บทที่ 3
การดำเนินงานการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินการวิจัยเพื่อหาอัตราการเกิดขยะและลักษณะทางกายภาพและเคมีของขยะ จะใช้วิธีการสำรวจและเก็บข้อมูลจากแหล่งกำเนิดขยะโดยตรง ซึ่งสามารถแบ่งขั้นตอนการดำเนินงานได้เป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลและตัวอย่างขยะจากกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร

3.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างขยะในห้องปฏิบัติการ

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการทางสถิติ

โดยในแต่ละขั้นตอนการดำเนินงานมีรายละเอียด ดังนี้

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลและตัวอย่างขยะจากกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร จะเป็นการสำรวจในภาคสนาม การสำรวจจะมีวิธีการสำรวจดังนี้

3.1.1. แบ่งกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมออกเป็น 10 กลุ่ม ในแต่ละกลุ่มโรงงานจะถูกคัดเลือกโรงงานแบบสุ่ม (Random Sampling) ออกมากลุ่มละ จำนวน 5 โรงงาน โดยในแต่ละโรงงานอุตสาหกรรมที่ถูกเข้าทำการสำรวจ เก็บข้อมูลเป็นจำนวน 3 ครั้ง ยกเว้นอุตสาหกรรมที่ประกอบกิจการเกี่ยวกับบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป ไอศครีม และน้ำตาลจะสุ่มตัวอย่างมาเพียง 4, 4 และ 2 โรงงานตามลำดับ เนื่องจากการจำกัดของจำนวนโรงงานดังแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 3.1

3.1.2. เก็บข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับปริมาณของวัตถุดิบ ผลิตภัณฑ์ พื้นที่โรงงาน จำนวนคนงาน ที่ใช้และเกิดขึ้นในวันที่เข้าทำการสำรวจ โดยใช้แบบสอบถาม (ภาคผนวก ฉ.)

3.1.3. เก็บข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับปริมาณขยะที่เกิดขึ้น ในวันที่เก็บข้อมูล โดยการเฝ้ารอชั่งน้ำหนักขยะที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต หรือชั่งน้ำหนักขยะที่เก็บรวบรวมในจุดที่นัดหมายไว้ในกรณีที่ไม่สามารถเฝ้ารอการชั่งน้ำหนักขยะได้ เช่น มีการทำงานในเวลากลางคืน

3.1.4. ทำการวิเคราะห์หาค่าความหนาแน่น จากขยะที่ถูกนำมาทิ้ง โดยการตวงใส่ภาชนะที่มีความจุ 100 ลิตร แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก ทำหลาย ๆ ครั้ง แล้วนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย

3.1.5. เก็บตัวอย่างประมาณ 50 ลิตร เพื่อนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

ตารางที่ 3.1 แสดงการสุ่มตัวอย่าง และจำนวนการจัดเก็บตัวอย่างขยะ

กลุ่มอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร	จำนวนโรงงานทั้งหมด	จำนวนโรงงานที่สุ่มขึ้นมา	จำนวนครั้งที่เก็บ	รวมจำนวนตัวอย่างขยะ
1. ประกอบกิจการเกี่ยวกับการฆ่าและชำแหละสัตว์ปีก	50	5	3	15
2. ประกอบกิจการเกี่ยวกับน้ำนม	10	5	3	15
3.ประกอบกิจการเกี่ยวกับสัตว์น้ำทะเลบรรจุกระป๋องหรือแช่แข็ง	97	5	3	15
4. ประกอบกิจการเกี่ยวกับน้ำมันจากพืช	67	5	3	15
5. ประกอบกิจการเกี่ยวผักผลไม้กระป๋องหรือแช่แข็ง	46	5	3	15
6. ประกอบกิจการเกี่ยวกับบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป	4	4	3	12
7. ประกอบกิจการเกี่ยวกับเครื่องปรุงรสอาหาร	123	5	3	15
8. ประกอบกิจการเกี่ยวกับไอศครีม	48	4	3	12
9.ประกอบกิจการเกี่ยวกับขนมขบเคี้ยว(SNACK)	220	5	3	15
10. ประกอบกิจการเกี่ยวกับน้ำตาลกลูโคสเหลว	8	2	3	6
รวม	673	45	3	135

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3..2 การวิเคราะห์ตัวอย่างขยะในห้องปฏิบัติการ

จากตัวอย่างขยะที่นำมาจากโรงงานอุตสาหกรรมประมาณ 50 ลิตร จะทำการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ และเคมี โดยมีตัวแปรที่ทำการวิเคราะห์ดังนี้

