	1	1.0
	5	ความถี่ในการเปิดให้นำขยะมาฝากกับธนาคารวัสดุรีไซเคิล	1	1	1	1.0
	6	ความถี่ในการเปิดให้สมาชิกมาถอนเงินกับธนาคารวัสดุรีไซเคิล	1	1	1	1.0
	7	ความเหมาะสมของราคาที่ได้จากการขายขยะ	1	1	1	1.0
	8	สถานที่ในการดำเนินงานรับซื้อขยะ	1	1	1	1.0
	9	สถานที่ในการถอนเงินจากธนาคารวัสดุรีไซเคิล	1	1	1	1.0
	10	ช่องทางในการติดต่อกับทางธนาคารวัสดุรีไซเคิล	1	1	1	1.0

ภาคผนวก ง

ผลการวิจัยบางส่วนที่เผยแพร่ในการประชุมวิชาการ

การเผยแพร่ผลการวิจัยบางส่วนในที่ประชุมวิชาการ

คณะผู้วิจัยได้นำส่วนหนึ่งของงานวิจัยในครั้งนี้ไปนำเสนอในการประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติครั้งที่ 10 (10th National Environmental Conference) วันที่ 23 – 25 มีนาคม 2554 ณ. โรงแรม บีพี สมิหลา บีช แอนด์ รีสอร์ท จังหวัดสงขลา ในหัวข้อเรื่อง “การลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยโครงการธนาคารวัสดุรีไซเคิลภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา (Reducing Greenhouse Gasses Emissions by Recyclable Material Bank Project in Suan Sunandha Rajabhat University)” ซึ่งได้ผ่านตรวจสอบเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ (peer review) ก่อนลงในเอกสารประกอบการประชุม (Proceeding book) ดังรายละเอียดในหน้าถัดไปนี้

การลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยโครงการธนาคารวัสดุรีไซเคิลภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

Reducing Greenhouse Gasses Emissions by Recyclable Material

Bank Project in Suan Sunandha Rajabhat University

ศิวพันธุ์ ชูอินทร์¹ รณบรรจบ อภิรติกุล^{2*}

Sivapan Choo – In¹ Ronbanchob Apiratikul^{2*}

¹ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

²อาจารย์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา กรุงเทพฯ 10300

*โทรศัพท์ : 02-160-1210 , โทรสาร : 02-160-1210 , E-mail :Ronbanchob@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาปริมาณขยะรีไซเคิลจากโครงการธนาคารวัสดุรีไซเคิลภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาเพื่อประเมินการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2552 – ธันวาคม พ.ศ. 2553 โดยเปรียบเทียบกับผลการนำขยะเหล่านี้ไปฝังกลบ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ในช่วงเวลาดังกล่าวทางโครงการฯสามารถรวบรวมเก็บขยะรีไซเคิลได้ทั้งสิ้น 97.614 เมตริกตัน ซึ่งประมาณเป็นอัตราการรีไซเคิลได้ร้อยละ 13.28 โดยขยะประเภทกระดาษขาวดำมีปริมาณมากที่สุด ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 39.29 ของขยะรีไซเคิลทั้งหมด และสามารถเรียงลำดับกลุ่มประเภทขยะฯจากปริมาณมากไปน้อยคือ กลุ่มกระดาษ พลาสติก แก้ว และโลหะตามลำดับ ผลจากการดำเนินโครงการฯสามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกซึ่งคิดเทียบเท่ากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 390.024 เมตริกตัน ซึ่งเป็นผลจากขยะฯประเภทกระดาษขาวดำมากที่สุด โดยคิดเป็นร้อยละ 56.86 ของปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่สามารถลดได้ และสามารถเรียงลำดับกลุ่มประเภทขยะฯโดยพิจารณาจากปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดได้ โดยเรียงลำดับจากมากไปน้อยคือ กลุ่มกระดาษ พลาสติก โลหะ, และแก้วตามลำดับ

คำสำคัญ : การรีไซเคิล; ธนาคารขยะ; การจัดการขยะ; ขยะรีไซเคิล; ก๊าซเรือนกระจก

Abstract

This research studied recycled wastes by Recycle Material Bank project of Suan Sunandha Rajabhat University for evaluation of reducing greenhouse gasses emission compared with landfilling activity during July 2009 to December 2010. The results showed that the project collected total amount of recyclable wastes about 97.614 metric ton which is calculated to a recycle rate of 13.28%. The office paper has the largest amount among these recycled wastes (39.29 % of total recycled wastes). Groups of recycled waste can be prioritized from high to low according to their amount as paper, plastic, glass, and metal, respectively. The project reduced greenhouse gasses emission equivalent to about 390.024 metric ton of carbon dioxide. The most significant recycled waste that affects the reduction of greenhouse gasses emission is office paper which is 56.86% of total reduced greenhouse gasses emission. According to amount of reduced greenhouse gasses emission, groups of recycled waste can be prioritized from high to low significances as paper, plastic, metal, and glass, respectively.

