การศึกษาปริมาณและองค์ประกอบของขยะเศษอาหารในมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์) เพื่อประเมินศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพ

THE STUDY ON QUANTITY AND COMPOSITION OF FOOD WASTE IN SRINAKHARINWIROT UNIVERSITY (ONGKHARAK) FOR ESTIMATION OF BIOGAS PRODUCTION POTENTIAL

นายบรรพต นิวแมน

นางสาวจิรานุช ขาวสอาด

นางสาวเขมจิรา สอนดี

โครงงานวิศวกรรมนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปีการศึกษา 2559

การศึกษาปริมาณและองค์ประกอบของขยะเศษอาหารในมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์) เพื่อประเมินศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพ

THE STUDY ON QUANTITY AND COMPOSITION OF FOOD WASTE IN SRINAKHARINWIROT UNIVERSITY (ONGKHARAK) FOR ESTIMATION OF BIOGAS PRODUCTION POTENTIAL

นายบรรพต นิวแมน

นางสาวจิรานุช ขาวสอาด

นางสาวเขมจิรา สอนดี

โครงงานวิศวกรรมนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์เป็นของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การศึกษาปริมาณและองค์ประกอบของขยะเศษอาหารใน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์) เพื่อประเมินศักยภาพ ในการผลิตก๊าซชีวภาพ ปีการศึกษา 2559

โดย

นายบรรพต นิวแมน
นางสาวจิรานุช ขาวสอาด
นางสาวเขมจิรา สอนดี

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.สุธิดา ทีปรักษพันธุ์

บทคัดย่อ

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์) มีลักษณะเป็นชุมชนขนาดย่อมที่ประสบปัญหาขยะมูลฝอยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณและคุณลักษณะของเศษอาหารที่เกิดขึ้นในมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์) และประเมินศักยภาพในการนำเศษอาหารมาผลิตเป็นก๊าซชีวภาพ โดยการเก็บข้อมูลจากโรงอาหารในมหาวิทยาลัย 5 แห่ง โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ และศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี พบว่าเศษอาหารส่วนใหญ่ประกอบด้วย เศษข้าว เศษกับข้าวที่เหลือ เศษผักและผลไม้ มีปริมาณเฉลี่ยประมาณ 3.86 ตันต่อวัน ที่ระดับความชื้นร้อยละ 75-90 โดยปริมาณเศษอาหารจะเปลี่ยนแปลงตามการเปิดและปิดภาคเรียนของมหาวิทยาลัยและโรงเรียนสาธิตฯ โดยมีปริมาณน้อยที่สุดอยู่ที่ 2.87 ตันต่อวันในช่วงปิดเทอม และปริมาณมากที่สุดอยู่ที่ 4.41 ตันต่อวันในช่วงเปิดเทอม จากการเก็บข้อมูลและฐานข้อมูลงานวิจัยสามารถคำนวณการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารในมหาวิทยาลัยได้เท่ากับ 698.4 ลูกบาศก์เมตรต่อปริมาณเศษอาหารเฉลี่ย 1 วัน ซึ่งสามารถทดแทนเชื้อเพลิง LPG ได้ 319.6 กิโลกรัม และสามารถใช้ผลิตกระแสประมาณ 0.021 MW (จากการคิดค่าปริมาณก๊าซชีวภาพที่ 1 ลูกบาศก์เมตรต่อปราณกระแสไฟฟ้าที่ต่ำสุด 0.71 และสูงสุดที่ 1.4 kWh) ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ข้อมูลเหล่านี้จะเป็นทางเลือกและส่งเสริมให้เกิดแรงจูงใจในการจัดการขยะในระดับต่างๆ สามารถนำองค์ความรู้ที่ได้รับ ขยายผลออกไปสู่ระดับชุมชน ระดับจังหวัดและระดับประเทศ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการขับเคลื่อนการพัฒนาประเทศที่ยังยืนต่อไป

คำสำคัญ: ขยะชุมชน, เศษอาหาร, ก๊าซชีวภาพ, พลังงานทดแทน, การผลิตกระแสไฟฟ้า

THE STUDY ON QUANTITY AND COMPOSITION OF FOOD WASTE IN SRINAKHARINWIROT UNIVERSITY (ONGKHARAK) FOR ESTIMATION OF BIOGAS PRODUCTION POTENTIAL

Academic Year 2016

By

Mister Bunpot Newman

Miss Jiranuch Khawsaad

Miss Khemjira Sorndee

Advisor

Suthida Theepharaksapan, Ph.D.

Abstract

Nowadays the demand of energy has increased every year. Srinakharinwirot University (Ongkharuk) is a small community that is experiencing food waste generated continuously. This research was intended to study the quantity and characteristics of waste food products that occurs in the university, and to estimate the potential of renewable energy form food waste in this area. Survey date gathered among 5 cafeterias in the university, Ongkharuk Demonstration School, and HRH Princess Maha Chakri Sirindhorn Medical Center. The results found that all cafeterias had consumer around 8,493 persons per day, the waste of rice, food, vegetables and fruits means of 3.86 ton/day with 75% - 90% MC. This is seasonal waste depend on semester of the university and the school with minimum as 2.87 ton/day in vacation and maximum as 4.41 ton/day in semester. Based on survey data and literatures, waste can be calculated biogas production around 698.4 m^3 /day. This can replace 319.6 kg LPG, and produce electricity at 0.021 MW (from up to 1 cubic meter of gas per electricity minimum at 0.71 and maximum at 1.4 kWh). We sincerely hope that this research can provide a basic information and motivation for driving sustainable municipal waste management in the community level.

Keywords: Municipal Waste, Fresh-Food Waste, Renewable Energy, Biogas, Electricity Production

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิศวกรรมนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือจากผู้มีพระคุณหลายท่าน คณะผู้จัดทำโครงการขอขอบพระคุณ อ.ดร. สุธิดา ทีปรักษพันธุ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่ได้กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่าเพื่อให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตรวจแก้ไขความเรียบร้อย ตลอดจนการชี้แนะในการหาคำตอบในปัญหาต่างๆ ระหว่างจัดทำโครงงานนี้ ด้วยความเอาใจใส่อย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณ คุณญานิกา ฤกษ์มหาลิขิต และคุณจิรชา ค้งตระกูล ที่ให้ความช่วยเหลือด้านการวิเคราะห์ผลการทดลองทางกายภาพและเคมี อีกทั้งอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลให้กับคณะผู้จัดทำโครงงาน ทางคณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณในความช่วยเหลือครั้งนี้เป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณผู้บริหาร เจ้าหน้าที่ศูนย์การแพทย์ฯ เจ้าหน้าที่โรงเรียนสาธิตฯ ผู้ประกอบการร้านค้าและพนักงานผู้แลดูการจัดการเศษอาหารทุกท่าน ที่ทางคณะผู้จัดทำได้เข้าไปศึกษาวิจัยที่ท่านได้ให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูล ความช่วยเหลือ และข้อเสนอแนะต่างๆให้กับคณะผู้จัดทำโครงงาน ทางคณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ท้ายที่สุดนี้ ทางคณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณทุกคนในครอบครัวที่ให้การสนับสนุนให้กำลังใจในการศึกษาตลอดมา และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าโครงงานวิศวกรรมนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจนำไปศึกษาไม่มากก็น้อยต่อไป ความดีและประโยชน์ใดๆ จากโครงงานวิศวกรรมนี้ ขอมอบให้กับผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้กล่าวมาทั้งหมด

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ
ประมวลคำย่อ	ญ
บทที่1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1.1 ความหมายของก๊าซชีวภาพ	5
2.1.2 แหล่งวัตถุดิบสำหรับผลิตก๊าซชีวภาพ	5
2.1.3 กระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ	5
2.1.4 คุณสมบัติของก๊าซชีวภาพ	8
2.1.5 วัสดุที่ใช้ในการหมัก	10
2.1.6 ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ	11
2.1.7 ก๊าซชีวภาพในประเทศไทย	14
2.1.8 การใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพ	18
2.1.9 กากจากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ	20

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องขยะเศษอาหาร 21
2.2.1 ความหมายของขยะ 21
2.2.2 แหล่งกำเนิดขยะ 23
2.2.3 ประเภทของขยะมูลฝอย 23
2.2.4 แบ่งประเภทขยะตามลักษณะของส่วนประกอบของขยะมูลฝอย 24
2.2.5 การกำจัดขยะ 25
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 28
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน 32
3.1 วัสดุและอุปกรณ์ 32
3.1.1 พื้นที่ศึกษา 32
3.1.2 อุปกรณ์ใช้สำหรับการสำรวจข้อมูล 34
3.1.3 เศษอาหารที่ใช้ในการทดลอง 34
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน 35
3.2.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณเศษอาหษร 35
3.2.2 ศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพของเศษอาหาร 35
3.3 ระยะเวลา 36
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน 40
4.1 เป้าหมายและขอบเขตการศึกษา 40
4.2 ผลข้อมูลจากแบบสอบถามเกี่ยวกับพฤติกรรมที่ก่อให้เกิดเศษอาหาร 40
4.3 ผลข้อมูลจากการสำรวจและสังเกตการณ์ในโรงอาหารของมหาวิทยาลัย 43
4.3.1 ผลการสำรวจพื้นที่และการใช้ประโยชน์ 43
4.3.2 ผลการสำรวจปริมาณเศษอาหาร 50
4.3.3 ลักษณะของเศษอาหารทั้งทางกายภาพและทางเคมี 54
4.3.4 ผลการสังเกตณ์การจัดการเศษอาหารภายในมหาวิทยาลัย 58
4.4 วิเคราะห์แนวทางในการจัดการเศษอาหาร 61
4.4.1 แนวทางในการจัดการเศษอาหาร 61
4.4.2 ศักยภาพในการนำเศษอาหารกลับมาใช้ประโยชน์ 64

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผล และข้อเสนอแนะ	67
5.1 สรุปผล	67
5.2 ข้อจำกัดในการทำโครงงาน	68
5.3 ข้อเสนอแนะ	68
เอกสารอ้างอิง	69
ภาคผนวก ก	72
ภาคผนวก ข	75
ภาคผนวก ค	87
ภาคผนวก ง	94
ภาคผนวก จ	110
ประวัติย่อผู้ทำโครงงาน	119

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ	4
2.2 แสดงค่าพลังงานจลล์จากก๊าซชีวภาพ	8
2.3 แสดงองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ	9
2.4 แสดงคุณสมบัติของก๊าซชีวภาพ	9
2.5 แสดงคุณสมบัติของก๊าซชีวภาพ	10
2.6 อัตราส่วน C/N ของวัสดุอินทรีย์	12
2.7 ศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพของประเทศไทย (ข้อมูลผลผลิต พ.ศ.2550)	16
2.8 สรุปข้อดีและข้อเสียของการกำจัดขยะมูลฝอยด้วยเตาเผา	26
2.9 สรุปข้อดีและข้อเสียของการกำจัดขยะมูลฝอยด้วยเตาเผา	28
3.1 พารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์	36
3.2 แผนระยะเวลาในการดำเนินแต่ละกิจกรรม	39
4.1 การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์พฤติกรรมของผู้บริโภคที่ก่อให้เกิดเศษอาหาร (N=300)	41
4.2 ค่าความน่าจะเป็น Sig. หรือค่า P-Value ในการทดสอบทัศนคติของผู้บริโภคต่อการรับประทานอาหารเหลือทิ้งและการจัดการเศษอาหาร	43
4.3 การใช้ประโยชน์อาคารและความสามารถในการรองรับผู้มาใช้บริการ	45
4.4 จำนวนผู้เข้ามาใช้บริการศูนย์อาหาร 5 แห่งในมหาวิทยาลัย	49
4.5 จำนวนผู้เข้ามาใช้บริการโรงอาหารโรงเรียนสาธิตฯ	49
4.6 จำนวนผู้เข้ามาใช้บริการศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี	49
4.7 ผลการสำรวจปริมาณอาหารที่เหลือเฉลี่ยจากโรงอาหารต่างๆในมหาวิทยาลัย	52
4.8 ผลการศึกษาองค์ประกอบแบบแยกธาตุของเศษอาหาร	56
4.9 สัดส่วนปริมาณอาหารและการนำไปใช้ประโยชน์ในมหาวิทยาลัย	61
4.10 ศักยภาพการผลิตก๊าซมีเทนของขยะแต่ละชนิด	64
4.11 อัตราการทดแทนการใช้พลังงานของก๊าซชีวภาพ	64
4.12 แสดงปริมาณการขยะเศษอาหารเฉลี่ยต่อวันในแต่ละเดือน (ข้อมูล พ.ศ. 2559)	65
4.13 ปริมาณก๊าซหุงต้ม (LPG) ทดแทนจากก๊าซชีวภาพในมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ	66
4.14 ปริมาณไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพในมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ	66

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 ระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้ออกซิเจน 6

2.2 การใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพ 19

2.3 แผนผังแหล่งกำเนิดขยะมูลฝอย 24

3.1 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงาน 33

3.2 โรงอาหารในพื้นที่ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์) 34

3.3 ตาชั่งดิจิตอลสำหรับชั่งอาหารและเศษอาหาร 35

3.4 การสำรวจข้อมูลปริมาณอาหารและการจัดการเศษอาหาร 36

3.5 การเก็บและการเตรียมตัวอย่างเศษอาหารเพื่อทดสอบคุณสมบัติในห้องปฏิบัติการ 37

3.6 ตัวอย่างเศษอาหารจากโรงอาหารทั้ง 5 แห่ง 37

4.1 การวางแผนการซื้ออาหารในแต่ละมื้อ จะส่งผลต่อเศษอาหารใน 42
แต่ละมื้อของผู้บริโภคโดยปัจจัยจากภูมิหลังของผู้บริโภคที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

4.2 อาคารที่มีกิจกรรมก่อให้เกิดเศษอาหาร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์) 45

4.3 โรงอาหารหอพักนิสิต และพื้นที่ใช้สอยภายใน 46

4.4 โรงอาหารสโมสรวิศวกรรมศาสตร์และพื้นที่ใช้สอยภายใน 47

4.5 อาคารกิจกรรมนิสิต (พลาซ่า) และพื้นที่ใช้สอยภายใน 47

4.6 โรงอาหารศูนย์การแพทย์ฯ และพื้นที่ใช้สอยภายใน 48

4.7 ร้านอาหารใต้หอพักแพทย์และพื้นที่ใช้สอยภายใน 48

4.8 โรงพยาบาลศูนย์การแพทย์ศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ 48
สยามบรมราชกุมารีและพื้นที่ใช้สอยภายใน

4.9 พื้นที่ใช้สอยภายในโรงอาหารโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ 49

4.10 จำนวนผู้ใช้บริการศูนย์อาหารแต่ละแห่งในมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 50

4.11 เศษอาหารจากศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี 51

4.12 ช่วงเวลาเปิดภาคเรียนของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ และโรงเรียนสาธิตฯ 52

4.13 ปริมาณเศษอาหารจากแหล่งกำเนิด 6 แห่ง ในมหาวิทยาลัย 53

4.14 สัดส่วนการเกิดขยะเศษอาหารจากแหล่งกำเนิดในมหาวิทยาลัย 53

4.15 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของเศษอาหาร 56

4.16 เปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของขยะเศษอาหารจาก 57
โรงอาหารในมหาวิทยาลัย

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.17 การจัดเก็บเศษอาหารภายในโรงอาหารหอพักนิสิต (ซ้าย) และโรงอาหารสโมสรคณะวิศวกรรมศาสตร์ (ขวา) 59
4.18 สภาพแหล่งน้ำหลังโรงอาหารข้างศูนย์การแพทย์ฯ 59
4.19 สภาพแหล่งน้ำหลังอาคารอาคารกิจกรรมนิสิต (พลาซ่า) 60
4.20 ภาพรวมการจัดการเศษอาหารในมหาวิทยาลัยในปัจจุบัน 62
4.21 แผนภาพแนวทางการใช้ประโยชน์จากขยะเศษอาหาร 63

ประมวลคำย่อ

คำย่อ	คำอธิบาย
ABR	บ่อหมักไร้อากาศแบบผนังกั้น (Anaerobic Baffled Reactor, ABR) สำหรับการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศและการผลิตแก๊ซชีวภาพ
AFFR	ระบบบำบัดแบบตรึงฟิล์มจุลินทรีย์ชนิดไร้อากาศ (Anaerobic Fixed Film Reactor, AFFR)
C	คาร์บอน
COD	ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องการใช้เพื่อออกซิเดชันสารอินทรีย์ในน้ำให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ
CSTR	เครื่องปฏิกรณ์แบบถังกวนต่อเนื่อง สารทำปฏิกิริยาทั้งหมดจะถูกป้อนเข้า ที่ทางของเครื่องปฏิกรณ์ อย่างต่อเนื่องโดยมีใบกวนช่วยกวนสารทำปฏิกิริยาให้มีอุณหภูมิและความเข้มข้นเท่ากันตลอด ใบกวนมีหนาที่นอกจากทำให้สารทำปฏิกิริยามีเนื้อเดียวกันแล้ว ยังช่วยเพิ่มการถ่ายเทมวลและความร้อน
EM	กลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพและให้ประโยชน์ในทางเกษตรกรรม
Kcal	ปริมาณความร้อนที่ทำให้น้ำมวล 1 กิโลกรัม มีอุณหภูมิสูงขึ้น 1 องศาเซลเซียส
kwh	หน่วยวัดความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า
LPG	ก๊าซไฮโดรคาร์บอนเหลว คือ โปรเปน โปรปิลีน นอร์มัลบิวเทน ไอโซบิวเทน หรือ บิวทีลีน อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง ผสมกันเป็นส่วนใหญ่
MC	ค่าความชื้น
MJ	หน่วยที่ใช้วัดค่าพลังงาน (เมกะจูล)
MW	หน่วยวัดทางไฟฟ้า มิลลิโวลต์
N	ไนโตรเจน
pH	ตัวชี้วัดความเป็นกรด-ด่าง
PPM	หนึ่งส่วนในล้านส่วน (1 ใน 1,000,000) เป็นหน่วยในการตวงหรือวัด
sCOD	ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่ต้องการใช้เพื่อออกซิเดชันสารอินทรีย์ในน้ำให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ

ประมวลคำย่อ (ย่อ)

คำย่อ	คำอธิบาย
SS	ค่าของแข็งแขวนลอย (Suspended Solid, SS)
tCOD	ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องการใช้เพื่อออกซิเดชันสารอินทรีย์ในน้ำให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ
TDS	ค่าของแข็งละลาย (Total Dissolved Solid, TDS)
TS	ค่าของแข็งทั้งหมด (Total Solid, TS)
TSC	ปริมาณของแข็ง (Total Solid Content, TSC)
TVA	กรดที่ระเหยง่าย (Total Volatile Acid, TVA)
UASB	ระบบชั้นตะกอนจุลินทรีย์ไร้อากาศแบบไหลขึ้น เป็นระบบหนึ่งของระบบบำบัดทางชีววิทยา
Vol.	หน่วยของปริมาตร
VS	ปริมาณของแข็งระเหย
Wt	หน่วยวัดตามน้ำหนัก (W=Weight)

บทที่1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์) มีเนื้อที่ทั้งหมดกว่า 900 ไร่ ประกอบด้วย อาคารเรียน อาคารปฏิบัติการ อาคารสำนักงาน ศูนย์วิจัยด้านการศึกษา ศูนย์การแพทย์ หอพักนิสิตและบุคลากร ลานกิจกรรม และร้านอาหารเพื่อรองรับผู้อาศัย ผู้ปฏิบัติงานและผู้มาติดต่อราชการ ทำให้พื้นที่แห่งนี้มีสถานะกลายเป็นชุมชนขนาดย่อม ที่มีปัญหาพื้นฐานเกี่ยวกับการจัดการน้ำเสีย และขยะมูลฝอยจำนวนมาก โดยเฉพาะมูลฝอยประเภทเศษอาหารเหลือทิ้งจากร้านค้าภายในโรงอาหารของมหาวิทยาลัย

จากการสำรวจเบื้องต้นพบว่า ศูนย์อาหารภายในมหาวิทยาลัยมี จำนวนทั้งสิ้น 5 แห่ง ของศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี 1 แห่ง และของโรงเรียนสาธิตฯ 1 แห่ง มีนิสิต บุคลากร และผู้มารับบริการทางการแพทย์มาใช้บริการพื้นที่แห่งนี้รวมกันประมาณ 9,000 คนต่อวัน มีปริมาณเศษอาหารเหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ปัจจุบันการกำจัดเศษอาหารเหล่านี้ยังไม่สามารถรวบรวมและนำไปกำจัดได้ทั้งหมด เห็นได้จากการมีเศษอาหารตกค้าง และเหลือทิ้งตามแหล่งน้ำในมหาวิทยาลัย ปัญหาดังกล่าวนอกจากเป็นการสิ้นเปลืองทรัพยากรธรรมชาติและการดูแลรักษาสถานที่แล้ว เศษอาหารเหล่ายังก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ตามมา เช่น กลิ่นเหม็นทำให้อากาศเสีย และรั่วไหลเป็นน้ำเสีย ส่งผลต่อทัศนภาพภายในมหาวิทยาลัย เป็นแหล่งเพาะเชื้อโรค หากไม่มีการจัดการที่เหมาะสม

เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ (Biogas) เป็นเทคโนโลยี ที่อาศัยหลักการย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยวิธีชีวภาพแบบไม่ใช้อากาศ (Anaerobic Digestion) โดยสร้างสภาวะให้แบคทีเรียที่มีอยู่ในธรรมชาติ ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียในสภาพไร้ออกซิเจน ผลที่ได้จากการหมักย่อย คือส่วนผสมของก๊าซชีวภาพที่สามารถติดไฟได้ ซึ่งมีก๊าซมีเทน (Methane) เป็นองค์ประกอบหลักอยู่ประมาณ 50-70% ซึ่งถือเป็นส่วนประกอบหลัก จึงทำให้มีคุณสมบัติจุดติดไฟได้ดี และสามารถเป็นทางเลือกเพื่อนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทนในรูปต่างๆ เช่น นำไปใช้ในการหุงต้ม, ใช้กับเครื่องต้มน้ำร้อน และเครื่องอบแห้งเชิงอุตสาหกรรมต่างๆ ได้เป็นอย่างดี การใช้ก๊าซชีวภาพเน้นให้ใช้ประโยชน์ ทางด้านการผลิตความร้อนโดยตรงมากที่สุด และหากมีปริมาณมากเกินพอ ก็สามารถนำไปใช้เดินเครื่องยนต์ เพื่อผลิตไฟฟ้าต่อไป

ในช่วงหลายปีที่ผ่าน เป็นที่ทราบกันดีว่าในเขตชนบทของประเทศกำลังพัฒนา มีการผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะทางการเกษตรและขยะอาหารจากครัวเรือน สำหรับการหุงหาอาหาร และเพื่อแสงสว่าง สำหรับประเทศไทยมีของเสียจากผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรจำนวนมาก ทั้งพืช และมูลสัตว์ จึงมีการส่งเสริมการใช้ก๊าซชีวภาพมากว่า 30 ปีแล้ว แม้ในระยะแรกยังจำกัดอยู่ในระดับครัวเรือนหรือเกษตรกร

รายย่อย แต่ในปัจจุบันได้มีการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพมากขึ้นอย่างต่อเนื่องโดย เฉพาะโครงการความร่วมมือต่างประเทศซึ่งสนับสนุนเทคโนโลยีที่ทันสมัยสำหรับผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อดำเนินการศึกษาวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี ให้สามารถประยุกต์ใช้ในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ของประเทศไทยอย่างกว้างขวางมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารกลับยังไม่ได้แพร่หลายมากนัก

จากเหตุผลที่กล่าวมา ขยะเศษอาหารเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการผลิตพลังงานทดแทน คณะผู้วิจัยจึงทำการสำรวจปริมาณคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของเศษอาหารจากโรงอาหารภายในมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์) เพื่อประเมินศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพด้วยระบบการหมักแบบไร้อากาศ เพื่อนำไปสู่การผลิตพลังงานทดแทนด้านอื่นๆ ใช้ภายในมหาวิทยาลัย เช่น เชื้อเพลิงเพื่อผลิตก๊าซหุงต้ม ขับเคลื่อนยานพาหนะและการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยคาดหวังเป็นอย่างยิ่งว่า งานวิจัยนี้จะเป็นทางเลือกหนึ่งในการช่วยบริหารจัดการปัญหาขยะเศษอาหารภายในมหาวิทยาลัยได้อย่างมีประสิทธิภาพและก่อให้เกิดประโยชน์ได้อีกทางหนึ่ง

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาปริมาณขยะเศษอาหารที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์)

1.2.2 เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางเคมี และองค์ประกอบทางเคมีของเศษอาหารภายในมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์)

1.2.3 เพื่อศึกษาศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารภายในมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์)

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 ทำการศึกษาในพื้นที่มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์) และโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์) และศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี

1.3.2 ขยะเศษอาหารที่ทำการศึกษาคือ เศษอาหารที่เกิดขึ้นจากกโรงอาหารภายในมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์) และ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์) และศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี

1.3.3 ระยะเวลาการประเมินผล ตั้งแต่ สิงหาคม 2559 – พฤษภาคม 2560

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบปริมาณและคุณสมบัติของขยะเศษอาหารที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดทั้ง 7 แห่งในมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์)

1.4.2 ทราบศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพและการทดแทนพลังงานจากขยะเศษอาหารในพื้นที่

1.4.3 สามารถนำองค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษาไปใช้เป็นแนวทางในการจัดการขยะเศษอาหารเพื่อผลิตเป็นพลังงานทดแทนใช้ในมหาวิทยาลัยได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องก๊าซชีวภาพ

2.1.1 ความหมายของก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพเป็นรูปแบบพลังงานทดแทนที่สะอาดประเภทหนึ่งที่สามารถใช้ทดแทนแหล่งพลังงานที่ใช้อยู่ภายในชุมชน เช่น เชื้อเพลิงฟอสซิลและน้ำมัน ซึ่งเชื้อเพลิงเหล่านี้ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมด้านนิเวศวิทยา และในขณะเดียวกันยังเป็นเชื้อเพลิงที่ใช้แล้วหมดไป ทั้งนี้พบว่าองค์ประกอบที่สำคัญของก๊าซชีวภาพ ประกอบด้วยก๊าซมีเทน โดยทั่วไปมีความเข้มข้นประมาณ 55-65 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 35-45 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรออและก๊าซอื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.1 ซึ่งแตกต่างจากก๊าซธรรมชาติที่ประกอบด้วยก๊าซมีเทนมากถึง 90-95 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นก๊าซชีวภาพจึงเป็นส่วนหนึ่งของก๊าซธรรมชาติทั่วๆ ไป ก๊าซชีวภาพทำให้เกิดความร้อนประมาณ 5.0-7.5 กิโลวัตต์ต่อลูกบาศก์เมตร (ตารางที่ 2.2) ซึ่งแสดงถึงสมบัติการเผาไหม้ทั่วไปของก๊าซชีวภาพซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับการเผาไหม้ส่งผลทำให้เกิดประโยชน์ทางเศรษฐกิจในด้านการทดแทนพลังงานจากน้ำมันดิบ 60 เปอร์เซ็นต์ของการนำเข้าพลังงานจากภายนอกประเทศ ดังนั้นก๊าซชีวภาพจึงเป็นพลังงานหมุนเวียนอีกทางเลือกหนึ่ง โดยภาพรวมของการเป็นพลังงานหมุนเวียนของก๊าซชีวภาพดังแสดงในรูปที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ

ก๊าซ	เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร
มีเทน (CH_4)	55 - 65
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	35 – 45
ไฮโดรเจนซัลไฟต์ (H_2S)	0 – 1
ไนโตรเจร (N_2)	0 - 3
ไฮโดรเจน (H_2)	0 – 1
แอมโมเนีย (NH_3)	0 - 1

(**ที่มา** : Balat และ Balat, 2009)

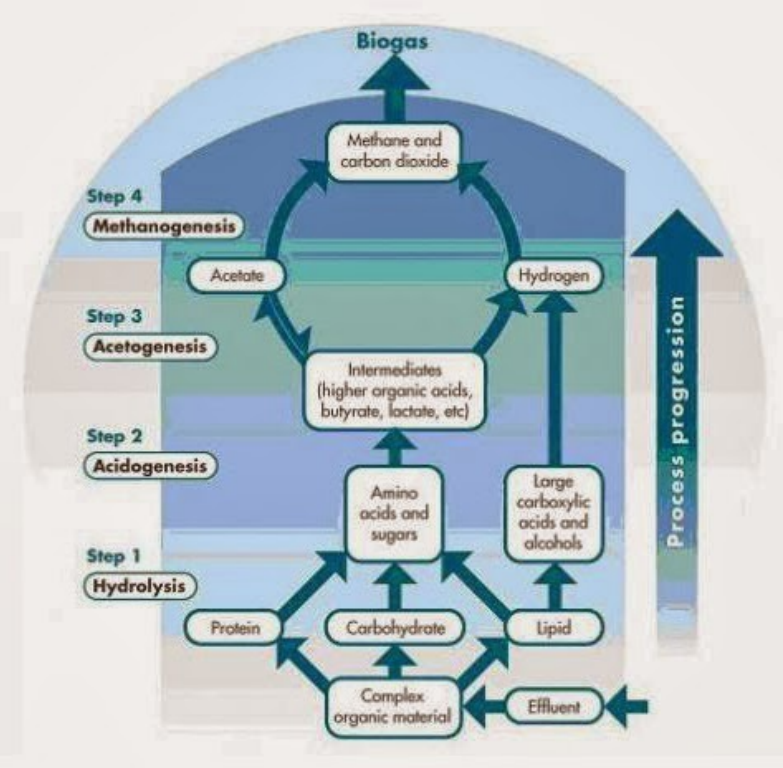
2.1.2 แหล่งวัตถุดิบสำหรับผลิตก๊าซชีวภาพ

การผลิตก๊าซชีวภาพส่วนใหญ่จะใช้น้ำเสีย สิ่งปฏิกูล ของเสียทางการเกษตร เช่น มูลสัตว์และขยะอินทรีย์อุตสาหกรรมเป็นแหล่งวัตถุดิบหลัก ส่วนใหญ่มาจากฟาร์มวัวและฟาร์มหมู โดยของเสียจากมูลสัตว์จะมีจุลินทรีย์ชนิดไม่ใช้ออกซิเจนประเภทเดียวกับที่ผลิตก๊าซธรรมชาติ เช่น *Methanobacterium ruminantium, Methanosarcina sp. และ Methanococcus sp.* ดังนั้นมูลสัตว์จึงเหมาะที่จะเป็นวัตถุดิบในการผลิตก๊าซชีวภาพ นอกจากการนำมูลสัตว์มาใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบในการผลิตก๊าซชีวภาพแล้ว ในปัจจุบันมีการใช้พืชพลังงาน เช่น ข้าวโพด เมล็ดทานตะวัน หญ้า และหญ้าซูดาน มาเป็นวัตถุดิบอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งพืชเหล่านี้เป็นพืชพลังงานที่ถูกนำมาใช้มากที่สุดในการผลิตก๊าซชีวภาพ เป็นสารตั้งต้นในการผลิตก๊าซชีวภาพซึ่งในอนาคตอาจจะมีการใช้พืชพลังงาน และความหลากหลายของพืชเพิ่มขึ้นในการผลิตก๊าซชีวภาพ

สำหรับในประเทศไทยนั้น แหล่งวัตถุดิบที่นิยมกันมากคือ น้ำเสียจากโรงงานต่างๆ ของเสียจากอุตสาหกรรมอาหาร ขยะอินทรีย์ มูลสัตว์จากอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์ซึ่งเป็นแหล่งวัตถุดิบที่สามารถย่อยสลายโดยใช้จุลินทรีย์ในระบบไร้ออกซิเจน ทำให้เกิดก๊าซมีเทน นอกจากวัตถุดิบดังกล่าวแล้ว ประเทศไทยได้มีการนำพืชผลทางการเกษตร (Agricultural Crops) เช่น มันสำปะหลังและข้าวโพด ซึ่งเป็นพืชที่มีศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพและมรการปลูกกันอย่างแพร่หลายภายในประเทศมาใช้เป็นวัตถุดิบ นอกจากนี้การนำผลผลิตทางการเกษตรมาผลิตก๊าซชีวภาพนี้ เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการบรรเทาปัญหาการขาดแคลนพลังงาน ช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และยังช่วยลดปัญหาราคาผันผวนของมันสำปะหลังและข้าวโพดผันลงด้วย และเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร (Agricultural Residues) ก็ถูกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตก๊าซชีวภาพอีกด้วย เช่น เปลือกมันสำปะหลัง กากมันสำปะหลัง เปลือกสัปปะรด ชานอ้อย และกากปาล์ม ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อถัดไป

2.1.3 กระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ

กระบวนการย่อยสลายทางชีววิทยาแบบไร้ออกซิเจน (Anaerobic Process) เป็นกระบวนการย่อยสลายทางชีววิทยาที่อาศัยการทำงานของจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนหลายกลุ่ม มีกระบวนการที่สลับซับซ้อนมากโดยปฏิกิริยาทางชีวเคมีเกิดขึ้นนับร้อยกระบวนการซึ่งต้องอาศัยเอนไซม์หรือตัวเร่งปฏิกิริยาช่วยในการเข้าทำปฏิกิริยา กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้ออกซิเจนสามารถแบ่งได้เป็น 4 ขั้นตอน ดังรูปที่ 2.1 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 2.1 กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้ออกซิเจน
(**ที่มา**: http://www.greenenergynet.net/images/tec/pic_technology5.JPG)

ในกระบวนการสร้างก๊าซมีเทนจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการแลกเปลี่ยนโมเลกุลขนาดใหญ่ของสารอินทรีย์จำพวกโปรตีนคาร์โบไฮเดรตและไขมันให้มีขนาดเล็กลงจนถึงขั้นของกรดไขมันระเหยง่ายขนาดเล็ก เช่น กรดแอซีติก (Acetic acid, CH_3COOH) ซึ่งขั้นตอนนี้เรียกรวมกันว่าขั้นตอนการสร้างกรด (Acid Formation Phase) โดนกลไกการสร้างกรดแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนคือ กระบวนการที่เกิดขึ้นภายนอกเซลล์ และกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในเซลล์

การย่อยสลายภายนอกเซลล์ ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 คือกระบวนการไฮโดรไลซิสสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน ซึ่งโมเลกุลเหล่านี้จะถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายโดยเอนไซม์ที่ถูกปล่อยออกมาภายนอกเซลล์ (Extracellular Enzyme) ให้กลายสภาพเป็นสารประกอบเชิงเดี่ยว (Monomer) สำหรับใช้ในกระบวนการสร้างกรดจุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่ในการย่อยสาย คือจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพไร้ออกซิเจน (Facultative Anaerobic Bacteria) โดยกลุ่มของจุลินทรีย์ในขั้นตอนนี้แบ่งได้ตามชนิดของเอนไซม์ที่ใช้ในย่อยสลายอินทรีย์คือ จุลินทรีย์ที่ใช้เซลลูโลส (Cellulytic Bacteria) จุลินทรีย์ที่ใช้ไขมัน (Lipolytic Bacteria) และจุลินทรีย์ที่ใช้โปรตีน (Proteolytic Bacteria) สำหรับความเร็วของกระบวนการย่อยสลายในขั้นตอนนี้ขึ้นอยู่กับเอนไซม์ที่ถูกปล่อยออกมาจากจุลินทรีย์ซึ่งเอนไซม์ที่ถูกปล่อยออกมาจะเลือกชนิดของปฏิกิริยา ชนิดของสารที่เข้าทำปฏิกิริยา นอกจากนี้การทำงานของเอนไซม์ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ ความเข้มข้น

ของเอนไซม์ อุณหภูมิ และการสัมผัสระหว่างเอนไซม์กับสารอินทรีย์ หลังจากเกิดกระบวนการย่อยสลายภายนอกเซลล์แล้ว การย่อยสลายก็จะเข้าสู่ขั้นตอนการย่อยสลายภายในเซลล์ซึ่งได้แก่ขั้นตอนที่ 2 และขั้นตอนที่ 3

ในขั้นตอนที่ 2 หรือการเกิดกระบวนการสร้างกรด ในขั้นตอนนี้จะใช้สารที่ได้จากการย่อยสลายในขั้นตอนแรกเป็นสารตั้งต้นสำหรับจุลินทรีย์ประเภทสร้างกรดโดยจุลินทรีย์กลุ่มนี้จะเปลี่ยนสารอาหารดังกล่าวให้เป็นกรดอินทรีย์ชนิดโมเลกุลเล็ก เช่น กรดแอซีติก (Acetic Acid) กรดโพรไพโอนิก (Propionic Acid) กรดวาเลอริก (Valeric Acid) และกรดแลกติก (Lactic Acid) โดยกนดที่เกิดขึ้นทั้งหมดมีปริมาณสัดส่วนของกรดแอซีติกสูงสุดและมีการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นในขั้นตอนนี้ด้วย จุลินทรีย์สร้างกรดมีอัตราการเจริญเติบโตสูงและทนทานต่อสภาพแวดล้อมได้ดี เป็นผลสืบเนื่องมาจากการอยู่ร่วมกันของจุลินทรีย์หลายสปีชีส์ (Species) กรณีที่กลุ่มที่จุลินทรีย์สร้างกรดมีการสร้างกรดมากเกินไปจะก่อให้เกิดปัญหากับระบบผลิตก๊าซชีวภาพโดยรวม เนื่องจากจุลินทรีย์สร้างมีเทนจะถูกยั้บยังการทำงานเนื่องจากกรดที่มากเกินไปทำให้ค่าพีเอชของระบบลดลงและส่งผลกระทบต่อการดำรงชีพของกลุ่มจุลินทรีย์สร้างก๊าซมีเทนได้ สำหรับจุลินทรีย์ในขั้นตอนการสร้างกรด คือจุลินทรีย์ในกลุ่มของเฟอร์เมนเททิฟแบคทีเรีย (Fermentative Bacteria) หรือแอซิโดเจน (Acidogen) ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่สามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสได้อีกด้วย