3.2.1 ลักษณะทางกายภาพ ตัวแปรที่ทำการวิเคราะห์มี 3 ตัวแปร คือ ความหนาแน่น ความชื้น และองค์ประกอบทางกายภาพ แต่ความหนาแน่น ได้ทำการวิเคราะห์ ณ. สถานที่เก็บขยะแล้ว การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของขยะในห้องปฏิบัติการจึงทำการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพที่เหลือ คือ

1.) ความชื้น (Moisture Content) เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณของน้ำเป็นร้อยละของปริมาณน้ำหนักทั้งหมดของขยะ โดยอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 75° C จนน้ำหนักขยะคงที่ น้ำหนักที่หายไปก็คือความชื้นของขยะ

2.) องค์ประกอบทางด้านกายภาพ (Physical Composition) โดยตัวอย่างขยะที่นำมาวิเคราะห์ หลังจากหาความชื้นแล้วจะถูกนำมาคัดแยกองค์ประกอบเพื่อหาร้อยละของน้ำหนักแห้ง ซึ่งองค์ประกอบที่ประกอบขึ้นเป็นขยะสามารถจัดแบ่งได้ตามตารางที่ 3.2

3..2.2 ลักษณะทางเคมี ขยะที่ผ่านการวิเคราะห์ความชื้นและองค์ประกอบทางกายภาพแล้ว ขยะพวกที่เผาไหม้ได้และพวกฝุ่นผง (Powder and Dust) จะนำไปบดรวมกันด้วยเครื่องบด (Hammer Mill) ให้มีขนาด 1 มิลลิเมตร หลังจากนั้นจึงนำไปวิเคราะห์หาลักษณะทางเคมี โดยตัวแปรที่ทำการวิเคราะห์ได้แก่

1.) ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ (Volatile Solid) โดยการหาน้ำหนักของขยะที่หายไปหลังจากเผาที่ 650° C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ใน Muffle Furnance

2.) ปริมาณเถ้า (Ash Content) โดยการหาน้ำหนักของขยะที่เหลือหลังจากเผาที่ 650° C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ใน Muffle Furnance

3.) ปริมาณคาร์บอน (Carbon Content) วิเคราะห์โดยเทียบกับน้ำหนักแห้งของขยะ ปริมาณของคาร์บอนของขยะหาจากการเทียบกับกราฟมาตราฐานคาร์บอนของสาร EDTA

4.) ปริมาณไนโตรเจน (Nitrogen Content) วิเคราะห์โดยเทียบกับน้ำหนักแห้งของขยะโดยใช้วิธี Kjeldahl - Wilfarth - Gunning - Winkler

<u>ตารางที่ 3.2</u> ตัวอย่างตารางแสดงชนิดและสัดส่วนขององค์ประกอบทางด้านกายภาพของขยะที่ใช้ในการวิเคราะห์หาองค์ประกอบ

องค์ประกอบทางกายภาพ	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง
พวกที่เน่าเสียง่าย (Putrescibles)	
- พืช ผัก	
- เนื้อสัตว์	
- ผลไม้	
พวกที่เผาไหม้ได้ (Combustibles)	
- ไม้ (Wood)	
- กระดาษ (Paper)	
- พลาสติก (Plastic)	
- ผ้า (Cloth)	
- ยาง (Rubber)	
- อื่น ๆ (Miscellaneous)	
พวกที่เผาไหม้ไม่ได้ (Non - Combustible)	
- โลหะ	
- ขวดแก้ว	
- อื่น ๆ (Miscellaneous)	
พวกฝุ่น และผง (Powder and Dust)	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.) ค่าความร้อน (Calorific Value) วิเคราะห์โดยใช้บอมบ์คาลอรี่มิเตอร์ ค่าที่วิเคราะห์ได้คือค่า Dry Solid Calorific Value (DSCV) เป็นค่าความร้อนที่เกิดจากการเผาขยะที่ไม่มีความชื้นภายใต้สภาวะบรรยากาศของออกซิเจนบริสุทธิ์ ซึ่งสามารถนำไปใช้คำนวณเพื่อหาค่า Higher Solid Calorific Value (HSCV) คือค่าความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ขยะที่ไม่มีความชื้นในอากาศ และหาค่า Lower Solid Calorific Value (LSCV) คือค่าความร้อนที่เกิดจากการเผาขยะที่มีความชื้นภายใต้สภาวะอากาศปกติ โดยมีความสัมพันธ์ดังนี้

$$HSCV = DSCV \times T / 100 \quad \text{.....(3.1)}$$

$$LSCV = HSCV - 6\left[(9 \times h) + W\right] \quad \text{.....(3.2)}$$

เมื่อ T = ร้อยละปริมาณของแข็งรวม

h = ร้อยละปริมาณไฮโดรเจน = V/15

V = ร้อยละปริมาณของสารที่เผาไหม้ได้

W = ร้อยละของความชื้น

การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและเคมีจากตัวอย่างขยะและจำนวนครั้งในการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ สามารถสรุปเป็นตารางได้ตามตารางที่ 3.3 ซึ่งรายละเอียดวิธีการวิเคราะห์จะแสดงในภาคผนวก จ.