Keywords : recycling; garbage bank; waste management; recyclable wastes; greenhouse gasses

Introduction

Solid waste is a one of important problem in both developed and developing countries, especially in the downtown area, because it causes poor living conditions and environment in communities. This problem is even more intense due to the increase in population which required a lot of facilities and production to meet the increased demand and this result in a higher amount of solid waste. Therefore, it is necessary to have solid waste management and the popular approaches are burning these wastes in incinerator or sending them to sanitary landfill while the latter seem to be the most popular method in several countries since these countries to convert the open dumped wastes which are unhygienic operation to sanitary landfill [1]. However, these approaches have several disadvantages, for example, burning these wastes in incinerator without good operation can generate dioxin which is carcinogenic substance and several air pollutant such as NO_x , SO_x , CO_2 , CO , fly ash etc. In addition, it is need to handle with the residue waste after burning such as bottom ash. While a disposal by sanitary landfill required enough space to storage such wastes and the space is very limited in many countries. Furthermore, sanitary landfill need a operational unit for handling with leachate and methane gas (CH_4) which occur from anaerobic composting naturally of these wastes within sanitary landfill. In addition, both incineration and sanitary landfill involve high transportation, operation and maintenance cost and also producing greenhouse gasses (GHGs) such as CO_2 , CH_4 , N_2O , etc. which are a cause of global warming situation.

Recycling is a one of widely acceptable approaches in solid waste management which can reduce amount of wastes that have to be sent to incinerator or sanitary landfill [2]. One of an economic tool in solid waste management which promotes recycling activities systematically is Recyclable Materials Bank (RMB). The RMB is a center of purchasing and selling the recyclable wastes such as papers, plastics, glasses, metals, and others. RMB purchases these wastes from the bank members and then sale them to the recycle shop. The revenue of RMB occurs from the margin

between buying and selling prices while the bank members can sale these wastes through RMB with the higher prices than selling such waste individually to the recycle shop because RMB has a high volume of recyclable materials as a center of the garbage thus RMB can negotiate with the shop to buy these wastes from RMB with exclusive prices. The revenue from selling recyclable wastes of RMB members is deposited in each member's account of RMB and the members can withdraw money from their account like a commercial bank. The objective of RMB is to promote waste separation at their sources and this result in a reduction of amount of wastes that have to be sent to the end of pipe approaches such as sanitary landfill which can save the limited space of the landfill and extend the landfill life. Furthermore, RMB not only makes a value added to the recyclable wastes but also reduces the costs that occur from handling these wastes such as transportation cost and also reduces an emission of GHGs by recycling these wastes and avoids sending them to sanitary landfill or incinerator.

RMB project in university started successfully for first time in November 2006 at Thammasat university (Rangsit Campus) by the cooperation with the Thailand Institute of Packaging and Recycling Management for Sustainable Environment (TIPMSE), which is an organization under with the Federation of Thailand Industries. Suan Sunandha Rajabhat University (SSRU) started the RMB project in July 2009 which was sponsored by TIPMSE. The RMB project can reduce a lot of solid waste from university which is good for the environment.

The objective of this work is to evaluate how good of the SSRU's RMB project for the environment. The reduced amount of wastes and reduced emission of GHGs which are a result from SSRU's RMB operation during July 2009 to December 2010 were investigated.

Material and Methods

The data of type and amount of recycled wastes were collected from the SSRU's RMB. The reduction of GHGs emission due to the recycling project compared with landfilling activity was selected to study since the general procedure for solid waste disposal in Bangkok metropolitan is sending the wastes to landfill. The reduced emission of greenhouse gasses, for instance, carbon dioxide (CO₂), methane (CH₄), perfluoro methane (CF₄), and perfluoro ethane (C₂F₆) which is a result from SSRU's RMB operation compared with sanitary landfill approach was evaluated by using emission factors from database of WASTE Reduction Model (WARM) version 8.0 [3,4] developed by the United States Environmental Protection Agency (US-EPA). The reduction of GHGs emission was reported as metric ton of carbon dioxide equivalent (MTCO₂E). This could be achieved by converting the amount of CH₄, CF₄, and C₂F₆ to CO₂ by using a value of global warming potential (GWP) which are 25, 7,390, and 12,200 times of CO₂ for CH₄, CF₄, and C₂F₆, respectively [5]. A formula for the conversion was shown in Eq. (1).