สำหรับการเกิดปฏิกิริยาในขั้นตอนที่ 3 หรือการเกิดกระบวนการผลิตกรดแอซิติกนั้นเป็นผลอันเนื่องมาจากการที่จุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่ผลิตก๊าซมีเทนต้องการสารอาหารที่มีความเฉพาะเจาะจงสูง โดยสารอาหารที่จุลินทรีย์สร้างมีเทนสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ประกอบได้ด้วยกรดแอซิติก กรดฟอร์มิก ไฮโดรเจน เมทานอลและเมทิลามิน แต่ไม่สามารถใช้กรดไขมันระเหยที่มีคาร์บอนอะตอมเกินกว่า 2 อะตอม เช่น กรดโพรไพโอนิก กรดบิวทิริก เป็นสารอาหารในการผลิตก๊าซมีเทนโดยตรงได้ ดังนั้นในกรณีที่มีกรดไขมันระเหย (Volatile Fatty Acid) ที่สร้างขึ้นยังอยู่ในรูปของกรดอินทรีย์ที่มีคาร์บอนมากกว่า 2 อะตอม จุลินทรีย์สร้างมีเทนจะไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เนื่องจากเกิดการสะสมของกรดอินทรีย์ในระบบเพื่อให้ระบบอยู่ในสภาพที่เหมาะสมต่อการดำรงชีพของจุลินทรีย์ ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องทำการย่อยสลายกรดอินทรีย์เหล่านั้นให้มีอะตอมของคาร์บอนลดลง เพื่อให้ปฏิกิริยาดำเนินต่อไปได้ จุลินทรีย์กลุ่มหนึ่งที่สามารถย่อยสลายกรดไขมันที่มีคาร์บอนอะตอมมากกว่า 2 อะตอมให้เป็นกรดแอซีติกได้ ได้แก่ จุลินทรีย์ที่สร้างไฮโดรเจน (Hydrogen Producing Acetogenic Bacteria) ผลผลิตที่ได้ประกอบไปด้วยกรดแอซีติก คาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรเจน

ขั้นตอนที่ 4 เรียกว่ากระบวนการสร้างมีเทนโดยกรดอินทรีย์โมเลกุลเล็ก ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และก๊าซไฮโดรเจน (H_2) ที่เกิดจากขั้นตอนการสร้างกรดจะถูกเปลี่ยนเป็นก๊าซมีเทนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยจุลินทรีย์ชนิดสร้างก๊าซมีเทนเกิดได้ 2 แบบ แบบที่ 1 เกิดจากการเปลี่ยนกรดอินทรีย์ไปเป็นก๊าซมีเทน ซึ่งก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจากขั้นตอนนี้มีปริมาณเป็น 70 เปอร์เซ็นต์

ของก๊าซมีเทนที่สามารถเกิดขึ้นได้ในระบบ และอีกแบบหนึ่งจะเกิดจากการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซไฮโดรเจนให้กลับกลายเป็นก๊าซมีเทนโดนจุลินทรีย์ประเภท Hydrogen-Utilizing Methane Bacteria

2.1.4 คุณสมบัติของก๊าซชีวภาพ

ในการนำก๊าซชีวภาพมาใช้ประโยชน์ด้านพลังงาน ค่าพลังงานที่ได้จากก๊าซชีวภาพจะขึ้นกับสัดส่วน (%) ของก๊าซมีเทนที่มีอยู่ในเนื้อก๊าซชีวภาพ ซึ่งมีคุณสมบัติทั่วไป ดังตารางที่ 2.2 - ตารางที่ 2.3

2.1.4.1 คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของก๊าซชีวภาพ

ตารางที่ 2.3 แสดงสัดส่วนองค์ประกอบแต่ละชนิดในก๊าซชีวภาพ โดยจะเห็นว่าโดยทั่วไปแล้วก๊าซชีวภาพจะมีปริมาณก๊าซมีเทน (CH_4) อยู่ประมาณร้อยละ 50-80 ส่วนที่เหลือเป็นสิ่งปนเปื้อนได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ไนโตรเจน (N_2) ออกซิเจน (O_2) ไอน้ำ (H_2O) และสารประกอบอื่นๆ เช่น ไซลอกเซน (Silozanes) ทั้งนี้ชนิดและสิ่งปนเปื้อนในก๊าซชีวภาพจะขึ้นอยู่กับแหล่งหรือวัตถุที่ใช้ในการผลิต

ตารางที่ 2.2 แสดงค่าพลังงานจลน์จากก๊าซชีวภาพ

คุณสมบัติก๊าซชีวภาพ	ค่า
ค่าความร้อน (Heating Value)	21.5 MJ/m^3 (CH_4 60%)
ความเร็วเปลวไฟ	25 cm/s
อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ทางทฤษฎี (A/F)	6.19 m^3 -air/m^3-gas
อุณหภูมิเผาไหม้ในอากาศ	650 deg C
อุณหภูมิจุดติดไฟของ CH_4	600 deg C
ค่าความจุความร้อน (Cp)	1.6 kJ/m^3- deg C
ความหนาแน่น	1.15 kg/m^3

(**ที่มา** : http://www.greenenergynet.net/tec_Biogas.html)

ตารางที่ 2.3 แสดงองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ

ชนิด	อัตราส่วน

มีเทน (CH_4)	50-80 % vol.
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	20-50 % vol.
ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S)	50-5,000 ppm
แอมโมเนีย (NH_3)	0-300 ppm
ออกซิเจน (O_2)	< 1 % vol.
ไนโตรเจน (N_2)	1-4 % vol.
ความชื้น (H_2O)	2-5 % wt (อิ่มตัว)

(**ที่มา**: http://www.doeb.go.th/knowledge/data/2Compressed_Biogas.pdf)

2.1.4.2 คุณสมบัติทั่วไปของก๊าซชีวภาพ

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2553) ก๊าซชีวภาพเป็นแหล่งพลังงานที่สามารถผลิตขึ้นใช้เองได้อย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอ ซึ่งสามารถชดเชยหรือทดแทนการใช้เชื้อเพลิงต่างๆ กับอุปกรณ์ที่ต้องการความร้อนจากเชื้อเพลิงได้เป็นอย่างดี เช่น ทดแทนการใช้ก๊าซหุงต้ม (LPG) ในครัวเรือน เครื่องกกลูกสุกร เครื่องอบแห้ง หม้อต้มไอน้ำ ระบบทำความเย็นแบบดูดซึม รวมทั้งการใช้ในรูปแบบของแสงสว่างกับตะเกียง หรือใช้กับเครื่องยนต์สำหรับสูบน้ำหรือผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ภายในฟาร์ม คุณสมบัติของก๊าซชีวภาพแสดงในตารางที่ 2.4 และ ตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.4 แสดงคุณสมบัติของก๊าซชีวภาพ

คุณสมบัติของก๊าซชีวภาพ (ที่ 0°C ความดัน 1 บรรยากาศ)	
ปริมาณ CH_4	65-70 %
ปริมาณ CO_2	30-35%
ปริมาณ H_2S	1,000 ppm
ค่าความร้อนต่ำ	24.48 MJ/m^3
ความเร็วเปลวไฟ	25 cm/s
อุณหภูมิเผาไหม้ในอากาศ	650° C
ค่าความจุความร้อน (Cp)	1.6 kJ/m^3- deg C
ความหนาแน่น	1.15 kg/m^3

(**ที่มา** : http://www2.dede.go.th/km_ber/e-learn/lesson4.pdf)

ตารางที่ 2.5 แสดงคุณสมบัติของก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตร มีค่าความร้อนเทียบเท่า : ทดแทน	
ก๊าซหุงต้ม (LPG)	0.46 กิโลกรัม

น้ำมันเบนซิน	0.67 ลิตร
น้ำมันดีเซล	0.60 ลิตร
น้ำมันเตา	0.55 ลิตร
ฟืนไม้	1.50 ลิตร
ไฟฟ้า (ค่าเฉลี่ย)	1.20 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

(**ที่มา** : http://www2.dede.go.th/km_ber/e-learn/lesson4.pdf)

2.1.4.3 คุณสมบัติและการให้ค่าความร้อน

เนื่องจาก CO_2 เป็นก๊าซคงตัวและไม่ติดไฟ ดังนั้นสมบัติของก๊าซชีวภาพในด้านเชื้อเพลิงจึงขึ้นอยู่กับปริมาณก๊าซมีเทน (CH_4) เป็นสำคัญ คุณสมบัติที่สำคัญของก๊าซชีวภาพ ได้แก่ การที่เป็นก๊าซที่จุดไฟติดในบรรยากาศ ให้ค่าความร้อนประมาณ 600 B.T.U./ลูกบาศก์ฟุต (สำหรับก๊าซมีเทนให้ค่าความร้อน 1,000 B.T.U./ลูกบาศก์ฟุต) หรือก๊าซชีวภาพ 1ลูกบาศก์เมตรจะให้ความร้อนเทียบเท่าถ่านไม้ชั้นดี 0.74 กิโลกรัม

ก๊าซมีเทนบริสุทธิ์จะไม่มีสี กลิ่น รส เมื่อเผาไหม้จะได้ก๊าซ CO_2 น้ำ และพลังงาน 5,000-6,000 Kcal/M^3 ที่ 15°C ความดัน 735 เซนติเมตรของปรอท ส่วน H_2S ที่ปะปนอยู่เป็นตัวการทำให้เกิดการสึกกร่อนและส่งกลิ่นเหม็น แต่เมื่อถูกเผาไหม้จะมีกลิ่นน้อยลง มีเทนเป็นก๊าซที่ทำให้เป็นของเหลวยากเพราะมีจุดควบแน่น -164.4 °C แต่สามารถลดปริมาตรลงได้ 600 เท่าที่จุดควบแน่น ดังนั้นจึงควรเก็บในสภาพของเหลวที่อุณหภูมิต่ำ

2.1.5 วัสดุที่ใช้ในการหมัก

อินทรีวัตถุที่ย่อยสลายได้ทุกชนิดสามารถใช้เป็นวัสดุหมักก๊าซชีวภาพ ได้แก่ มูลสัตว์ทุกชนิด รวมทั้งของเสีย น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมทางเกษตร เช่น โรงงานแป้งมันสำปะหลัง โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ โรงงานผลไม้กระป๋อง โรงงานน้ำตาล โรงงานผลิตแอลกอฮอล์ โรงฆ่าสัตว์ และจากขยะชุมชนหรือร้านค้า ภัตตาคาร เป็นต้น แต่วัสดุบางชนิดจะมีความเหมาะสมมากกว่าวัสดุบางชนิดด้วยเหตุผลทางต้นทุนและเทคนิคไม่ควรใช้วัสดุที่ต้องซื้อหรือมีราคาแพงเพราะจะทำให้ก๊าซชีวภาพมีต้นทุนสูง ไม่คุ้มค่าทางเศรษฐกิจเนื่องจากวัตถุประสงค์ที่สำคัญประการหนึ่งของการผลิตก๊าซชีวภาพคือ การเปลี่ยนวัสดุเหลือใช้จากครัวเรือนและชุมชน ที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์เปลี่ยนขยะหรือของเหลือทิ้งเป็นพลังงานที่มีค่า

นอกจากมูลสัตว์และมูลคนแล้วเศษวัสดุจากพืชก็สามารถนำมาใช้เป็นวัสดุหมักเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ อินทรียวัตถุต่างชนิดกันก็จะมีคุณสมบัติทางชีวเคมีที่ต่างกัน ซึ่งจะทำให้ความสามารถในการผลิตก๊าซชีวภาพต่างกันไป ในการหมักก๊าซชีวภาพสามารถใช้วัสดุหมักหลายชนิดร่วมกันได้ แต่ต้องคำนึงถึงปัจจัยพื้นฐานที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการทำงานของแบคทีเรียเมทาโนเจน

2.1.6 ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ

การย่อยสลายสารอินทรีย์และการผลิตก๊าซมีปัจจัยต่างๆเกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

2.1.6.1 อุณหภูมิในการเดินระบบ (Operating Temperature)

เมทาโนเจนไม่สามารถทนต่ออุณหภูมิที่ต่ำมากหรือสูงมากได้ ถ้าหากอุณหภูมิลดลงต่ำกว่า 10 °C แบคทีเรียจะหยุดทำงาน อุณหภูมิในการเดินระบบแบ่งเป็นสองระดับตามสปีชีส์ของเมทาโนเจน ได้แก่ เมโซฟิลิก (Mesophilic) และเทอร์โมฟิลิก (Thermophilic) อุณหภูมิที่เหมาะสมที่เมโซฟิลิกทำงานได้ดีคือประมาณ 20 °C - 45 °C แต่ที่เหมาะสมที่สุดคือช่วง 37 °C - 41 °C โดยในช่วงอุณหภูมิระดับนี้แบคทีเรียส่วนใหญ่ในถังหมักจะเป็นเมโซฟิลิก เทอร์โมฟิลิกทำงานได้ดีในช่วงอุณหภูมิที่สูงกว่าประมาณ 50 °C - 52 °C แต่ก็สามารถทำงานในอุณหภูมิที่สูงขึ้นไปถึง 70 °C

แบคทีเรียเมโซฟิลิกนั้นมีจำนวนสปีชีส์มากกว่าเทอร์โมฟิลิก นอกจากนี้ยังสามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้ดีกว่าเทอร์โมฟิลิกอีกด้วย ทำให้ระบบหมักก๊าซชีวภาพที่ใช้เมโซฟิลิกเสถียรกว่า แต่ในขณะเดียวกันอุณหภูมิซึ่งสูงกว่าในระบบที่ใช้เทอร์โมฟิลิกก็เป็นการช่วยเร่งปฏิกิริยาส่งผลให้อัตราการผลิตก๊าซสูงกว่า ข้อเสียอีกข้อของระบบเทอร์โมฟิลิก คือ การที่ต้องใช้พลังงานจากภายนอกมาเพิ่มความร้อนให้ระบบ ทำให้อาจได้พลังงานสุทธิต่ำกว่า

2.1.6.2 ความเป็นกรด - ด่าง (pH Value)

ค่า pH ที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตก๊าซชีวภาพคือระหว่าง 7.0 - 7.2 ค่า pH ในถังหมักขึ้นอยู่กับช่วงของการหมักด้วย เพราะในช่วงแรกแบคทีเรียที่สร้างกรดจะสร้างกรดเป็นจำนวนมากและทำให้ค่า pH ลดลง ซึ่งถ้าหากค่า pH ลดลงต่ำกว่า 5 ก็จะหยุดกระบวนการย่อยและหมักทั้งหมด หรืออีกนัยหนึ่งคือแบคทีเรียตาย Methanogen นั้นอ่อนไหวต่อความเป็นกรดด่างมากและจะไม่เจริญเติบโตหากค่า pH ต่ำกว่า 6.5 ในช่วงท้ายของกระบวนการความเข้มข้นของ NH_4 จะมากขึ้นตามการย่อยสลายไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้ค่า pH เพิ่มโดยอาจเกิน 8 จนกระทั่งระบบผลิตเริ่มมีความเสถียรค่า pH จะอยู่ระหว่าง 6.8 – 8

2.1.6.3 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio)

อัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนของขยะอินทรีย์ที่สามารถใช้ผลิตก๊าซชีวภาพตั้งแต่ 8 - 30 แต่อัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพคือประมาณ 23 ถ้าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงมาก ไนโตรเจนจะถูก Methanogen นำไปใช้เพื่อเสริมโปรตีนให้ตัวเองและจะหมดอย่างรวดเร็ว ส่งผลทำให้ได้ก๊าซน้อย แต่ถ้าหาก C/N Ratio ต่ำมากๆ ก็จะทำให้ไนโตรเจนมีมากและไปเกาะกันกับแอมโมเนีย แอมโมเนียจะไปเพิ่มค่า pH ซึ่งถ้าหากค่า pH สูงถึง 8.5 ก็จะเริ่มเป็นพิษกับแบคทีเรียทำให้จำนวน Methanogen ลดลง นอกจากนี้หาก C/N Ratio อยู่นอกเหนือจากช่วง 8 - 30 จะทำให้มีสัดส่วนปริมาณก๊าซที่ได้เป็นก๊าซอื่นๆ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้น มูลสัตว์โดยเฉพาะวัวควายมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่เหมาะสมที่สุดรองลงมาก็ได้แก่ พวกดอกจอก ผักตบและเศษ

อาหาร ขณะที่ฟางมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ค่อนข้างสูง อย่างไรก็ตามสามารถนำวัตถุดิบที่มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงมาผสมกันกับวัตถุดิบที่มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำได้ เพื่อให้ได้วัตถุดิบที่มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ต้องการ ตารางที่ 2.6 แสดงอัตราส่วน C/N ของวัสดุอินทรีย์

ตารางที่ 2.6 อัตราส่วน C/N ของวัสดุอินทรีย์

วัสดุ	C/N Ratio
มูลเป็ด	8
มูลคน	8
มูลไก่	10
มูลแพะ	12
มูลหมู	18
มูลแกะ	19
มูลวัวควาย	24
สาหร่ายแกมน้ำเงิน	25
มูลช้าง	43
ฟางข้าวโพด	60
ฟางข้าว	70
ขี้เลื่อย	< 200

(ที่มา: ชัยทัศน์ ไพรินทร์, 2549)

2.1.6.4 ปริมาณสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบ (Loading)

ปริมาณสารอินทรีย์เข้าสู้ระบบคือ ปริมาณสารอินทรีย์ที่เราเติมใส่ถังหมักในแต่ละวัน ซึ่งถ้าหากว่าปริมาณที่เราเติมนั้นมากเกินไปก็จะส่งผลให้ค่า pH ลดลงมากเกินไป (เนื่องจากในช่วงแรกของกระบวนการคือ cidogenesis กรดจะถูกผลิตขึ้นมา) จนทำระบบล้มเหลวเนื่องจาก Methanogen ตายหมด ซึ่งหากสิ่งนี้เกิดขึ้นจริงก็จะต้องเริ่มระบบใหม่หมด แต่ถ้าหากปริมาณสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบน้อยก๊าซที่ได้ก็จะน้อยตามไปด้วย เท่ากับว่าไม่ได้เดินระบบเต็มตามกำลังการผลิต ทำให้ถังหมักมีขนาดใหญ่เกินไปโดยไม่จำเป็น

2.1.6.5 ระยะเวลาการกักเก็บสารอินทรีย์ในถังหมัก (Retention time)

ระยะเวลาในการกักเก็บสารอินทรีย์ในถังหมักขึ้นอยู่กับปริมาณและประเภทของสารอินทรีย์ที่เติมเข้าไปซึ่งมีลักษณะและคุณสมบัติที่แตกต่างกันไป รวมถึงรูปแบบของระบบถังหมัก หาก

ระยะเวลาในการกักเก็บสั้นไปก็จะไม่พอสำหรับแบคทีเรียที่จะผลิตก๊าซชีวภาพ นอกจากนี้แบคทีเรียยังจะถูกถ่ายออกจากระบบเร็วเกินไปส่งผลให้จำนวนแบคทีเรียลดลงไป ทำให้แบคทีเรียที่เหลืออยู่ทำการย่อยไม่ทันและอาจทำให้ค่า pH ในถังหมักลดลง ขณะเดียวกันการที่ระยะเวลากักเก็บนานเกินไปจะทำให้เกิดการตกตะกอนของสารอินทรีย์ที่แบคทีเรียย่อยสลายแล้วสะสมอยู่ทำให้ถังหมักมีขนาดใหญ่โดยไม่จำเป็น ระยะเวลาในการกักเก็บส่วนใหญ่จะประมาณ 14 - 60 วันขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ คือค่า TSC อุณหภูมิ ขนาด และประเภทของ digester และปริมาณสารอินทรีย์ที่เติม ระยะเวลาในการกักเก็บนั้นเป็นตัวบ่งชี้ว่าแบคทีเรียจะมีชีวิตได้นานเท่าไหร่โดยไม่มีการเติมอาหาร เนื่องจากระยะเวลาในการกักเก็บหมายถึงระยะเวลาที่แบคทีเรียต้องการเพื่อย่อยอาหารทั้งหมด ดังนั้นเมื่อไหร่ก็ตามที่แบคทีเรียยังย่อยอาหารไม่หมดก็หมายความว่า แบคทีเรียจะยังไม่ตายจากการขาดอาหาร

2.1.6.6 ปริมาณของแข็ง (Total Solid Content, TSC)

Solid Content ของสารอินทรีย์ในการผลิตก๊าวชีวภาพแบ่งเป็น 2 ระบบคือ

1) High – Solid (ปริมาณของแข็งสูง) TSC สูงกว่า 20%
2) Low – Solid (ปริมาณของแข็งต่ำ) TSC ต่ำกว่า 15%

ถังหมักที่ออกแบบสำหรับเติมสารอินทรีย์ High – Solid จะต้องใช้พลังงานมากกว่าในการสูบน้ำตะกอน (Slurry) แต่เนื่องจากในระบบ High – Solid ความเข้มข้นของน้ำในถังหมักสูงกว่าพื้นที่ที่ใช้ก็จะน้อยกว่าในทางกลับกัน ถังหมัก Low – Solid สามารถใช้เครื่องสูบน้ำทั่วไปที่ใช้พลังงานน้อยกว่าสูบน้ำตะกอน แต่ก็ต้องใช้พื้นที่มากกว่าเนื่องจากปริมาตรต่อสารอินทรีย์ที่เติมเข้าไปสูงขึ้น กระนั้นก็ดีการที่น้ำตะกอนมีความใสกว่าก็ทำให้การหมุนเวียนและกระจายตัวของแบคทีเรีย และสารอินทรีย์ดีขึ้นและการที่แบคทีเรียสามารถสัมผัสสารอินทรีย์อย่างทั่วถึงก็ช่วยให้การย่อยและการผลิตก๊าซเร็วขึ้น

2.1.6.7 การคลุกเคล้า (Mixing)

การคลุกเคล้าตะกอน น้ำ และสารอินทรีย์ เป็นส่วนประกอบที่สำคัญอีกส่วนเพราะจะทำให้แบคทีเรียสัมผัสกับสารอินทรีย์ได้อย่างทั่วถึง ทำให้แบคทีเรียทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ส่งผลให้การเกิดก๊าซเร็วขึ้นและมากขึ้น นอกจากนี้ยังป้องกันการตกตะกอนและตะกอนลอย (Scum) ซึ่งตะกอนอาจจะไปอุดช่องทางสำหรับระบายของเหลวจากถัง

2.1.6.8 สารอาหาร (Nutrient)

สารอาหารที่แบคทีเรียต้องการเพื่อการเจริญเติบโตนอกเหนือไปจากคาร์บอนและไฮโดรเจนแล้ว ยังมีไนโตรเจน ซัลเฟอร์ ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม แคลเซียม นอกจากนี้ก็มีธาตุที่จำเป็นในปริมารน้อยมากๆ เช่น เหล็ก แมงกานีส ลิบดินัม สังกะสี โคบอลต์ ซิลิเนียม ทังเสตน และนิเกิล เป็นต้น แต่ขยะอินทรีย์โดยทั่วไปจะมีธาตุอาหารเหล่านี้ในระดับที่สมดุลพอเพียง เพราะฉะนั้นในการหมักจึงไม่จำเป็นต้องเติมสารอาหารใดๆ ลงไป

2.1.6.9 สารยับยั้งและสารพิษ (Inhibiting and Toxic Materials)

สารยับยั้งและสารพิษ เช่น กรดไขมันระเหยได้ไฮโดรเจนหรือแอมโมเนีย รวมถึงธาตุไอออน สารพิษ โลหะหนัก สาทำความสะอาดต่างๆ เช่น สบู่ น้ำยาล้างต่างๆ และยาปฏิชีวนะ สามารถส่งผลยับยั้งการเจริญเติบโตและการผลิตก๊าซของแคทีเรียได้ ธาตุไอออนในปริมาณน้อย (เช่น โซเดียม โปแตสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม ซัลเฟอร์ แอมโมเนีย) สามารถช่วยกระตุ้นการเติบโตของแบคทีเรียเช่นกัน แต่ถ้าหากปริมาณนั้นมากก็จะส่งผลเป็นพิษได้ยกตัวอย่างเช่น แอมโมเนียในปริมาณ 50 – 200 มิลลิกรัมต่อลิตรจะเป็นผลดีช่วยในการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย แต่เมื่อใดที่ความเข้มข้นของแอมโมเนียมากกว่า 1,500 มิลลิกรัมต่อลิตรก็จะเริ่มส่งผลเสีย ในทางเดียวกันโลหะหนักบางประเภท (เช่น ทองแดง นิเกิล โครเมียม สังกะสี ตะกั่ว และอื่นๆ) ในปริมาณที่น้อยๆ ช่วยในการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย แต่เมื่อความเข้มข้นสูงก็จะเป็นพิษ

2.1.7 ก๊าซชีวภาพในประเทศไทย

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมซึ่งมีแหล่งวัตถุดิบมากมายไม่ว่าจะเป็นมันสำปะหลัง ปาล์มน้ำมัน น้ำตาล และฟาร์มเลี้ยงสัตว์ โดยกระบวนการแปรรูปเหล่านี้จะให้น้ำเสียจำนวนมากและมีกลิ่นเหม็น ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนจึงเป็นทางเลือกหนึ่งและยังให้ผลผลิตที่เป็นก๊าซชีวภาพกลับมาใช้ในกระบวนการผลิตได้อีก อย่างไรก็ตาม ศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะสมบัติและปริมาณของน้ำเสียดังตารางที่ 2.7

2.1.7.1 แหล่งผลิตก๊าซชีวภาพในประเทศไทย

1) ฟาร์มเลี้ยงสุกร เนื่องจากฟาร์มเลี้ยงสุกรมีการใช้น้ำเป็นจำนวนมากในกิจกรรมการเลี้ยงสุกร การใช้น้ำในฟาร์มแต่ละที่แต่ละแห่งจะแตกต่างกันไปจากการศึกษาปริมาณน้ำเสียของฟาร์มในประเทศไทยพบว่า โดยเฉลี่ยปริมาณน้ำเสียในแต่ละวันต่อตัว (เทียบกับสุกรน้ำหนักเฉลี่ย 60 กิโลกรัมต่อตัว) จะอยู่ที่ 27 ลิตรต่อตัวหรือประมาณ 222 ลิตรต่อหน่วยปศุสัตว์ (1 หน่วยปศุสัตว์เทียบเท่าน้ำหนักสุกรยืนคอกประมาณ 500 กิโลกรัม) และลักษณะสมบัติของน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสุกรมีข้อแตกต่างกันขึ้นอยู่กับการจัดการขอแต่ละฟาร์ม ปัญหาที่เกิดขึ้นโดยส่วนใหญ่คือ เรื่องกลิ่นเหม็นและแมลงวัน ฟาร์มเลี้ยงสุกรบางแห่งใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อผึ่ง (Open Pond) ซึ่งระบบดังกล่าวต้องใช้พื้นที่เป็นบริเวณกว้างมากและมีการตื้นเขินเนื่องจากการตกตะกอนของของเสียจากกิจกรรมการเลี้ยงสุกรทำให้ต้องทำการขุดลอกอยู่บ่อยๆ สิ้นเปลืองทั้งค่าใช้จ่ายและเวลาการดำเนินการ รวมทั้งเป็นภาระในการกำจัดกากตะกอนจำนวนมากเหล่านั้นด้วย ส่วนบางฟาร์มที่พอจะมีศักยภาพในการนำเทคโนโลยีต่างๆ มาใช้ เช่น การใช้เครื่องแยกตะกอนเพื่อแยกส่วนกากของเสียออกจากน้ำเสียก่อนปล่อยลงสู่ระบบบ่อผึ่งในฟาร์มหรือใช้เครื่องเติมอากาศในบ่อบำบัดน้ำเสีย แต่การใช้เทคโนโลยีดังกล่าวนั้นมีค่าใช้จ่าย ค่าพลังงานในการเดินเครื่องและบำรุงรักษาค่อนข้างสูง ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสมเนื่องจากมีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างต่ำ เสียค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาน้อยแต่มีศักยภาพใน

การช่วยลดความสกปรกและกลิ่นเหม็นได้ ยิ่งไปกว่านั้นการใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนจะได้ก๊าซชีวภาพเป็นผลพลอยได้สามารถนำไปใช้ทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงอื่นๆ เช่น ทดแทนการใช้ก๊าซหุงต้ม ฟืนน้ำมันเชื้อเพลิง หรือใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้ภายในฟาร์มได้เป็นอย่างดี ตลอดจนได้ปุ๋ยอินทรีย์แห้งที่มีคุณภาพเหมาะสำหรับการเพาะปลูกและปรับปรุงดินเพื่อการเกษตรภายในฟาร์มหรือเพื่อจำหน่ายให้แก่เกษตรกรภายนอกได้ ตัวอย่างเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ เช่น บ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบปิด (Modified Covered Lagoon) เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพแบบไร้ออกซิเจนแบบชั้นสลัดจ์ไหลขึ้น (Upflow Anaerobic Sludge Blanket: UASB) เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพแบบไร้ออกซิเจนแบบชั้นสลัดจ์ไหลขึ้นสูง (High Upflow Anaerobic Sludge Blanket: H-UASB) และบ่อโดมคงที่ (Fixed Dome)

2) โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง ในประเทศไทยสามารถผลิตแป้งมันสำปะหลังได้ประมาณ 2 ล้านตันต่อปี กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังได้น้ำเสียประมาณ 15-20 ลูกบาศก์เมตรต่อแป้ง 1 ตัน และน้ำเสีย 1 ลูกบาศก์เมตรสามารถให้ก๊าซชีวภาพ 10 ลูกบาศก์เมตร สำหรับระบบบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตนั้นมีทั้งเทคโนโลยีแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน ปัจจุบันมีหลายโรงงานที่เริ่มนำระบบบำบัดไร้ออกซิเจนมาใช้ เช่น โรงงานสงวนวงษ์อุตสาหกรรมซึ่งเป็นโรงงานผลิตและส่งออกแป้งมันรายใหญ่ของประเทศไทยใช้ระบบถังไร้ออกซิเจนแบบแผ่นกั้น (Anaerobic Baffled Reactor, ABR) โรงงานชลเจริญและโรงงานชัยภูมิพืชผลใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบตรึงฟิล์มจุลินทรีย์แบบไร้ออกซิเจน (Anaerobic Fixed Film Reactor, AFFR) และโรงงานแป้งมันเอี่ยมเฮงอุตสาหกรรมใช้ระบบถังไร้ออกซิเจนแบบชั้นสลัดจ์ไหลขึ้น (Upflow Anaerobic Sludge Blanket, UASB) ผลพลอยได้ที่ได้จากการจัดการน้ำเสียด้วยระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจนคือก๊าซชีวภาพซึ่งสามารถนำก๊าซชีวภาพที่ได้นี้ไปทดแทนการใช้ก๊าซเชื้อเพลิงหรือใช้ในการผลิตไฟฟ้าเพื่อนำมาใช้ภายในโรงงานได้อีกด้วย

ตารางที่ 2.7 ศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพของประเทศไทย (ข้อมูลผลผลิต พ.ศ. 2550)

แหล่งน้ำเสีย	**โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง**	**โรงงานผลิตน้ำมันปาล์มดิบ**	**ฟาร์มหมู**	**โรงงานผลิตน้ำตาล**	**โรงงานผลิตเอทานอล**
	(ตัน)	**(ตัน)**	**(ตัว)**	**(ตัน)**	**(ลบ.ม.)**
การผลิต(ล้านยูนิตต่อปี)	0.70	6.39	9.30	64.40	191.75
น้ำเสียต่อหน่วยการผลิต(ลูกบาศก์	15.00	0.40	9.86	0.11	10.00

เมตร)					
ปริมาณน้ำเสียทั้งหมด(ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี)	10.50	2.56	91.70	7.08	1917.50
ก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้(ลูกบาศก์เมตรต่อลูกบาศก์เมตรน้ำเสีย)	10.00	35.00	3.50	7.00	35.00
ก๊าซชีวภาพทั้งหมด (ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี)	105.00	89.46	320.94	49.59	67112.50

(**ที่มา**: ดัดแปลงมาจาก Energy for Environment Foundation)

3) โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ อุตสาหกรรมการสกัดน้ำมันปาล์มมีการขยายตัวอย่างรวดเร็วย่อมส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้นตามอัตราการเพิ่มปริมาณผลผลิต (โดยเฉลี่ยผลปาล์มสด 1 ตัน จะทำให้เกิดน้ำเสียประมาณ 0.4 ลูกบาศก์เมตร หรือคิดเป็น 40% ของผลปาล์มสด) ปกติน้ำเสียจะมีสิ่งสกปรกมาในรูปของไขมัน น้ำมัน และสารอินทรีย์ปนเปื้อนอยู่ในปริมาณสูง การบำบัดน้ำเสียโดยใช้เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถจัดการน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบซึ่งมีหลายเทคโนโลยีด้วยกัน เช่น เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพระบบถังปฏิกรณ์แบบกวนสมบูรณ์ (Completely Stirred Tank Reactor, CSTR) เป็นระบบบำบัดไร้ออกซิเจน (Anaerobic System) โดยน้ำเสีย 1 ลูกบาศก์เมตรจะสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ 35 ลูกบาศก์เมตร และเทคโนโลยีนี้ได้ผ่านการใช้งานตั้งแต่เดือนมีนาคม ค.ศ.1990 ที่บริษัทเอเชี่ยนน้ำมันปาล์ม จำกัด จังหวัดกระบี่ และได้นำก๊าซชีวภาพที่ได้จากระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจนเป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตไฟฟ้าและขายไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าภูมิภาค หรือ กฟภ อีกด้วย (ขนาดไม่เกิน 1 เมกะวัตต์ตามเกณฑ์เงื่อนไขของการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็ก หรือ VSPP)

4) โรงงานผลิตน้ำตาล การผลิตน้ำตาลสามารถสกัดได้จากพืชหลายชนิด เช่น อ้อย หัวบีต ภายในโรงงานผลิตน้ำตาลมีความต้องการและกระแสไฟฟ้าจำนวนมากในกระบวนการผลิตน้ำตาล ในปัจจุบันทุกโรงงานได้นำเอาชานอ้อยที่เหลือจากการผลิตมาเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าและไอน้ำใช้ในโรงงาน หากกระแสไฟฟ้าเหลือจากการใช้ภายในโรงงานแล้วสามารถขายต่อให้กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยซึ่งเป็นการแบ่งเบาภาระของรัฐด้านพลังงานได้อีกทางหนึ่ง สำหรับวันทำการผลิตน้ำตาลต่อปีนั้น 120 วันโดยต้นอ้อย 1 ตันจะทำให้เกิดน้ำเสีย 0.11 ลูกบาศก์เมตร และน้ำเสีย 1 ลูกบาศก์เมตร

สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ 7 ลูกบาศกเมตร ปัจจุบันโรงงานผลิตน้ำตาลหลายโรงงานได้ทำการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล (Molasses) ซึ่งในกระบวนการผลิตเอทานอลได้น้ำเสียจำนวนมาก และน้ำเสียเหล่านี้ยังสามารถผลิตเป็นก๊าซชีวภาพได้ และเมื่อน้ำเสียของทั้ง 2 กระบวนคือ จากการผลิตน้ำตาลและเอทานอลมารวมกันก็จะมีศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพได้สูงขึ้น

2.1.7.2 งานวิจัยเกี่ยวกับก๊าซชีวภาพในประเทศไทย

จิตภูภักดี และคณะทำการวิจัยผลกระทบของระยะเวลากักเก็บต่อการผลิตก๊าซชีวภาพในถังปฏิกรณ์กวนสมบูรณ์แบบต่อเนื่อง (Continuous Stirred Tank Reactor, CSTR) และถังปฏิกรณ์แบบลูกผสม (Hybrid Reactor) ทำการผลิตก๊าซชีวภาพจากกากสัปปะรด (เปลือกสัปปะรด : เนื้อสัปปะรดในอัตรา 1 : 1) โดยระบบการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจนสองขั้นตอน ระยะการสร้างกรดดำเนินการในถังปฏิกรณ์กวนสมบูรณ์แบบต่อเนื่องขนาด 7.5 ลิตร กรดระเหยทั้งหมดในถังปฏิกรณ์กวนสมบูรณ์แบบต่อเนื่องที่ระยะเวลากักเก็บ 3 วัน เท่ากับ 2,734 มิลลิกรัม แคลเซียมคาร์บอเนตต่อลิตร ก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ ณ ระยะเวลากักเก็บ 10 วันในถังปฏิกรณ์กวนสมบูรณ์แบบต่อเนื่อง คือ 390 มิลลิลิตรต่อวัน มีปริมาณมีเทนเท่ากับ 15 เปอร์เซ็นต์สิทธิภาพการจำกัดซีโอดีเท่ากับ 29.1 26.7 17.6 และ 2.4 เปอร์เซ็นต์ ณ ระยะเวลากักเก็บ 10 7 5 และ 3 วัน ส่วนการผลิตก๊าซชีวภาพสูงสุดในถังปฏิกรณ์แบบลูกผสมขนาด 7 ลิตรพบว่า ณ ระยะเวลากักเก็บ 10 7 5 และ 3 วันเท่ากับ 3,947 3,645 3,444 และ3,220 มิลลิลิตรต่อวัน มีปริมาณเท่ากับ 55.2 46.1 41.2 และ37.4 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ประสิทธิภาพการลดซีโอดี (COD) ของระบบคือ 70.3 98.3 66.4 และ 63.8 เปอร์เซ็นต์ที่ระยะเวลากักเก็บ 10 7 5 และ 3 วัน ตามลำดับ

สิริ-อนุสรศักดิ์ และคณะ ศึกษาหาความเข้มข้นของยูเรียที่เหมาะสมในความเข้มข้นมันสำปะหลัง 2 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับความเข้มข้นมูลโค 10 เปอร์เซ็นต์ ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าพีเอชระหว่าง 6.60 ถึง 8.00 เนื่องจากมันสำปะหลังมีสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตในปริมาณที่สูงเหมาะสำหรับการเจริญของจุลินทรีย์ เมื่อมันสำปะหลังผ่านกระบวนการไฮโดรไลซิสจะได้น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว ขณะที่มูลโคมีจุลินทรีย์กลุ่มสร้างมีเทนที่สามารถเปลี่ยนน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวให้กลายเป็นก๊าซมีเทนซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของก๊าซชีวภาพ สำหรับสภาวะการหมักมันสำปะหลังร่วมกับมูลโคนั้นสามารถรักษาสภาพจุลินทรีย์ได้ในช่วงแรกเนื่องจากเกิดปริมาณกรดที่มากเกินพอ ดังนั้นการเติมยูเรียซึ่งเป็นแหล่งไนโตรเจนลงไป ส่งผลให้สภาวะในการหมักเหมาะสมขึ้น จากการศึกษาพบว่า ความเข้มข้นของยูเรีย 0.08 เปอร์เซ็นต์ เหมาะสมสำหรับการหมักมันสำปะหลังร่วมกับมูลโค ซึ่งปริมาณดังกล่าวผลิตก๊าซชีวภาพได้ปริมาณมีเทนเท่ากับ 6.26 เปอร์เซ็นต์