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการทางสถิติ

จากข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากการสำรวจภาคสนามของปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละวันจากโรงงานอุตสาหกรรมทั้ง 10 กลุ่ม ปริมาณของขยะในแต่ละกลุ่มจะถูกนำมาวิเคราะห์หาอัตราการเกิดของขยะโดยคิดเทียบกับความสัมพันธ์ 4 ตัวแปรคือ

- อัตราการเกิดของขยะเมื่อเทียบกับจำนวนคนงาน
- อัตราการเกิดของขยะเมื่อเทียบกับพื้นที่ของอาคารโรงงาน
- อัตราการเกิดของขยะเมื่อเทียบกับน้ำหนักวัตถุดิบที่ใช้
- อัตราการเกิดของขยะเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น

ตารางที่ 3.3 จำนวนตัวอย่างขยะที่ใช้ในการวิเคราะห์หาลักษณะทางกายภาพและเคมี

ประเภทของกลุ่มอุตสาหกรรม	จำนวนตัวอย่างในการวิเคราะห์								
	อัตราการเกิดขยะ	ความหนาแน่น	ความชื้น	องค์ประกอบทางกายภาพ	ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้	ปริมาณเถ้า	ไนโตรเจน	คาร์บอน	ค่าความร้อน
1. กลุ่มอุตสาหกรรมฆ่าและชำแหละสัตว์ปีก	15	15	15	15	15	15	15	15	15
2. กลุ่มอุตสาหกรรมน้ำนม	15	15	15	15	15	15	15	15	15
3. กลุ่มอุตสาหกรรมสัตว์น้ำทะเลบรรจุกระป๋อง	15	15	15	15	15	15	15	15	15
4. กลุ่มอุตสาหกรรมน้ำมันพืช	15	15	15	15	15	15	15	15	15
5. กลุ่มอุตสาหกรรม ผัก ผลไม้กระป๋อง	15	15	15	15	15	15	15	15	15
6. กลุ่มอุตสาหกรรมบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป	12	12	12	12	12	12	12	12	12
7. กลุ่มอุตสาหกรรมเครื่องปรุงรสอาหาร	15	15	15	15	15	15	15	15	15
8. กลุ่มอุตสาหกรรมไอศครีม	12	12	12	12	12	12	12	12	12
9. กลุ่มอุตสาหกรรมขนมขบเคี้ยว(SNACK)	6	6	6	6	6	6	6	6	6
10.กลุ่มอุตสาหกรรมน้ำตาลกลูโคส	15	15	15	15	15	15	15	15	15
รวม	135	135	135	135	135	135	135	135	135

I17113110

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลของอัตราการเกิดขยะเมื่อคิดเทียบความสัมพันธ์แต่ละตัวแปรของโรงงานในแต่ละกลุ่มอุตสาหกรรม จะถูกนำมาวิเคราะห์หา

1) ค่าเฉลี่ย

$$\bar{X} = Xi / n \quad \text{.....(3.3)}$$

เมื่อ Xi = อัตราการเกิดของขยะเมื่อคิดเทียบความสัมพันธ์กับตัวแปรใดตัวแปรหนึ่ง

n = จำนวนตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์

2) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน(SD) จะเป็นค่าที่บอกการกระจายตัวของข้อมูลที่ได้รับว่ากระจายตัวจากค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) มากน้อยเพียงใด ถ้าข้อมูลที่ได้รับมีการกระจายตัวมากค่า SD ที่ได้รับจะมีค่าสูงตามไปด้วย สำหรับกลุ่มข้อมูลใดๆ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน สามารถกำหนดได้ดังนี้