$$[\text{MTCO}_2\text{E}] = [\text{CO}_2] + 25[\text{CH}_4] + 7390[\text{CF}_4] + 12200[\text{C}_2\text{F}_6] \quad (1)$$

Where [MTCO₂E] is total amount of GHGs in metric ton of carbon dioxide equivalent. [CO₂], [CH₄], [CF₄], and [C₂F₆] are amount in metric ton of CO₂, CH₄, CF₄, and C₂F₆, respectively.

Results and Discussion

Categories and amount of recycled wastes

The RMB project of SSRU handled 97,614 metric ton of the recyclable wastes during July 2009 to December 2010. This can save the cost for disposal of these wastes to the landfill by the project which is approximated to about 97,614 Bath (฿) based on the transportation cost of 500฿ per metric ton of waste and landfill operational cost of 500฿ per metric ton of waste for Bangkok metropolitan [6]. Based on above data, the average of recycled wastes is about 5.423 metric ton per month or 180.8 kg per day whilst amount of unrecycled solid waste that Bangkok Metropolitan Administration (BMA) have to dispose them out from the university is 1180.1 ± 353.8 kg per day ($\bar{X} \pm SD$; data during August to December 2010). The recycle rate can be approximated from the data which is about 13.28%. This value is similar to the rate of Bangkok and of Thailand (15% and 11%, respectively) while such value is quite low compared with another city such as Singapore (39%), Seoul (45%), and Hongkong (36%) but higher than that of some city e.g. Beijing (<10%) [7,8].

Details of the recycled wastes were shown in Figure 1 and Table 1. The table shows that the first three ranks of recycled wastes quantity are office papers, mixed papers, and PET, respectively. A group of paper has the largest amount followed by a group of plastic, glass, and metal, respectively. This because SSRU is an educational organization thus it is not surprising that why the group of paper has the largest amount compared with the other recycled groups. The office papers seem to have the highest fraction among the paper's group while PET and steel have the largest amount for a group of plastic and metal, respectively. PET is a major fraction among a group of plastic since SSRU has their own manufacturing of drinking water that uses PET as drinking bottles. Such PET bottles have a fraction in a range of 31.1% to 70.8% of a plastic's group in each month.

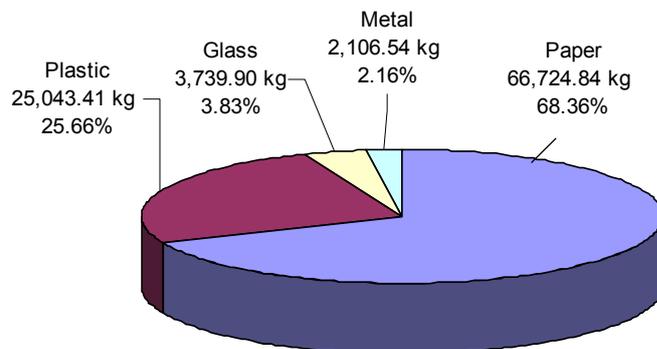


Figure 1 Fraction of recycled wastes by SSRU's RMB during Jul 2009 to Dec 2010

Table 1 Types and amount of recycled wastes

Group	Types of Recycled Wastes	Amount of Recycled Wastes		
		kilogram (kg)	Fraction (%)	Fraction in Group (%)
Papers	Office paper	38,353.94	39.29	57.48
	Corrugated Cardboard	8,798.70	9.01	13.19
	Mixed Paper (from Office)	16,970.30	17.39	25.43
	Newspaper	2,600.90	2.66	3.90
Plastics	Poly Ethylene Terephthalate (PET)	12,933.81	13.25	51.65
	Low Density PolyEthylene (LDPE)	5,884.10	6.03	23.50
	High Density PolyEthylene (HDPE)	2,194.05	2.25	8.76
	Polystyrene (PS)	810.40	0.83	3.24
	Poly Vinyl Chloride (PVC)	20.20	0.02	0.08
	Mixed Plastics	3,200.85	3.28	12.78
Glass	Glass	3,739.90	3.83	100
Metals	Steel	1,609.20	1.65	76.39
	Aluminum	300.94	0.31	14.29
	Zinc, Copper, and other mixed metal	196.40	0.20	9.32
Total		97,613.69	100.0	-

Reduction of greenhouse gasses emission

The Greenhouse gasses emission was reduced during July 2009 to December 2010 by SSRU’s RMB project compared with disposal of these wastes by the landfill. The reduced amount was calculated and the results were displayed in Figure 2 and Table 2.