อนุพัฒติกุล และ โรจน์ทอง ศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากหัวมันสำปะหลังในระดับห้องปฏิบัติการ โดยใช้ถังย่อยแบบกระเดี่ยวขนาด 5 ลิตรและ 20 ลิตรที่อุณหภูมิ 29-31 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน พบว่าในถังย่อยแบบกะขนาด 5 ลิตรที่เติมคาร์บอนและไนโตรเจนในรูปของแข็งที่ความ

เข้มข้นเหมาะสมโดนของแข็งทั้งหมดร้อยละ 1.00 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และยูเรียร้อยละ 0.04 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ปริมาณก๊าซที่ได้ 1.96 ลิตรต่อวัน ประกอบด้วยปริมาณมีเทนสูงสุด 67.92 เปอร์เซ็นต์ในเวลา10 วัน และปฏิบัติการหมักจะสิ้นสุดลงหลังจาก 16 วัน เพื่อเพิ่มขนาดถังย่อยเป็น 20 ลิตรพบว่า ปริมาณก๊าซที่ได้ต่อวันประมาณ 5.50 ลิตรต่อวัน ประกอบด้วยปริมาณมีเทน 57.70 เปอร์เซ็นต์ในเวลา10 วัน ขณะที่ปริมาณก๊าซที่ได้ 3.88 ลิตรต่อวัน ประกอบด้วยมีเทน 67.62 เปอร์เซ็นต์ในช่วงเวลา 14 วัน และปฏิบัติการหมักจะสิ้นสุดลงหลังจาก 24 วัน จากการทดลองนี้สรุปได้ว่า การผลิตก๊าซชีวภาพจากหัวมันสำปะหลังในถังย่อยแบบเดียวอย่างง่ายสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ 67 เปอร์เซ็นต์

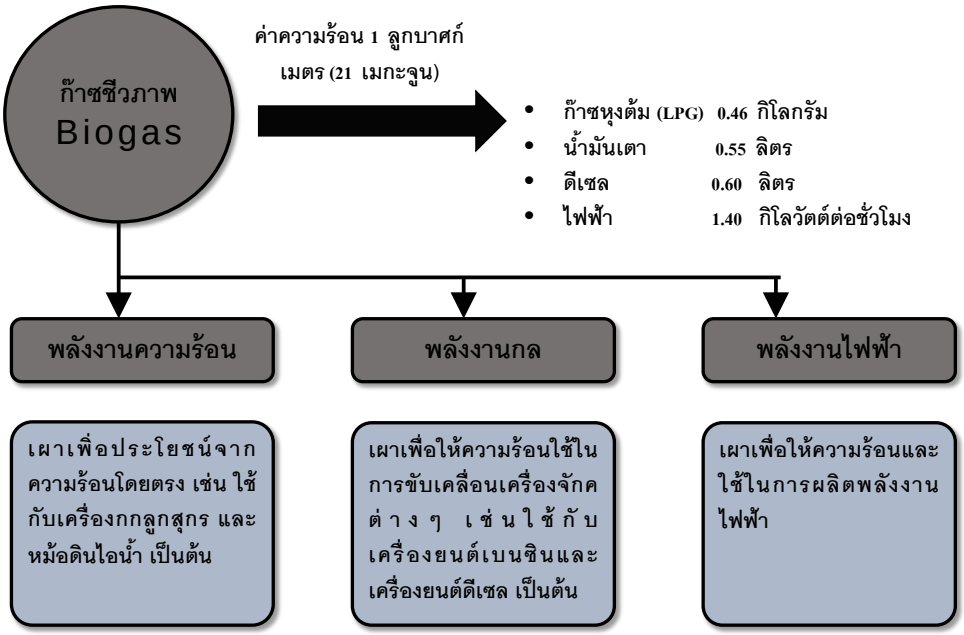
2.1.8 การใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพ

2.1.8.1 ด้านพลังงาน

เนื่องจากก๊าซชีวภาพมีก๊าซมีเทนเป็นส่วนประกอบหลักจึงทำให้มีคุณสมบัติจุดไฟ ติดได้ดี และสามารถนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทนในรูปต่างๆ ได้ เช่น เผาไหม้เพื่อใช้ประโยชน์จากความร้อนโดยตรง เช่น ใช้สำหรับทำอาหารภายในครัวเรือน เผาไหม้เพื่อให้ความร้อนและใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องจักรกลต่างๆ เช่น ใช้กับเครื่องยนต์เบนซิน และเครื่องยนต์ดีเซล เป็นต้น เผาไหม้เพื่อให้ความร้อนและใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้า การนำก๊าซชีวภาพไปใช้ในการผลิตพลังงานร่วม (Cogeneration System) ระหว่างพลังงานกล/ไฟฟ้าและความร้อน โดยอาศัยหลักการนำความร้อนทิ้งที่เกิดขึ้นจากระบบการผลิตพลังงานกล/ไฟฟ้ากลับมาผลิตเป็นพลังงานความร้อนเพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป จากการศึกษาพบว่า พลังงาน ก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตรสามารถทดแทนพลังงานในรูปแบบต่างๆ ได้ดังนี้ ก๊าซหุงต้ม (LPG) 0.46 กิโลกรัม น้ำมันเบนซิน 0.67 กิโลกรัม น้ำมันเตา 0.55 ลิตร พลังงานไฟฟ้า 1.20 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

2.1.8.2 ด้านสิ่งแวดล้อม

การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม การใช้เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพในการจัดการน้ำเสียก่อให้เกิดประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อมคือ ลดปัญหามลพิษทางน้ำโดยสามารถบำบัดและลดการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้ เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรด้วยการใช้เทคโนโลยีที่มีการจัดการของเสียอย่างครบวงจรและมีการใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้อย่างคุ้มค่าหรือมีการปล่อยของสียออกสู่สิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด (Waste Minimize ช่วยลดการปล่อยก๊าซมีเทนทิ้งสู่บรรยากาศ เนื่องจากมีเทนเป็นก๊าซเรือนกระจกตัวหนึ่งที่ส่งผลรุนแรงกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 21 เท่า ดังนั้น หากปล่อยก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจากการหมักสู่บรรยากาศจะเป็นการเพิ่มอัตราการเกิดภาวะเรือนกระจกหรือเร่งให้โลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น ดังนั้นการนำก๊าซชีวภาพมาใช้เป็นพลังงานจึงเป็นการช่วยลดปัญหาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ด้วย) ถือเป็นการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 2.2 การใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพ

(**ที่มา**: สำนักงานและแผนนโยบายพลังงาน. (2553): ออนไลน์)

2.1.8.3 ด้านการเกษตร

การทำเป็นปุ๋ย โดยนำกากที่ได้จากการหมักก๊าซชีวภาพนั้นสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยได้ดีกว่ามูลสัตว์สดๆ และปุ๋ยคอกทั้งนี้เนื่องจากในขณะที่มีการหมักมีการเปลี่ยนแปลงสารประกอบไนโตรเจนในมูลสัตว์ทำให้พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ การทำเป็นอาหารสัตว์ โดยนำส่วนที่เหลือจากการหมักไปตากแห้งแล้วนำไปผสมเป็นอาหาร สัตว์ให้โคและสุกรกินได้ แต่ควรใส่ปริมาณระหว่าง 5-10 กิโลกรัมต่อส่วนผสมทั้งหมด 100 กิโลกรัม จะทำให้สัตว์เจริญเติบโตตามปกติและเป็นการลดต้นทุนการผลิตอีกด้วย

2.1.8.4 ด้านอุตสาหกรรม

การใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพนอกเหนือจากที่กล่าวมาแล้วยังสามารถนำผลผลิตข้างเคียงไปใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเคมีได้โดยเป็นสารตั้งต้นเพื่อการผลิตเคมีภัณฑ์ต่างๆ เช่น อะเซทิลีน (Acetylene), คาร์บอนไดซัลไฟด์ (Carbon Disulfide), คาร์บอนเททระคลอไรด์ (Carbon Tetrachloride), ไฮโดรเจนไซยาไนด์ (Hydrogen Cyanide), เมทิลคลอไรด์ (Methyl Chloride) และเมทิลีนคลอไรด์ (Methylene Chloride) แต่ยังคงประสบปัญหาก็คือ ยังไม่มีความคุ้มทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์

2.1.9 กากจากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ

หลังจากวัสดุหมักถูกย่อยโดยแบคทีเรีย เมทาโนเจนในสภาพไร้อากาศภายในถังหมักก็จะเกิดก๊าซชีวภาพที่จุดติดไฟสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ กากที่เหลือทั้งของแข็งและของเหลวยังเป็นผลพลอย

ได้ที่มีประโยชน์อีกอย่างหนึ่งที่ได้จากบ่อหมัก เป็นปุ๋ยหมักชีวภาพและน้ำหมักชีวภาพที่สามารถนำไปปรับปรุงบำรุงดินได้เป็นอย่างดี

กากที่เหลือจากถังหมักนี้อยู่ในหลายรูปแบบ กากที่เป็นของแข็งน้ำหนักเบาจะลอยเป็นฝ้าอยู่ด้านบน กากเหล่านี้มักจะเป็นส่วนประกอบของกากใยกากที่เป็นของเหลวและน้ำจะอยู่ที่ระดับกลางของบ่อหมัก ส่วนที่ข้นเหนียวจะอยู่ด้านล่างซึ่งเป็นกากที่แท้จริง จะมีของแข็งบางส่วนที่มีน้ำหนักอยู่ที่ก้นบ่อมักจะเป็นทรายและดิน กากอาจจะมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันมีการแยกชั้นไม่มาก หากวัตถุดิบที่ป้อนเข้าไปมีสัดส่วนที่พอเหมาะระหว่างน้ำและมูลสัตว์ ซึ่งมีการผสมคลุกเคล้าวัตถุดิบกันก่อนที่จะป้อนเข้าถังหรือบ่อหมักกากที่เหลือออกมาก็จะเป็นเนื้อเดียวกัน (บุญมา และคณะ, 2550)
การใช้ประโยชน์ทางด้านการเกษตร กากมูลสัตว์ที่ได้จากการหมักก๊าซชีวภาพสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยได้ดีกว่าปุ๋ยพืชสด (ปุ๋ยคอก) ทั้งนี้เนื่องจากในขณะที่มีการหมักนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงสารประกอบไนโตรเจนในมูลสัตว์ให้กลายเป็นแอมโมเนียที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ง่ายกว่าและยังมีคุณสมบัติที่ดีกว่าปุ๋ยเคมีในการใช้ปรับปรุงดินเพื่อการเกษตรให้มีสภาพดีขึ้นด้วย

การใช้ประโยชน์เกษตรกรรมและปศุสัตว์

1). การทำปุ๋ยชีวภาพ คือ การนำขยะย่อยสลายพวกเศษอาหาร เศษพืช และวัสดุที่ย่อยสลายได้มาหมักโดยใช้สารเร่งคือ กากน้ำตาล หรือเชื้อจุลินทรีย์ในอัตราส่วนที่เหลือเหมาะสม จนกระทั่งได้น้ำหมักที่มีสีเหลืองน้ำตาล ซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้แก่ รดน้ำต้นไม้ ดับกลิ่นห้องน้ำ ฆ่าหญ้า

2). การทำปุ๋ยหมัก คือ การนำขยะย่อยสลาย พวกเศษพืช เศษขยะ จากการทำครัว เช่น เศษผัก เศษเนื้อ เศษเปลือกผลไม้ มาหมักโดยอาศัยขบวนการทางชีววิทยาของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายขยะดังกล่าว ภายใต้สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมทั้งในด้านความชื้น อุณหภูมิ ปริมาณ ออกซิเจน จนได้สารอินทรีย์ที่ย่อยสลายแล้วเป็นผงหรือก้อนเล็กๆ สีน้ำตาลปนดำ ไม่มีกลิ่น มีอัตราส่วนของสารประกอบคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำ เมื่อขบวนการย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์จะได้ปุ๋ยหมักที่สามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงคุณภาพดินได้เป็นอย่างดี วิธีการหมักทำปุ๋ยสามารถแบ่งได้ 2 วิธี คือวิธีกองบนพื้นหรือในหลุม กับวิธีหมักขยะโดยใช้เครื่องจักรกล

3). การนำไปเลี้ยงสัตว์ คือ เป็นการนำขยะจำพวกเศษอาหารที่เหลือจากการรับประทานหรือประกอบอาหารไปใช้เลี้ยงสัตว์ เช่น ใช้เลี้ยงสุกร เลี้ยงปลา

4). การนำของเสียมาปรับปรุงพื้นที่ (Land Reclamation) การนำของเสียมาปรับปรุงพื้นที่คือ การนำเอาของเสียทั่วไป เศษวัสดุจากการก่อสร้าง หรือทำลายอาคาร กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย เถ้าและกากของเสียอื่นๆ ที่เกิดจากขบวนการเผาไหม้และหมักทำปุ๋ยชีวภาพ มาใช้ปรับปรุงพื้นที่ เช่น ถมพื้นที่ที่เป็นหลุมเป็นบ่อ ถมถนนที่มีความลาดเอียงถมพื้นที่ที่ต้องการยกระดับความสูง เมื่อ

ถมกากของเสียหรือขยะในพื้นที่ดังกล่าวแล้วจะสามารถนำพื้นที่นั้นๆ ไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น ปลูกต้นไม้สร้างสวนสาธารณะ หรือสถานที่พักผ่อนหย่อนใจ และปลูกสร้างอาคารที่มีความสูงไม่มากนัก

2.1.10 ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจของก๊าซชีวภาพ

จากการทดลองใช้ก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ในแต่ละวันจุดไฟพบว่า สามารถจุดไฟหุงต้มได้นานโดยเฉลี่ยประมาณ 15 - 20 นาทีต่อวันต่อถังหมักก๊าซ 1 ถัง ทั้งนี้จากที่ทดลองการหมักใช้ได้ในระยะเวลา 1 เดือน เมื่อพิจารณาจากปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นในแต่ละวันหลังจากวันที่ 30 ของการหมักจะให้ปริมาณก๊าซที่ลดลง ดังนั้นถ้าต้องการใช้ก๊าซชีวภาพในการทำกับข้าวเป็นเวลา 60 นาทีต่อวันต้องทำการเพิ่มจำนวนถังหมักให้เป็น 4 ถังซึ่งต้นทุนในการทำถังหมักก๊าซชีวภาพและอุปกรณ์ประกอบถัง ถังละ 500 บาทคิดเป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 2,000 บาท การประยุกต์นำระบบการผลิตก๊าซชีวภาพมาใช้ในครัวเรือนต้องใช้ระยะเวลาประมาณ 6 เดือนจึงจะคุ้มทุน หลังจากนั้นก็สามารถใช้ระบบการผลิตก๊าซชีวภาพไปได้เรื่อยๆ จนครบเวลา 1 ปีโดยไม่เสียค่าใช้จ่ายใดๆ เพิ่มเติม ในขณะเดียวกันถ้าใช้แก๊สหุงต้ม LPG ขนาดถัง 15 กิโลกรัม 1 ถังต่อเดือนในเวลา 1 ปีต้องเสียค่าใช้จ่าย

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องขยะเศษอาหาร

2.2.1 ความหมายของขยะ

ตามพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตสถานฉบับ พ.ศ. 2525 กล่าวว่า มูลฝอย หมายถึง เศษสิ่งของที่ทิ้งแล้ว หยากเยื่อ ขยะ หมายถึง หยากเยื่อ มูลฝอย

พระราชบัญญัติสาธารณสุข พ.ศ. 2535 ให้คำจำกัดความ มูล ฝอย หมายถึง สิ่งต่างๆ ที่เราไม่ต้องการ ที่เป็นของแข็งหรืออ่อน มีความชื้น ได้แก่ เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร ถุงพลาสติก ภาชนะกล่องใส่อาหาร เถ้า มูลสัตว์ หรือซากสัตว์รวมตลอดถึงวัตถุอื่น สิ่งใดที่เก็บกวาดได้จากถนน ตลาด ที่เลี้ยงสัตว์หรือที่อื่น

ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535 ให้จำกัดความของคำว่า ของเสีย หมายความว่า ขยะมูลฝอย สิ่งปฏิกูล น้ำเสีย อากาศเสีย มลสารหรือวัตถุอันตรายอื่นใด ซึ่งถูกปล่อยทิ้งหรือมีที่มาจากแหล่งกำเนิดมลพิษ รวมทั้งกากตะกอนหรือสิ่งตกค้าง

จากสิ่งเหล่านั้น ที่อยู่ในสภาพของแข็งของเหลวหรือก๊าซในทางวิชาการจะใช้คำว่า ขยะมูลฝอย ซึ่งหมายถึง บรรดาสิ่งของที่ไม่ต้องการใช้แล้ว ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นของแข็ง จะเน่าเปื่อยหรือไม่ก็ตาม รวมตลอดถึง เถ้า ซากสัตว์ มูลสัตว์ ฝุ่นละออง และเศษวัตถุที่ทิ้งแลเวจากบ้านเรือน ที่พักอาศัยสถานที่ต่างๆ รวมถึงสถานที่สาธารณะ ตลาดและโรงงานอุตสาหกรรม ยกเว้น อุจจาระ และปัสสาวะของมนุษย์ซึ่งเป็นสิ่งปฏิกูล วิธีจัดเก็บและกำจัดแตกต่างไปจากวิธีการจัดขยะมูลฝอย ปัจจุบัน วิทยาการก้าวหน้าประชากรเพิ่มอย่างรวมเร็ว อัตราหารใช้ที่ดินเพิ่มขึ้นผลิตเครื่องอุปโภค บริโภค อาหาร ที่อยู่อาศัย เป็นเหตุให้เศษสิ่งเหลือใช้มีปริมาณมากขึ้น ก่อให้เกิดปัญหาของขยะมูลฝอย

ขยะ หรือ มูลฝอย หรือ ของเสีย เป็นเหตุสำคัญประการหนึ่งที่ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม และ มีผลต่อสุขภาพอนามัย มูลฝอยหรือของเสียกำลังมีปริมาณเพิ่มขึ้นมากทุกปี เพราะสาเหตุจากการเพิ่มของประชากร การขยายตัวทางเศรษฐกิจและอุตสาหกรรม นับเป็นปัญหาที่สำคัญของชุมชนซึ่งต้องจัดการและแก้ไข ปริมาณกากของเสียและสารอันตราย ได้แก่ ขยะมูลฝอย สิ่งปฏิกูลและสารพิษที่ปนเปื้อนอยู่ในแหล่งน้ำ ดิน และอากาศ ตลอดจนบางส่วนตกค้างอยู่ในอาหาร ทำให้ประชาชนทั่วไปเสี่ยงต่ออันตรายจากการเป็นโรคต่างๆ เช่น โรคมะเร็ง และ โรคผิดปกติทางพันธุกรรม เป็นต้น สถานที่บางแห่งก็มีคนทิ้งขยะกันตามสะดวก โดยนำไปเทกองรวมกัน ไว้ริมทางเดินบ้าง โคนต้นไม้บ้าง ทำให้มีการหมักหมมเน่าเปื่อยส่งกลิ่นเหม็นคลุ้ง บางครั้งอาจมองเห็นหนอนจำนวนมากมายจากกองขยะ ดูน่ารังเกียจ นอกจากนั้นกองขยะยังเป็นแหล่งชุมนุมของสัตว์นำโรคสารพัดชนิด เช่น ยุง แมลงวัน หนู แมลงสาบ ฯลฯ ยามที่ฝนตกลงมาน้ำฝนก็จะชะเอาสิ่งสกปรกเน่าเหม็นในกองขยะไหลไปยังพื้นที่ใกล้เคียง และอาจจะไหลลงท่อระบายน้ำและแม่น้ำลำคลองใกล้ๆ อีกด้วย

การทิ้งขยะลงท่อระบายน้ำทำให้เกิดผลเสียอย่างร้ายแรง คือ ทำให้ท่อระบายน้ำอุดตันเมื่อฝนตกก็ไม่สามารถระบายน้ำฝนได้ จึงเกิดสภาพน้ำท่วมขังตามถนนสายต่างๆ ตามตรอกซอกซอย และผลที่ตามมาก็คือ การเดินทางไปตามเส้นทางเหล่านั้นลำบากขึ้น การจราจรก็ติดขัดและถนนหนทางอาจได้รับความเสียหาย ซึ่งเมื่อน้ำลดลงสู่สภาพปกติก็ต้องซ่อมแซมใหม่ ทำให้ต้องสิ้นเปลืองงบประมาณ

บ้านเรือนที่มีขยะมูลฝอยรกรุงรังอยู่ภายในบ้านเรือนบริเวณบ้าน นอกจากจะดูสกปรกไม่น่าอยู่แล้ว ก็ยังเป็นที่ชุมนุมของหนู แมลงวัน แมลงสาบ ซึ่งเป็นพาหะนำโรคทางเดินอาหารมาสู่คนและยังก่อความรำคาญให้อีกด้วย

2.2.2 แหล่งกำเนิดขยะ

ขยะเป็นสิ่งที่เหลือใช้ หรือสิ่งที่ไม่ต้องการอีกต่อไป สามารถแบ่งตามแหล่งกำเนิดได้ดังนี้

2.2.2.1 ของเสียจากอุตสาหกรรม ของเสียอันตรายทั่วประเทศไทย 73% มาจากระบบอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ยังไม่มีการจัดการที่เหมาะสมโดยทิ้งกระจายอยู่ตามสิ่งแวดล้อมและทิ้งร่วมกับมูลฝอยรัฐบาลได้ ก่อตั้งศูนย์กำจัดกากอุตสาหกรรมขึ้นแห่งแรกที่แขวงแสมดำ เขตบางขุนเทียน เริ่มเปิดบริการตั้งแต่ พ.ศ. 2531 ซึ่งก็เพียงสามารถกำจัดของเสียได้บางส่วน

2.2.2.2 ของเสียจากโรงพยาบาลและสถานที่ศึกษาวิจัย ของเสียจากโรงพยาบาลเป็นของเสียอันตรายอย่างยิ่ง เช่น ขยะติดเชื้อ เศษอวัยวะจากผู้ป่วย และจากการรักษาพยาบาล รวมทั้งของเสียที่ปนเปื้อนสารกัมมันตรังสี สารเคมี ได้ทิ้งสู่สิ่งแวดล้อมโดยปะปนกับมูลฝอยสิ่งปฏิกูลเป็นการเพิ่มความเสี่ยงในการแพร่กระจายของเชื้อโรคและสารอันตราย

2.2.2.3 ของเสียจากภาคเกษตรกรรม เช่น ยาฆ่าแมลง ปุ๋ย มูลสัตว์ น้ำทิ้งจากการทำปศุสัตว์ ฯลฯ

2.2.2.4 ของเสียจากบ้านเรือนแหล่งชุมชน เช่น หลอดไฟ ถ่านไฟฉาย แบตเตอรี่ แก้ว เศษอาหาร พลาสติก โลหะ หินไม้ กระเบื้อง หนัง ยาง ฯลฯ

2.2.2.5 ของเสียจากสถานประกอบการในเมือง เช่น ภัตตาคาร ตลาดสด วัด สถานเริงรมย์

รูปที่ 2.3 จำแนกขยะตามแหล่งกำเนิด แหล่งชุมชน กิจกรรมอุตสาหกรรม และกิจกรรมเกษตร จัดได้ว่าเป็นแหล่งกำเนิดของขยะมูลฝอยที่สำคัญ เมื่อประชากรเพิ่มขึ้นขยะมูลฝอยก็จะเพิ่มขึ้นเป็นเงาตามตัว ประกอบกับมีการพัฒนาอุสาหกรรมอย่างรวดเร็ว ทำให้มีขยะมูลฝอยใหม่ๆ เกิดขึ้นมากมาย ขยะมูลฝอยเหล่านี้มีทั้งขยะมูลฝอยทั่วไปและของเสียอันตราย แต่ละประเภทมีลักษณะแตกต่างกัน

2.2.3 ประเภทของขยะมูลฝอย

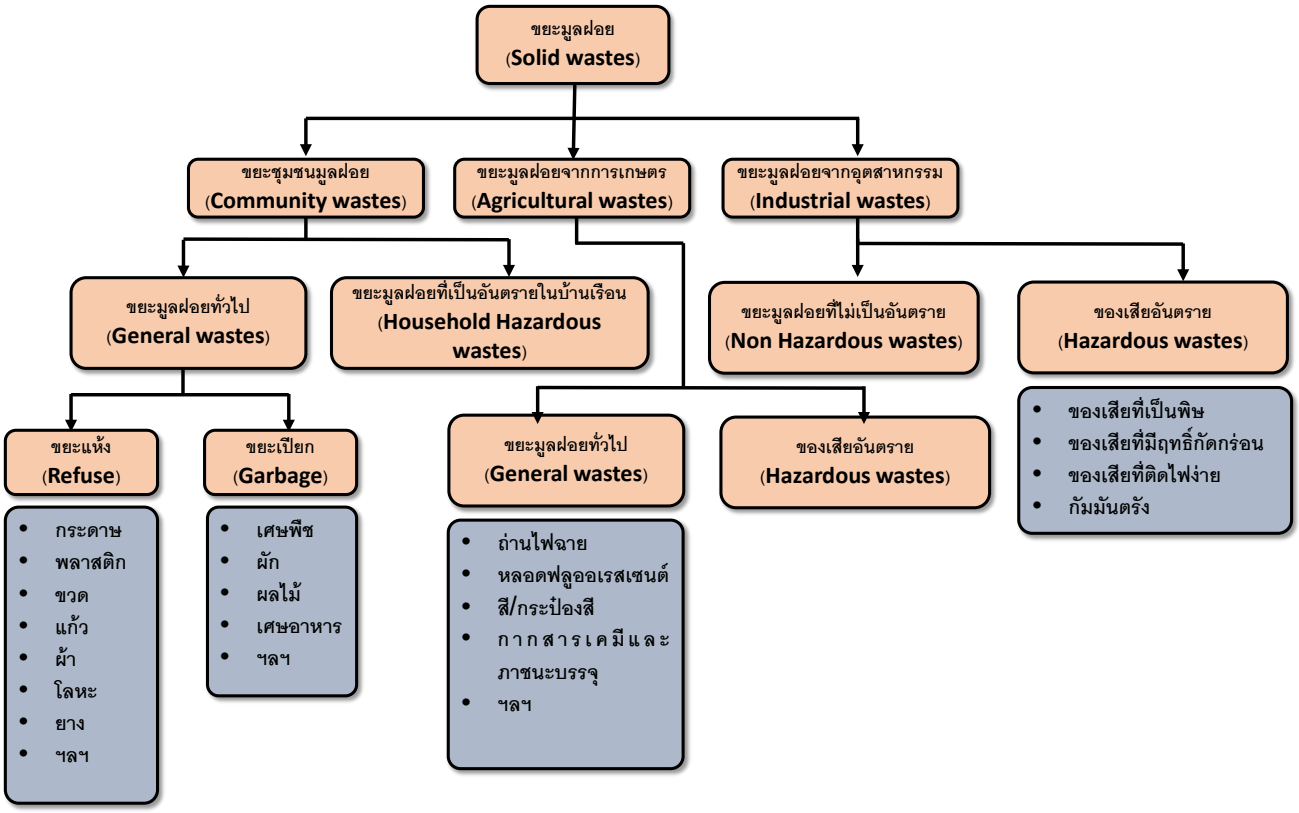
จำแนกประเภทได้ดังนี้

2.2.3.1 ขยะมูลฝอยที่เผาไหม้ได้ เช่น เศษไม้ พลาสติก กระดาษ ผ้า สิ่งทอ ยาง ฯลฯ

2.2.3.2 ขยะมูลฝอยที่เผาไหม้ไม่ได้ ได้แก่ เศษโลหะ เหล็ก แก้ว กระเบื้อง หิน ฯลฯ

2.2.3.3 ขยะมูลฝอยที่ไม่เป็นพิษหรือขยะมูลฝอยทั่วไป ได้แก่ ขยะมูลฝอยที่เกิดจากบ้านเรือน ร้านค้า เช่น พวกเศษอาหาร กระดาษ พลาสติก เปลือกและใบไม้ เป็นต้น

2.2.3.4 ขยะมูลฝอยที่เป็นพิษ ซึ่งอันตรายต่อสุขภาพและชีวิตมนุษย์ตลอดจนสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ได้แก่ ของเสียที่มีส่วนประกอบของสารอันตรายหรือของเสียที่มีฤทธิ์ กัดกร่อนหรือติดไฟง่าย หรือมีเชื้อโรคติดต่อปะปนอยู่ เช่น ซากถ่านไฟฉาย ซากแบตเตอรี่ ซากหลอดฟลูออเรสเซนต์ กากสารเคมี และ ผ้าพันแผลจากโรงพยาบาล



รูปที่ 2.3 แผนผังแหล่งกำเนิดขยะมูลฝอย

2.2.4 แบ่งประเภทขยะตามลักษณะของส่วนประกอบของขยะมูลฝอย

มีประเภทต่างๆ ดังนี้

2.2.4.1 กระดาษ ถุงกระดาษ กล่อง ลัง เศษกระดาษจากสำนักงาน

2.2.4.2 พลาสติก มีความทนทานต่อการทำลายได้สูง วัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพลาสติก เช่น ถุงภาชนะ ของเด็กเล่น ของใช้

2.2.4.3 แก้ว เช่น ขวด หลอดไฟ เศษกระจก ฯลฯ

2.2.4.4 เศษอาหาร ผัก ผลไม้ ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ ย่อยสลายได้ง่าย เป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่ทำให้ขยะเกิดกลิ่นเหม็นและส่งกลิ่นรบกวนหากไม่มีการเก็บขนออกจากแหล่งทิ้งทุกวัน

2.2.4.5 ผ้าสิ่งทอต่างๆ ที่ทำมาจากเส้นใยธรรมชาติ และใยสังเคราะห์ เช่น ผ้าไนล่อน ขนสัตว์ ลินิน ฝ้าย

2.2.4.6 ยางและหนัง เช่น รองเท้า กระเป๋า

2.2.4.7 ไม้ เศษเฟอร์นิเจอร์ โต๊ะ เก้าอี้ ฯลฯ

2.2.4.8 หิน กระเบื้อง กระดูก พวกนี้ไม่เน่าเปื่อย พบมากในแหล่งก่อสร้างตึกที่ทุบทิ้ง

2.2.4.9 โลหะต่างๆ เช่น กระป๋อง ลวด สายไฟ ตะปู

2.2.4.10 อื่นๆ ที่ไม่อาจจัดกลุ่มได้

2.2.5 การกำจัดขยะ

วิธีการกำจัดขยะมูลฝอย (Method Of Refuse Disposal) มีหลายวิธีด้วยกัน เป็นวิธีที่ถูกสุขลักษณะบ้างไม่ถูกสุขลักษณะบ้าง เช่น นำไปกองไว้บนพื้นดิน นำไปทิ้งทะเล นำไปฝังกลบ ใช้ปรับปรุงพื้นที่ เผา หมักทำปุ๋ย ใช้เลี้ยงสัตว์ ฯลฯ การจัดการและการกำจัดขยะ แต่ละวิธีต่างมีข้อดีข้อเสียต่างกัน การพิจารณาว่าจะเลือกใช้วิธีใดต้องอาศัยองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องต่างๆ ที่สำคัญ คือ ปริมาณของขยะที่เกิดขึ้น รูปแบบการบริหารของท้องถิ่น งบประมาณ ชนิด ลักษณะ สมบัติของขยะมูลฝอย ขนาด สภาพภูมิประเทศของพื้นที่ที่จะใช้กำจัดขยะมูลฝอย เครื่องมือเครื่องใช้ อาคารสถานที่ ความร่วมมือของประชาชน ประโยชน์ที่ควรจะได้รับ คุณสมบัติของขยะ เช่น ปริมาณของอินทรีย์ อนินทรีย์ การปนเปื้อนของสารเคมีที่มีพิษและเชื้อโรค ปริมาณของของแข็งชนิดต่างๆ ความหนาแน่น ความชื้น

ขยะที่เกิดขึ้นในหมู่ชุมชนเมืองมีแหล่งที่มาจาก อาคาร บ้านเรือน บริษัท ห้างร้าน โรงงานอุตสาหกรรม โรงพยาบาล ตลาด และสถานที่ราชการ ขยะที่ทิ้งในแต่ละวันจะประกอบด้วย เศษอาหาร กระดาษ เศษไม้ พลาสติก เศษดิน เศษหิน ขี้เถ้า เศษผ้า และใบไม้ กิ่งไม้ โดยมีปริมาณของสิ่งต่างๆ เหล่านี้ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน

2.2.5.1 การแก้ไขปัญหาขยะมูลฝอย

ขยะมูลฝอยมีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมทำให้เกิดการปนเปื้อนของพื้นดิน แหล่งน้ำ และอากาศ ทำให้บ้านเมืองไม่เป็นระเบียบเรียบร้อย ไม่เป็นที่เจริญของผู้ที่ได้พบเห็น ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนโดยทั่วไป การแก้ไขปัญหาของขยะมูลฝอย จึงควรปฏิบัติเพื่อป้องกันและแก้ไขผลเสียที่เกิดขึ้น สำหรับการป้องกันและแก้ไขที่ดีควรพิจารณาถึงต้นเหตุที่ก่อให้เกิดขยะมูลฝอยขึ้นมา หมายถึง มนุษย์ หรือผู้สร้างขยะมูลฝอย นั่นเอง การป้องกันและการแก้ไขปัญหาของขยะมูลฝอย เริ่มต้นด้วยการสร้างจิตสำนึกแก่มนุษย์ให้รู้จักรับผิดชอบในการรักษาความสะอาดทั้งในบ้านเรือนของตัวเอง และภายนอกบ้าน ไม่ว่าจะเป็นถนนหนทาง สถานที่ทำงาน หรือที่สาธารณะอื่นๆ ให้รู้จักทิ้งขยะมูลฝอยลงในภาชนะให้เป็นที่เป็นทาง ไม่มักง่ายทิ้งขยะเกลื่อนกลาด ทั้งนี้เป็นการช่วยให้พนักงานเก็บขยะนำไปยังสถานที่กำจัดได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น

2.2.5.2 การเก็บและกำจัดขยะมุลฝอย

การเก็บและกำจัดขยะมูลฝอยรวมถึงการเก็บรวบรวมขยะมูลฝอยเพื่อส่งไปกำจัดที่สถานที่กำจัดขยะมูลฝอย มีขั้นตอนดังนี้

1) การใช้เตาเผา เป็นการเผาไหม้ทั้งส่วนที่เป็นของแข็ง ของเหลว และก๊าซ ซึ่งต้องใช้ความร้อนระหว่าง 1,300-1,800 องศาฟาเรนไฮต์ จึงจะทำให้การเผาไหม้เป็นไปอย่างสมบูรณ์ เนื่องจากความแตกต่างและลักษณะขององค์ประกอบของขยะมูลฝอยในแต่ละแห่ง ดังนั้นรูปแบบของเตาเผาจึงแตกต่างกันไปด้วย เป็นต้นว่า ถ้าชุมชนที่มีขยะมูลฝอยซึ่งส่วนใหญ่เป็นชนิดที่เผาไหม้ได้ง่าย เตาเผาขยะอาจใช้ชนิดที่ไม่ต้องใช้เชื้อเพลิงอย่างอื่นช่วยในการเผาไหม้ แต่ถ้าองค์ประกอบของขยะมูลฝอยมีส่วนที่เผา

ไหม้ได้ง่ายต่ำกว่าร้อยละ 30 (โดยน้ำหนัก) หรือมีความชื้นมากกว่าร้อยละ 50 เตาเผาที่ใช้ต้องเป็นชนิดที่ต้องมีเชื้อเพลิงช่วยในการเผาไหม้ ตารางที่ 2.8 สรุปข้อดีและข้อเสียของการกำจัดขยะมูลฝอยด้วยเตาเผา

ตารางที่ 2.8 สรุปข้อดีและข้อเสียของการกำจัดขยะมูลฝอยด้วยเตาเผา

ข้อดี	ข้อเสีย
• ใช้พื้นที่ดินน้อย เมื่อเทียบกับวิธีฝังกลบ • สามารถทำลายขยะมูลฝอยได้เกือบทุกชนิด • สามารถสร้างเตาเผาในพื้นที่ที่ไม่ห่างไกลจากแหล่งกำเนิดขยะ ทำให้ประหยัดค่าขนส่ง • ไม่ค่อยกระทบกระเทือนเมื่อสภาพแวดล้อมของลมผ้าอากาศเปลี่ยนแปลง • ส่วนที่เหลือจากการเผาไหม้ (ขี้เถ้า) สามารถนำไปถมที่ดินได้หรือทำวัสดุก่อสร้างได้	ค่าลงทุนในการก่อสร้างและค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซม บำรุงรักษาค่อนข้างสูงและอาจเกิดปัญหาภาวะมลพิษทางอากาศ

(**ที่มา**: มหาวิทยาลัยนเรศวร. 2552, ออนไลน์)

นอกจากนี้เตาเผาขยะมูลฝอยทุกแบบ จะต้องมีบทบาทการควบคุม อุณหภูมิ ควัน ไอเสีย ผงและขี้เถ้าที่อาจปนออกไปกับควันและปลิวออกมาทางปล่องควัน เตาเผาที่มีประสิทธิภาพจะต้องลดปริมาณของขยะมูลฝอยลงไปจากเดิมให้มีเหลือน้อยที่สุด และส่วนที่เหลือจากการเผาไหม้นั้นก็ต้องมีลักษณะคงรูป ไม่มีการย่อยสลายได้อีกต่อไป และสามารถนำไปใช้งานประโยชน์ได้อย่างปลอดภัย

2) การฝังกลบ วิธีการฝังกลบที่ถูกสุขลักษณะนั้น จะต้องไม่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษต่อสิ่งแวดล้อม รวมทั้งเหตุรำคาญอื่นๆ เช่น กลิ่นเหม็น ควัน ฝุ่นละออง และการปลิวของกระดาษพลาสติกและอื่นๆ ซึ่งจะต้องควบคุมให้อยู่ภายในขอบเขตจำกัด ไม่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียแก่ทัศนียภาพของพื้นที่และบริเวณใกล้เคียง วิธีการฝังกลบขยะมูลฝอย อาจแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ