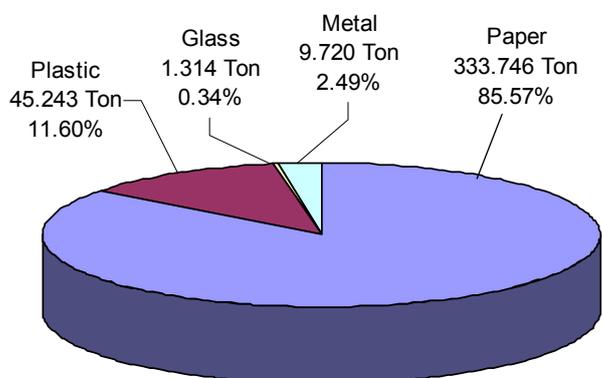


Figure 2 Fraction of reduced MTCo₂E by SSRU’s RMB compared with the landfill approach

Table 2 Amount of reduced GHGs by SSRU's RMB project compared with the landfill approach

Group	Types of Recycled Wastes	Amount of reduced GHGs *					Fraction of MTCO ₂ E (%)
		CO ₂ (Metric ton)	CH ₄ (kg)	CF ₄ (g)	C ₂ F ₆ (g)	MTCO ₂ E	
Papers	Office paper	95.275	5059.027	-	-	221.750	56.86
	Corrugated Cardboard	18.473	515.666	-	-	31.364	8.04
	Mixed Paper (from Office)	42.264	1210.113	-	-	72.517	18.59
	Newspaper	6.171	77.731	-	-	8.114	2.08
Plastics	Poly Ethylene Terephthalate (PET)	21.008	80.184	-	-	23.013	5.90
	Low Density PolyEthylene (LDPE)	10.111	58.827	-	-	11.582	2.97
	High Density PolyEthylene (HDPE)	3.049	21.022	-	-	3.575	0.92
	Polystyrene (PS)	1.278	6.964	-	-	1.452	0.37
	Poly Vinyl Chloride (PVC)	0.032	0.174	-	-	0.036	0.01
	Mixed Plastics	4.935	26.013	-	-	5.585	1.43
Glass	Glass	1.290	0.973	-	-	1.314	0.34
Metals	Steel	3.141	5.123	-	-	3.269	0.84
	Aluminum	4.142	6.272	88.5	7.0	5.039	1.29
	Zinc, Copper, and other mixed metal	1.197	1.842	20.3	1.6	1.412	0.36
Total		212.366	7069.9	108.8	8.6	390.024	100.0

*Emission factors of national average landfill were used in calculation

Since 21st July 2009, the RMB project of SSRU has been reduced 390.024 metric ton of carbon dioxide equivalent from recycling the wastes in the university instead of sending them to the landfill. However, comparison between the SSRU's RMB project and sending all of these wastes to incinerator found that the project can reduce 229.359 metric ton of carbon dioxide equivalent (details not shown). The reason that value from recycling instead of incineration approach is lower than that of recycling instead of waste disposal by landfill is the incineration approach produces more GHGs emission than the sanitary landfill approach.

Figure 2 shows that a group of paper can reduce the largest amount of GHGs emission followed by a group of plastic, metal, and glass, respectively. It is interesting to note that a group of metal can reduce the higher amount of GHGs emission than a group of glass even the metal's group has a lower quantity of the waste than the glass's group because recycling of metal reduce the greater amount of GHGs emission at the manufacturing process which is an initial process of its life cycle compared with the group of glass. That mean recycling of metal reduces a raw material and energy that used in the process of metal

production which results in the less emission of GHGs.

Table 2 shows that office papers, PET, and aluminum have the highest fraction in reducing GHGs emission for a group of paper, plastic and metal, respectively. While the first three ranks of recycled wastes that reduced the GHGs emission are office papers, mixed paper, and corrugated cardboard, respectively.

Conclusion

This research shows the benefit of recycling activity via RMB project of SSRU. The project can reduce both amount of waste disposal to the landfill and the emission of GHGs. This can directly save the cost for handling these wastes and also being a part of saving the world from the global warming situation. The most type of recycled waste by the project is a group of paper and this group has the highest fraction for the reduction of GHGs emission due to the recycling activity compared with the landfilling approach. The contents of this research can be further used in making of policies for other RMBs and for several organizations.

Acknowledgements

The authors would like to acknowledge the Recyclable Material Bank of Suan Sunandha Rajabhat University for providing their raw data about wastes management in the university. In addition, the National Research Council of Thailand is also acknowledged for their financial support.

Reference

- [1] Lou, X.F. and Nair, J. 2009. The impact of landfilling and composting on greenhouse gas emissions – A review. *Bioresource Technology*. 100: 3792–3798.
- [2] Suttibak, S. and Nitivattananon, V. 2008. Assessment of factors influencing the performance of solid waste recycling programs. *Resources, Conservation and Recycling*. 53: 45–56.
- [3] US.EPA. 2010. Climate Change – Waste : Model History. <http://www.epa.gov/climatechange/wyacd/waste/calculators/Model_History.html> accessed 30.09.2010.
- [4] US. Department for Energy. 2006. Notes and Instruments for Using the EIA – 1605, Recycling, Source Reduction and Composting Workbook. Energy Information Administration.
- [5] IPCC. 2007. Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. <<http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-chapter2.pdf>> accessed 14.01.2011.
- [6] Department of Environment, Bangkok Metropolitan Administration. (2008). Environment...For the Future of Bangkok People (Thai language). Daoroek Communications Inc., Bangkok.
- [7] World Bank. 2003. Thailand environment monitor. The World Bank, Thailand.
- [8] Wongdeethai, A. and Ertel, J. The Need for Developing Thresholds for the Recycling Rate of Products in Thailand. In: Schmidt, M., Glasson, J., Emmelin, L., Helbron, H. Standards and Thresholds for Impact Assessment Standards and Thresholds for Impact Assessment, Springer-Verlag, 2008; 145-156.

ประวัติและผลงานของคณะผู้วิจัย

โครงการย่อยที่ 1

การศึกษาศักยภาพในการแปรสภาพขยะที่ย่อยสลายได้
เพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

PERSONAL DETAIL

Name	Assistant Professor Dr. Anat Thapinta
Date of Birth	December 5, 1957
Address	98/115 Ngamwongwan Rd., Chatuchak, Bangkok 10900.
Telephone (home)	0-2941-4390
(mobile)	089-205-6289
E-mail	thapinta@hotmail.com
Office	Environmental Science Program Faculty of Science and Technology Suan Sunandha Rajabhat University 1 U-tong Nok Road, Dusit, Bangkok 10300 Tel: 0-2160-1208 Fax: 0-2160-1210

EDUCATION

PERIOD	DEGREE
1997-2002	Ph.D. (Environmental Science) University of North Texas, Denton, USA. <i>(Dissertation: Use of Geographic Information Systems for Assessing Groundwater Pollution Potential by Pesticides in Central Thailand)</i>
1986-1987	Diploma in Rural and Land Ecology Survey International Institute for Aerial Survey and Earth Science (ITC), The Netherland.
1981-1984	M.Sc. (Environmental Science) Kasetsart University, Bangkok, Thailand. <i>(Thesis: Composition and Nutritive Value of Forage Species under Different Ages of Eucalyptus Plantation)</i>
1976-1980	B.Sc. (Agriculture) Kasetsart University, Bangkok, Thailand.

WORK EXPERIENCES

PERIOD	POSITION
Jun. 2009 – Dec. 2010	Deputy Director Institute for Research and Development Suan Sunandha Rajabhat University
Jan. 2007 – Jun. 2009	Chief Department of Applied Science Faculty of Science and Technology Suan Sunandha Rajabhat University
Nov. 2004 – Jan. 2007	Lecturer Environmental Science Program Department of Applied Science Faculty of Science and Technology Suan Sunandha Rajabhat University
Aug. 2002 – Nov. 2004	Chief Planning and Evaluation Section Solid Waste and Hazardous Substance Management Bureau Pollution Control Department
<i>May 1997 – Aug. 2002</i>	<i>Studying abroad for Doctoral degree in Environmental Science Program at the University of North Texas, USA</i>
Nov. 1994 – May 1997	Chief Hazardous Substances Subdivision Hazardous Substance and Solid Waste Management Division Pollution Control Department
Jun. 1984 – Nov. 1994	Environmental Officer Toxic Substances Subdivision Environmental Quality Standard Division Office of the National Environment Board

TRAINING COURSES

PERIOD	COURSE
11 - 22 Jun. 1984	Environmental Impact Assessment Office of the National Environment Board (ONEB), Thailand
20 Sep. 1986 – 20 Jul. 1987	Rural and Land Ecology Survey International Institute for Aerial Survey and Earth Science (ITC), The Netherland
4 Oct. – 29 Nov. 1992	Environmental Administration (Administration of Pollution Control) Japan International Cooperation Agency (JICA), Japan