(1) แบบถมที่ เป็นการฝังกลบขยะมูลฝอยในพื้นที่ที่เป็นหลุม เป็นบ่อ หรือเป็นพื้นที่ที่ต่ำอยู่ก่อนแล้ว และต้องการถมที่ให้พื้นแห่งนั้นสูงขึ้นกว่าระดับเดิม เช่น บริเวณบ่อดินลูกรัง ริมตลิ่ง เหมืองร้างหรือบริเวณที่ดินที่ถูกขุดออกไปทำประโยชน์อย่างอื่นมาก่อนแล้ว เป็นต้น ในพื้นที่เช่นนี้เราเทขยะมูลฝอยลงไป แล้วเกลี่ยขยะให้กระจายพร้อมกับบดทับให้แน่นจากนั้นก็ใช้ดินกลบ แล้วจึงบดทับให้แน่นอีกเป็นครั้งสุดท้าย

(2) แบบขุดเป็นร่อง เป็นการกำจัดขยะมูลฝอยแบบฝังกลบในพื้นที่ราบ ซึ่งเป็นที่สูงอยู่แล้วและไม่ต้องการให้พื้นที่แห่งนั้นสูงเพิ่มขึ้นอีก หรือสูงขึ้นไม่มากนัก แต่ในขณะเดียวกันก็ต้องการใช้พื้นที่ฝังกลบขยะมูลฝอยให้ได้จำนวนมากๆ ดังนั้นจึงต้องใช้วิธีขุดเป็นร่องก่อน การขุดร่องต้องให้มีความ

กว้าง 2 เท่าของขนาดเครื่องจักรที่ใช้ เพื่อความสะดวกของการทำงานของเครื่องจักร และมีความยาวตลอดพื้นที่ที่จะฝังกลบ ส่วนความลึกขึ้นอยู่กับระดับน้ำใต้ดินจะลึกเท่าไรก็ได้แต่ต้องไม่ให้ถึงระดับน้ำใต้ดิน ส่วนมากจะขุดลึกลงประมาณ 2-3 เมตร และต้องทำให้ลาดเอียงไปทางด้านใดด้านหนึ่ง เพื่อไม่ให้น้ำขังในร่องเวลาฝนตก ดินที่ขุดขึ้นมาจากร่องก็กองไว้ทางด้านใดด้านหนึ่ง สำหรับใช้เป็นดินกลบต่อไป นอกจากนั้นสามารถใช้ทำเป็นคันดิน สำหรับกั้นมิให้ลมพัดขยะออกไปนอกบริเวณอีกด้วย ส่วนวิธีฝังกลบขยะมูลฝอยก็ทำเช่นเดียวกับแบบถมที่คือ เมื่อเทขยะมูลฝอยลงไปในร่องแล้วก็เกลี่ยให้กระจาย บดทับแล้วใช้ดินกลบและบดทับอีกครั้งหนึ่ง

เมื่อฝังกลบขยะมูลฝอยในพื้นที่นั้นเสร็จเรียบร้อยแล้วอาจใช้พื้นที่นั้นเป็นประโยชน์ เช่น เป็นสถานที่พักผ่อนหย่อนใจ สนามเทนนิส สนามกอล์ฟ ที่จอดรถ สนามกีฬา ศูนย์การค้า หรือก่อสร้างอาคารที่พักที่ไม่สูงเกินไป หรืออาจปรับปรุงคุณภาพดินให้เหมาะแก่การปลูกพืช ซึ่งอาจจะนำหญ้า ไม้พุ่ม ไม้ยืนต้นมาปลูก เพื่อตกแต่งให้สวยงามเป็นระเบียบยิ่งขึ้น

3) การทำปุ๋ย การนำขยะไปหมักทำปุ๋ย โดยการแยกขยะอันตราย ขยะติดเชื้อออกไปกำจัดมลพิษเสียก่อน ส่วนขยะพวกสารอินทรีย์ย่อยสลายได้ง่าย พวกผักผลไม้ไม่ต้องการ เมื่อปล่อยทิ้งไว้จะเกิดการเน่าเปื่อย สามารถนำขยะที่ผ่านการย่อยสลายนั้นมาใส่ปรับปรุงคุณภาพดินได้ นำขยะไปทำเป็นปุ๋ยสำหรับใช้บำรุงดินเพื่อการเกษตรการย่อยสลายตามกระบวนการธรรมชาติ (Composting) เป็นการนำขยะประเภทอินทรีย์วัตถุไปรวมกันไว้ แล้วปล่อยให้ขยะถูกย่อยสลายไปเองตามธรรมชาติหรือโดยวิธีการกระตุ้นให้ขยะถูกย่อยสลายเร็วขึ้น การกำจัดขยะโดยวิธีนี้จะมีปัญหาอยู่ที่กานแยกปนะเภทขยะอินทรีย์วัตถุออกมาจากขยะประเภทอื่นๆ บริเวณที่รวมขยะอาจไม่อยู่ห่างไกลชุมชนและขยะที่นำมากองรวมไว้เป็นปริมารมากจะส่งกลิ่นเหม็น ทำให้แหล่งน้ำในบริเวณใกล้เคียงเน่าเสีย เกิดทัศนียภาพที่ไม่น่าดู และจำเป็นต้องใช้พื้นที่ในการกำจัดขยะเป็นบริเวณกว้าง ขยะประเภทอินทรีย์สารที่สามารถย่อยสลายได้ที่นำไปรวมกันไว้จะอาศัยกระบวนการทางชีวเคมีของจุลินทรีย์ให้กลายเป็นแร่ธาตุคงรูป ที่เรียกว่า “ปุ๋ย” มีสีเทา หรือน้ำตาลเข้มเกือบดำ ไม่มีกลิ่น กากที่เหลือจากการย่อยสลายจะมีลักษณะคล้ายดินร่วน มีความร่วนซุยสูง มีประสิทธิภาพในการอุ้มน้ำได้ดี ดูดซึมน้ำได้ดี แลกเปลี่ยนประจุไฟฟ้ากับผิวดินได้ดีเท่าดินเหนียว จึงเหมาะที่จะนำปุ๋ยนี้ไปใช้ในการปรับสภาพดิน และยังสามารถนำไปเป็นอาหารของพืชเพื่อบำรุงต้นไม้ได้ดี มีสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ซึ่งเป็นปุ๋ยอินทรีย์ ไม่ทำให้ดินเป็นกรดหรือด่าง

ขยะที่เก็บมากองรวมกันไว้นั้น มักเป็นสารอินทรีย์วัตถุปนเปื้อนไม่น้อยซึ่งขยะประเภทนี้เป็นอาหารของจุลินทรีย์ในธรรมชาติ จะเกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายอินทรีย์สารด้วยจุลินทรีย์ ซึ่งมีอยู่ 2 กลุ่มใหญ่ คือ Aerobic Organisms ซึ่งมีความร้อนเกิดจากปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ อันป็นความร้อนเกิดจากการสลายตัวของขยะ เมื่อทำการหมักในเวลานาน ก็จะทำให้เชื้อโรคและพยาธิถูกทำลายไปได้ อีกกลุ่มคือ Anaerobic Organisms ก็มีความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยา แม้ไม่สูงมากนัก แต่เชื้อจุลินทรีย์และพยาธิต่างๆ ก็ตายได้เหมือนกัน ความร้อนนำไปใช้เป็นพลังงานได้ การหมักด้วย Aerobic Process ต้อง

ปรับปรุงสภาวะของขยะให้เหมาะสมก่อนหมัก เช่น ขนาดของขยะไม่ควรต่ำกว่า 5 ซ.ม. ความชื้น 40-65% พยายามคิดแยกวัตถุพวกที่ไม่ย่อยสลายออกไห้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ ถังหมักต้องมีช่องให้อากาศผ่านได้ โดยอาจจะต้องใช้เครื่องเป่าอากาศช่วย พร้อมทั้งจะต้องมีการกลับขยะให้สัมผัสอากาศอยู่เสมอ จึงย่อยสลายได้อย่างรวดเร็ว ระยะเวลาที่ใช้หมักประมาณ 5-20 วัน แต่การหมักด้วย Anaerobic Process ไม่ต้องใช้อากาศช่วยจึงหมักได้ในถังปิดหรือหลุมดิน ความชื้นควรสูงกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป ถ้าใช้ถังปิดจะต้องมีท่อระบายก๊าซออก ขยะจากกสิกรรมและพวกมูลสัตว์ จะได้พวกก๊าซชีวภาพ (Biogas) ซึ่งมีปริมาณมีเทน (CH_4) อยู่ 40 – 70% โดยปริมาณทำให้สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงในการหุงต้ม แสงสว่าง ตู้เย็น เครื่องยนต์ เกิดปฏิกิริยาเคมีดังนี้

$$CH_4 + 2CO_2 \text{ -------->} 2H_2O + CO_2 + Heat$$

ตารางที่ 2.9 สรุปข้อดีและข้อเสียของการกำจัดขยะมูลฝอยด้วยเตาเผา

ข้อดี	ข้อเสีย
• ได้ปุ๋ยไปใช้ • ตั้งโรงงานกำจัดในเขตชุมชนได้ ถ้ามีมาตราการป้องกันความเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อม และเหตุรำคาญ ประหยัดค่าขนส่ง • การแยกขยะมูลฝอยก่อนหมักทำปุ๋ย	ถ้าดำเนินการไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการจะเกิดปัญหากลิ่นเหม็น จากการย่อยสลายไม่สมบูรณ์ สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการแยกขยะมูลฝอยที่ย่อยสลายไม่ได้เพื่อนำไปกำจัดโดยวิธีอื่น

(**ที่มา**: มหาวิทยาลัยนเรศวร. 2552, ออนไลน์)

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอส ราไช (2006) ศึกษาสารประกอบในก๊าซชีวภาพจากโรงผลิตก๊าซชีวภาพต่าง ๆ เพื่อศึกษาศักยภาพในการนำก๊าซชีวภาพไปเปลี่ยนเป็นพลังงาน โดยมีก๊าซมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ ออกซิเจน ไนโตรเจน สารอินทรีย์ระเหย และสารกำมะถันได้จากการวัดค่าองค์ประกอบของก๊าซในตัวอย่างของก๊าซชีวภาพจากการหมักของเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ในถังหมักไร้อากาศซึ่งมีเปอร์เซ็นต์มีเทนอยู่ในช่วงจาก 48-65% ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จาก 36-41% และ ไนโตรเจน จาก 1-17% ปริมาณออกซิเจนในก๊าซทั้งสาม คือ 1% ปริมาณมีเทนสูงสุดเกิดขึ้นในก๊าซจากระบบการหมักจากของเสีย ในขณะที่ปริมาณก๊าซมีเทนต่ำสุด และ สูงสุดมีปริมาณไนโตรเจนพบในก๊าซจากระบบหมักในช่วงฤดูหนาวปริมาณสารอินทรีย์ระเหยทั้งหมดแตกต่างกัน 5 - 268 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ ได้ต่ำสุดในก๊าซชีวภาพจากฟาร์ม ก๊าซซัลไฟด์ ไฮโดรเจน กำมะถัน และสารอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นในก๊าซจากการฝังกลบ และ ก๊าซชีวภาพจากฟาร์มอินทรีย์สารซิลิคอนยังพบอยู่ในการฝังกลบและก๊าซจากระบบหมักน้ำเสีย ก๊าซชีวภาพในโรงงานผลิตที่

แตกต่างกัน แตกต่างกันโดยเฉพาะในการติดตามปริมาณสารประกอบนี้ ควรจะพิจารณาเพื่อในการวางแผนการใช้ก๊าซชีวภาพเพื่อให้เกิดเป็นพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้งาน

วุฒิภัณฑ์ คุมรินทร์ (2544) ได้ศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะเศษอาหารที่ความเข้มข้นสูง โดยการหมักแบบชั้นกรองไร้อากาศ 2 ขั้นตอนร่วมกับวิธีการวนน้ำหนัก โดยมีการวนน้ำหมักระหว่าง 2 ถัง ถังใบที่ 1 บรรจุขยะเศษอาหารเพื่อเพิ่มผลิตกรดอินทรีย์และหมุนวนกรดอินทรีย์ป้อนเข้าถังใบที่ 2 ซึ่งมีการบรรจุตัวกลางพลาสติก (Bio-media) น้ำหมักที่ผ่านการย่อยสลายจะถูกหมุนวนกลับเข้าถึงผลิตกรดในอัตราที่เท่ากันตามปริมาตรที่ต้องการเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของขยะเศษอาหารและการผลิตก๊าซมีเทนที่อัตราการหมุนวนที่ต่างกัน

ขยะเศษอาหารที่ใช้ในการทดลองเป็นเศษอาหารจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี มีศักยภาพในการผลิตก๊าซมีเทน 0.345 m^3/kg.COD ประสิทธิภาพการย่อยสลายในรูป COD 97% ระยะเวลาการหมัก 65 วัน การทดลองหมักในถัง 2 ขั้นตอน ปริมาตร 200 ลิตรพบว่าขยะเศษอาหารผลิตกรดอินทรีย์เกิดการย่อยสลายอย่างรวดเร็วได้กรดอินทรีย์เข้มข้นสูง 19,340 mg/l การหมุนวนเข้าถึงการผลิตก๊าซมีเทนเป็นช่วงๆ เกิดก๊าซมีเทน ในอัตราที่ต่ำและไม่สม่ำเสมอ ค่า TVA/COD ของกรดอินทรีย์มีค่า 0.11 และถังผลิตก๊าซมีเทนมีค่า 0.20 - 0.39 การหมุนวนน้ำหมักเข้าถังผลิตก๊าซมีเทนแบบต่อเนื่อง ระบบสามารถรับภาระสารอินทรีย์และผลิตก๊าซมีเทนได้สูงกว่าการป้อนกรดอินทรีย์แบบเป็นช่วงๆ ค่า TVA/COD ของระบบมีค่า 0.68 - 0.98 ที่อัตราการป้อนกรดอินทรีย์ 0.55 Kg. COD/ m^3/Day อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพอยู่ที่ 70-160 ลิตรต่อวัน เมื่อเพิ่มอัตราป้อนสารอินทรีย์เป็น 1-2 Kg. COD/ m^3/Day อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพเพิ่มขึ้นเป็น 100-200 ลิตรต่อวัน โดยมีประสิทธิภาพการย่อยสลาย COD 95-96% และลดลงป็น 78% เมื่อป้อนสารอินทรีย์กรดอินทรีย์ในอัตรา 2.0 Kg. COD/ m^3/Day การหมุนกรดอินทรีย์เข้าถึงผลิตก๊าซมีเทนในอัตราสูงขึ้น ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้เพิ่มขึ้นละประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทนคงที่ 0.24 m^3/Kg.COD คิดเป็น 70% ของศักยภาพในการผลิตก๊าซมีเทนของขยะเศษอาหารและอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพโดยเฉลี่ย 120 ลิตร/วัน

จากผลการทดลอง ขั้นตอนที่เป็นข้อจำกัดของระบบในการผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะเศษอาหารด้วยการหมักแบบชั้นกรองไร้อากาศ 2 ขั้นตอนร่วมกับวิธีการหมุนวนน้ำหมัก คือ ขั้นตอนการเปลี่ยนกรดอินทรีย์ไปเป็นก๊าซมีเทนของจุลินทรีย์ในกลุ่มผลิตก๊าซมีเทน

อาริยา วิรัชวรกุล (2546) ได้ศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหาร โดยกระบวนการย่อยสลายภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอน ระบบประกอบด้วยถังหมักกรด มีปริมาตรการหมัก 27.73 ลิตร และถังหมักก๊าซมีปริมาตรการหมัก 52.83 ลิตร ซึ่งปฏิกิริยาทั้งสองใบนี้ มีการกวนผสมกันอย่างสมบูรณ์ ดำเนินระบบด้วยสารละลายเศษอาหารที่มีค่าของแข็งทั้งหมดประมาณ 4% (น้ำหนักต่อปริมาตร) ที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 35 30 25 และ 20 วัน คิดเป็นอัตราการป้อนสารอินทรีย์เท่ากับ 5.77 6.39 8.30 และ 10.27 กรัม ซีโอดี/ลิตร-วัน ตามลำดับ ผลการศึกษาว่าประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี

มีค่าอยู่ระหว่าง 82.11 - 90.13% ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งทั้งหมดมีค่าระหว่าง 75.29 - 84.34% ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งระเหยทั้งหมดมีค่าอยู่ระหว่าง 83.15 - 89.29% และประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยมีค่าอยู่ระหว่าง 61.75 - 83.93% โดยที่ระยะเวลากักเก็บ 35 วัน อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 5.77 กรัม ซีโอดี/ลิตร-วัน มีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีสูงที่สุดเท่ากับ 90.13% ปริมาณก๊าซชีวภาพทั้งหมดที่เกิดขึ้น 31.19 ลิตรต่อวัน โดยมีองค์ประกอบของก๊าซมีเทนเป็น 57.32% ส่วนที่ระยะเวลากักเก็บ 20 วัน อัตราการป้องกันสารอินทรีย์ 10.27 กรัม ซีโอดี/ลิตร-วัน มัประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี 82.11% แต่มีปริมาณก๊าซชีวภาพทั้งหมดที่เกิดขึ้นสูงสุดคือ 54.35 ลิตรต่อวันและมีองค์ประกอบของก๊าซมีเทนเท่ากับ 61.26%

อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพทั้งหมดต่อน้ำหนักมวลสารอินทรีย์ที่เติมเข้าระบบเมื่อดำเนินระบบโดยใช้ระยะเวลาเก็บกัก 35, 30, 25 และ 20 วัน คิดเป็นอัตราการป้อนสารอินทรีย์ 5.77 6.39 830 และ 10.27 กรัม ซีโอดี/ลิตร-วัน สามารถผลิตก๊าซชีวภาพทั้งหมดได้ 0.093 0.103 0.096 และ 0.091 ลิตร/กรัม ซีโอดี

อัตราการผลิตก๊าซมีเทนต่อน้ำหนักมวลสารอินทรีย์ที่เติมเข้าระบบ เมื่อดำเนินระบบโดยใช้ระยะเวลาเก็บกัก 35 30 25 และ 20 วัน คิดเป็นอัตราการป้อนสารอินทรีย์ 5.77 6.39 830 และ 10.27 กรัม ซีโอดี/ลิตร-วัน สามารถผลิตก๊าซชีวภาพทั้งหมดได้ 0.053 0.063 0.055 และ 0.056 ลิตร/กรัม ซีโอดี

วิลาวัลย์ ชาญณรงค์ (2549) ได้ศึกษาประสิทธิภาพการดำเนินการการของระบบก๊าซชีวภาพจากการย่อยสลายเศษอาหารภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนแบบตามลำดับสองขั้นตอนในระบบ Semi-Pilot Scale ประกอบไปด้วยการหมักกรดขนาด 250 ลิตร จำนวน 1 ถัง ปริมาตรการหมัก 180.2 ลิตร และถังหมักมีเทนขนาด 1,100 ลิตร ปริมาตรการหมัก 881.44 ลิตร จำนวน 3 ถัง มีระยะเก็บกักสารอินทรีย์ 25 วันพิจารณาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เมื่อเพิ่มค่าของแข็งทั้งหมดในสารละลายเศษอาหารที่เข้าระบบจาก 4 เป็น 5 และ 7% (น้ำหนักต่อปริมาตร) ตามลำดับ พบว่าค่าของแข็งทั้งหมดในสารละลายเศษอาหารที่เข้าระบบเท่ากับ 5% คิดเป็นอัตราการป้อนสารอินทรีย์เข้าระบบเฉลี่ยเท่ากับ 4.21 กรัม ซีโอดีต่อลิตร-วัน ปริมาณก๊าซมีเทนในองค์ประกอบของก๊าซทั้งหมดเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 46.35% ก๊าซชีวภาพเฉลี่ยเท่ากับ 1,355.80 ลิตรต่อวันประสิทธิภาพการลดค่าของแข็งทั้งหมดสูงสุด เท่ากับ 90.62% และประสิทธิภาพการลดของแข็งระเหยสูงสุดเท่ากับ 94.56%

อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ และก๊าซมีเทนต่อสารอินทรีย์เข้าระบบ ซึ่งในการศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศาอาหารภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนแบบตามลำดับสองขั้นตอนในระดับ Semi-Pilot Scale นี้มีอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพต่อสารอินทรีย์ (COD.added, TS.added, TSS.added และ TSV.added ตามลำดับ) ที่เข้าระบบมีค่าที่สภาวะสมดุลเฉลี่ยเท่ากับ 0.74 0.80 1.12 และ 0.87 ลิตรต่อสารอินทรีย์เข้า

ระบบอัตราการผลิตก๊าซมีเทนต่อสารอินทรีย์ที่เข้าระบบมีค่าที่สภาวะสมดุลเฉลี่ยเท่ากับ 0.34 0.37 0.51 และ 0.4 ลิตรต่อสารอินทรีย์เข้าระบบ

ปริพัฒน์ และสุภวัตน์ (2555) ศึกษาประเมินศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยก๊าซชีวภาพจากขยะเศษอาหารในตลาดไท จังหวัดปทุมธานี เพื่อเพิ่มความสามารถผลิตไฟฟ้าภายในชุมชน โดยการนำขยะและเศษอินทรีย์สารจากตลาดไท และภายในชุมชน มาผลิตก๊าซชีวภาพด้วยเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพแบบ Dry Fermentation จากผลการศึกษาข้อมูลปริมาณขยะในส่วนที่สามารถผลิตก๊าซชีวภาพตลอดปี พบว่า อัตราเฉลี่ยปริมาณขยะภายในตลาดไทมีค่าเท่ากับ 97.19 ตันต่อวัน ซึ่งจะได้ก๊าซชีวภาพที่ 14,807 ลบ.ม.ต่อวัน โดยสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้อยู่ที่ 12,643 – 24,929 kwh) หรือ 0.53 – 1.04 MW (จากการคิดค่าปริมาณก๊าซชีวภาพที่ 1 ลบ.ม. ต่อ ปริมาณกระแสไฟฟ้าต่ำสุด 0.71 และสูงสุดที่ 1.4 kwh) จากการประเมินค่าใช้จ่ายทั้งในส่วนการจำหน่ายไฟฟ้าและขายปุ๋ยที่ได้จากส่วนที่เหลือของกระบวนการผลิต หักรายจ่ายออกแล้วจะอยู่ที่ 54,419 บาทต่อวัน และสูงสุดที่ 89,150 ต่อวัน

บทที่3
วิธีการดำเนินงาน

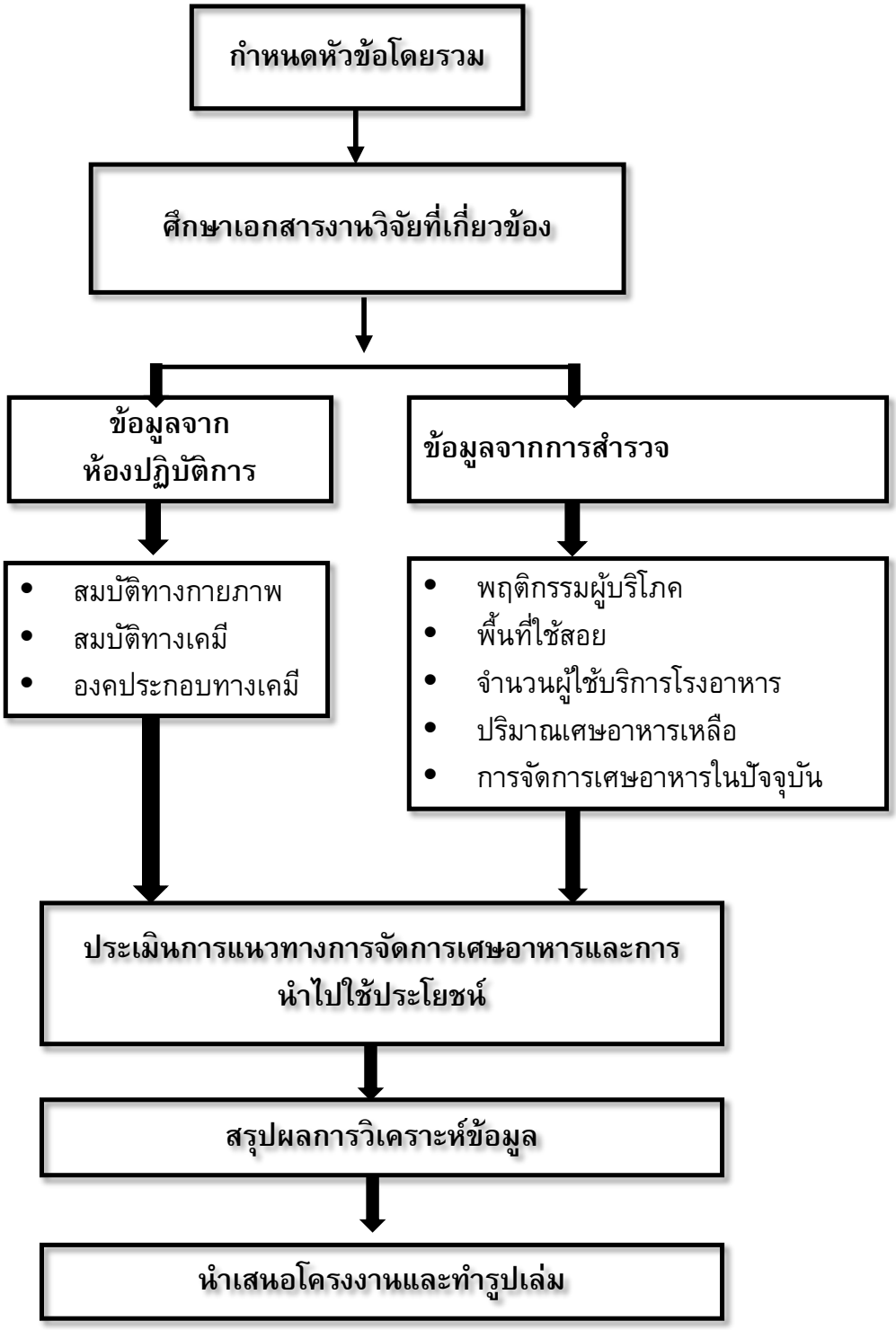
ในบทนี้เป็นกล่าวถึงรูปแบบแนวทางในการดำเนินการวิจัย เพื่อให้งานวิจัยดำเนินไปตามวัตถุประสงค์การศึกษาศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารในพื้นที่มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์) สามารถแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่หนึ่งการวิจัยในเชิงสำรวจเพื่อศึกษาพื้นที่ใช้สอย จำนวนผู้ใช้บริการ ปริมาณขยะเศษอาหาร พฤติกรรมของผู้บริโภค และการจัดการเศษอาหารในปัจจุบัน ส่วนที่สองเป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีจากเศษอาหารในพื้นที่ และส่วนที่สามเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประเมินการนำไปใช้ประโยชน์ และการจัดการที่เหมาะสม โดยขั้นตอนของวิธีการดำเนินทางวิจัยแสดงในรูปที่ 3.1 และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 พื้นที่ศึกษา

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาปริมาณของขยะเศษอาหารที่เกิดขึ้นในพื้นที่มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์) โดยคณะผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลปริมาณเศษอาหารจากโรงอาหาร โดยคัดเลือกแหล่งกำเนิดเศษอาหารในพื้นที่ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์) จำนวน 7 แห่ง ดังนี้

1) โรงอาหารในหอพักนิสิต
2) โรงอาหารสโมสรวิศวกรรมศาสตร์
3) โรงอาหารข้างศูนย์การแพทย์ฯ
4) อาคารกิจกรรมนิสิตและบริการ (พลาซ่า)
5) ร้านอาหารใต้หอพักแพทย์
6) โรงอาหารโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์)
7) ศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพรัตรราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี



รูปที่ 3.1 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1.2 อุปกรณ์ใช้สำหรับการสำรวจข้อมูล

3.1.2.1 เครื่องนับจำนวน

3.1.2.2 ตาชั่งดิจิตอลขนาดไม่เกิน 5 กิโลกรัม (รูปที่ 3.3)

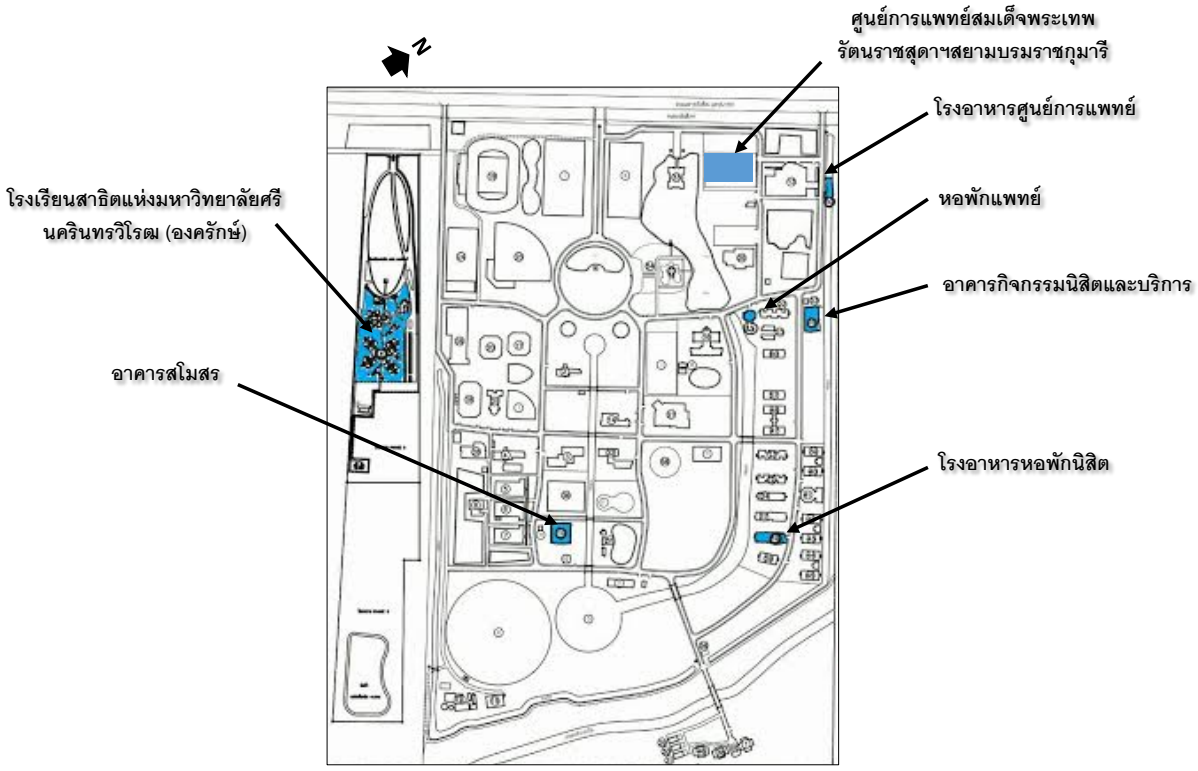
3.1.3.3 กล่องถ่ายภาพ

3.1.4.4 แบบบันทึกข้อมูล (ภาคผนวก ก)

3.1.5.5 แบบสอบถาม (ภาคผนวก ข)

3.1.3 เศษอาหารที่ใช้ในการทดลอง

เศษอาหารที่ใช้เป็นเศษอาหารที่ได้จากโรงอาหาร 3 แห่งภายใน มศว (องครักษ์) รวมกับโรงอาหารโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ และศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพรัตรราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ที่เหลือทิ้งจากการรับประมานอาหารของผู้มาใช้บริการ



รูปที่ 3.2 โรงอาหารในพื้นที่ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์)

รูปที่ 3.3 ตาชั่งดิจิตอลสำหรับชั่งอาหารและเศษอาหาร

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.2.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณเศษอาหาร

ประกอบด้วยการรวบรวมข้อมูลจากโรงอาหาร 7 แห่งในพื้นที่ มศว (องครักษ์) ทั้งจำนวนผู้มาใช้บริการ ปริมาณอาหาร เพื่อคำนวณหาอัตราการเกิดขยะเศษอาหาร การสำรวจจุดทิ้ง การเก็บรวบรวม การขนส่ง และการกำจัดขยะเศษอาหาร โดยขนาดของกลุ่มตัวอย่างอ้างอิงจากตารางสำเร็จรูปทาโร ยามาเน่ (Yamane) ศึกษาปัญหาจากการจัดการขยะเศษอาหารในปัจจุบัน โดยรวบรวมข้อมูลจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย เช่น ผู้ค้า ผู้ใช้บริการโรงอาหาร งานจ้างกำจัดขยะมหาวิทยาลัย พนักงานเก็บขยะ (รูปที่ 3.4) เป็นต้น

3.2.2 ศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพของเศษอาหาร

วิเคราะห์ลักษณะคุณสมบัติเบื้องต้นทางด้านกายภาพและเคมีของเศษอาหารและตะกอนจุลินทรีย์ รวมถึงวัสดุหมักร่วมอื่นๆที่นำมาใช้ในการทดลอง ได้แก่ พีเอช ซีโอดีทั้งหมด (tCOD) ซีโอดีละลายน้ำ (sCOD) ของแข็งทั้งหมด (TS) ของแข็งระเหยได้ (VS) ความชื้น (Moisture) คาร์บอน (C) ไนโตรเจน (N) และ MLVSS โดยวิธีการวิเคราะห์อ้างอิงตามตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 พารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
ค่าพีเอช (pH)	pH Meter
ซีโอดีทั้งหมด (TCOD)	Close Relux, Titrimeter Method
ซีโอดีละลายน้ำ (SCOD)	Close Relux, Titrimeter Method
ของแข็งทั้งหมด (TS)	อบในเตาอบ 103 - 105 °C
ของแข็งระเหยได้ (VS)	เผาที่อุณหภูมิ 550 °C
ความชื้น (Moisture)	Grovimetric Method
คาร์บอน (C)	Walkley & Black Method
ไนโตรเจน (N)	Walkley & Black Method
โปรตีน	ส่งตรวจ กระทรวงสาธารณสุข กทม
ไขมัน	ส่งตรวจ กระทรวงสาธารณสุข กทม
คาร์โบไฮเดรท	ส่งตรวจ กระทรวงสาธารณสุข กทม

3.3 ระยะเวลา

การศึกษาครั้งนี้ทำการเก็บข้อมูล ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ และวิเคราะห์ผล ตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2559 ถึง พฤษภาคม 2560 โดยมีแผนการดำเนินงานตลอดโครงงานดังตารางที่ 3.2

รูปที่ 3.4 การสำรวจข้อมูลปริมาณอาหารและการจัดการเศษอาหาร

รูปที่ 3.5 การเก็บและการเตรียมตัวอย่างเศษอาหารเพื่อทดสอบคุณสมบัติในห้องปฏิบัติการ

รูปที่ 3.6 ตัวอย่างเศษอาหารจากโรงอาหารทั้ง 5 แห่ง

ตารางที่ 3.2 แผนระยะเวลาในการดำเนินแต่ละกิจกรรม

กิจกรรม	ปี พ.ศ.2559					ปี พ.ศ.2560					
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.
1.กำหนดหัวข้อโครงการ	↔										
2.กำหนดที่มา ความสำคัญ วัตถุประสงค์และขอบเขตของงานวิจัย	←	→									
3.ทบทวนเอกสารงานวิจัย	←	—	→								
4.นำเสนอหัวข้อโครงงาน				↔							
5.สำรวจข้อมูลเลือกพื้นที่การศึกษา	↔										
6.สำรวจ เก็บข้อมูล รวบรวมข้อมูลเศษอาหารใน มศว (องครักษ์)		←	—	→							
7.วิเคราะห์ประเมินข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ			←	→							
8.ทำการทดลองศึกษาศักยภาพการผลิตก๊าซมีเทนจากเศษอาหาร				←	—	—	→				
9. ประเมินกระนำไปใช้ประโยชน์							←	→			
10. สรุปผลการศึกษา พร้อมข้อเสนอแนะ								↔			
10. นำเสนอโครงงาน และจัดทำรูปเล่ม									←	→	

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

4.1 เป้าหมายและขอบเขตการศึกษา

ผลการศึกษาสามารถสรุปเป็นประเด็นดังต่อไปนี้

1) ผลข้อมูลจากแบบสอบถามเกี่ยวกับพฤติการของผู้บริโภค ร้านค้า พนักงานต่อการก่อให้เกิดเศษอาหารและการจัดการเศษอาหารภายในมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2) ผลข้อมูลจากการสำรวจและสังเกตการณ์ในโรงอาหารของมหาวิทยาลัย ซึ่งจะครอบคลุมถึงประเด็นดังต่อไปนี้

2.1) การจัดการเศษอาหารของโรงอาหารแต่ละแห่งภายในมหาวิทยาลัย

2.2) อัตราการเกิดเศษอาหารของแต่ละแหล่งกำเนิด ในช่วงเวลาต่างๆกัน

2.3) ลักษณะเศษอาหารทั้งทางกายภาพและเคมีจากแหล่งกำเนิด

3) วิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านการนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ของเศษอาหาร

4.2 ผลข้อมูลจากแบบสอบถามเกี่ยวกับพฤติกรรมที่ก่อให้เกิดเศษอาหาร

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒมีโรงอาหารทั้งสิ้น 5 แห่ง มีผู้ใช้บริการในช่วงเปิดเทอมประมาณวันละ 6,000 คน การทำวิจัยที่ใช้แบบสอบถามนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อความเข้าใจในพฤติกรรมการก่อให้เกิดเศษอาหารของผู้บริโภค และทัศนคติในการจัดการเศษอาหารของมหาวิทยาลัย การสำรวจเป็นการแจกแบบสอบถามและการสัมภาษณ์ผู้มาใช้บริการโรงอาหาร ร้านค้า และผู้รับผิดชอบดูแลจัดเก็บเศษอาหาร โดยแบบสอบถามแจกออกไปให้กับผู้บริโภคในโรงอาหารต่างทั้งสินจำนวน 300 ชุด ร้านค้า และผู้ดูแลอีกอย่างละ 50 ชุด ผลจากการวิเคราะห์แบบสอบถามที่แจกให้กับผู้บริโภคพบว่า สามารถแยกอธิบายได้เป็นสองส่วน คือ พฤติกรรมของผู้บริโภคต่อการรับประทานอาหารเหลือทิ้ง และทัศนคติของผู้บริโภคต่อการจัดการเศษอาหาร ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