21-26 Mar. 1994	Chemical Risk Assessment and Management Environmental Agency, Singapore
4- 6 Nov. 1994	Project Evaluation and Administration Pollution Control Department (PCD) and National Institute of Development Administration (NIDA), Thailand
6 -16 Feb. 1995	Proper and Safe Use of Pesticides: Diagnosis and Treatment of Pesticides Poisoning Food and Drug Administration (FDA), Thailand
27 Jan. 2004	Use of Mathematical Model for Environmental Risk Assessment Faculty of Engineering, Mahidol University, Thailand
2 – 3 May 2005	SPSS for Research Project Information Technology Center, Suan Sunandha Rajabhat University, Thailand
15-18 Oct. 2008	The Idea Factory's Innovator's Workshop Singapore

RESEARCH PROJECTS

1. Anat Thapinta. (2006). Application of Geographic Information Systems for Developing a Database of Environmental Pollution Sources in Rattanakosin Area, Bangkok.
2. Anat Thapinta. (2007). A Comparative Study on the Emission of Greenhouse Gases from Livestock Farms in Maung District, Chachoengsao Province.
3. Anat Thapinta. (2009). The Study on Factors Affecting Greenhouse Gas Emission from Swine Farms: A Case Study of Swine Farms in Suphan Buri Province.
4. Anat Thapinta, Chaisri Tarasawaspipat, Sivapan Chu-in, Tatsanawalai Utarasakul and Ronbanchob Apiratikul. (2009). The Synthesis of Rajabhat University's Researches on Natural Resources and Environmental Management by Local Community.
5. Anat Thapinta, Tatsanawalai Utarasakul and Sunee Thapinta. (2009). Current Status on Non-point Source Pollution from Agriculture in Thailand.
6. Anat Thapinta. (2010). The Study on Potential of Processing Organic Wastes in Suan Sunandha Rajabhat University.
7. Anat Thapinta, Chaisri Tarasawaspipat, Sivapan Chu-in, Tatsanawalai Utarasakul, Paiboon Jeamponk and Srisuwan Kasemsawat. (2011). The Synthesis of Environmental Researches for Local Development in Samut Songkram Province. (ongoing project)

RESEARCH PUBLICATIONS

INTERNATIONAL JOURNAL

1. **Thapinta, A.** and P. F. Hudak. (2000). Pesticide Use and Residual Occurrence in Thailand. *Journal of Environmental Monitoring and Assessment*, 60: 103-114.
2. Hudak, P. F. and **A. Thapinta**. (2005). Agricultural Pesticides in Groundwater of Kanchana Buri, Racha Buri, and Suphan Buri Provinces, Thailand. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 74: 631-636.

INTERNATIONAL PROCEEDING

1. **Thapinta, A.** (2010). Factors Affecting Greenhouse Gas Emission from Swine Farms: A Case Study of Swine Farms in Suphan Buri Province, Thailand, The 3rd International Congress of Environmental Research (ICER-10) at the University of Mauritius, 16-18 September 2010, pp. 375-376.

NATIONAL JOURNAL

1. **Anat Thapinta**. (1995). Impact of Improper Usage of Pesticides on Environmental Quality. *House Agricultural Magazine*, 9(3) July-September, 1995.
2. **Anat Thapinta**, Chaisri Tarasawaspipat, Sivapan Chu-in, Tassanawalai Utarasakul and Ronbanchob Apiratikul. (2009). The Synthesis of Rajabhat University's Researches on Natural Resources and Environmental Management by Local Community. Summary Report of the 1st National Academic Conference of Rajabhat University in Local Development's Researches for the Kingdom of Thailand, pp. 1-24.
3. **Anat Thapinta**. (2010). Application of Geographic Information Systems for Developing a Database of Environmental Pollution Sources in Rattanakosin Area, Bangkok. *Suan Sunandha Academic & Research Review*, 2(1): 48-67.
4. **Anat Thapinta**, Tatsanawalai Utarasakul and Sunee Thapinta. (2010). Current Status on Non-point Source Pollution from Agriculture in Thailand. *Suan Sunandha Academic & Research Review*, 2(2): 73-96.

CONFERENCES

1. **Anat Thapinta**. (2008). "A Comparative Study on the Emission of Greenhouse Gases from Livestock Farms in Maung District, Chachoengsao Province", The National Conference on Pollution Management in Swine Farms, 26 August 2008 at Rama Garden Hotel, Bangkok, Thailand.

2. **Anat Thapinta.** (2009). “The Synthesis of Rajabhat University’s Researches on Natural Resources and Environmental Management by Local Community”, The 1st National Academic Conference of Rajabhat University, 1-5 April 2009 at Hall 9 IMPACT Exhibition and Convention Center, Bangkok, Thailand.
3. **Anat Thapinta.** (2009). “Current Status on Non-point Source Pollution from Agriculture in Thailand”, The International Conference on Collaborative Research Project organized by the Thailand Research Fund, 25-30 May 2009 at Grand Millennium Sukhumvit Hotel, Bangkok, Thailand.
4. **Anat Thapinta.** (2010). “Factors Affecting Greenhouse Gas Emission from Swine Farms: A Case Study of Swine Farms in Suphan Buri Province, Thailand”, The 3rd International Congress of Environmental Research (ICER-10), 16-18 September 2010 at the University of Mauritius, Mauritius.
5. **Anat Thapinta.** (2011). “The Study on Physical and Chemical Properties of Organic Wastes for Refuse Derived Fuel Production: A Case Study of Suan Sunandha Rajabhat University”, The 2nd National Academic Congress of Rajabhat University: Local Research of Thai Kingdom, Development for Local Life, 16 January 2011 at Pibulsongkram Rajabhat University, Pitsanulok, Thailand.
6. **Anat Thapinta.** (2011). “Factors Affecting Greenhouse Gas Emission from Swine Farms in Suphan Buri Province”, The 10th National Conference on Environment, 23-25 March 2011 at BP Samila Beach Hotel & Resort, Songkla, Thailand. (poster presentation)

โครงการย่อยที่ 2

การประเมินความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ของการดำเนินโครงการ
ธนาคารวัสดุรีไซเคิลภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

RONBANCHOB APIRATIKUL, Ph.D.

Personal Information: Age: 30
Gender : Male
Birth date : 27 October 1980
Religion : Buddhism
Nationality : Thai
Marital Status : Married
Health : Excellent

Address : 140/5 Soi Phaholyothin 1 Phaholyothin Rd. Samsennai Division,
Phaya-Thai District, Bangkok Province 10400
Tel. 02 – 278 – 5855 (Home)
089 – 690 – 9030 (Mobile)
<http://www.Ron.ssru.ac.th>

Education : Ph.D. (Environmental Management)
Chulalongkorn University, 2007
M.Sc. (Environmental Management)
Chulalongkorn University, 2004
B.Eng. (Environmental Engineering)
Chulalongkorn University, 2002

Grant : - National Research Council of Thailand (May 2010 – May 2011)
- Royal Golden Jubilee Ph.D. Scholarship by
Thailand Research Fund (2004 – 2007)

Research fields :

1. Sorption/Biosorption of pollutant
2. Modification of Coal Fly Ash to Zeolite
3. Photocatalytic Oxidation of pollutant using TiO₂
4. Zero-Valent Iron Nanoparticle for degrading of pollutant
5. Solid Waste Management

Skills :

Analytical Instruments

1. Inductively Couple Plasma (ICP)
2. Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)
3. Gas Chromatography (GC)
4. UV-Visible Spectrophotometer

Computer Programs

1. Microsoft Word
2. Microsoft Excel
3. Microsoft PowerPoint
4. MATLAB
5. C Language

Language

Good at writing, reading, listening and speaking English

Selected Publications :

Research Articles

1. **Apiratikul, R.**, Madacha, M., Pavasant, P. 2011. Kinetic and mass transfer analyses of metal biosorption by *Caulerpa lentillifera*. Desalination. (Accepted)
2. Naja, G., **Apiratikul, R.**, Volesky, B., Pavasant, P., Hawari, J. 2009. Dynamic and Equilibrium Studies of the RDX Removal from Soil using CMC-Coated Zerovalent Iron Nanoparticles. Environmental Pollution. 157(8-9): 2405-2412.
3. Ruen-ngam, D., Rungsuk, D., **Apiratikul, R.**, Pavasant, P. 2009. Formation from coal fly ash and its adsorption potential. Journal of the Air & Waste Management Association. 59: 1140–1147.
4. **Apiratikul, R.**, Pavasant, P. 2008. Sorption of Cu²⁺, Cd²⁺, and Pb²⁺ using modified zeolite from coal fly ash. Chemical Engineering Journal. 144 : 245 – 258.
5. **Apiratikul, R.**, Pavasant, P. 2008. Batch and column studies of biosorption of heavy metals by *Caulerpa lentillifera*. Bioresource Technology. 99 : 2766 – 2777.
6. **Apiratikul, R.**, Pavasant, P. 2006. Sorption isotherm model for binary component sorption of copper, cadmium, and lead ions using dried green macroalga, *Caulerpa lentillifera*. Chemical Engineering Journal. 119 : 135–145.