ภูมิหลังของผู้บริโภคไม่ได้มีผลต่อพฤติกรรมการรับประทานอาหารเหลือทิ้ง เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของพฤติกรรมของผู้บริโภคที่ส่งผลต่อการก่อให้เกิดเศษอาหาร ดังตารางที่ 4.1 ค่า Pearson correlation ((r) จะมีค่า -1 ถึง 1) ในตารางหากมีค่าติดลบ (-) จะมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้ามกัน หากมีค่าบวก (+) จะความสัมพันธ์กันทางเส้นตรงในทิศทางเดียวกันหรือแปรผันต่อกัน แต่หากมีค่าเป็น 0 แสดงว่าไม่มีความสัมพันธ์กัน) ผลการวิเคราะห์พบว่า การวางแผนการรับประทานในแต่ละมื้อ ช่วยลดปริมาณขยะเศษอาหารมีความสัมพันธ์กับการรับประทานอาหารหลายๆ ชนิดพร้อมกันทำให้เจริญอาหารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (r = 0.238**, P-value = 0.000) และมีความสัมพันธ์กับนิสัยเลือกกินมีส่วนทำให้มีเศษอาหารเหลือทิ้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (r = 0.492**, P-value = 0.000) ซึ่ง

มีความสัมพันธ์กันในทิศทางเดียวกันหรือแปรผันต่อกัน แต่การวางแผนการรับประทานในแต่ละมื้อ ช่วยลดปริมาณขยะเศษอาหารไม่มีความสัมพันธ์กับการวางแผนการซื้ออาหารในแต่ละมื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (r = 0.084, P-value = 0. 145)

ตารางที่ 4.1 การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์พฤติกรรมของผู้บริโภคที่ก่อให้เกิดเศษอาหาร (N=300)

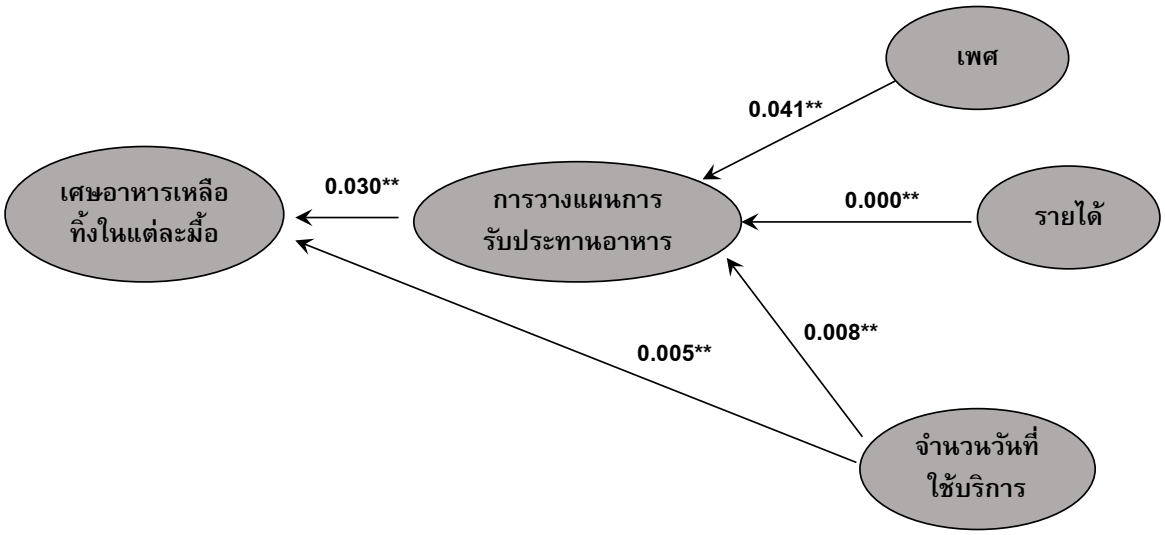
Correlations

		วางแผนการซื้ออาหารในแต่ละมื้อ	การซื้ออาหารครั้งละมากๆ	การรับประทานอาหารไม่หมด	ความรู้สึกละอายใจเมื่อมีอาหารเหลือทิ้ง
วางแผนการซื้ออาหารในแต่ละมื้อ	Pearson Correlation	1			
	Sig. (2-tailed)	0.000			
	N	300			
การซื้ออาหารครั้งละมากๆ	Pearson Correlation	0.592**	1		
	Sig. (2-tailed)	0.000	0.000		
	N	300	300		
การรับประทานอาหารไม่หมด	Pearson Correlation	0.084	0.238**	1	
	Sig. (2-tailed)	0.145	0.000	0.000	
	N	300	300	300	
ความรู้สึกละอายใจเมื่อมีอาหารเหลือทิ้ง	Pearson Correlation	0.172**	0.171**	0.492**	1
	Sig. (2-tailed)	0.003	0.003	0.000	0.000
	N	300	300	300	300

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

ผลของทัศนคติของผู้บริโภคต่อการรับประทานอาหารเหลือทิ้ง จะเห็นได้ว่า มีตัวแปรอิสระที่สามารถใช้พยากรณ์เศษอาหารที่เหลือทิ้งได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.2 นั่นก็คือ การวางแผนการซื้ออาหารในแต่ละมื้อ จะส่งผลต่อเศษอาหารในแต่ละมื้อของผู้บริโภคอย่างมีนัยสำคัญ 0.03 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากการวิเคราะห์รวมกับภูมิหลังของผู้บริโภคกับพฤติกรรมการวางแผนการซื้ออาหาร ได้แก่ เพศ สถานะ

รายได้ ที่พักอาศัย การเดินทางด้วยยานพาหนะ และความถี่ในการใช้บริการโรงอาหาร พบว่า เพศ รายได้ และจำนวนวันที่เข้าใช้บริการร้านอาหารภายในพื้นที่ที่รับผิดชอบของ มศว องครักษ์ที่แตกต่างกันมีผลต่อการวางแผนการซื้ออาหาร และเข้าใช้บริการร้านอาหารภายในพื้นที่ที่รับผิดชอบของ มศว องครักษ์ส่งผลต่อการรับประทานอาหารเหลือทิ้งของผู้บริโภค สามารถสรุปความสัมพันธ์ได้ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การวางแผนการซื้ออาหารในแต่ละมื้อ จะส่งผลต่อเศษอาหารในแต่ละมื้อของผู้บริโภคโดยปัจจัยจากภูมิหลังของผู้บริโภคที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากการวิเคราะห์ เพศไม่ส่งผลต่อวิธีกำจัดขยะเศษอาหารเพราะจากการสำรวจพบว่าไม่ว่าผู้ประกอบกิจการจะเป็นเพศชายหรือเพศหญิงก็ใช้วิธีการกำจัดขยะเศษอาหารที่เหมือนๆกัน เช่น การนำขยะเศษอาหารที่เหลือไปเลี้ยงสัตว์และขายต่อผู้รับเหมาขยะเศษอาหารหรือเกษตรกร รายได้ส่งผลต่อวิธีการทิ้งขยะเศษอาหารเพราะรายได้ยิ่งมากส่งผลให้เศษอาหารมากขึ้นไปด้วยเพราะผู้ประกอบกิจการนั้นสามารถขายอาหารได้ปริมาณมากจึงทำให้มีเศษอาหารเหลือมากขึ้นและทำให้วิธีการกำจัดขยะเศษอาหารแตกต่างออกไป เวลาในการขายอาหารส่งผลต่อวิธีการกำจัดขยะเพราะถ้าเวลาในการขายอาหารมากขึ้นก็จะทำให้ผู้ประกอบการสามารถขายอาหารได้เพิ่มขึ้นทำให้รายได้เพิ่มขึ้นและที่สำคัญก็จะทำให้ขยะเศษอาหารเหลือเพิ่มขึ้นเช่นกัน ปริมาณขยะเศษอาหารเหลือในแต่ละวันจากการสำรวจพบว่ามีปริมาณมูลฝอยโดยเฉลี่ยแล้วอยู่ที่ 10 กิโลกรัมต่อวันและมีปริมาณเศษอาหารโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 8 กิโลกรัมต่อวัน วิธีการกำจัดขยะเศษอาหารของผู้ประกอบกิจการการจากการสำรวจพบว่าส่วนใหญ่แล้วไม่ว่าร้านอาหารจะอยู่ที่โรงอาหารหอใน โรงอาหารสโมสร หรือโรงอาหารข้างศูนย์การแพทย์ ผู้ประกอบการจะมีวิธีการกำจัดขยะเศษอาหารโดยนำไปเลี้ยงสัตว์และขายให้กับผู้รับเหมาเศษอาหารหรือเกษตรกร

ด้านพฤติกรรมและทัศนคติของผู้บริโภคต่อการจัดการเศษอาหาร ผู้บริโภคมีการแยกขยะตามภาชนะที่ทางโรงอาหารเตรียมไว้ให้ เนื่องจากมีความเข้าใจดีถึงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของขยะเศษ

อาหาร ด้านทัศนคติจะเห็นได้ว่าตัวแปรอิสระที่สามารถใช้พยากรณ์การจัดการเศษอาหารได้ (ตารางที่ 4.2) นั่นก็คือว่าขยะเศษอาหารมีเชื้อโรคปะปนอยู่มากจึงควรนำไปฝังกลบเท่านั้นเพื่อป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อโรค เมื่อถามถึงประโยชน์ในด้านอื่นๆ ผู้บริโภคส่วนใหญ่เชื้อว่าขยะเศษอาหารสามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ ได้เช่น การใช้เป็นอาหารสัตว์ หรือการผลิตก๊าซชีวภาพ แต่การผลิตเชื้อเพลิงจากเศษอาหารจะมีต้นทุนสูงไม่คุ้มค่ากับการลงทุน จึงเหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์มากกว่า

ตารางที่ 4.2 ค่าความน่าจะเป็น Sig. หรือค่า P-Value ในการทดสอบทัศนคติของผู้บริโภคต่อการรับประทานอาหารเหลือทิ้งและการจัดการเศษอาหาร

Model 1	Sig.
Constant	0.000
การวางแผนการซื้ออาหารในแต่ละมื้อ	0.030**
การรับประทานอาหารหลายๆชนิดพร้อมกันทำให้เจริญอาหาร	0.975
การวางแผนการรับประทานในแต่ละมื้อ ช่วยลดปริมาณขยะเศษอาหาร	0.333
นิสัยเลือกกินมีส่วนทำให้มีเศษอาหารเหลือทิ้ง	0.203
การรับประทานอาหารเหลือเป็นสิ่งที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยง	0.973
เศษอาหารก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม เช่น กลิ่นเหม็น เชื้อโรค	0.557
เศษอาหารก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก เป็นสาเหตุทำให้โลกร้อน	0.292
เศษอาหารควรได้รับการรวบรวมอย่างถูกต้อง เพื่อนำไปกำจัด	0.693
การแยกขยะเศษอาหารทำให้ลดปริมาณขยะเศษอาหารที่ต้องกำจัดได้	0.645
ขยะเศษอาหารควรนำไปฝังกลบเท่านั้นเพื่อป้องกันเชื้อโรค	0.006**
ขยะเศษอาหารสดไม่เหมาะกับการนำไปเลี้ยงสัตว์เนื่องจากมีไขมันสูง	0.489
การผลิตเชื้อเพลิงจากเศษอาหารมีต้นทุนสูงไม่คุ้มค่ากับการลงทุน	0.005**

หมายเหตุ: ระดับนัยสำคัญ 0.05

4.3 ผลข้อมูลจากการสำรวจและสังเกตการณ์ในโรงอาหารของมหาวิทยาลัย

4.3.1 ผลการสำรวจพื้นที่และการใช้ประโยชน์

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์) มีพื้นที่ประมาณ 900 ไร่ ประกอบด้วย อาคารเรียน อาคารปฏิบัติการ อาคารสำนักงาน ศูนย์วิจัยด้านการศึกษา ศูนย์การแพทย์ฯ หอพักนิสิตและบุคลากร ลานกิจกรรม และร้านอาหารเพื่อรองรับผู้อยู่อาศัย ผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษา ผู้ปฏิบัติงานและผู้มาติดต่อราชการ แบ่งเป็นนิสิตของมหาวิทยาลัย กว่า 4000 คน นักเรียนของโรงเรียนสาธิตฯ 1,100 คน และ

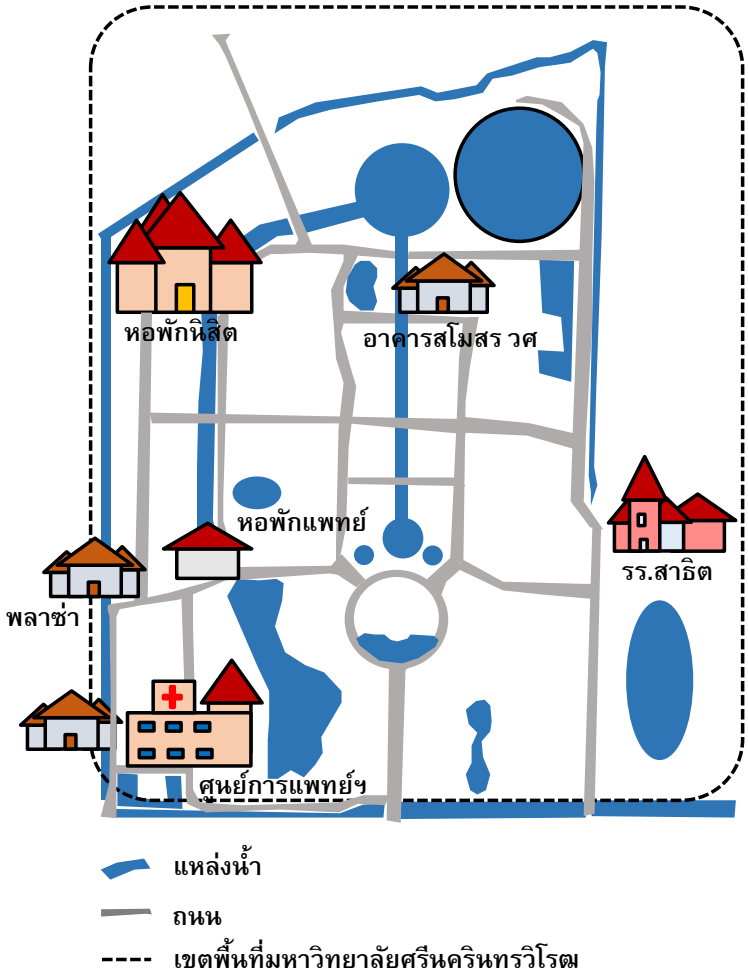
บุคลากร 66 คน พนักงานโรงพยาบาล 700 คน บุคลากร 600 คนและผู้มาใช้บริการทางการแพทย์ประมาณ 2,000 คนต่อวัน ทำให้พื้นที่แห่งนี้มีสถานะกลายเป็นชุมชนขนาดย่อม ที่มีกิจกรรมและปัญหาพื้นฐานเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมเกิดขึ้นมากมาย เช่น การจราจร ปัญหาน้ำประปา การจัดการน้ำเสีย และขยะมูลฝอยจำนวนมาก

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์) มีอาคารที่มีกิจกรรมก่อให้เกิดขยะเศษอาหาร จำนวน 7 แห่ง (ดังแสดงในรูปที่ 4.2) ประกอบด้วย ศูนย์อาหารจำนวน 5 แห่ง โรงอาหารโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ จำนวน 1 แห่ง และห้องอาหารในศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพรัตรราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ซึ่งมีกิจกรรมการปรุงอาหารสำหรับผู้ป่วย โดยมีพื้นที่ใช้ประโยชน์อาคารและความสามารถในการรองรับผู้มาใช้บริการมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

จากการสำรวจโรงอาหารทั้ง 7 แห่ง สามารถแสดงพื้นที่การใช้ประโยชน์อาคารและความสามารถในการรองรับผู้มาใช้บริการได้ดังตารางที่ 4.3 โดยในแต่โรงอาหารได้มีการจัดตั้งโต๊ะเก้าอี้เพื่อรองรับผู้เข้าใช้บริการ มีจำนวนร้านค้า ร้านอาหาร ร้านขายเครื่องดื่มแตกต่างกันไป แต่จะเห็นได้ว่าโรงอาหารของโรงเรียนสาธิตฯ นั้นจะเป็นอาหารกลางวันที่จัดเตรียมไว้ให้สำหรับนักเรียนอยู่แล้วไม่สามารถที่จะเลือกซื้อเลือกรับประทานได้ จะมีแต่ร้านสหกรณ์ของโรงเรียนที่นักเรียนสามารถเลือกซื้อขนมขบเคี้ยวได้เท่านั้น

สำหรับศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพรัตรราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารีมีประชากรบุคลากรที่เกี่ยวข้องภายในโรงพยาบาล 1,300 คน มีจำนวนผู้ป่วยที่นับเป็นจำนวนเตียงผู้ป่วย 398 เตียงและมีผู้ป่วยทั่วไป 800 คน/วัน ทางโรงพยาบาลจะจัดเตรียมอาหารไว้ให้ผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาตัวภายในโรงพยาบาลให้เหมาะสมกับอาการที่รับการรักษา สำหรับบุคลากรภายในโรงพยาบาลนั้นบางส่วนจะรับประทานอาหารที่โรงอาหารศูนย์การแพทย์ซึ่งอยู่ภายนอกอาคารของโรงพยาบาลและอีกส่วนหนึ่งคือบุคลากรจะซื้ออาหารมารับประทานภายในอาคารโรงพยาบาลเอง ภายในโรงพยาบาลศูนย์การแพทย์จะไม่มีห้องอาหารสำหรับแพทย์ พยาบาลหรือบุคลากรรองรับ

จำนวนผู้เข้ามาใช้บริการเฉลี่ยต่อวันในแต่ละโรงอาหารจะมีความแตกต่างกันขึ้นกับพื้นที่ที่รองรับ และความต้องการของผู้ใช้บริการ นอกจากนี้จำนวนผู้เข้าใช้บริการนั้นจะถูกแบ่งเป็นสองช่วงเวลาสำหรับการเก็บข้อมูลคือ วันธรรมดา และวันหยุด (เสาร์ อาทิตย์) ช่วงเวลาที่เปิดภาคการเรียนคือ เดือนสิงหาคม ถึงเดือนธันวาคม และเดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม กับช่วงเวลาที่ปิดภาคการเรียนคือ ปลายเดือนธันวาคม และช่วงเดือนมิถุนายน ถึงกลางเดือนสิงหาคม วิธีการทำการสำรวจนั้นดำเนินการโดยสอบถามข้อมูลจากบุคลากรที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ณ แต่ละโรงอาหาร (พ่อค้า แม่ค้า ผู้ประกอบการ ฯลฯ) และนับจำนวนประชากรที่ใช้บริการในแต่ละโรงอาหารต่อวัน



รูปที่ 4.2 อาคารที่มีกิจกรรมก่อให้เกิดเศษอาหาร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์)

ตารางที่ 4.3 การใช้ประโยชน์อาคารและความสามารถในการรองรับผู้มาใช้บริการ

ชื่ออาคาร	พื้นที่ใช้สอย (ตร.ม.)	การรองรับผู้มาใช้บริการ (ที่นั่ง)	จำนวนร้านค้า (ร้าน)		
			อาหาร	ผลไม้	เครื่องดื่ม
1) โรงอาหารในหอพักนิสิต	1,300	764	10	2	6
2) โรงอาหารสโมสรวิศวกรรมศาสตร์	1,600	930	6	-	2
3) โรงอาหารข้างศูนย์การแพทย์ฯ	366.27	200	9	1	2
4) โรงอาหารโรงเรียนสาธิตฯ	420	200	-	-	1
5) อาคารกิจกรรมนิสิตและบริการ (พลาซ่า)	568.59	280	9	-	4
6) ร้านอาหารใต้หอพักแพทย์	84.86	40	1	-	1

(**ที่มา**: ข้อมูลจากการสำรวจ พ.ศ. 2559)

จากการสำรวจจำนวนผู้มาใช้บริการโรงอาหารทั้ง 5 แห่ง พบว่า จำนวนประชากรในแต่ละวันที่เข้ามาใช้บริการโรงอาหารต่างๆ มีความแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.10 ซึ่งแสดงความแตกต่างของผู้ใช้บริการโรงอาหารในแต่ละวัน ของช่วงเปิดเทอมและปิดเทอม โดยในวันหยุด (เสาร์ อาทิตย์) มีเพียงโรงอาหารข้างศูนย์การแพทย์ฯ และโรงอาหารในหอพักนิสิตบางร้านเปิดให้บริการ ในช่วงปิดเทอมมีเพียงศูนย์การแพทย์ฯ หอพักแพทย์ และ โรงอาหารสโมสรวิศวกรรมศาสตร์บางร้านเท่านั้นที่เปิดให้บริการ นอกนั้นจะปิดให้บริการทั้งหมดเนื่องจากผู้เข้าใช้บริการส่วนใหญ่เป็นนิสิตจากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์) เมื่อเป็นอย่างนี้ผู้ประกอบการไม่สามารถหารายได้จากการขายจึงปิดให้บริการตามการเปิดปิดภาคเรียนของนิสิตนักศึกษาเป็นเช่นนี้ทุกภาคการศึกษา โดยสรุปผลการสำรวจแล้ว (ตารางที่ 4.4) ทำให้รู้ว่าจำนวนผู้เข้าใช้บริการโรงอาหารทั้ง 5 แห่งในช่วงเวลาเปิดภาคการเรียนนั้นโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 6241.4 ± 3,192.6 คนต่อวัน และจำนวนผู้เข้าใช้บริการโรงอาหารในช่วงเวลาปิดภาคเรียนเฉลี่ยอยู่ที่ 516.5 ± 97.2 คนต่อวันโดยประมาณ

โรงเรียนสาธิตฯ มีนักเรียนของโรงเรียนสาธิตฯ 1,100 คน และบุคลากร 66 คน ทางโรงเรียนจะจัดอาหารกลางวันให้กับนักเรียนทุกคนในทุกวันยกเว้นวันหยุด (เสาร์-อาทิตย์) และช่วงปิดเทอม (เดือนมีนาคม ถึงเดือนกลางเดือนมิถุนายน และ เดือนตุลาคม) จากการสำรวจพบว่า ในช่วงเวลาเปิดภาคการเรียนนั้นมีผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 785.71 ± 536.75 คนต่อวัน และไม่มีผู้ใช้บริการในช่วงปิดเทอม (ตารางที่ 4.5)

ศูนย์การแพทย์ฯ มีผู้มาใช้บริการเป็นคนไข้ โดยทางโรงพยาบาลจะจัดเตรียมอาหารให้เหมาะสมกับจำนวนของคนไข้ จากการสำรวจพบว่า เปิดภาคการเรียนนั้นโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 1,492.86 ± 356.40คนต่อวัน และจำนวนผู้เข้าใช้บริการโรงอาหารในช่วงเวลาปิดภาคเรียนเฉลี่ยอยู่ที่ 1,428.57 ± 397.76 คนต่อวันโดยประมาณ (ตารางที่ 4.6) จากการทดสอบทางสถิติพบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างผู้มาใช้บริการในช่วงเปิดและปิดภาคเรียน

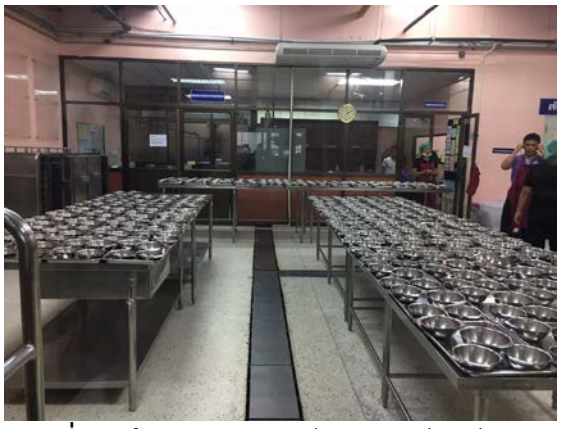
รูปที่ 4.3 โรงอาหารหอพักนิสิต และพื้นที่ใช้สอยภายใน

รูปที่ 4.4 โรงอาหารสโมสรวิศวกรรมศาสตร์และพื้นที่ใช้สอยภายใน

รูปที่ 4.5 อาคารกิจกรรมนิสิต (พลาซ่า) และพื้นที่ใช้สอยภายใน

รูปที่ 4.6 โรงอาหารศูนย์การแพทย์ฯและพื้นที่ใช้สอยภายใน

รูปที่ 4.7 ร้านอาหารใต้หอพักแพทย์และพื้นที่ใช้สอยภายใน



รูปที่ 4.8 โรงพยาบาลศูนย์การแพทย์ศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพรัตรราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี และพื้นที่ใช้สอยภายใน

รูปที่ 4.9 พื้นที่ใช้สอยภายในโรงอาหารโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์

ตารางที่ 4.4 จำนวนผู้เข้ามาใช้บริการศูนย์อาหาร 5 แห่งในมหาวิทยาลัย

แหล่งกำเนิด	ผู้เข้ามาใช้บริการเฉลี่ย (คน / วัน)	
	เปิดภาคเรียน	ปิดภาคเรียน
โรงอาหารหอพักนิสิต	3,165.7 ± 1,713.2	0
โรงอาหารสโมสรวิศวกรรมศาสตร์	1,442.8 ± 991.4	18.6 ± 13.4
โรงอาหารข้างศูนย์การแพทย์ฯ	1,357.1 ± 299.2	492.9 ± 83.8
อาคารกิจกรรมนิสิต(พลาซ่า)	275.7 ± 188.8	0
ร้านอาหารหอพักแพทย์	30	5
รวม	6,241.4 ± 3,192.6	516.5 ± 97.2

(**ที่มา**: ข้อมูลจากการสำรวจ พ.ศ. 2559)

ตารางที่ 4.5 จำนวนผู้เข้ามาใช้บริการโรงอาหารโรงเรียนสาธิตฯ

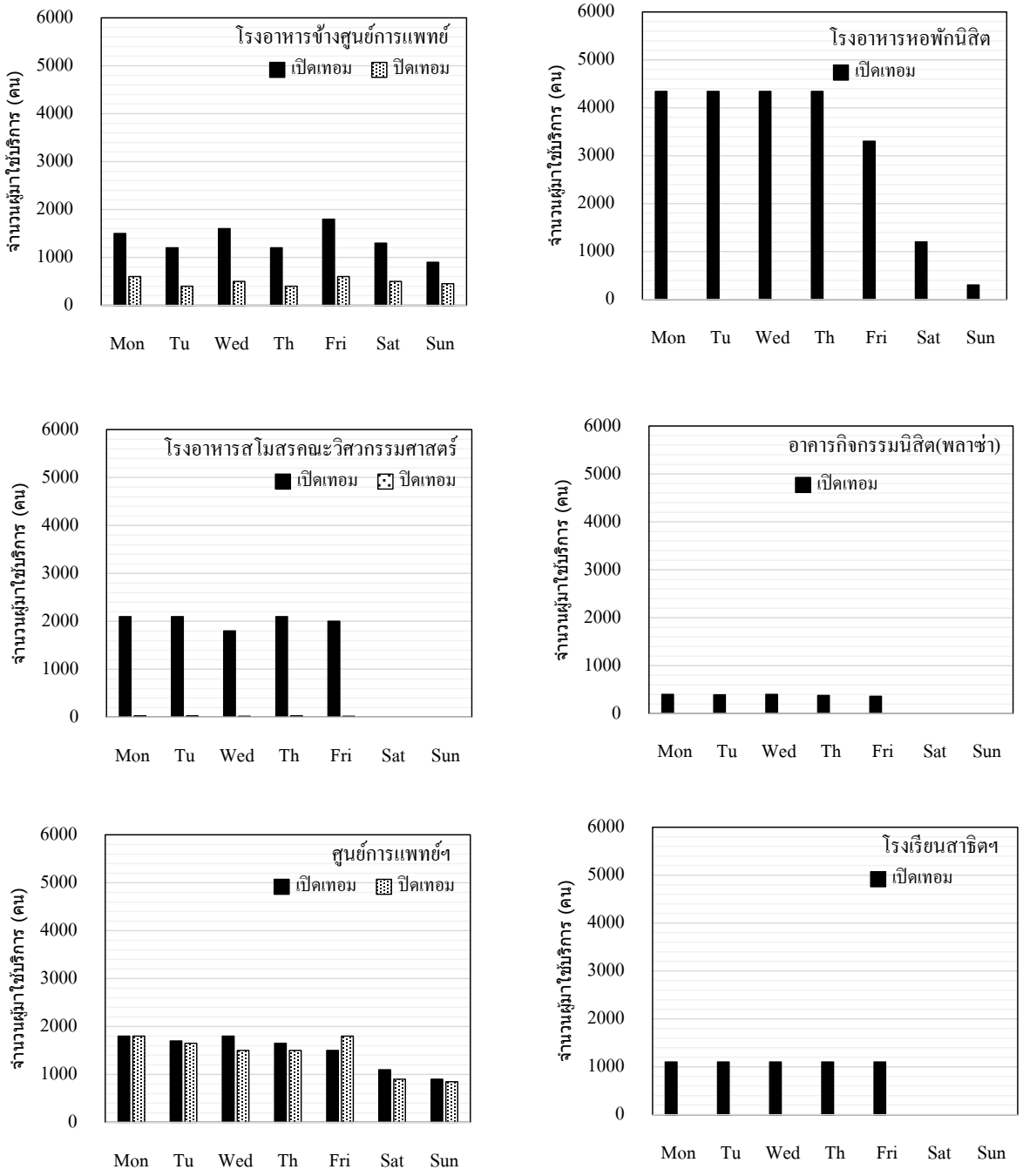
แหล่งกำเนิด	ผู้เข้ามาใช้บริการเฉลี่ย (คน / วัน)	
	เปิดภาคเรียน	ปิดภาคเรียน
โรงอาหารโรงเรียนสาธิตฯ	785.71 ± 536.75	0
รวม	785.71 ± 536.75	0

(**ที่มา**: ข้อมูลจากการสำรวจ พ.ศ. 2559)

ตารางที่ 4.6 จำนวนผู้เข้ามาใช้บริการศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี

แหล่งกำเนิด	ผู้เข้ามาใช้บริการเฉลี่ย (คน / วัน)	
	เปิดภาคเรียน	ปิดภาคเรียน
ศูนย์การแพทย์ฯ	1,492.86 ± 356.40	1,428.57 ± 397.76
รวม	1,492.86 ± 356.40	1,428.57 ± 397.76

(**ที่มา**: ข้อมูลจากการสำรวจ พ.ศ. 2559)



รูปที่ 4.10 จำนวนผู้ใช้บริการศูนย์อาหารแต่ละแห่งในมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

4.3.2 ผลการสำรวจปริมาณเศษอาหาร

การสำรวจปริมาณเศษอาหารที่เกิดขึ้นนั้น ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจโดยการสุ่มชั่งน้ำหนักอาหารก่อนและหลังรับประทาน แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ยของอาหารก่อนและหลังรับประทานที่เหลือต่อจานเพื่อเปรียบเทียบกัน (ตารางที่ 4.6) พบว่า ปริมาณอาหารที่เหลือทิ้งของศูนย์การแพทย์ฯ มีสัดส่วนมากที่สุดคือ ร้อยละ 61.12 ของอาหารก่อนรับประทาน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเป็นอาหารของผู้ป่วยที่รักษาตัวใน

โรงพยาบาลซึ่งร่างกายของผู้ป่วยมีความผิดปกติทำให้ส่งผลถึงความเจริญอาหาร ทำให้การรับประทานอาหารในแต่ละครั้งได้ไม่เต็มที่จึงเหลือเศษอาหารมากเป็นพิเศษ ดังแสดงในรูปที่ 4.11 รองลงมาเป็นปริมาณอาหารที่เหลือทิ้งจากนักเรียนในโรงเรียนสาธิตฯ และจากผู้ใช้บริการร้านอาหารในอาคารกิจกรรมนิสิตและบริการ (พลาซ่า) คือร้อยละ 26.74 และ 25.12 ตามลำดับ อาจเนื่องมาจากพฤติกรรมการเลือกกินของนักเรียน นอกจากนี้อาจเกิดจากการให้อาหารในปริมาณที่มากเกินความจำเป็นของร้านอาหาร

รูปที่ 4.11 เศษอาหารจากศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี

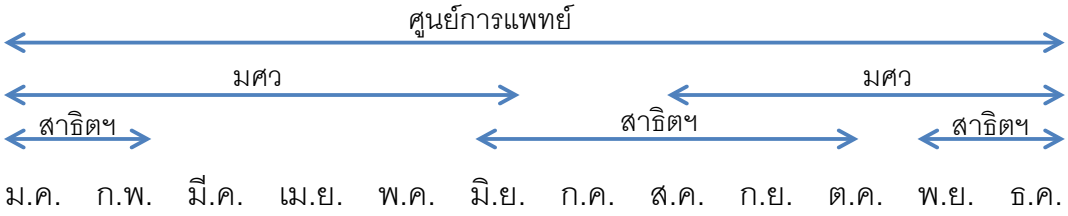
ปริมาณเศษอาหารที่เกิดขึ้นนั้นจะสอดคล้องจำนวนประชากรผู้เข้าใช้บริการโรงอาหารต่างๆ ในมหาวิทยาลัย ซึ่งขึ้นอยู่กับช่วงเวลาทำการของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ และโรงเรียนสาธิตฯ คือ ช่วงเวลาเปิดภาคเรียน และปิดภาคเรียน ดังแสดงในรูปที่ รูปที่ 4.12 ดังนั้นปริมาณเศษอาหารที่เกิดขึ้นในมหาวิทยาลัยจะมีความเปลี่ยนแปลงในแต่ละเดือนตลอดทั้งปี (รูปที่ 4.13) โดยมีปริมาณเฉลี่ยต่อวันสูงสุด คือ 441.26 ± 64.63 กิโลกรัมต่อวันในช่วงเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ สิงหาคม (บางส่วน) กันยายน พฤศจิกายน และธันวาคม รองลงมาคือมีปริมาณเฉลี่ยต่อวัน 353.27 ± 55.33 ในช่วงเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม และเดือนตุลาคม ช่วงที่มีปริมาณเศษอาหารเฉลี่ยต่อวันน้อยที่สุดคือ มิถุนายน ถึงกรกฎาคม ซึ่งมหาวิทยาลัยปิดเทอม ทำให้มีปริมาณเศษอาหารเฉลี่ย 287 ± 11 กิโลกรัมต่อวัน

เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณเศษอาหารจากโรงอาหารทั้ง 6 แห่ง (ดังแสดงในรูปที่ 4.14) พบว่า ศูนย์การแพทย์ฯ ที่ค่าปริมาณที่เกิดนั้นมีค่ามากที่สุดถึง 50.5 % เมื่อเทียบกับปริมาณเศษอาหารที่เกิดขึ้นทั้งหมด หมายถึง โรงอาหารข้างศูนย์การแพทย์เป็นแหล่งกำเนิดหลักของขยะเศษอาหาร จะเห็นได้ว่าค่าสัดส่วนของการเกิดขยะเศษอาหารของโรงอาหาร 5 แห่งเมื่อรวมกันแล้วถึงจะมีค่าเกือบเทียบเท่าของศูนย์การแพทย์ฯ เพียงแห่งเดียว

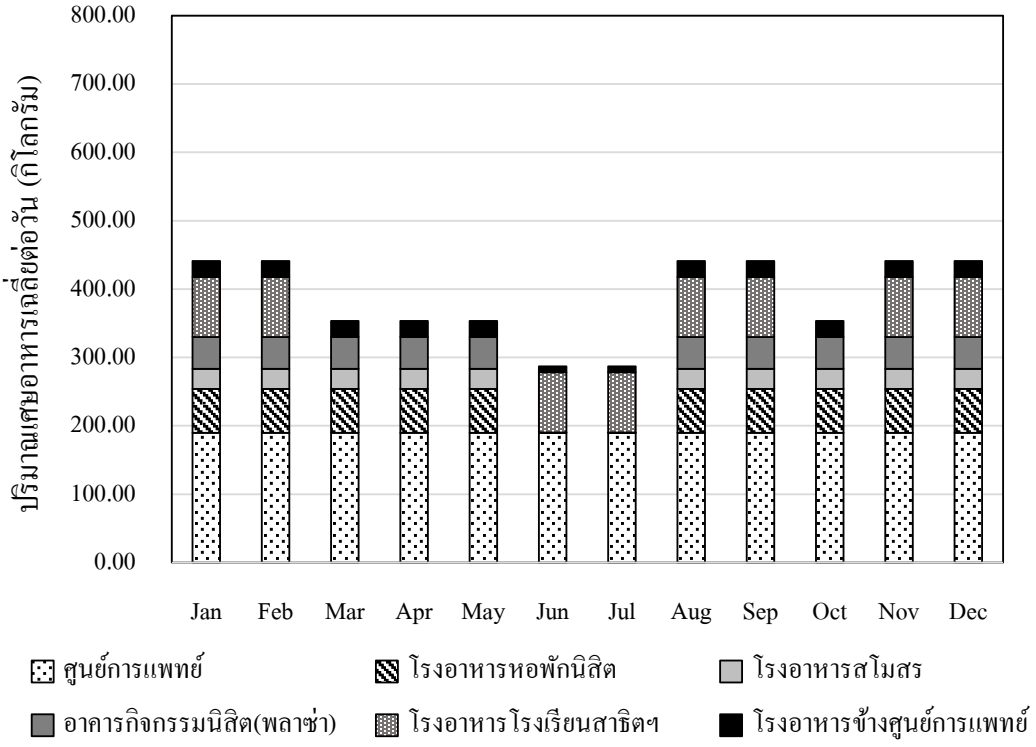
ตารางที่ 4.7 ผลการสำรวจปริมาณอาหารที่เหลือเฉลี่ยจากโรงอาหารต่างๆ ในมหาวิทยาลัย

อาคาร	ปริมาณอาหารเฉลี่ย (กรัม)		ร้อยละของปริมาณทั้งหมด
	ก่อนรับประทาน	หลังรับประทาน	
1. โรงอาหารข้างศูนย์การแพทย์	383.48 ± 97.66	17.33 ± 11.76	4.52
2. โรงอาหารหอพักนิสิต	435.20 ± 113.75	20.22 ± 18.70	5.14
3. โรงอาหารสโมสรวิศวกรรมศาสตร์	408.08 ± 93.84	29.70 ± 24.70	7.27
4. โรงอาหารโรงเรียนสาธิตฯ	418.76 ± 76.71	111.99 ± 77.98	26.74
5. อาคารกิจกรรมนิสิตและบริการ (พลาซ่า)	669.54 ± 209.05	168.21 ± 105.31	25.12
6. ศูนย์การแพทย์ฯ	780.72 ± 172.35	477.18 ± 290.09	61.12