7. Pavasant, P., **Apiratikul, R.**, Sungkhum, V., Suthiparinyanont, P., Wattanachira, S., Marhaba, T.F. 2006. Biosorption of Cu²⁺, Cd²⁺, Pb²⁺, and Zn²⁺ using dried marine green macroalga *Caulerpa lentillifera*. *Bioresource Technology*. 97 : 2321–2329.
8. **Apiratikul, R.**, Marhaba, T.F., Wattanachira, S., Pavasant, P., 2004. Biosorption of binary mixtures of heavy metals by green macro alga *Caulerpa lentillifera*. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*. 26 (1) : 199–207.

Conference Articles

1. **Ronbanchob Apiratikul**, 2011. Determination of Langmuirian Sorption Kinetic Coefficient for Sorption of Copper by zeolite. 23 – 25 Mar. 2011. BP Samilar Beach and Resort, Songkhla, Thailand.
2. **Ronbanchob Apiratikul**, Sivapan Choo-in. 2011. Reducing Greenhouse Gas Emissions by Recycle Material Bank Project in Suan Sunandha Rajabhat University. 23 – 25 Mar. 2011. BP Samilar Beach and Resort, Songkhla, Thailand.
3. **Ronbanchob Apiratikul**, Krissana Siralermukul, Patjaneenat Teyrasawasdi, Patcharida Hemrangi. 2010. Utilization of Chitosan Bead with TiO₂ for Dye Removal. 23 – 24 Oct. 2010. Swissotel Le Concorde Hotel, Bangkok, Thailand
4. **Ronbanchob Apiratikul**. Determination methods of Langmuirian sorption kinetic coefficient. 2009. 5th Pacific Basin conference on Adsorption Science and Technology, 25 – 27 May 2009, Nanyang Technology University, Singapore.
5. Viriya Madacha, **Ronbanchob Apiratikul**, Prasert Pavasant Heavy metals uptake by dried *Caulerpa lentillifera* 2006. JGSEE and Kyoto University 2nd Joint International Conference on: Sustainable Energy and Environment "Technology and Policy Innovations", 21 - 23 Nov. 2006, Nai Lert Park Hotel, Bangkok.
6. Dounmanee Rungsuk, **Ronbanchob Apiratikul**, Prasert Pavasant Zeolite synthesis from fly ash from coal-fired power plant by fusion method 2006. JGSEE and Kyoto University 2nd Joint International Conference on: 21 - 23 Nov. 2006, Nai Lert Park Hotel, Bangkok.
7. **Ronbanchob Apiratikul**, Parichat Norranattrakul, Prasert Pavasant. Sorption of heavy metal ions using zeolite modified from coal fly ash. 2006. The Regional symposium on Chemical Engineering (RSCE 2006), 3-5 December 2006, Nanyang Executive Center.

8. **Ronbanchob Apiratikul**, Prasert Pavasant. Treatment of heavy metals using fixed-bed biosorption column by green macroalga, *Caulerpa lentillifera*. 2004. The Regional symposium on Chemical Engineering (RSCE 2004), 1-3 December 2004, The Grand Hotel, Bangkok.

Teaching Experiences:

- Environmental Modeling (B.Sc.)
- Chemical Analysis of Pollutants (B.Sc.)
- Environmental Quality Survey and Monitoring (B.Sc.)
- Basics of Hazardous Substance (B.Sc.)
- Science, Technology, and Environment (B.Sc.)
- Life and Environment (B.Sc.)
- English for Science (B.Sc.)
- Environmental Chemistry (M.Sc.)
- Water Quality Management (M.Sc.)
- Wastewater Sampling and Analysis (M.Sc.)

Work Experiences:

- Lecturer at Department of Environmental Science, Suan Sunandha Rajabhat University (2007 – Present)
- Environmental Consultant at HIV Engineer Co. Ltd. (2008 – 2009)
- Post Doctoral Researcher at Biotechnology Research Institute, Canada (2007 – 2008)
- Research Assistant at Chulalongkorn University (2004 – 2007)
- Teaching Assistant at Chulalongkorn University (2005 – 2006)

Extra Activity :

Reviewer of academic journals e.g. Bioresource Technology, Journal of Hazardous Material, Biochemical Engineering Journal, Chemical Engineering Journal, etc.