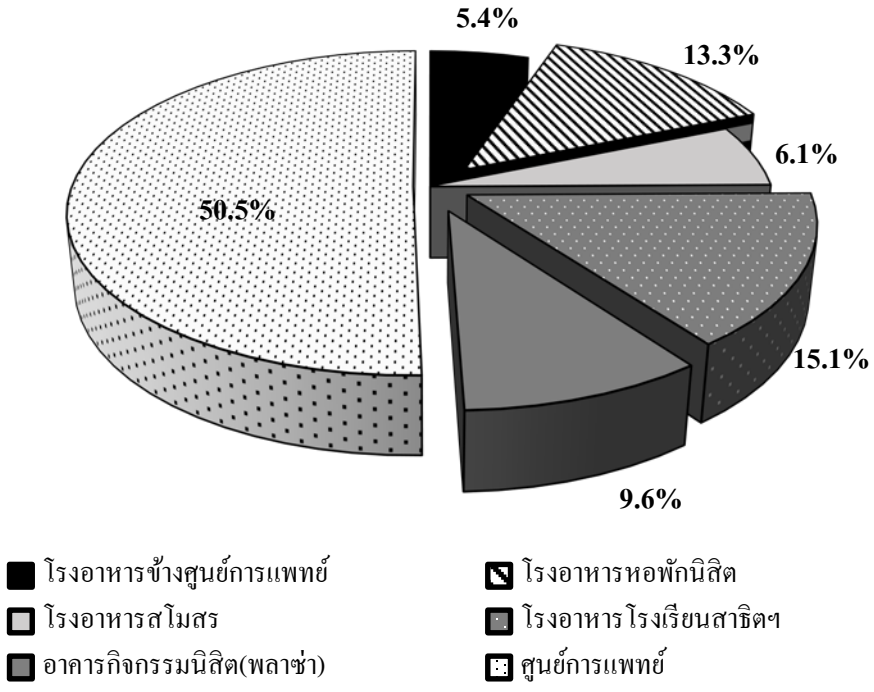
(**ที่มา**: จากการสำรวจ พ.ศ. 2559)



รูปที่ 4.12 ช่วงเวลาเปิดภาคเรียนของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ และโรงเรียนสาธิตฯ



รูปที่ 4.13 ปริมาณเศษอาหารจากแหล่งกำเนิด 6 แห่ง ในมหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.14 สัดส่วนการเกิดขยะเศษอาหารจากแหล่งกำเนิดในมหาวิทยาลัย

4.3.3 ลักษณะของเศษอาหารทั้งทางกายภาพและทางเคมี

การแปรสภาพขยะที่ย่อยสลายได้เพื่อนำกลับไปใช้ประโยชน์ เช่น การทำปุ๋ยหมัก หรือการหมักก๊าซชีวภาพนั้น จำเป็นต้องทราบถึงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของขยะเศษอาหารว่ามีศักยภาพเพียงพอหรือไม่ จากการวิเคราะห์ปริมาณเศษอาหารทำให้ทราบสัดส่วนที่มาของปริมาณเศษอาหารแล้ว ผู้วิจัยจึงเลือกวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและเคมีของเศษอาหารจากแหล่งกำเนิดที่มากที่สุดเพียง 5 แห่ง ได้แก่ โรงอาหารทั้ง 3 แหล่ง ศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี และโรงอาหารโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ ตัวอย่างเศษอาหารที่นำมาวิเคราะห์แสดงในรูปที่ 4.14 และผลการวิเคราะห์สามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

ศูนย์การแพทย์ฯ มีผู้ใช้บริการเฉลี่ยต่อวัน 1,800 คน แบ่งเป็นผู้ป่วย 368 คน ผู้มาใช้บริการ 200 และบุคลากร 1,300 คน ซึ่งศูนย์การแพทย์ฯ จะทำอาหารเฉพาะผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาแบบนอนเตียงจำนวน 368 คน เท่านั้น มีปริมาณเศษอาหารเฉลี่ยต่อวัน 522.92 กรัม ถือได้ว่ามีปริมาณเศษอาหารที่ผลิตขึ้นในแต่ละวันมากที่สุดในมหาวิทยายาลัย อาจเนื่องมาจากพฤติกรรมการรับประทานอาหารของผู้ป่วยที่ไม่มีความอยากอาหารทำให้ศูนย์การแพทย์มีปริมาณเศษอาหารที่สูงมากในแต่ละวัน จากผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ พบว่า เศษอาหารมีค่า pH เท่ากับ 4.57 ค่าความชื้น (MC) อยู่ที่ร้อยละ 85.12 ค่าของแข็งทั้งหมด (TS) เฉลี่ยเท่ากับ 157.89 กรัมต่อลิตร ค่าของแข็งแขวนลอย (SS) เฉลี่ยเท่ากับ 60.42 กรัมต่อลิตร ปริมาณของแข็งระเหย (VS) เฉลี่ยเท่ากับ 28.93 กรัมต่อลิตร และผลการทดสอบลักษณะทางเคมีเบื้องต้นของเศษอาหาร ค่าซีโอดีละลายน้ำ (sCOD) 4,800 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าซีโอดีทั้งหมด (tCOD) 7,200 มิลลิกรัมต่อลิตร

โรงอาหารโรงเรียนสาธิตฯ มีผู้มาใช้บริการเฉลี่ยต่อวัน 1,300 คน แบ่งเป็นนักเรียน 1,100 คน และบุคลากร 66 คน มีปริมาณเศษอาหารเฉลี่ยต่อวัน 119.7 กรัม เศษอาหารมีค่า pH เท่ากับ 5.24 ค่าความชื้น (MC) อยู่ที่ร้อยละ 78 ค่าของแข็งทั้งหมด (TS) 176.06 g/l ค่าของแข็งแขวนลอย (SS) 47.33 g/l ปริมาณของแข็งระเหย (VS) 36.74 g/l ลักษณะทางเคมีของเศษอาหาร ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (sCOD) 4,000 mg/l ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องการ (tCOD) 6,400 mg/l

โรงอาหารสโมสร มีผู้มาใช้บริการเฉลี่ยต่อวัน 2,100 คน มีปริมาณเศษอาหารเฉลี่ยต่อวัน 36.58 กรัม ค่า pH เท่ากับ 4.97 ค่าความชื้น (MC) อยู่ที่ร้อยละ 76.07 ค่าของแข็งทั้งหมด (TS) 165.85 g/l ค่าของแข็งแขวนลอย (SS) 91.51 g/l ปริมาณของแข็งระเหย (VS) 55.44 g/l ลักษณะทางเคมีของเศษอาหาร ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (sCOD) 5,600 mg/l ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องการ (tCOD) 7,200 mg/l

โรงอาหารหอพักนิสิต มีผู้มาใช้บริการเฉลี่ยต่อวัน 4,340 คน มีปริมาณเศษอาหารเฉลี่ยต่อวัน 35.79 กรัม ค่า pH เท่ากับ 5.10 ค่าความชื้น (MC) อยู่ที่ร้อยละ 80.74 ค่าของแข็งทั้งหมด (TS) 171.65 g/l ค่าของแข็งแขวนลอย (SS) 49.13 g/l ปริมาณของแข็งระเหย (VS) 19.25 g/l ลักษณะทางเคมีของ

เศษอาหาร ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (sCOD) 11,200 mg/l ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องการ (tCOD) 12800 mg/l

เศษอาหารจากโรงอาหารข้างศูนย์การแพทย์ มีผู้เข้าใช้บริการเฉลี่ยประมาณ 2,000 คนต่อวัน มีค่า pH เท่ากับ 4.21 ค่าความชื้น (MC) อยู่ที่ร้อยละ 78.70 ค่าของแข็งทั้งหมด (TS) 101.42 g/l ค่าของแข็งแขวนลอย (SS) 35.56 g/l ปริมาณของแข็งระเหย (VS) 74.85 g/l ลักษณะทางเคมีของเศษอาหาร ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (sCOD) 5,600 mg/l ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องการ (tCOD) 8000 mg/l จากการสำรวจส่วนใหญ่โรงอาหารมีปริมาณเศษอาหารน้อยที่สุดจากทุกโรงอาหารภายในมหาวิทยาลัย โรงอาหารข้างศูนย์การแพทย์จะมีประชาชนจากด้านนอกเข้ามาใช้บริการโรงอาหารข้างศูนย์การแพทย์ ผู้ใช้บริการส่วนใหญ่รับประทานอาหารหมดจานหรือเหลือเศษอาหารในปริมาณที่น้อยมาก

จากผลการวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการที่กล่าวมาข้างต้น เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีจากแหล่งกำเนิดทั้ง 5 แห่ง พบว่า ไม่ได้มีค่าแตกต่างกันมากนักดังแสดงในรูปที่ 4.16 จากกราฟแสดงค่า pH ทุกแห่ง มีความเป็นกรดอยู่ในช่วง 4.97 – 5.24 ค่าปริมาณความชื้น (MC) มีค่าระหว่างร้อยละ 75-90 ซึ่งไม่ได้มีความต่างกันมากนัก โดยแหล่งอาหารที่ให้ค่าความชื้นสูงสุดคือ เศษอาหารจากศูนย์การแพทย์ฯ เนื่องจากมีการจัดอาหารที่ค่อนข้างอ่อน รสชาติจืด และเป็นน้ำเสียส่วนใหญ่เพื่อให้เหมาะสมกับผู้ป่วย กราฟค่าของแข็งทั้งหมด (TS) มีค่าระหว่าง 100-180 กรัมต่อลิตร และค่าของแข็งแขวนลอย (SS) มีค่าระหว่าง 30-95 กรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าที่แตกต่างกันเล็กน้อย ลักษณะทางเคมีของเศษอาหาร ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (sCOD) อยู่ระหว่าง 4,000-11,200 มิลลิกรัมต่อลิตร ถือว่ามีความแตกต่างของคุณสมบัติทางเคมีมากพอสมควร ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องการ (tCOD) 6,400-12,800 มิลลิกรัมต่อลิตร ถือได้ว่ามีความแตกต่างมากพอสมควร แหล่งกำเนิดที่ก่อให้เกิดค่า COD สูงสุดคือ ขยะเศษอาหารจากโรงอาหารหอพักนิสิต รองลงมาคือเศษอาหารหารจากโรงอาหารข้างศูนย์การแพทย์ อาจเนื่องมาจากลักษณะและชนิดของอาหารที่จำหน่ายและให้บริการในสถานที่นั้นๆ

ส่วนประกอบทางเคมี (Chemical Component) แสดงในตารางที่ 4.8 สสารทุกประเภทมีส่วนประกอบหลักทางเคมีดังนี้คือ ธาตุหลักได้แก่ คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) และออกซิเจน (O) ส่วนธาตุรองได้แก่ ไนโตรเจน (N) และซัลเฟอร์ (S) และขี้เถ้า (Ash) ตามลำดับ ซึ่งส่วนประกอบทางเคมีที่เป็นประโยชน์ ต่อการทำปุ๋ยหมักก็คือไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) อัตราส่วนคาร์บอตต่อไนโตรเจน (C/N ratio) เป็นปัจจัยที่มีส่วนสำคัญต่อการทำการหมักก๊าซชีวภาพ เนื่องจากไนโตรเจนมีผลต่อการสร้างเซลใหม่ของจุลินทรีย์ หากอัตราส่วนนี้มีค่าสูง เกินไปซึ่งหมายถึงมีปริมาณไนโตรเจนน้อยจุลินทรีย์ก็จะเพิ่มจำนวนน้อยลงไปด้วยเพราะต้องอาศัย ไนโตรเจนในการเจริญเติบโต แต่ในทางตรงกันข้ามหากอัตราส่วนต่ำเกินไปซึ่งหมายถึงมีปริมาณไนโตรเจนมากขึ้น ก็จะทำให้เกิดก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) แพร่กระจายออกสู่บรรยากาศมาก โดยปกติ อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio) ที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วงระหว่าง 20 : 1 ถึง 40: 1 ซึ่งถ้าหากมีอัตราส่วนที่สูงหรือต่ำกว่านี้ก็จำเป็นต้อง

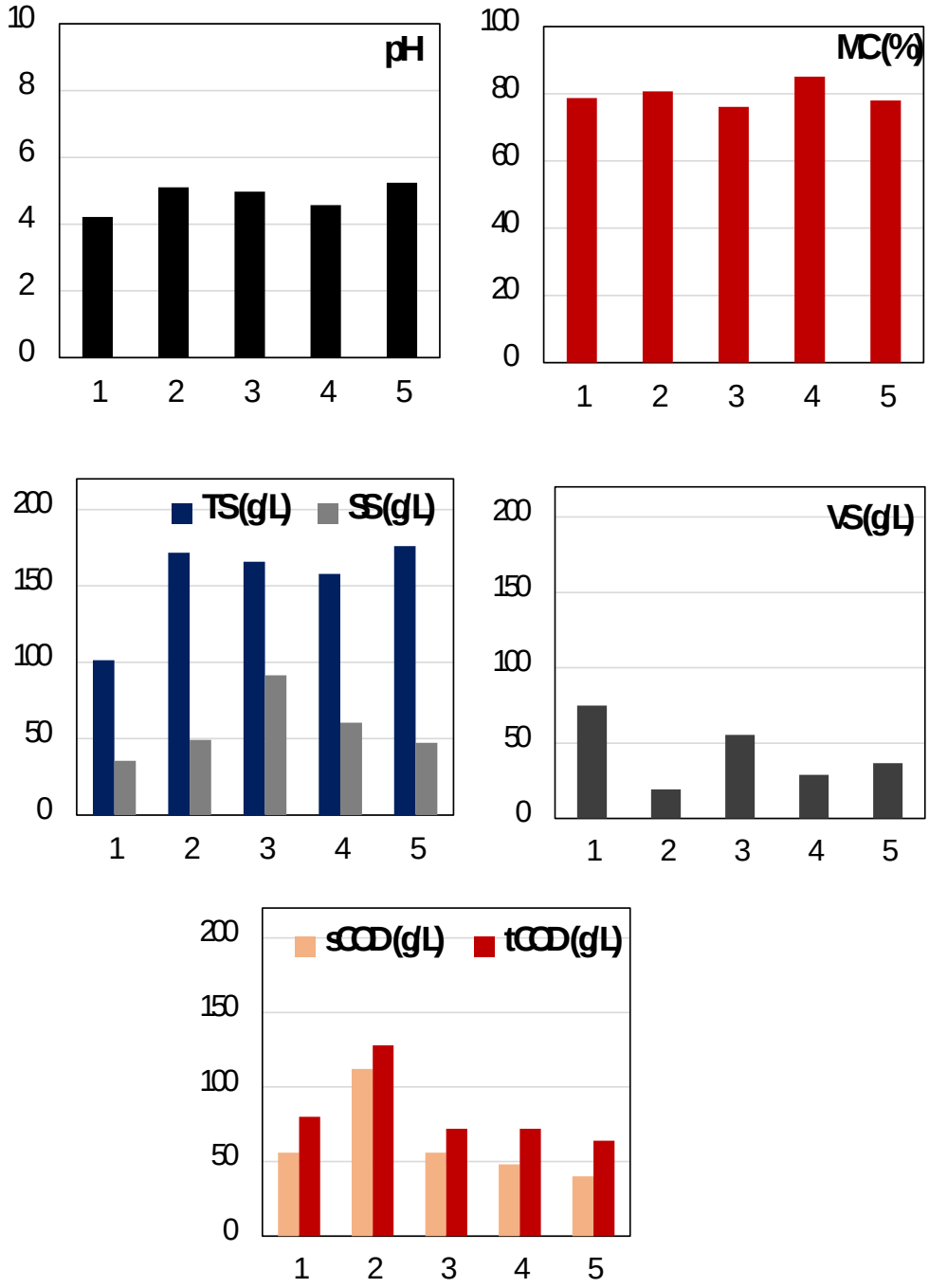
ปรับสภาพของขยะเศษอาหารให้มีอัตราส่วนอยู่ในช่วงดังกล่าวก่อน โดยเศษอาหารจากแหล่งกำเนิดทั้ง 5 แห่ง มีค่า คาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) เท่ากับ 8.9 ซึ่งถือว่าไม่เหมาะต่อกับหมัก หรือจำเป็นต้องมีการปรับสภาพก่อนนำไปทำการหมักก๊าซชีวภาพต่อไป

ตารางที่ 4.8 ผลการศึกษาองค์ประกอบแบบแยกธาตุของเศษอาหาร

องค์ประกอบแบบแยกธาตุ (%wt, db)	
คาร์บอน (C)	46.82 ± 0.91
ไนโตรเจน (N)	5.24 ± 1.33
ไฮโดรเจน (H)	3.14 ± 0.43
โปรตีน	22.0
คาร์โบไฮเดรต	57.7
ไขมันทั้งหมด	12.0

db (% as dry basis)

รูปที่ 4.15 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของเศษอาหาร



1 โรงอาหารข้างศูนย์การแพทย์ฯ
2 โรงอาหารหอพักนิสิต
3 โรงอาหารสโมสรวิศวกรรมศาสตร์
4 ศูนย์การแพทย์ฯ
5 โรงอาหารโรงเรียนสาธิตฯ

รูปที่ 4.16 เปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของขยะเศษอาหารจากโรงอาหารในมหาวิทยาลัย

4.3.4 ผลการสังเกตการณ์จัดการเศษอาหารภายในมหาวิทยาลัย

จากการสำรวจและสังเกตการณ์การจัดการเศษอาหาร พบว่า มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์) มีอาคารที่มีกิจกรรมก่อให้เกิดขยะเศษอาหาร จำนวน 7 แห่ง แบ่งเป็น ศูนย์อาหารของมหาวิทยาลัยจำนวน 5 แห่ง โรงอาหารโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ จำนวน 1 แห่ง และห้องอาหารในศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี พบว่าโรงอาหารภายในมหาวิทยาลัยแต่ละแห่งมีการบริหารจัดการของตนเอง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

โรงอาหารหอพักนิสิต ตั้งอยู่บนชั้น 2 อาคารบริการกลางมีฝ่ายกองกิจการนิสิตเป็นผู้รับผิดชอบดูแลการจัดการเศษอาหาร โดยจัดการประมูลเพื่อคัดเลือกผู้ประกอบการจากด้านนอกที่มีคุณลักษณะที่เหมาะสมเข้ามาดูแล โดยผู้ประกอบการที่ได้จะต้องดูแลรับซื้อเศษอาหารเป็นเวลา 1 ปี จากการสอบถามผู้ประกอบการในปีปัจจุบัน ผู้ประกอบการจะส่งคนเข้ามาเก็บเศษอาหารภายในโรงอาหารหอพักนิสิต ในเวลาประมาณ 14.00 น.ของทุกวัน มีเศษอาหารประมาณวันละ 4-5 ถัง (รูปที่ 4.17) โดยจะนำถังบรรจุอาหารใบใหม่มาวางแทนใบที่มีเศษอาหารและนำออกไปโดยรถกระบะ เพื่อเป็นอาหารเลี้ยงปลาในทันที จากการสัมภาษณ์พบว่า ผู้ประกอบการไม่ได้มีการคัดแยกเศษอาหารดังกล่าวอีก

โรงอาหารสโมสรวิศวกรรมศาสตร์ มีการบริหารจัดการคล้ายกับโรงอาหารหอพักนิสิต แต่ผู้ประกอบการที่เข้ามาดูแลจัดเก็บเศษอาหารเป็นคนละที่กัน จากการสอบถามเจ้าหน้าที่ในโรงอาหารสโมสรวิศวกรรมศาสตร์ พบว่ามีผู้ประกอบการจะส่งคนเข้ามาเก็บเศษอาหารทุก 2 วัน เพื่อนำไปเป็นอาหารเลี้ยงปลาเช่นเดียวกัน

โรงอาหารข้างศูนย์การแพทย์ มีการประมูลจากผู้ประกอบจากภายนอกมหาวิทยาลัยเช่นกัน ผู้ประกอบการจะส่งคนเข้ามาเก็บเศษอาหารทุก 2 วัน จากการสังเกตการณ์ พบว่าภายในโรงอาหารมีเศษอาหารตกค้างจำนวนมาก และร้านค้าบางส่วนแอบทิ้งเศษอาหารที่เหลือติดคาหม้อ ลงแหล่งน้ำของมหาวิทยาลัย (รูปที่ 4.18) เศษอาหารที่ทิ้งส่วนใหญ่มีส่วนผสมของไขมัน น้ำมันในปริมาณมาก เนื่องจากแหล่งน้ำบริเวณนี้มีสภาพเป็นไขลอยอยู่ทั่วบริเวณแหล่งน้ำ ส่งกลิ่นเหม็น และยังไม่มีการจัดการดูแลในเรื่องนี้

อาคารกิจกรรมนิสิต (พลาซ่า) จากการสอบถามโดยตรงจากผู้จัดการร้านค้า ในเรื่องการจัดการเศษอาหาร โดยผู้จัดการร้านค้ามีการนำเศษอาหารที่เหลือในแต่ละวันไปเททิ้งในแหล่งน้ำของมหาวิทยาลัย โดยอ้างว่า เป็นการเทเพื่อให้ปลาในแหล่งน้ำ จากการสำรวจแหล่งน้ำพบว่ามีกลิ่นเหม็นจากเศษอาหารที่สัตว์น้ำรับประทานไม่หมด เศษกระดูกที่สัตว์น้ำไม่สามารถรับประทานได้ (รูปที่ 4.19) และในส่วนนี้ยังไม่มีการจัดการดูแล

รูปที่ 4.17 การจัดเก็บเศษอาหารภายในโรงอาหารหอพักนิสิต (ซ้าย) และโรงอาหารสโมสรคณะวิศวกรรมศาสตร์ (ขวา)

รูปที่ 4.18 สภาพแหล่งน้ำหลังโรงอาหารข้างศูนย์การแพทย์

รูปที่ 4.19 สภาพแหล่งน้ำหลังอาคารอาคารกิจกรรมนิสิต (พลาซ่า)

ร้านอาหารใต้หอพักแพทย์ จากการสอบถามข้อมูลเบื่องต้น พบว่า ร้านอาหารไม่ค่อยมีผู้เข้ามาใช้บริการ เศษอาหารส่วนใหญ่จึงเหลือไม่มาก พนักงานในร้านจะเป็นผู้นำไปเททิ้งให้ปลาในแหล่งน้ำใกล้ๆกับร้านค้า เพื่อเป็นการกำจัดเศษอาหาร หรือบางครั้งทิ้งรวมไปกับขยะมูลฝอย

ศูนย์การแพทย์ฯ จากการสอบถามพบว่า ในส่วนของขยะเศษอาหารได้มีการจัดการโดยมีการจัดเตรียมถังขยะเศษอาหารไว้ในห้องที่มีการรับประทานอาหาร และจะมีการขยายถังขยะเศษอาหารให้มีอยู่ในห้องทุกห้องผู้ป่วยและทุกห้องที่มีการรับประทาน ขยะเศษอาหารที่เกิดขึ้นจะถูกนำมารวบรวมที่ถังรวมเศษอาหารที่หน้าลิฟท์ของทุกชั้นและจะมีเจ้าหน้าที่เก็บรวบรวมไล่ลงมาจากชั้นบนสุดลงมาถึงชั้นใต้ดินทุกวัน เวลา 18.00 น. โดยจะแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกจะนำไปทำน้ำหมักชีวภาพเพื่อนำไปแจกจ่ายเพื่อเป็นปุ๋ยรดน้ำต้นไม้ และส่วนที่สองจะนำไปเททิ้งในแหล่งน้ำเพื่อเป็นอาหารในปลาในบ่อน้ำ และในช่วงหลังๆเจ้าหน้าที่ได้มีการเทลงบ่อน้ำเพื่อให้ปลามากขึ้น เนื่องจากขาดผู้รับผิดชอบในการทำปุ๋ยหมัก จึงคิดว่าการนำเศษอาหารมาให้ปลาเป็นการกำจัดเศษอาหารที่ไวและรวดเร็วกว่า

โรงอาหารโรงเรียนสาธิตฯ พบว่ามีปริมาณเศษอาหารที่เหลือต่อวันเป็นจำนวนมากเป็นอันดับสองรองจากศูนย์การแพทย์ฯ ทางโรงเรียนได้จัดการประมูลให้ผู้ประกอบการด้านนอกรับเศษอาหารในโรงเรียนเพื่อนำไปให้ปลา โดยจะเข้ามารับทุก 1-2 วัน

เมื่อพิจารณาถึงระบบการจัดการเศษอาหารของมหาวิทยาลัยในปัจจุบัน พบว่าเศษอาหารส่วนหนึ่งมีการนำไปใช้ประโยชน์ในการเลี้ยงปลา และยังมีเศษอาหารอีกส่วนหนึ่งที่ไม่ได้มีการนำไปใช้ประโยชน์แต่ทิ้งลงแหล่งน้ำของมหาวิทยาลัย ดังแสดงในรูปที่ 4.20 และตารางที่ 4.9 ซึ่งวิธีการจัดการเหล่านี้ส่งผลกระทบเป็นอย่างมากในด้านทัศนวิสัยภายในมหาวิทยาลัย แหล่งน้ำที่มีการเทเศษอาหารเริ่ม

ส่งกลิ่นเหม็นเน่าและมีไขมันลอย ในบริเวณที่มีผู้สัญจรผ่านไปมาพบเห็น ซึ่งมีผลให้ภาพลักษณ์หน้าตาของมหาวิทยาลัยด้านความสะอาดลดลง หากไม่มีการจัดการดูแลที่เหมาะสม

ตารางที่ 4.9 สัดส่วนปริมาณอาหารและการนำไปใช้ประโยชน์ในมหาวิทยาลัย

แหล่งกำเนิด	อัตราการเกิดเศษอาหาร (กิโลกรัม/วัน)	อัตราการนำไปเลี้ยงปลา (กิโลกรัม/วัน)	อัตราการทิ้งลงแหล่งน้ำ (กิโลกรัม/วัน)
ศูนย์การแพทย์ฯ	23.52	11.76	-
โรงอาหารหอพักนิสิต	64.01	64.01	-
โรงอาหารสโมสรวิศวกรรมศษสาสตร์	29.44	14.72	-
โรงอาหารโรงเรียนสาธิตฯ	87.99	44.00	-
อาคารกิจกรรมนิสิตและบริการ (พลาซ่า)	46.38	-	46.38
โรงพยาบาลศูนย์การแพทย์	189.92	-	189.92
รวม	441.26	134.49 (30%)	236.3 (60%)

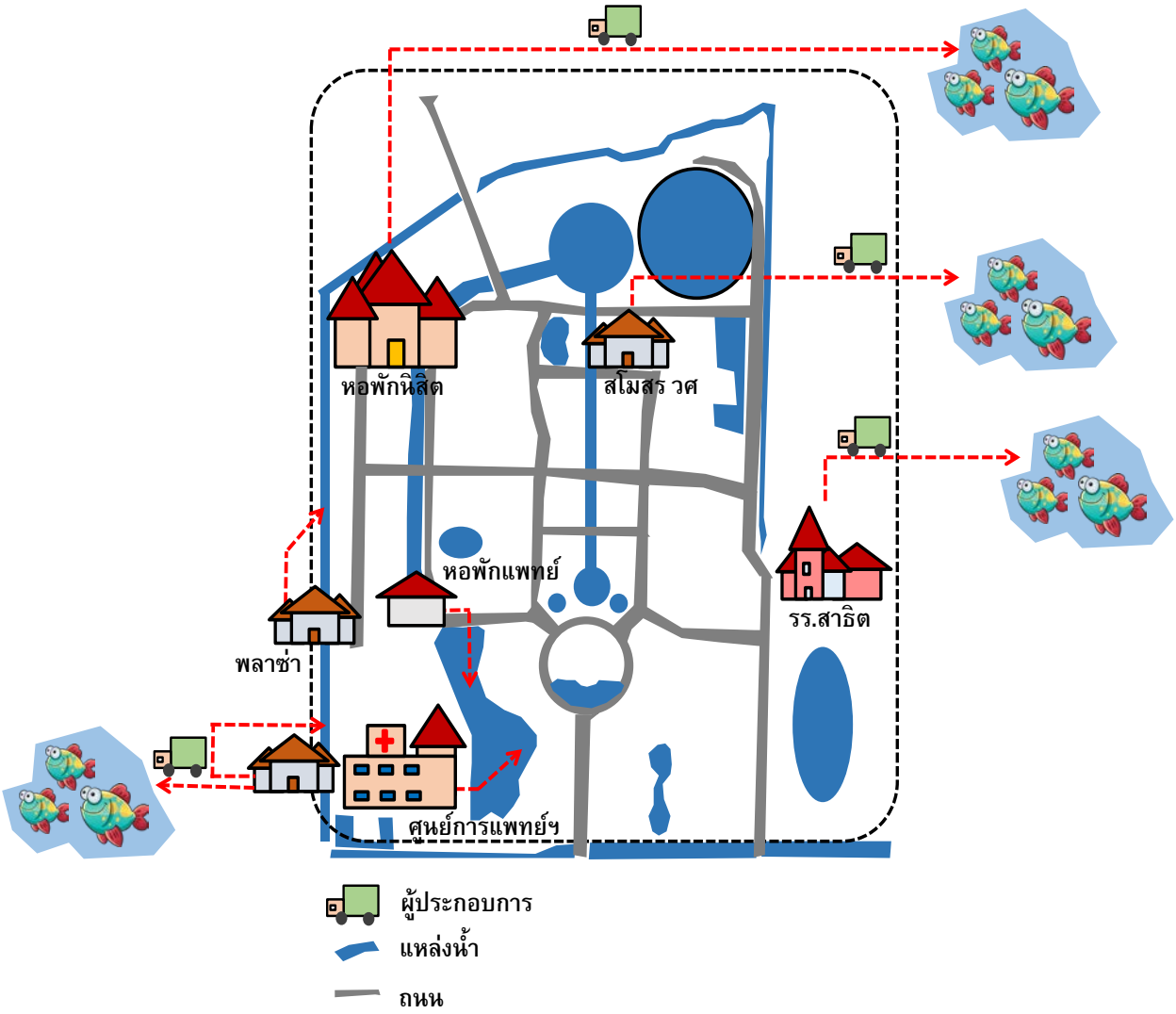
4.4 วิเคราะห์แนวทางในการจัดการเศษอาหาร

4.4.1 แนวทางในการจัดการเศษอาหาร

จากหัวข้อก่อนหน้านี้ ทราบดีแล้วว่าทางมหาวิทยาลัยได้มีการจัดการเศษอาหารโดยการให้ผู้ประกอบการด้านนอกที่มีคุณสมบัติเพียงพอมารับผิดชอบเศษอาหารในมหาวิทยาลัยและยังมีอีกส่วนหนึ่งที่รับผิดชอบการจัดการเศษอาหารด้วยตนเอง โดยการนำไปเททิ้งในแหล่งน้ำของมหาวิทยาลัยเพื่อเป็นการให้อาหารแก่สัตว์น้ำ การจัดการเศษอาหารเหล่านี้ก่อให้เกิดผลกระทบมลพิษทางน้ำเป็นอย่างมาก เช่น การที่ผู้ประกอบการจากด้านนอกประมูลเข้ามาเพื่อจัดการเศษอาหารโดยการนำไปเป็นอาหารปลา โดยไม่ผ่านกระบวนการแปรรูปเป็นอาหารสัตว์อย่างถูกวิธี เศษอาหารที่ได้ไปมีความเป็นไขมันที่สูง เศษกระดูก พลาสติกขนาดเล็ก เศษไม้ ที่ติดไปกับเศษอาหารก็ถูกเทลงสู่บ่อปลาเพื่อเป็นอาหาร เมื่อปลาได้รับประทานอาหารหรือเศษพลาสติกเข้าไปก็เกิดเป็นการสะสมไขมัน สารพิษในตัวปลา นอกจากนี้ยังทำให้คุณภาพของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาต่ำลงเนื่องจากมีไขมันลอยเป็นแพ คราบน้ำมันที่เบากว่าน้ำก็จะลอยขึ้นปกคลุมผิวน้ำ ทำให้เกิดมลพิษทางน้ำและยังส่งกลิ่นเหม็นรบกวนผู้สัญจรผ่านไปมา ในบางกรณีที่ทางผู้ประกอบการร้านค้าเป็นผู้จัดการเศษอาหารด้วยตนเองโดยการนำไปทิ้งในแหล่งน้ำภายในมหาวิทยาลัย ก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่

ก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำ น้ำเริ่มมีไขมันลอยและส่งกลิ่นเหม็นเน่า หากไม่มีการจัดการปัญหาเศษอาหารที่เหมาะสม

สำหรับแนวทางการแก้ไขปัญหาเศษอาหารในมหาวิทยาลัย เมื่อพิจารณาถึงผลกระทบในข้างต้น มหาวิทยาลัยยังมีการจัดการเศษอาหารที่ยังไม่ตรงจุดเท่าไหร่นัก เมื่อดูการพฤติกรรมการกินของผู้ใช้บริการของโรงอาหาร เศษอาหารเกือบทั้งหมดเกิดจากการรับประทานอาหารไม่หมด อาจมาจากหลายสาเหตุ เช่น อายุของผู้ใช้บริการ อาการป่วยของผู้ใช้บริการ การใช้แรงงานในแต่ละวันของผู้ใช้บริการ เป็นต้น ดังนั้นแนวทางการแก้ไขปัญหาเศษอาหาร อาจแบ่งได้ดังนี้

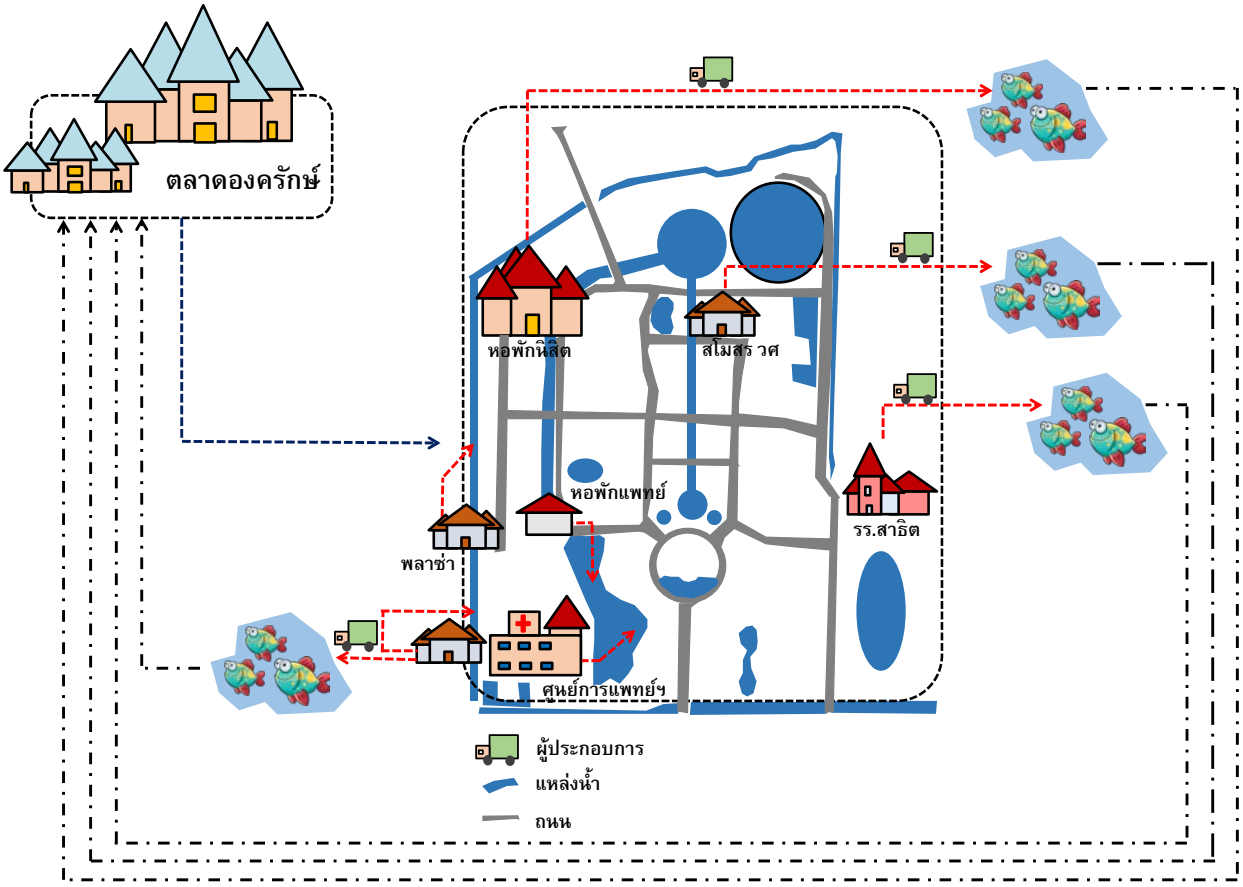


รูปที่ 4.20 ภาพรวมการจัดการเศษอาหารในมหาวิทยาลัยในปัจจุบัน

ทางเลือกที่หนึ่ง การลดปริมาณเศษอาหารลง คือ การที่ผู้ประกอบการจัดการวางแผนการตักอาหารให้เหมาะสมกับผู้ใช้บริการ โดยไม่ตักเยอะมากจนเกินไป จะทำให้ปริมาณเศษอาหารที่เหลือทิ้งในแต่ละวันลดลง หรือโรงอาหารสาธิตฯ ที่มีเด็กนักเรียนที่ไม่สนในอาหาร ทำให้มีปริมาณเศษอาหารเหลือทิ้ง

เป็นจำนวนมาก เป็นลำดับต้นๆ ของมหาวิทยาลัย จึงควรลดปริมาณอาหารที่ตักให้แต่ละคนลดลง ในปริมาณที่เหมาะสม หรือการตักอาหารให้ผู้ป่วยของศูนย์การแพทย์ที่มีปัญหาเศษอาหารเป็นอันดับที่ 1 ของมหาวิทยาลัย อาจปรับเปลี่ยนการจัดอาหารในปริมาณที่พอดีกับความอยากอาหารของผู้ป่วย หากมีการจัดการจัดอาหารให้เหมาะสม ก็จะสามารถช่วยลดปริมาณเศษอาหารที่เหลือในแต่ละวันลงได้เป็นจำนวนมาก

อีกวิธีหนึ่งที่เป็นตัวช่วยในการลดปริมาณเศษอาหารในมหาวิทยาลัย คือ การนำเศษอาหารที่เหลือในแต่ละวันมาทำให้เกิดประโยชน์สูงสุด ดีกว่าเททิ้งให้เป็นปัญหามลพิษแก่นิสิตหรือผู้มาใช้บริการ การแก้ปัญหานี้ จะเป็นการนำเศษอาหารที่เหลือทิ้งในแต่ละวันของทุกโรงอาหารในมหาวิทยาลัยมารวมกัน เพื่อทำเป็นพลังงานทดแทนในรูปของก๊าซชีวภาพ ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านพลังงานต่างๆ โดยก๊าซชีวภาพสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการหุงต้มทำอาหารในครัวเรือน นำไปใช้กับเครื่องยนต์เพื่อขับเคลื่อนยานพาหนะ และใช้กับเครื่องยนต์ผลิตกระแสไฟฟ้า นอกจากนี้กากตะกอนที่เหลือจากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพยังสามารถนำมาใช้เป็นปุ๋ยได้อีก ซึ่งจะมีคุณภาพที่ดีกว่าปุ๋ยคอก (มูลสัตว์สด) รวมทั้งยังมีคุณสมบัติที่ดีกว่าปุ๋ยเคมีในการปรับปรุงสภาพของดินให้ดีขึ้นอีกด้วย



รูปที่ 4.21 แผนภาพแนวทางการใช้ประโยชน์จากขยะเศษอาหาร

4.4.2 ศักยภาพในการนำเศษอาหารกลับมาใช้ประโยชน์

Naskeo Environment (2009) ของประเทศฝรั่งเศสได้ทำการศึกษาศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะจำพวกต่างๆ เพื่อหาปริมาณก๊าซที่แตกต่างกันจากขยะแต่ละจำพวก โดยใช้จุลินทรีย์จำพวกไม่ใช้ออกซิเจนในการย่อยสลาย โดยสรุปผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 4.9 จากข้อมูลกรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงานได้รายงานเปรียบเทียบอัตราการทดแทนพลังงานต่างๆ ของก๊าซชีวภาพ ดังแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ศักยภาพการผลิตก๊าซมีเทนของขยะแต่ละชนิด

ประเภท	ศักยภาพาการผลิตก๊าซมีเทน (ลูกบาศก์เมตรของก๊าซมีเทน / ตัน)
มูลสัตว์ประเภทของเหลว	20
มูลสัตว์	40
กากมันฝรั่ง	50
น้ำเสียจากอุตสาหกรรม	75
เศษหญ้า/ใบไม้	125
ฟางข้าวโพด	150
กากของเสียจากครัวเรือน	180
ชานอ้อย	230
ไขมันที่ใช้แล้ว	250
เศษพืชผลการเกษตร	300

(**ที่มา**: Naskeo Environment, 2009)

ตารางที่ 4.11 อัตราการทดแทนการใช้พลังงานของก๊าซชีวภาพ

ประเภท	ศักยภาพาการผลิตก๊าซชีวภาพ (ลูกบาศก์เมตรของก๊าซชีวภาพ / ตัน)
LPG	0.46 กิโลกรัม
น้ำมันดีเซล	0.67 ลิตร
น้ำมันเบนซิน	0.60 ลิตร
ฟืนไม้	1.50 กิโลกรัม
กระแสไฟฟ้า	1.2-1.4 กิโลวัตต์ – ชั่วโมง

(**ที่มา**: กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน)

จากการสำรวจปริมาณขยะเศษอาหารพบว่า มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒมีปริมาณขยะเฉลี่ยต่อวัน ในแต่ละเดือนดังตารางที่ 4.12 จากตารางจะเห็นว่าปริมาณขยะในมหาวิทยาลัยตลอดทั้งปีมีค่า

3.86 ตันต่อวัน โดยค่าปริมาณขยะน้อยที่สุดอยู่ที่ 2.87 ตันต่อวัน ในเดือนมิถุนายน และกรกฎาคมซึ่งเป็นช่วงปิดเทอมของมหาวิทยาลัย และปริมาณมากสุดในช่วงเปิดเทอมอยู่ที่ 4.41 ตันต่อวัน จากข้อมูลอ้างอิงจากงานวิจัยของ Nasakeo Enironment สามารถคำนวนการผลิตก๊าซชีวภาพเฉลี่ยจากเศษอาหารในมหาวิทยาลัยได้ประมาณ 694.8 ลบ.ม. ต่อปริมาณขยะเศษอาหารเฉลี่ยใน 1 วัน

ปริมาณและคุณภาพก๊าซชีวภาพอาจขึ้นอยู่กับคุณภาพของเศษอาหารและเทคโนโลยีในการผลิตด้วย ซึ่งจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงความเหมาะสมและความคุ้มค่าต่อไป

ตารางที่ 4.12 แสดงปริมาณการขยะเศษอาหารเฉลี่ยต่อวันในแต่ละเดือน (ข้อมูล พ.ศ. 2559)

เดือน	**ปริมาณขยะเศษอาหารเฉลี่ย (ตัน/วัน)**
มกราคม	4.41
กุมภาพันธ์	4.41
มีนาคม	3.53
เมษายน	3.53
พฤษภาคม	3.53
มิถุนายน	2.87
กรกฎาคม	2.87
สิงหาคม	4.41
กันยายน	4.41
ตุลาคม	3.53
พฤศจิกายน	4.41
ธันวาคม	4.41
รวม	3.86

(**ที่มา**: ข้อมูลจากการสำรวจ พ.ศ. 2559)

สำหรับการทดแทนพลังงานศักยภาพาการผลิตก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตรของก๊าซชีวภาพต่อตัน สามารถทดแทนก๊าซหุงต้ม LPG 0.46 กิโลกรัม ดังนั้นก๊าซชีวภาพในมหาวิทยาลัยสามารถทดแทน LPG ได้ประมาณ 319.6 กิโลกรัม ในด้านการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งทฤษฎีการแปลงค่าก๊าซชีวภาพเพื่อนำมาทดแทนพลังงานไฟฟ้านั้นจะ พบว่า ก๊าซชีวภาพ 1 ลบ.ม. สามารถนำมาผลิตเป็นกระแสไฟฟ้าได้ในช่วงระหว่าง 0.71 – 1.4 กิโลวัตต์ ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเศษอาหารในมหาวิทยาลัยโดยประมาณสามารถคำนวณได้ดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ปริมาณก๊าซหุงต้ม (LPG) ทดแทนจากก๊าซชีวภาพในมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปริมาณก๊าซชีวภาพ (ลบ.ม.)	ก๊าซชีวภาพ 1 ลบ.ม. ต่อ ก๊าซหุงต้ม (kg)	ปริมาณก๊าซหุงต้ม (kg)	ปริมาณก๊าซหุงต้มในรูปของเหลว (L)	เทียบเท่าก๊าซหุงต้มขนาด 15 กก. (ถัง)
694.8	0.46	319.608	177.06	11.8

ตารางที่ 4.14 ปริมาณไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพในมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปริมาณก๊าซชีวภาพ (ลบ.ม.)	ก๊าซชีวภาพ 1 ลบ.ม. เท่ากับไฟฟ้า (kW-hr)	ปริมาณไฟฟ้า (kW-hr)	ปริมาณไฟฟ้า (kW)	ปริมาณไฟฟ้า (MW)
694.8	0.71**	493.308	20.55	0.021
694.8	1.2	833.76	34.74	0.035
694.8	1.3	903.24	37.63	0.038
694.8	1.4	972.72	40.53	0.041

** อ้างอิงปริมาณทดแทนกระแสไฟฟ้าเพิ่มเติมจากงานวิจัยของ เกียรติไกร อายุวัฒน์ (2537)

บทที่ 5
สรุปผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการสำรวจผู้ใช้บริการโรงอาหารของมหาวิทยาลัยทั้ง 5 แห่ง มีผู้ใช้บริการเฉลี่ยต่อวันทั้งสิ้นในช่วงเปิดภาคเรียน 6,241.4 ± 3,192.6 คน และช่วงปิดภาคเรียน 516.5 ± 97.2 คน จำนวนผู้เข้าใช้บริการโรงอาหารโรงเรียนสาธิตฯเฉลี่ย 785.71 ± 536.75 คนต่อวัน ในช่วงเปิดภาคเรียน แต่ไม่มีผู้ใช้บริการในช่วงปิดภาคเรียน และศูนย์การแพทย์ฯ มีผู้เข้าใช้บริการในช่วงเปิดภาคเรียนเฉลี่ยอยู่ที่ 1,492 ± 356.40 คนต่อวันและในช่วงปิดภาคเรียน 1,428 ± 397.76 คนต่อวัน

จากการสำรวจปริมาณเศษอาหารส่วนใหญ่ประกอบด้วย เศษข้าว เศษกับข้าวที่เหลือ เศษผักและเศษผลไม้ มีปริมาณเฉลี่ยประมาณ 3.86 ตัวต่อวัน โดยค่าปริมาณเศษอาหารน้อยที่สุดอยู่ที่ 2.87 ตันต่อวันในช่วงปิดเทอม และปริมาณมากที่สุด 4.41 ตัวต่อวันในช่วงเวลาเปิดเทอม โดยการสำรวจพฤติกรรมของผู้บริโภคพบว่าการวางแผนการซื้ออาหารในแต่ละมื้อ จะส่งผลต่อเศษอาหารในแต่ละมื้อของผู้บริโภคอย่างมีนัยสำคัญ ขึ้นอยู่กับ เพศ รายได้และจำนวนวันที่เข้าใช้บริการร้านอาหารในพื้นที่มหาวิทยาลัย โรงอาหารที่มีเศษอาหารเหลือต่อวันมากสุด คือ ศูนย์การแพทย์ฯ คิดเป็นร้อยละ 50.5 โรงเรียนสาธิตฯ ร้อยละ 15.1 โรงอาหารหอพักนิสิต ร้อยละ 13.3 อาคารกิจกรรมนิสิต (พลาซ่า) โรงอาหารสโมสร โรงอาหารข้างศูนย์การแพทย์เมื่อเปรียบเทียบปริมาณเศษอาหารจากแหล่งกำเนิดทั้งหมด ร้อยละ 9.6 6.1 5.4 ตามลำดับ

ปริมาณเศษอาหารที่เหลือทิ้งรวมทั้งหมด มีการกำจัดโดยนำไปใช้เป็นอาหารปลา คิดเป็นร้อยละ 30 และมีการเททิ้งลงแหล่งน้ำ คิดเป็นร้อยละ 60 ของเศษอาหารเหลือทิ้งทั้งหมด ซึ่งเศษอาหารเหล่านี้มีค่าความเป็นไขมันที่สูง มีคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี ไม่เหมาะสมในการเทลงแหล่งน้ำเพื่อเป็นอาหารให้ปลาโดยไม่ผ่านกระบวนการแปรรูปอย่างเหมาะสม อาจทำให้เกิดมลพิษทางน้ำได้

จากผลการวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีจากแหล่งกำเนิดเศษอาหารทั้ง 5 แห่ง พบว่าเศษอาหารมีค่า pH ทุกแห่งมีค่าความเป็นกรดอยู่ในช่วง 4.97-5.24 ค่าปริมาณความชื้น (MC) ระหว่างร้อยละ 75-90 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันมากนัก ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องการ (tCOD) อยู่ระหว่าง 6,400 – 12,800 มิลลิกรัมต่อลิตร

แนวทางการแก้ไขอาจแบ่งได้ 2 ทางเลือก ได้แก่ ทางเลือกที่หนึ่ง การลดปริมาณเศษอาหารลง คือ การที่ผู้ประกอบการจัดการวางแผนการจัดอาหารให้เหมาะสมกับผู้ใช้บริการ และทางเลือกที่สอง การนำเศษอาหารที่ได้ไปผลิตเป็นพลังงานทดแทน จากการคำนวณการผลิตก๊าซชีวภาพเฉลี่ยเศษอาหารในมหาวิทยาลัยได้ที่ 698.4 ลูกบาศก์เมตรต่อปริมาณเศษอาหารเฉลี่ยใน 1 วัน สามารถผลิตเป็นปริมาณ

ไฟฟ้าได้ประมาณ 0.021 MW (จากการคิดค่าปริมาณก๊าซชีวภาพที่ 1 ลูกบาศก์เมตรต่อปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ต่ำที่สุด 0.71 และสูงสุดที่ 1.4 kWh)

5.2 ข้อจำกัดในการทำโครงงาน

(1) ข้อมูลการบริหารจัดการการจัดการเศษอาหารของผู้ประกอบจากด้านนอกมหาวิทยาลัยเป็นเพียงข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษ์พนักงานเก็บเศษอาหารของทางผู้ประกอบการส่งมา จึงมีข้อมูลวิธีการจัดการเศษอาหารของผู้ประกอบการด้านนอกเพียงเบื้องต้น

(2) การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี (คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน) ของเศษอาหาร ไม่สามารถทำการวิเคราะห์ในห้องทดลองของมหาวิทยาลัยได้ เนื่องจากอุปกรณ์ในการทดลองไม่เพียงพอและไม่พร้อมที่จะใช้งาน ทำให้ต้องมีการว่าจ้างทางกรมสาธารณสุข ฝ่ายโภชนาการ เป็นผู้วิเคราะห์เศษอาหาร ซึ่งมีระยะเวลาทำการนานถึง 1 เดือน ทำให้ข้อมูลบางอย่างล่าช้า

5.3 ข้อเสนอแนะ

(1) เสนอแนะให้มีการศึกษาอัตราการผลิตก๊าซมีเทน และคุณภาพก๊าซเพิ่มเติม เนื่องจากการคำนวณก๊าซมีเทนที่ได้ในนี้นั้นได้มาจากงานวิจัยอื่นและยังไม่ครอบคลุม

(2) ควรมีการศึกษาถึงความคุ้มค่าของการนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบความคุ้มค่าว่ามีประโยชน์มากน้อยเพียงใด

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. (2550). *โครงการสำรวจและวิเคราะห์องค์ประกอบขยะมูลฝอยชุมชนของเทศบาลทั่วประเทศ*. กรุงเทพฯ.

กรมควบคุมมลพิษ. (2547). *โครงการพัฒนาระบบกำจัดของเสียในแหล่งท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์.* กรุงเทพฯ.

กระทรวงพลังงาน. (2553). *โครงการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ*. สืบค้นเมื่อ 2 กันยายน 2559, จาก http://www.thaibiogas.com

กระทรวงพลังงาน. (2553*). โครงการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมและประชาสัมพันธ์ความรู้ด้านก๊าซชีวภาพ*. กรุงเทพฯ. สืบค้นเมื่อ 2 กันยายน 2559, จาก http://www2.dede.go.th/km_ber/e- learn/lesson4.pdf

กลุ่มพัฒนามาตรฐานน้ำมันเชื้อเพลิง สำนักคุณภาพน้ำมันเชื้อเพลิง. (2554). *ก๊าซชีวภาพ.* สืบค้นเมื่อ 17 เมษายน 2556, จาก http://www.doeb.go.th/knowledge/data/2Compressed_Biogas.pdf

กองอนามัยสิ่งแวดล้อม . (2535). *พระราชบัญญัติสาธารณสุข พ.ศ.2535*. กรุงเทพมหานคร: สำนักอนามัย.

เกียรติไกร อายุวัฒน์. (2537). *กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน*. กรุงเทพฯ

ชัยทัศน์ ไพรินทร์. (2549). *นวัตกรรม เทคโนโลยีชีวภาพ กำจัดก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในเชื้อเพลิงธรรมชาติ น้ำมัน ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ*. กรุงเทพฯ.

บุญมา บ้านประดิษฐ์และคณะ. (2550). *ถังหมักมหัศจรรย์ เปลี่ยนขยะเป็นก๊าซชีวภาพ.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์เกษตรกรรมธรรมชาติ.

บุญมา และคณะ. (2550). *สำนักงานและแผนนโยบายพลังงาน.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์เกษตรกรรมธรรมชาติ.

ปริพัฒน์ และสุภวัฒน์ . (2555). ประเมินศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยไบโอแก๊สจากขยะกรณีศึกษา ตลาดไท. *วารสารวิจัยพลังงาน*. ปีที่(ฉบับที่ 2555/1).

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม. (2551). *ก๊าซชีวภาพ.* สืบค้นเมื่อ 2 กันยายน 2559,

จาก http://www.efe.or.th/index.php

วิลาวัลย์ ชาญณรงค์. (2549). *วิจัยพลังงาน สร้างฐานเศรษฐกิจพอเพียง.* กรุงเทพฯ.

วุฒิภัณฑ์ คุมรินทร์. (2544). *การผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะเศษอาหารที่ความเข้มข้นสูงโดยการหมักแบบชั้นกรองไร้อากาศ 2 ขั้นตอนร่วมกับวิธีการรวนน้ำหนัก.* วิทยานิพนธ์ปริญญา วท.ม. (ภาควิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานและวัสดุ). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. ถ่ายเอกสาร.

อาริยา วิรัชวรกุล. (2546). *การผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารโดยกระบวนการย่อยสลายๆ ภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอน.* วิทยานิพนธ์ปริญญา วท.ม. (ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอส ราไช. (2006). *ศึกษาสารประกอบในก๊าซชีวภาพจากโรงงานผลิตก๊าซชีวภาพต่างๆ.* กรุงเทพฯ

Green Energy Net. (2009). *ทฤษฎีเบื้องต้นของระบบก๊าซชีวภาพ.* [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.greenenergynet.net/tec_Theory%20of%20Biogas.html,. (2 กันยายน 2559).

Green Energy Net. (2009). คุณสมบัติของก๊าซชีวภาพ. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.greenenergynet.net/tec_Theory%20of%20Biogas.html, . (2 กันยายน 2559).

ภาคผนวก ก

(แบบฟอร์มสำหรับเก็บข้อมูลปริมาณเศษอาหาร)

ตารางบันทึกปริมาณเศษอาหารเหลือทิ้งจากผู้มาใช้บริการโรงอาหารภายใน มศว (องครักษ์)

สถานที่ ☐ โรงอาหารหอพักนิสิต ☐ โรงอาหารศูนย์การแพทย์ ☐ ร้านอาหารหอพักแพทย์

☐ โรงอาคารสโมสร ☐ อาคารกิจกรรมนิสิต (พลาซ่า) ☐ โรงเรียนสาธิตฯ

วันที่เก็บข้อมูล ☐ วันธรรมดา จันทร์-ศุกร์

☐ วันหยุด เสาร์/อาทิตย์

น้ำหนักจาน คือ..... น้ำหนักถ้วย คือ.....

ลำดับที่	ผู้มาใช้บริการ		ประเภทอาหาร	ปริมาณอาหาร (กรัม)	หมายเหตุ
	เพศ	สถานะ			

ตารางบันทึกปริมาณอาหารต่อหน่วยจากโรงอาหารภายใน มศว (องครักษ์)

สถานที่ ☐ โรงอาหารหอพักนิสิต ☐ โรงอาหารศูนย์การแพทย์ ☐ ร้านอาหารหอพักแพทย์

☐ โรงอาคารสโมสร ☐ อาคารกิจกรรมนิสิต (พลาซ่า) ☐ โรงเรียนสาธิตฯ

วันที่เก็บข้อมูล ☐ วันธรรมดา จันทร์-ศุกร์

☐ วันหยุด เสาร์/อาทิตย์

น้ำหนักจาน คือ..... น้ำหนักถ้วย คือ.....

ลำดับที่	ประเภทอาหาร	ปริมาณอาหาร (กรัม)	หมายเหตุ

ภาคผนวก ข

(แบบสอบถามสำหรับศึกษาพฤติกรรมของผู้ค้า ผู้ใช้บริการโรงอาหาร และผู้รับผิดชอบรวบรวมเศษอาหาร)

แบบสอบถามเกี่ยวกับการจัดการขยะเศษอาหารในมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์

โครงการศึกษาการจัดการขยะเศษอาหารในเขตพื้นที่มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรม องครักษ์

<u>คำชี้แจง</u> แบบสอบถามนี้ใช้กับผู้ใช้บริการโรงอาหารที่อยู่มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรม องครักษ์

โดยแบบสอบถามมีทั้งหมด 4 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 พฤติกรรมที่ก่อให้เกิดเศษอาหาร

ส่วนที่ 3 ทัศนคติต่อขยะเศษอาหาร และการจัดการขยะเศษอาหาร

ส่วนที่ 4 ปัญหาอุปสรรคและข้อเสนอแนะในการจัดการขยะเศษอาหาร

โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ☐ หรือเติมข้อความลงในช่องว่างที่ตรงกับความเป็นจริง โดยข้อมูลที่ได้จะถือเป็นความลับ และจะนำเสนอผลการวิจัยในลักษณะรวมๆ สำหรับใช้ในการศึกษาครั้งนี้เท่านั้น

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1.1 เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง

1.2 อายุ ☐ ต่ำกว่า 15 ปี ☐ 16 – 24 ปี ☐ 25 – 34 ปี
☐ 35 – 44 ปี ☐ 45 – 54 ปี ☐ 55 ปี ขึ้นไป

1.3 สถานะในมหาวิทยาลัย ☐ นิสิต ☐ อาจารย์และนักวิจัย
☐ บุคลากร ☐ อื่นๆ (ระบุ.....)

1.4 สำหรับนิสิตปัจจุบัน ปัจจุบันศึกษาอยู่ในระดับใด ☐ ปริญาตรี ☐ ปริญาโท ☐ ปริญาเอก

1.5 รายได้ต่อเดือนหลังหักค่าใช้จ่ายแล้ว

☐ น้อยกว่า 5,000 บาท ☐ 5,000 – 10,000 บาท ☐ 10,001 – 15,000 บาท
☐ 15,001 – 20,000 บาท ☐ มากกว่า 20,000 บาท

1.6 ที่พักอาศัยระหว่างปฏิบัติงาน

☐ พักอาศัยภายในมหาวิทยาลัย ได้แก่ หอพักนิสิต หอพักบุคลากร

☐ พักอาศัยภายนอก มศว องครักษ์ (มีระยะจากมหาวิทยาลัยเท่าไหร่)

☐ น้อยกว่า 1 กิโลเมตร ☐ 6-10 กิโลเมตร
☐ 2-5 กิโลเมตร ☐ 11-20 กิโลเมตร
☐ มากกว่า 20 กิโลเมต

1.7 ท่านมียานพาหนะเป็นของตนเองหรือไม่

☐ ไม่มี

☐ มี (ท่านมีพานะอะไร)

☐ จักรยาน ☐ จักรยานยนต์ ☐ รถยนต์ ☐ อื่นๆ (ระบุ.....)

1.8 ใน 1 สัปดาห์ คุณมีวันที่ใช้บริการร้านอาหาร ภายในพื้นที่รับผิดชอบของ มศว องครักษ์ กี่วันต่อสัปดาห์

☐ 1 วัน / สัปดาห์ ☐ 2 วัน / สัปดาห์ ☐ 3 วัน / สัปดาห์ ☐ 4 วัน / สัปดาห์

☐ 5 วัน / สัปดาห์ ☐ 6 วัน / สัปดาห์ ☐ 7 วัน / สัปดาห์

ส่วนที่ 2 รายละเอียดเกี่ยวกับพฤติกรรมที่ก่อให้เกิดเศษอาหารในเขตพื้นที่มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์

2.1 พฤติกรรมการก่อให้เกิดเศษอาหาร

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ในช่อง ตามความคิดเห็นของท่าน

พฤติกรรม	การปฏิบัติต่อการก่อให้เกิดเศษอาหาร			
	ทุกครั้ง	บ่อยครั้ง	นานๆ ครั้ง	ไม่เคย
1. ท่านวางแผนการซื้ออาหารในแต่ละมื้อ				
2.ท่านซื้ออาหารในปริมาณครั้งละมากๆ หรือ หลายๆอย่างในมื้อเดียวกัน				
3. ท่านรับประทานอาหารไม่หมด				
4. ท่านรู้สึกละอายใจที่รับประทานอาหารเหลือทิ้ง				
5. ท่านเก็บอาหารที่เหลือบางอย่างไว้รับประทานทีหลัง				
6. ท่านเก็บเศษอาหารบางอย่างไปเลี้ยงสัตว์				
7. ท่านเทเศษอาหารลงในภาชนะที่โรงอาหารจัดเตรียมไว้				
8. ท่านแยกเศษกระดูกออกจากเศษอาหารทั่วไป				
9. ท่านแยกขยะประเภทอื่นๆ เช่น พลาสติก กระดาษ หนังยาง ออกจากขยะเศษอาหาร ก่อนเทลงพาชนะ				
10. ท่านสอบถามการจัดการขยะเศษอาหารจากเจ้าหน้าที่				

2.2 อาหารที่มักเหลือทิ้งเป็นเศษอาหาร

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ในช่อง ตามความคิดเห็นของท่าน

สิ่งที่เหลือทิ้ง	การปฏิบัติต่อการก่อให้เกิดเศษอาหาร			
	ทุกครั้ง	บ่อยครั้ง	นาน ๆ ครั้ง	ไม่เคย
1. ข้าว เส้นก๋วยเตี๋ยว				
2.น้ำก๋วยเตี๋ยว				
3.เนื้อสัตว์ เช่น ไก่ หมู เนื้อ ปลา				
4.ผักต่างๆ และ ผลไม้สด				
5.เศษกระดูก				
6. อื่นๆ (ระบุ.....)				

ส่วนที่ 3 ทัศนคติของผู้บริโภคต่อการรับประทานอาหารเหลือทิ้งและการจัดการเศษอาหาร

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ในช่อง ตามความคิดเห็นของท่าน

ทัศนคติ	ระดับความคิดเห็น				
	เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
1. การรับประทานอาหารเหลือไว้เล็กน้อยแสดงถึงการเป็นผู้มีวัฒนธรรม					
2. การรับประทานอาหารหลายๆชนิดพร้อมกันทำให้เจริญอาหาร					
3. การวางแผนการรับประทานในแต่ละมื้อ ช่วยลดปริมาณขยะเศษอาหาร					
4. นิสัยเลือกกินมีส่วนทำให้มีเศษอาหารเหลือทิ้ง					
5. การรับประทานอาหารเหลือเป็นสิ่งที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยง					
6. เศษอาหารก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม เช่น กลิ่นเหม็น เชื้อโรค					
7. เศษอาหารก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก เป็นสาเหตุทำให้โลกร้อน					
8. เศษอาหารควรได้รับการรวบรวมอย่างถูกต้อง เพื่อนำไปกำจัด					
9. การแยกขยะเศษอาหารทำให้ลดปริมาณขยะเศษอาหารที่ต้องกำจัดได้					
10. ขยะเศษอาหารควรนำไปฝังกลบเท่านั้นเพื่อป้องกันเชื้อโรค					
11. ขยะเศษอาหารสดไม่เหมาะกับการนำไปเลี้ยงสัตว์เนื่องจากมีไขมันสูง					
12. การผลิตเชื้อเพลิงจากเศษอาหารมีต้นทุนสูงไม่คุ้มค่ากับการลงทุน					

ส่วนที่ 4 ปัญหาอุปสรรคและข้อเสนอแนะในการจัดการขยะเศษอาหาร

4.1 ท่านคิดว่าการแยกเศษอาหารมีประโยชน์หรือไม่

☐ มี

☐ ไม่มี (กรุณาให้เหตุผล) .....

4.3 ท่านมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมอะไรบ้าง ในการจัดการปัญหาขยะเศษอาหาร

.....

.....

.....

.....

จบแบบสอบถาม

ขอขอบพระคุณที่กรุณาสละเวลาให้ข้อมูล

แบบสอบถามเกี่ยวกับการจัดการขยะเศษอาหารในมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์

โครงการศึกษาการจัดการขยะเศษอาหารในเขตพื้นที่มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรม องครักษ์

<u>คำชี้แจง</u> แบบสอบถามนี้ใช้ผู้รับผิดชอบรวบรวมขยะเศษอาหารในโรงอาหารที่อยู่มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรม องครักษ์

โดยแบบสอบถามมีทั้งหมด 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 รายละเอียดเกี่ยวกับการจัดการขยะเศษอาหาร

โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ☐ หรือเติมข้อความลงในช่องว่างที่ตรงกับความเป็นจริง โดยข้อมูลที่ได้จะถือเป็นความลับ และจะนำเสนอผลการวิจัยในลักษณะรวมๆ สำหรับใช้ในการศึกษาครั้งนี้เท่านั้น

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1.8 ชื่อโรงอาหาร: .....

1.9 เพศ: ☐ ชาย ☐ หญิง

1.10อายุ ☐ ต่ำกว่า 30 ปี ☐ 30 – 39 ปี ☐ 40 – 49 ปี

☐ 50 – 59 ปี ☐ 60 ปี ขึ้นไป

1.11ระดับการศึกษา ☐ ประถมศึกษา ☐ มัธยมศึกษา

☐ มัธยมศึกษาตอนปลาย / ปวช. / ปวท. ☐ อนุปริญญา / ปวส.

1.12รายได้ต่อเดือนหลังหักค่าใช้จ่ายแล้ว

☐ น้อยกว่า 5,000 บาท ☐ 5,000 – 10,000 บาท ☐ 10,001 – 15,000 บาท ☐ มากกว่า 15,000 บาท

ส่วนที่ 2 รายละเอียดเกี่ยวกับการจัดการขยะเศษอาหาร

2.1 ปริมาณเศษอาหารที่เกิดขึ้นต่อวัน.....ลิตร

2.2 ท่านมีการคัดแยกขยะอื่นๆออกจากขยะเศษอาหารหรือไม่

☐ ไม่คัดแยก

☐ คัดแยก (ท่านแยกอย่างไร)

☐ แยกเป็นเศษอาหารที่หมูกินได้กับกินไม่ได้

☐ อื่นๆ (กรุณาระบุ.....)

2.3 เศษอาหารที่รวบรวมได้นำไปจัดการด้วยวิธีใด

☐ หน่วยงานของมหาวิทยาลัยรับไปจัดการ (กรุณาให้รายละเอียดเพิ่มเติมในข้อ 2.4)

☐ มีผู้มารับซื้อ (กรุณาให้รายละเอียดเพิ่มเติมในข้อ 2.5)

☐ กำจัดเอง (โดยวิธี.....)

☐ อื่นๆ (กรุณาระบุ.....)

2.4 ท่านทราบหรือไม่ว่ามหาวิทยาลัยนำเศษอาหารไปทำอะไร

☐ ทำปุ๋ย

☐ ขายให้ผู้มารับซื้อ

☐ กำจัดโดยการฝังกลบ

☐ ไม่ทราบ

☐ อื่นๆ (กรุณาระบุ.....)

2.5

2.5.1 ผู้มารับซื้อเป็นเจ้าประจำหรือไม่ ☐ เจ้าประจำ ☐ ไม่ประจำ

2.5.2 มีกี่รายที่มารับซื้อให้ปัจจุบัน.....

2.5.3 ท่านทราบรายรับจากการขายเศษอาหารหรือไม่

☐ ไม่ทราย

☐ ทราบ (กรุณาระบุราคารับซื้อ.....บาท ต่อกิโลกรัม)

2.5.4 รายได้จากการขายเศษอาหารเป็นของใคร

☐ ทางมหาวิทยาลัย

☐ ผู้ทำหน้าที่รวบรวมเศษอาหาร

☐ อื่นๆ (กรุณาระบุ.....)

2.5.5 ท่านทราบหรือไม่ว่าผู้มารับซื้อนำเศษอาหารไปทำอะไร

☐ เลี้ยงสัตว์

☐ ทำปุ๋ย

☐ ไม่ทราบ

☐ อื่นๆ (กรุณาระบุ.....)

2.6 ท่านคิดว่าการคัดแยกเศษอาหารมีประโยชน์หรือไม่

☐ มี

☐ ไม่มี (กรุณาให้เหตุผล.....)

2.7 ท่านมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมอะไรบ้าง ในการจัดการปัญหาขยะเศษอาหาร

.....

.....

.....

.....

จบแบบสอบถาม

ขอขอบพระคุณที่กรุณาสละเวลาให้ข้อมูล

แบบสอบถามเกี่ยวกับการจัดการขยะเศษอาหารในมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์

โครงการศึกษาการจัดการขยะเศษอาหารในเขตพื้นที่มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรม องครักษ์

<u>คำชี้แจง</u> แบบสอบถามนี้ใช้กับผู้ประกอบกิจการหรือผู้ดูแลกิจการร้านอาหารที่อยู่มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรม องครักษ์

โดยแบบสอบถามมีทั้งหมด 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 การปฏิบัติเกี่ยวกับการจัดการขยะเศษอาหาร

ส่วนที่ 3 ปัญหาอุปสรรคและข้อเสนอแนะในการจัดการขยะเศษอาหาร

โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ☐ หรือเติมข้อความลงในช่องว่างที่ตรงกับความเป็นจริง โดยข้อมูลที่ได้จะถือเป็นความลับ และจะนำเสนอผลการวิจัยในลักษณะรวมๆ สำหรับใช้ในการศึกษาครั้งนี้เท่านั้น

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1.13ชื่อร้าน: .....ภายในอาคาร.....

1.14เพศ: ☐ ชาย ☐ หญิง

1.15อายุ ☐ ต่ำกว่า 30 ปี ☐ 30 – 39 ปี ☐ 40 – 49 ปี

☐ 50 – 59 ปี ☐ 60 ปี ขึ้นไป

1.16ระดับการศึกษา

☐ ประถมศึกษา ☐ มัธยมศึกษา

☐ มัธยมศึกษาตอนปลาย / ปวช. / ปวท. ☐ อนุปริญญา / ปวส.

☐ ปริญญาตรี ☐ สูงกว่าปริญญาตรี

1.17รายได้ต่อเดือนหลังหักค่าใช้จ่ายแล้ว

☐ น้อยกว่า 5,000 บาท ☐ 5,000 – 10,000 บาท ☐ 10,001 – 15,000 บาท

☐ 15,001 – 20,000 บาท ☐ มากกว่า 20,000 บาท

1.18จำนวนปีที่ดำเนินธุรกิจขายอาหาร

☐ ต่ำกว่า 5 ปี ☐ 5 – 10 ปี ☐ 11 – 15 ปี

☐ 16 – 20 ปี ☐ มากกว่า 20 ปี

1.19ขนาดของร้านอาหาร: .....ตารางเมตร

1.8 ประเภทอาหารที่จำหน่าย

☐ จำหน่ายอาหารชนิดเดียว (เช่น อาหารตามสั่งอย่างเดียว ก๋วยเตี๋ยวอย่างเดียว)

☐ จำหน่ายอาหารตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป (เช่น ข้าวราดแกงกับก๋วยเตี๋ยว อาหารจานเดียว+อาหารตามสั่ง+ก๋วยเตี๋ยว)

1.9 ระยะเวลาในการประกอบการขายอาหารในแต่ละวัน

☐ ต่ำกว่า 4 ชั่วโมง ☐ 4 – 8 ชั่วโมง

☐ 9 – 12 ชั่วโมง ☐ มากกว่า 12 ชั่วโมง

ส่วนที่ 2 การปฏิบัติเกี่ยวกับการจัดการขยะเศษอาหาร

2.1 ปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นต่อวัน มีประมาณวันละ.....กิโลกรัม

2.2 ปริมาณเศษอาหารในแต่ละวัน มีประมาณวันละ……..กิโลกรัม

2.3 ภาชนะสำหรับใส่เศษอาหารมีลักษณะอย่างไร.....มีขนาดประมาณ.....ลิตร

2.4 ท่านมีการแยกเศษอาหาร ออกจากขยะมูลฝอยทั่วไปหรือไม่

☐ ไม่แยก

☐ แยก

2.5 ท่านได้มีการคัดแยกเศษอาหารออกเป็นกลุ่ม หรือประเภทอีกหรือไม่

☐ ไม่แยก

☐ แยก (ท่านแยกอย่างไร)

☐ แยกเป็นเศษอาหารที่สัตว์กินได้ กับกินไม่ได้

☐ อื่นๆ (กรุณาระบุ).....

2.6 ท่านดำเนินการจัดการกับขยะเศษอาหารด้วยตัวเองหรือไม่

☐ ไม่ได้ดำเนินการ (ข้ามไปทำข้อ 2.6)

☐ ดำเนินการกำจัดเศษอาหารเอง

2.7 ท่านกำจัดเศษอาหารอย่างไร (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ หมักปุ๋ย ☐ ขุดหลุมฝังกลบ

☐ นำไปทิ้งถังขยะนอกร้าน ☐ ทำแก๊สชีวภาพ

☐ นำไปเลี้ยงสัตว์ ☐ อื่นๆ (กรุณาระบุ).....

2.8 ท่านทราบหรือไม่ว่าเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องนำเศษอาหารไปทำอะไร

☐ หมักปุ๋ย ☐ เลี้ยงสัตว์

☐ ทำก๊าซชีวภาพ ☐ ฝังกลบ

☐ ไม่ทราบ ☐ อื่นๆ (กรุณาระบุ).....

2.9 ท่านเคยได้รับข้อมูลข่าวสารหรือคำแนะนำเกี่ยวกับการปฏิบัติต่อการจัดการขยะเศษอาหารหรือไม่

☐ เคย ถ้าเคยท่านได้รับจากแหล่งใดบ้าง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ ป้ายประชาสัมพันธ์ ☐ เอกสารเผยแพร่

☐ วิทยุ ☐ โทรทัศน์

☐ หนังสือพิมพ์ ☐ อินเทอร์เน็ต

☐ บุคลากรของมหาวิทยาลัยฯ

☐ ไม่เคย (ข้ามไปทำส่วนที่ 3)

2.10 จากข้อ 2.9 ถ้าท่านตอบว่า “เคย” ท่านได้รับข่าวสารจากแหล่งต่างๆ บ่อยครั้งเพียงใด

แหล่งข้อมูลข่าวสาร	ความถี่ (ครั้ง / เดือน)		
	1-2	3-4	มากกว่า 4
ป้ายประชาสัมพันธ์			
เอกสารเผยแพร่			
วิทยุ			
โทรทัศน์			
หนังสือพิมพ์			
อินเทอร์เน็ต			
บุคลากรของมหาวิทยาลัยฯ			

ส่วนที่ 3 ปัญหาอุปสรรคและข้อเสนอแนะในการจัดการขยะเศษอาหาร

3.1 ท่านคิดว่าการแยกเศษอาหารมีประโยชน์หรือไม่

☐ มี

☐ ไม่มี (กรุณาให้เหตุผล) .....

3.2 ท่านคิดว่าปัญหาจากการคัดแยกเศษอาหารคืออะไร (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ ไม่ทราบวิธีการแยกระหว่างเศษอาหารที่ยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่น กับเศษอาหารที่ไม่มีประโยชน์อีกต่อไป

☐ คัดแยกเศษอาหารแล้ว แต่ไม่มีผู้มารับซื้อ

☐ คัดแยกเศษอาหารแล้ว เจ้าหน้าที่นำมาร่วมอีก

☐ การคัดแยกเศษอาหารทำให้เสียเวลา

☐ การคัดแยกทำให้เสียค่าใช้จ่ายสูงขึ้น

☐ อื่นๆ (กรุณาระบุ).....

3.3 ท่านมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมอะไรบ้าง ในการจัดการปัญหาขยะเศษอาหาร

.....

.....

.....

.....

จบแบบสอบถาม

ขอขอบพระคุณที่กรุณาสละเวลาให้ข้อมูล

ภาคผนวก ค
(ขั้นตอนการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี)

ภาคผนวก ง
(ข้อมูลจากการสำรวจปริมาณเศษอาหาร)

ตาราง ง-1 ปริมาณเศษอาหารที่ขายจากโรงอาหารในมหาวิทยาลัย

ลำดับ	ปริมาณอาหาร (กรัม)					
	โรงอาหาร ศูนย์แพทย์การแพทย์ฯ	โรงอาหาร หอพักนิสิต	โรงอาหาร สโมสร วศ	โรงอาหาร โรงเรียนสาธิตฯ	อาคารกิจกรรมนิสิต (พลาซ่า)	ศูนย์การแพทย์ฯ
1	257	361	335	342	449	608
2	197	337	474	400	757	660
3	438	456	297	455	382	598
4	450	529	438	407	459	851
5	152	667	464	392	611	1145
6	154	416	434	519	1064	990
7	217	305	507	381	471	672
8	235	302	510	414	411	678
9	372	431	476	509	462	672
10	510	451	434	440	899	746
11	326	422	595	493	957	765
12	460	301	452	520	526	753
13	464	606	475	373	674	631
14	348	427	373	435	863	791
15	396	414	531	417	694	702
16	443	435	507	309	429	698
17	485	647	462	423	550	704
18	356	286	315	440	813	705
19	394	390	470	557	1088	1104
20	376	371	368	416	845	990
21	418	535	419	361	597	875
22	535	393	397	414	913	600
23	418	358	402	308	963	881
24	464	305	387	512	536	1004
25	356	369	393	433	641	724
26	409	369	387	335	558	523

ลำดับ	ปริมาณอาหาร (กรัม)					
	โรงอาหาร ศูนย์แพทย์การแพทย์ฯ	โรงอาหาร หอพักนิสิต	โรงอาหาร สโมสร วศ	โรงอาหาร โรงเรียนสาธิตฯ	อาคารกิจกรรมนิสิต (พลาซ่า)	ศูนย์การแพทย์ฯ
27	404	509	250	356	482	511
28	435	410	175	345	614	594
29	229	381	306	288	464	621
30	266	716	262	297	593	969
31	402	371	439	534	383	984
32	398	382	402	558	396	1142
33	309	396	338	309	389	953
34	474	492	308	546	760	661
35	378	443	384	470	569	732
36	297	536	364	447	486	752
37	386	677	290	386	736	1103
38	451	265	259	417	414	1056
39	484	438	503	447	806	990
40	589	408	313	393	782	723
41	438	400	524	265	631	720
42	276	647	464	467	1054	736
43	463	366	346	475	675	641
44	332	381	670	346	838	654
45	407	382	485	520	576	1054
46	387	343	427	358	536	730
47	443	731	397	388	863	633
48	487	368	415	553	789	649
49	486	427	473	402	957	696
50	323	408	308	366	1072	662

ตาราง ง-2 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติของปริมาณอาหารจากโรงอาหารต่างๆในช่วงเปิดเทอม

ค่าทางสถิติ	ปริมาณอาหาร (กรัม)					
	โรงอาหารศูนย์แพทย์การแพทย์ฯ	โรงอาหารหอพักนิสิต	โรงอาหารสโมสร วศ	โรงอาหารโรงเรียนสาธิตฯ	อาคารกิจกรรมนิสิต (พลาซ่า)	ศูนย์การแพทย์ฯ
Mean	383.48	435.2	408.08	418.76	669.54	780.72
Standard Error	13.810946	16.086247	13.270924	10.848965	29.564888	24.374578
Median	400	408	408.5	415	622.5	723.5
Mode	438	305	464	414	957	990
Standard Deviation	97.658138	113.74694	93.839603	76.71377	209.05533	172.35429
Sample Variance	9537.1118	12938.367	8805.871	5885.0024	43704.131	29706.002
Range	437	466	495	293	706	634
Minimum	152	265	175	265	382	511
Maximum	589	731	670	558	1088	1145
Sum	19174	21760	20404	20938	33477	39036
Count	50	50	50	50	50	50

ตาราง ง-3 ปริมาณเศษอาหารที่เหลือจากโรงอาหารในมหาวิทยาลัยในช่วงเปิดเทอม

ลำดับ	ปริมาณเศษอาหาร (กรัม)					
	โรงอาหาร ศูนย์แพทย์การแพทย์ฯ	โรงอาหาร หอพักนิสิต	โรงอาหาร สโมสร วศ	โรงอาหาร โรงเรียนสาธิตฯ	อาคารกิจกรรมนิสิต (พลาซ่า)	ศูนย์การแพทย์ฯ
1	35	30	6	230	126	599
2	20	13	9	134	139	561
3	28	26	35	178	96	631
4	1	32	15	2	39	701
5	26	2	107	28	36	818
6	15	26	96	258	40	523
7	19	29	26	2	81	863
8	14	21	17	12	135	250
9	5	35	12	123	168	242
10	22	26	67	5	171	177
11	11	10	25	232	82	278
12	8	14	81	226	57	584
13	24	22	70	111	378	171
14	34	6	87	60	160	360
15	2	8	9	101	297	496
16	12	16	8	40	138	401
17	43	22	145	134	82	859
18	20	24	9	0	59	271
19	4	12	0	220	339	441
20	9	6	0	45	170	402
21	32	2	11	248	178	389
22	27	47	7	290	51	438
23	2	23	32	101	248	292
24	7	4	14	167	231	501
25	13	18	0	159	102	529
26	25	5	14	176	201	557

ลำดับ	ปริมาณเศษอาหาร (กรัม)					
	โรงอาหาร ศูนย์แพทย์ การแพทย์ฯ	โรงอาหาร หอพักนิสิต	โรงอาหาร สโมสร วศ	โรงอาหาร โรงเรียน สาธิตฯ	อาคารกิจ กรรมนิสิต (พลาซ่า)	ศูนย์การ แพทย์ฯ
27	2	10	10	42	157	525
28	56	25	31	202	35	501
29	5	12	23	239	304	554
30	1	24	21	39	180	358
31	36	10	3	54	157	308
32	14	7	12	42	35	509
33	19	1	18	208	82	521
34	12	27	5	226	50	386
35	34	32	36	155	57	471
36	32	23	18	18	52	552
37	24	4	9	67	111	406
38	3	9	20	43	178	745
39	12	22	36	49	364	596
40	4	22	60	198	383	681
41	18	24	24	126	123	624
42	5	3	13	55	141	662
43	2	27	31	0	125	685
44	6	15	11	4	78	724
45	4	23	7	83	189	690
46	3	7	28	153	293	614
47	7	24	19	226	302	724
48	23	7	47	115	201	651
49	19	8	10	164	257	723
50	4	22	47	195	80	602
51	10	6	19	80	219	202
52	11	10	11	52	249	125

ลำดับ	ปริมาณเศษอาหาร (กรัม)					
	โรงอาหาร ศูนย์แพทย์การแพทย์ฯ	โรงอาหาร หอพักนิสิต	โรงอาหาร สโมสร วศ	โรงอาหาร โรงเรียนสาธิตฯ	อาคารกิจกรรมนิสิต (พลาซ่า)	ศูนย์การแพทย์ฯ
53	12	7	64	168	77	506
54	0	11	16	20	81	303
55	4	12	27	27	219	157
56	28	22	34	92	16	539
57	34	30	9	105	309	486
58	20	23	8	176	66	520
59	24	22	46	57	77	339
60	10	20	9	122	89	429
61	20	3	12	54	159	435
62	12	29	19	170	126	541
63	24	5	15	132	138	509
64	6	32	33	90	238	517
65	15	20	38	181	317	550
66	27	21	22	135	97	219
67	2	6	51	184	3	291
68	3	22	40	124	109	361
69	31	13	57	143	337	70
70	5	0	20	145	121	158
71	1	22	10	167	96	152
72	24	15	19	101	361	84
73	17	0	29	93	215	312
74	2	22	47	126	235	3550
75	19	10	74	357	239	338
76	0	31	10	71	221	157
77	3	11	38	183	357	375
78	20	18	61	138	325	591

ลำดับ	ปริมาณเศษอาหาร (กรัม)					
	โรงอาหาร ศูนย์แพทย์ การแพทย์ฯ	โรงอาหาร หอพักนิสิต	โรงอาหาร สโมสร วศ	โรงอาหาร โรงเรียน สาธิตฯ	อาคารกิจ กรรมนิสิต (พลาซ่า)	ศูนย์การ แพทย์ฯ
79	22	13	69	123	333	527
80	16	20	56	15	86	565
81	40	8	57	22	149	547
82	8	22	40	40	108	538
83	5	10	47	31	83	555
84	0	1	60	13	173	448
85	13	28	9	170	6	567
86	36	0	27	160	100	309
87	19	7	10	134	321	451
88	30	22	12	4	305	270
89	35	19	28	85	245	142
90	36	36	39	6	109	196
91	1	15	24	97	198	811
92	14	7	10	186	93	307
93	26	129	46	50	378	539
94	6	77	64	29	350	425
95	22	82	45	105	339	642
96	3	130	30	127	35	421
97	13	110	37	56	89	799
98	9	149	9	250	196	374
99	21	110	28	120	193	390
100	0	14	22	43	38	331
101	15	13	23	130	385	345
102	18	6	10	57	76	332
103	31	52	8	177	39	799
104	20	4	6	139	102	238

ลำดับ	ปริมาณเศษอาหาร (กรัม)					
	โรงอาหาร ศูนย์แพทย์การแพทย์ฯ	โรงอาหาร หอพักนิสิต	โรงอาหาร สโมสร วศ	โรงอาหาร โรงเรียนสาธิตฯ	อาคารกิจกรรมนิสิต (พลาซ่า)	ศูนย์การแพทย์ฯ
105	32	0	9	58	348	391
106	6	42	34	170	199	805
107	4	1	44	99	174	307
108	23	51	26	147	69	1012
109	11	40	45	76	79	394
110	6	53	14	58	131	171
111	22	5		70	190	291
112	41	11		63	30	501
113	16	59		62	74	680
114	0	22		197	401	594
115	5	10		27	142	640
116	3	0		128	375	637
117	0	0		149	86	689
118	36	21		123	41	395
119	10	0		90	90	692
120	16	0		154	65	632
121	40	9		123	40	483
122	28	0		55	325	651
123	24	0		61	340	428
124	20	3		37	370	506
125	10	1		233	140	551
126	16	32		166	97	711
127	23	0		148	315	594
128	35	14		165	212	322
129	16	42		37	45	327
130	30	0		96	192	336

ลำดับ	ปริมาณเศษอาหาร (กรัม)					
	โรงอาหาร ศูนย์แพทย์การแพทย์ฯ	โรงอาหาร หอพักนิสิต	โรงอาหาร สโมสร วศ	โรงอาหาร โรงเรียนสาธิตฯ	อาคารกิจกรรมนิสิต (พลาซ่า)	ศูนย์การแพทย์ฯ
131	16	0		16	4	496
132	25	25		76	75	213
133	18	41		131	331	264
134	34	76		233	223	394
135	15	8		29	136	599
136	27	1		70	142	638
137	29	46		71	49	397
138	36	15		58	155	512
139	13	51		44	165	817
140	26	7		1	200	331
141	34	14		70	81	616
142	20	35		95	241	542
143	28	0		16	135	455
144	11	14		218	136	565
145	12	1		363	189	620
146	20	3		8	251	320
147	32	45		360	112	721
148	21	10		154	133	557
149	35	1		121	258	686
150	23	16		26	281	784
151	17	49				190
152	24	56				118
153		59				569
154		5				578
155		11				485
156		46				447

ลำดับ	ปริมาณเศษอาหาร (กรัม)					
	โรงอาหาร ศูนย์แพทย์การแพทย์ฯ	โรงอาหาร หอพักนิสิต	โรงอาหาร สโมสร วศ	โรงอาหาร โรงเรียนสาธิตฯ	อาคารกิจกรรมนิสิต (พลาซ่า)	ศูนย์การแพทย์ฯ
157		35				482
158		5				543
159		52				404
160		52				222
161		30				355
162		4				529
163		6				319
164		14				488
165		35				365
166		12				213
167		4				133
168		52				630
169		39				592
170		47				394
171		37				212
172		14				125
173		22				431
174		35				290
175		12				539
176		0				571
177		17				485
178		24				394
179		7				332
180		4				124
181		2				210
182		10				39

ลำดับ	ปริมาณเศษอาหาร (กรัม)					
	โรงอาหาร ศูนย์แพทย์ การแพทย์ฯ	โรงอาหาร หอพักนิสิต	โรงอาหาร สโมสร วศ	โรงอาหาร โรงเรียน สาธิตฯ	อาคารกิจ กรรมนิสิต (พลาซ่า)	ศูนย์การ แพทย์ฯ
183		31				414
184		42				252
185		6				569
186		9				579
187		42				447
188		57				439
189		19				547
190		35				513
191		42				
192		17				
193		6				

ตาราง ง-4 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติของปริมาณเศษอาหารจากโรงอาหารต่างๆในช่วงเปิดเทอม

ค่าทางสถิติ	โรงอาหาร ศูนย์แพทย์ การแพทย์ฯ	โรงอาหาร หอพักนิสิต	โรงอาหาร สโมสร วศ	โรงอาหาร โรงเรียน สาธิตฯ	อาคารกิจ กรรมนิสิต (พลาซ่า)	ศูนย์การ แพทย์ฯ
Mean	17.33553	20.22751	29.7	111.9933	168.2	477.1842
Standard Error	0.95361	1.360923	2.355323	6.367124	8.598387	21.04558
Median	16.5	15	23	103	141.5	485
Mode	20	0	9	123	81	394
Standard Deviation	11.75689	18.7096	24.70284	77.98102	105.3083	290.0933
Sample Variance	138.2244	350.049	610.2303	6081.04	11089.84	84154.12
Range	56	5.93653	145	363	398	3511
Minimum	0	1.817795	0	0	3	39
Maximum	56	129	145	363	401	3550
Sum	2635	3823	3267	16799	25230	90665
Count	152	189	110	150	150	190

ตาราง ง-5 ปริมาณเศษอาหารที่เหลือจากโรงอาหารในมหาวิทยาลัยในช่วงปิดเทอม

ลำดับ	ปริมาณเศษอาหาร (กรัม)	ลำดับ	ปริมาณเศษอาหาร (กรัม)	ลำดับ	ปริมาณเศษอาหาร (กรัม)
1	32	41	13	81	32
2	20	42	35	82	41
3	11	43	17	83	44
4	14	44	36	84	14
5	26	45	24	85	25
6	37	46	11	86	6
7	5	47	4	87	32
8	34	48	15	88	20
9	26	49	24	89	1
10	27	50	46	90	14
11	14	51	32	91	26
12	23	52	8	92	17
13	28	53	22	93	37
14	47	54	24	94	41
15	36	55	11	95	48
16	8	56	22	96	45
17	6	57	36	97	19
18	20	58	8	98	0
19	12	59	3	99	32
20	24	60	40	100	23
21	6	61	28	101	20
22	15	62	46	102	31
23	27	63	22	103	28
24	2	64	10	104	42
25	3	65	4	105	28
26	31	66	23	106	21
27	5	67	33	107	7
28	1	68	12	108	6

ลำดับ	ปริมาณเศษอาหาร (กรัม)	ลำดับ	ปริมาณเศษอาหาร (กรัม)	ลำดับ	ปริมาณเศษอาหาร (กรัม)
29	24	69	24	109	18
30	17	70	19	110	20
31	2	71	32	111	40
32	19	72	20	112	38
33	0	73	2	113	24
34	3	74	25	114	13
35	20	75	40	115	31
36	23	76	32	116	17
37	32	77	23	117	26
38	0	78	24	118	5
39	8	79	32	119	34
40	22	80	50	120	22
				121	24

ตาราง ง-6 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติของปริมาณเศษอาหารจากโรงอาหารศูนย์แพทย์ฯในช่วงปิดเทอม

Mean	Standard Error	Median	Mode	Standard Deviation	Sample Variance	Minimum	Maximum	Sum	Count
21.933884	1.1509809	23	32	12.66079	160.29559	0	50	2654	121

ตาราง ง-7 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเปรียบเทียบปริมาณเศษอาหารจากโรงอาหารศูนย์การแพทย์ในช่วงเปิดเทอมและปิดเทอม

df	t Stat	P(T<=t) one-tail	t Critical one-tail	P(T<=t) two-tail	t Critical two-tail
235	0.828181642	0.204203962	1.651363544	0.408407925	1.970110062

T-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances

ตาราง ง-8 จำนวนผู้เข้ามาใช้บริการศูนย์อาหารต่างๆในมหาวิทยาลัย

อาคาร	จำนวนผู้ใช้บริการ(ปิดเทอม)							จำนวนผู้ใช้บริการ(เปิดเทอม)						
	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัส	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัส	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์
โรงอาหารข้างศูนย์การแพทย์	600	400	500	400	600	500	450	1500	1200	1600	1200	1800	1300	900
โรงอาหารหอพักนิสิต	0	0	0	0	0	0	0	4340	4340	4340	4340	3300	1200	300
โรงอาหารสโมสร	30	30	20	30	20	0	0	2100	2100	1800	2100	2000	0	0
โรงอาหารโรงเรียนสาธิตฯ	0	0	0	0	0	0	0	1100	1100	1100	1100	1100	0	0
อาคารกิจกรรมนิสิต(พลาซ่า)	0	0	0	0	0	0	0	400	390	400	380	360	0	0
ศูนย์การแพทย์	398	398	398	398	398	398	398	398	398	398	398	398	398	398

หมายเหตุ 398 คือจำนวนเตียงผู้ป่วยภายในโรงพยาบาล

ตาราง ง-9 ปริมาณเศษอาหารเฉลี่ยต่อวันที่แตกต่างกันในแต่ละเดือน

แหล่งกำเนิด	ปริมาณเศษอาหารเฉลี่ยต่อวัน (กิโลกรัม)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
โรงอาหารข้างศูนย์การแพทย์	23.52	23.52	23.52	23.52	23.52	8.54	8.54	23.52	23.52	23.52	23.52	23.52
โรงอาหารหอพักนิสิต	64.01	64.01	64.01	64.01	64.01	0.00	0.00	64.01	64.01	64.01	64.01	64.01
โรงอาหารสโมสร	29.44	29.44	29.44	29.44	29.44	0.55	0.55	29.44	29.44	29.44	29.44	29.44
โรงอาหารโรงเรียนสาธิตฯ	87.99	87.99	0.00	0.00	0.00	87.99	87.99	87.99	87.99	0.00	87.99	87.99
อาคารกิจกรรมนิสิต(พลาซ่า)	46.38	46.38	46.38	46.38	46.38	0.00	0.00	46.38	46.38	46.38	46.38	46.38
ศูนย์การแพทย์	189.92	189.92	189.92	189.92	189.92	189.92	189.92	189.92	189.92	189.92	189.92	189.92
รวม	441.26	441.26	353.27	353.27	353.27	287.00	287.00	441.26	441.26	353.27	441.26	441.26

ตาราง ง-10 ตารางคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของขยะเศษอาหาร

แหล่งที่มา	MC (%)	TS)g/L(	SS)g/L(	TDS)g/L(	VS)g/L(	sCOD)mg/L(	tCOD)mg/L(	pH
โรงอาหารข้างศูนย์การแพทย์	78.70	101.42	35.56	14.06	74.85	5600	8000	4.21
โรงอาหารหอพักนิสิต	80.74	171.65	49.13	16.82	19.25	11200	12800	5.10
โรงอาหารสโมสร	76.07	165.85	91.51	13.94	55.44	5600	7200	4.97
ศูนย์การแพทย์	85.12	157.89	60.42	0.73	28.93	4800	7200	4.57
โรงอาหารสาธิตฯ	78.00	176.06	47.33	18.31	36.74	4000	6400	5.24

หมายเหตุ : MC คือ ค่าความชื้น, TS คือ ค่าของแข็งทั้งหมด, SS คือ ค่าของแข็งแขวนลอย, TDS คือ ค่าของแข็งละลาย, VS คือ ปริมาณของแข็งระเหย

ภาคผนวก จ
(ผลการวิเคราะห์ทางสถิติจากแบบสอบถาม)

ตารางที่ จ-1 จำนวนผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมดแยกเป็นตัวแปรต่างๆ (n=300)

ตัวแปรอิสระ	จำนวน	ร้อยละ
ชาย	173	57.67
หญิง	127	42.33
อายุ 16-24 ปี	300	100.00
นิสิตปริญญาตรี	300	100.00
น้อยกว่า 5,000 บาท	210	70.00
5,000 - 10,000 บาท	89	29.67
10,000 - 15,000 บาท	1	0.33
หอใน	298	99.33
หอนอก น้อยกว่า 1 KM	1	0.33
หอนอก 2-5 KM	1	0.33
ไม่มี	102	34.00
จักรยาน	122	40.67
จักรยานยนต์	62	20.67
รถยนต์	14	4.67
1 วัน	1	0.33
2 วัน	1	0.33
3 วัน	11	3.67
4 วัน	34	11.33
5 วัน	93	31.00
6 วัน	41	13.67
7 วัน	119	39.67

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	8.010	12	.667	2.124	.016[b]
	Residual	90.189	287	.314		
	Total	98.199	299			

สมมติฐานทางสถิติ

H_0ทุกตัว ไม่(ทัศนคติของผู้บริโภคต่อการรับประทานอาหารเหลือทิ้งและการจัดการเศษอาหาร)ตัวแปรอิสระ : สามารถใช้พยากรณ์ได้ทุกตัว

H_1: ตัวแปรอิสระบางตัวใช้(ทัศนคติของผู้บริโภคต่อการรับประทานอาหารเหลือทิ้งและการจัดการเศษอาหาร) พยากรณ์ได้

กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติ)α = (0.05

ค่าความน่าจะเป็น Sig ใน SPSS หรือค่า P-Value =0.016

ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า α จึงยอมรับ H_1

สรุปผล ตัวแปรอิสระทัศนคติขอ)งผู้บริโภคต่อการรับประทานอาหารเหลือทิ้งและการจัดการเศษอาหารบางตัว (0 สามารถใช้พยากรณ์ได้ ที่ระดับนัยสำคัญ.05

การทดสอบทัศนคติของผู้บริโภคต่อการเหลือเศษอาหารและการจัดการเศษอาหาร

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	2.696	.312		8.652	.000
	q3_1	.112	.051	.172	2.186	.030
	q3_2	.002	.051	.002	.032	.975
	q3_3	.077	.079	.078	.970	.333
	q3_4	-.111	.087	-.103	-1.276	.203
	q3_5	-.001	.039	-.002	-.034	.973
	q3_6	.043	.073	.039	.587	.557
	q3_7	.063	.060	.070	1.056	.292
	q3_8	.029	.074	.025	.395	.693
	q3_9	-.032	.069	-.032	-.461	.645
	q3_10	.149	.053	.178	2.793	.006
	q3_11	-.041	.059	-.046	-.693	.489
	q3_12	.165	.058	.178	2.833	.005

a. Dependent Variable: q2_2

สมมติฐานทางสถิติ

H 0: ตัวแปรอิสระ(ทัศนคติของผู้บริโภคต่อการรับประทานอาหารเหลือทิ้งและการจัดการเศษอาหาร)ตัวที่ i ไม่สามารถใช้พยากรณ์ได้

H 1: ตัวแปรอิสระ(ทัศนคติของผู้บริโภคต่อการรับประทานอาหารเหลือทิ้งและการจัดการเศษอาหาร)ตัวที่ i สามารถใช้พยากรณ์ได้

กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติ)α = (0.05

ค่าความน่าจะเป็น Sig ใน SPSS หรือค่า P-Value ได้ค่าดังนี้

1.ท่านวางแผนการซื้ออาหารในแต่ละมื้อ = 0.030**

2.การรับประทานอาหารหลายๆชนิดพร้อมกันทำให้เจริญอาหาร = 0.975

3.การวางแผนการรับประทานในแต่ละมื้อ ช่วยลดปริมาณขยะเศษอาหาร = 0.333

4.นิสัยเลือกกินมีส่วนทำให้มีเศษอาหารเหลือทิ้ง = 0.203

5.การรับประทานอาหารเหลือเป็นสิ่งที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยง = 0.973

6.เศษอาหารก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม เช่น กลิ่นเหม็น เชื้อโรค = 0.557

7.เศษอาหารก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก เป็นสาเหตุทำให้โลกร้อน = 0.292

8.เศษอาหารควรได้รับการรวบรวมอย่างถูกต้อง เพื่อนำไปกำจัด = 0.693

9.การแยกขยะเศษอาหารทำให้ลดปริมาณขยะเศษอาหารที่ต้องกำจัดได้ = 0.645

10.ขยะเศษอาหารควรนำไปฝังกลบเท่านั้นเพื่อป้องกันเชื้อโรค = 0.006**

11.ขยะเศษอาหารสดไม่เหมาะกับการนำไปเลี้ยงสัตว์เนื่องจากมีไขมันสูง = 0.489

ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า α จึงยอมรับ H1

สรุปผล ตัวแปรอิสระคือ 1.ท่านวางแผนการซื้ออาหารในแต่ละมื้อ,10.ขยะเศษอาหารควรนำไปฝังกลบเท่านั้นเพื่อป้องกันเชื้อโรค, 12.การผลิตเชื้อเพลิงจากเศษอาหารมีต้นทุนสูงไม่คุ้มค่ากับการลงทุน สามารถใช้พยากรณ์เศษอาหารที่เหลือทิ้งได้ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรอิสระในรูปคะแนนดิบ หรือค่าจริง

Y = 2.696+0.112*q3_1+0.002*q3_2+0.077*q3_3-0.111*q3_4-0.001*q3_5+0.043*q3_6+0.063*q3_7+0.029*q3_8-0.032*q3_9+0.149+q3_10-0.041*q3_11+0.165*q3_12

ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรอิสระในรูปคะแนนมาตรฐาน

Z = 0.172*Zq3_1+0.002*Zq3_2+0.078*Zq3_3-0.103*Zq3_4-0.002*Zq3_5+0.039*Zq3_6+0.070*Zq3_7+0.025*Zq3_8-0.032*Zq3_9+0.178*Zq3_10-0.046*Zq3_11+0.178*Zq3_12

ผลการทดสอบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ย ตัว 2 ประชากร หรือการทดสอบความสัมพันธ์ของตัวแปร 2 (เฉพาะกรณีที่มีความสัมพันธ์)

Group Statistics

	sex	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
q2_2	ชาย	173	2.7445	.64098	.04873
	หญิง	127	2.8803	.45583	.04045

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
q2_2	Equal variances assumed	20.282	.000	-2.039	298	.042	-.13581	.06662	-.26690	-.00471
	Equal variances not assumed			-2.144	297.729	.033	-.13581	.06333	-.26044	-.01117

ทำการตรวจการทดสอบความเท่ากันของ variances โดยดูค่า F-test แล้วจึงเลือกการทดสอบว่าจะใช้ t-test แบบ Pooled variance ($\sigma^2_{ชาย} = \sigma^2_{หญิง}$) หรือ t-test แบบ Separated variance ($\sigma^2_{ชาย} \neq \sigma^2_{หญิง}$)

สมมติฐานทางสถิติ

H_0 : $\sigma^2_{ชาย} = \sigma^2_{หญิง}$ เลือกใช้ค่า t-test แถว Equal variances assumed) t-test แบบ Pooled variance)

H_1 : $\sigma^2_{ชาย} \neq \sigma^2_{หญิง}$ เลือกใช้ค่า t-test แถว Equal variances not assumed (t-test แบบ Separated variance)

กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติ)α = (0.05

ค่าความน่าจะเป็น Sig ใน SPSS หรือค่า P-Value =0.000

ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า α จึงยอมรับ H_1

สรุปผล $\sigma^2_{ชาย} \neq \sigma^2_{หญิง}$ เลือกใช้ค่า t-test แถว Equal variances not assumed (t-test แบบ Separated variance) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

สมมติฐานทางสถิติ

H_0เพศไม่ส่งผลต่อการทิ้งขยะเศษอาหาร :

H_1เพศส่งผลต่อการทิ้งขยะเศษอาหาร :

กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติ)α = (0.05

ค่าความน่าจะเป็น Sig ใน SPSS หรือค่า P-Value =0.033

ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า α จึงยอมรับ H_1

สรุปผล เพศส่งผลต่อการทิ้งขยะเศษอาหาร ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

Group Statistics

	q1_5	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
q2_2	น้อยกว่า 5,000 บาท	210	2.7514	.56714	.03914
	5,000 - 10,000 บาท	89	2.9213	.57574	.06103

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
q2_2	Equal variances assumed	.226	.635	-2.358	297	.019	-.16992	.07206	-.31173	-.02811
	Equal variances not assumed			-2.344	163.612	.020	-.16992	.07250	-.31307	-.02677

ทำการตรวจการทดสอบความเท่ากันของ variances โดยดูค่า F-test แล้วจึงเลือกการทดสอบว่าจะใช้ t-test แบบ Pooled variance ($\sigma^2_{\text{รายได้1}} = \sigma^2_{\text{รายได้2}}$) หรือ t-test แบบ Separated variance ($\sigma^2_{\text{รายได้1}} \neq \sigma^2_{\text{รายได้2}}$)

สมมติฐานทางสถิติ

H_0 : $\sigma^2_{\text{รายได้1}} = \sigma^2_{\text{รายได้2}}$ เลือกใช้ค่า t-test แถว Equal variances assumed) t-test แบบ Pooled variance)

H_1 : $\sigma^2_{\text{รายได้1}} \neq \sigma^2_{\text{รายได้2}}$ เลือกใช้ค่า t-test แถว Equal variances not assumed (t-test แบบ Separated variance)

กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติ)α = (0.05

ค่าความน่าจะเป็น Sig ใน SPSS หรือค่า P-Value =0.635

ซึ่งมีค่ามากกว่าค่า α จึงยอมรับ H_0

สรุปผล $\sigma^2_{\text{รายได้1}} = \sigma^2_{\text{รายได้2}}$ เลือกใช้ค่า t-test แถว Equal variances assumed) t-test แบบ Pooled variance) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

สมมติฐานทางสถิติ

H_0รายได้ไม่ส่งผลต่อการทิ้งขยะเศษอาหาร :

H_1รายได้ส่งผลต่อการทิ้งขยะเศษอาหาร :

กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติ)α = (0.05

ค่าความน่าจะเป็น Sig ใน SPSS หรือค่า P-Value =0.019

ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า α จึงยอมรับ H_1

สรุปผล รายได้ส่งผลต่อการทิ้งขยะเศษอาหาร ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

Crosstab

			q2_1_1				Total
			ไม่เคย	นานๆครั้ง	บ่อยครั้ง	ทุกครั้ง	
sex	ชาย	Count	26	102	38	7	173
		% within sex	15.0%	59.0%	22.0%	4.0%	100.0%
	หญิง	Count	6	84	32	5	127
		% within sex	4.7%	66.1%	25.2%	3.9%	100.0%
Total		Count	32	186	70	12	300
		% within sex	10.7%	62.0%	23.3%	4.0%	100.0%

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	8.230[a]	3	.041
Likelihood Ratio	8.990	3	.029
Linear-by-Linear Association	2.831	1	.092
N of Valid Cases	300		

a. 0 cells (0.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 5.08.

สมมติฐานทางสถิติ

H_0เพศกับพฤติกรรมการวางแผนซื้ออาหารในแต่ละมื้อไม่มีความสัมพันธ์กัน :

H_1เพศกับพฤติกรรมการวางแผนซื้ออาหารในแต่ละมื :้อมีความสัมพันธ์กัน

กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติ)α = (0.05

ค่าความน่าจะเป็น Sig ใน SPSS หรือค่า P-Value =0.041

ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า α จึงยอมรับ H_1

สรุปผล เพศกับพฤติกรรมการวางแผนซื้ออาหารในแต่ละมื้อมีความสัมพันธ์กัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

Crosstab

			q2_1_1				Total
			ไม่เคย	นานๆครั้ง	บ่อยครั้ง	ทุกครั้ง	
q1_5	น้อยกว่า 5,000 บาท	Count	25	144	36	5	210
		% within q1_5	11.9%	68.6%	17.1%	2.4%	100.0%
	5,000 - 10,000 บาท	Count	7	41	34	7	89
		% within q1_5	7.9%	46.1%	38.2%	7.9%	100.0%
Total		Count	32	185	70	12	299
		% within q1_5	10.7%	61.9%	23.4%	4.0%	100.0%

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	22.595[a]	3	.000
Likelihood Ratio	21.486	3	.000
Linear-by-Linear Association	17.669	1	.000
N of Valid Cases	299		

a. 1 cells (12.5%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 3.57.

สมมติฐานทางสถิติ

H_0รายได้กับพฤติกรรมการวางแผนซื้ออาหารในแต่ละมื้อไม่มีความสัมพันธ์กัน :

H_1รายได้กับพฤติกรรมการวางแผนซื้ออาหารในแต่ละมื้อมีความสัมพันธ์กัน :

กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติ)α = (0.05

ค่าความน่าจะเป็น Sig ใน SPSS หรือค่า P-Value =0.000

ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า α จึงยอมรับ H_1

สรุปผล รายได้กับพฤติกรรมการวางแผนซื้ออาหารในแต่ละมื้อมีความสัมพันธ์กัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

Crosstab

			q2_1_1				Total
			ไม่เคย	นานๆครั้ง	บ่อยครั้ง	ทุกครั้ง	
q1_8	3 วัน	Count	1	4	6	0	11
		% within q1_8	9.1%	36.4%	54.5%	0.0%	100.0%
	4 วัน	Count	5	21	6	2	34
		% within q1_8	14.7%	61.8%	17.6%	5.9%	100.0%
	5 วัน	Count	6	57	23	7	93
		% within q1_8	6.5%	61.3%	24.7%	7.5%	100.0%
	6 วัน	Count	5	18	17	1	41
		% within q1_8	12.2%	43.9%	41.5%	2.4%	100.0%
	7 วัน	Count	15	84	18	2	119
		% within q1_8	12.6%	70.6%	15.1%	1.7%	100.0%
Total		Count	32	184	70	12	298
		% within q1_8	10.7%	61.7%	23.5%	4.0%	100.0%

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	27.057[a]	12	.008
Likelihood Ratio	26.219	12	.010
Linear-by-Linear Association	5.643	1	.018
N of Valid Cases	298		

a. 9 cells (45.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is .44.

สมมติฐานทางสถิติ

H_0: จำนวนวันที่เข้าใช้บริการร้านอาหารภายในพื้นที่ที่รับผิดชอบของ มศว องครักษ์กับพฤติกรรมการวางแผนซื้ออาหารในแต่ละมื้อไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1จำนวนวันที่เข้าใช้บริการร้านอาหารภายในพื้นที่ที่รับผิดชอบของ มศว องครักษ์กับพฤติกรรมการวางแผนซื้อ : อาหารในแต่ละมื้อมีความสัมพันธ์กัน

กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติ)α = (0.05

ค่าความน่าจะเป็น Sig ใน SPSS หรือค่า P-Value =0.008

ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า α จึงยอมรับ H_1

สรุปผล จำนวนวันที่เข้าใช้บริการร้านอาหารภายในพื้นที่ที่รับผิดชอบของ มศว องครักษ์กับพฤติกรรมการวางแผนซื้ออาหารในแต่ละมื้อมีความสัมพันธ์กัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ประวัติย่อผู้ทำโครงงาน

ชื่อ-สกุล	นางสาวจิรานุช ขาวสอาด
วัน เดือน ปีเกิด	11 เมษายน 2538
สถานที่เกิด	จังหวัดชสิงห์บุรี
สถานที่ปัจจุบัน	195/1 ม.8 ต.แพรกศรีราชา อ.สรรคบุรี จ.ชัยนาท 17140
โทรศัพท์	088-2374740
E-mail	JiranuchKhawsaad@gmail.com

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2544	ประถมศึกษา โรงเรียนอนุบาลสรรคบุรี
พ.ศ. 2550	มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนชัยนาทพิทยาคม
พ.ศ. 2553	มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนชัยนาทพิทยาคม
พ.ศ. 2556	กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์) จังหวัด นครนายก

ประวัติย่อผู้ทำโครงงาน

Commented [s1]:

ชื่อ-สกุล	นางสาวเขมจิรา สอนดี
วัน เดือน ปีเกิด	12 พฤศจิกายน 2537
สถานที่เกิด	จังหวัด กรุงเทพมหานคร
สถานที่ปัจจุบัน	21 ซอยเพชรเกษม 62 แขวงบางด้วน เขตภาษีเจริญ จังหวัด กรุงเทพมหานคร 10160
โทรศัพท์	082-0797211
E-mail	pan.tvx.q@gmail.com

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2544	ประถมศึกษา โรงเรียนวัดนิมมานรดี
พ.ศ. 2550	มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนสตรีวัดอัปสรสวรรค์
พ.ศ. 2553	มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสตรีวัดอัปสรสวรรค์
พ.ศ. 2556	กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์) จังหวัด นครนายก

ประวัติย่อผู้ทำโครงงาน

ชื่อ-สกุล	นายบรรพต นิวแมน
วัน เดือน ปีเกิด	04 กรกฎาคม 2537
สถานที่เกิด	จังหวัด ภูเก็ต
สถานที่ปัจจุบัน	10/309 หมู่ 3 หมู่บ้านจอมทองธานี ถนนขวาง ตำบลวิชิต อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต 83000
โทรศัพท์	089-726-3558
E-mail	tiemaja_2014@hotmail.com

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2544	ประถมศึกษา โรงเรียนวัดนิมมานรดี
พ.ศ. 2550	มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนเทศบาลเมืองภูเก็ต
พ.ศ. 2553	มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเทศบาลปลูกปัญญา ในพระอุปถัมภ์
พ.ศ. 2556	กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์) จังหวัด นครนายก