$$SD = \sqrt{\sum (Xi - \bar{X})^2 / (n - 1)} \quad \text{.....(3.4)}$$

3) ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (Coefficient of Variation , CV) ถึงแม้ว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จะสามารถใช้เป็นค่าที่บอกการกระจายตัวของข้อมูล แต่มักจะเปรียบเทียบกันได้ยากในกรณีที่ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ของข้อมูลสองชุดมีค่าต่างกันมาก ว่าข้อมูลชุดใดกระจายตัวมากกว่า เพื่อเป็นการแก้ปัญหานี้ จึงใช้ ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนเป็นตัววัดความแปรปรวนอีกวิธีหนึ่ง ซึ่งมีความสัมพันธ์ดังนี้

$$CV = SD / \bar{X} \quad \text{.....(3.5)}$$

ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของอัตราการเกิดขยะเมื่อเทียบกับจำนวนคนงาน พื้นที่อาคารโรงงาน วัตถุดิบที่ใช้และผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น จะใช้เป็นตัวบ่งชี้ว่าข้อมูลอัตราการเกิดขยะเมื่อเทียบกับตัวแปรใดใน 4 ตัวแปร เป็นข้อมูลที่ดีมีความแปรปรวนน้อยและน่าเชื่อถือที่สุด ซึ่งจะถูกเลือกเป็นค่าที่แนะนำให้ใช้ในการคาดการณ์ปริมาณขยะที่เกิดจากอุตสาหกรรมประเภทนั้น ๆ

4) ค่าต่ำสุดของตัวอย่างและค่าสูงสุดของตัวอย่าง เป็นค่าพิสัยของข้อมูลที่บอกความกว้างของข้อมูล ซึ่งเป็นค่าที่ใช้บอกความแปรปรวนชนิดหนึ่งของข้อมูล

5) ค่าเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น 95% การประมาณค่าแบบนี้เป็นการประมาณค่าลักษณะหรือพารามิเตอร์ที่สนใจศึกษาด้วยช่วงค่าซึ่งอยู่ระหว่างค่าสองค่าและมีค่าประมาณแบบจุดอยู่กึ่งกลางระหว่างค่าสองค่านั้น การประมาณเป็นช่วงนี้ค่าประมาณที่ได้มีโอกาสคลาดเคลื่อนไปจากค่าที่ควรจะเป็นจริงได้น้อยกว่าการประมาณค่าแบบจุด ช่วงของค่าประมาณที่ใช้จะกว้างเพียง

ไรขึ้นอยู่กับการกระจายของค่าลักษณะที่สนใจศึกษาและระดับความเชื่อมั่นในการประมาณของผู้ประมาณค่าเป็นสำคัญ ถ้าค่าลักษณะที่สนใจศึกษามีการกระจายมาก ช่วงของค่าประมาณจะกว้าง หรือถ้าระดับความเชื่อมั่นในการประมาณสูงซึ่งจะทำให้โอกาสในการประมาณค่าผิดมีน้อย ช่วงของค่าประมาณจะกว้างเช่นเดียวกัน โดยทั่วๆไปถ้าขนาดตัวอย่างเล็กช่วงประมาณจะกว้างแต่ถ้าขนาดตัวอย่างใหญ่ช่วงประมาณจะแคบลง ค่าเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นหาได้โดยนำค่าเฉลี่ยที่หาได้จากข้อ 1) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากข้อ 2) มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น 95% โดยให้ค่าเฉลี่ยอัตราการเกิดของขยะที่ทำการวิเคราะห์ได้มีการกระจายตัวแบบ t (t-distribution) เนื่องจากจำนวนตัวอย่างน้อยกว่า 30 ตัวอย่างแต่มากกว่าหรือเท่ากับ 5 ตัวอย่าง ซึ่งสำหรับที่ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$ ใด ๆ ค่าเฉลี่ยที่ช่วงความเชื่อมั่น 95% สามารถเขียนได้ในรูป $\bar{X} \pm t_{0.025} \cdot S / \sqrt{n}$ โดยที่ขีดจำกัดล่างของช่วงความเชื่อมั่นคือ $\bar{X} - t_{0.025} \cdot S / \sqrt{n}$ และขีดจำกัดบนคือ $\bar{X} + t_{0.025} \cdot S / \sqrt{n}$ ที่องศาเสรี (degree of freedom) เท่ากับ n-1

ส่วนลักษณะทางกายภาพและเคมีของตัวอย่างขยะในแต่ละกลุ่มอุตสาหกรรมที่วิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการและจากภาคสนามจะถูกนำมาวิเคราะห์หา

1) ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) เนื่องจากปริมาณของขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละโรงงานไม่เท่ากันและมีความแปรปรวนสูง จึงต้องทำการหาค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก เพื่อให้ได้ค่าเฉลี่ยของตัวอย่างที่แท้จริง โดยค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักจะอยู่ในรูปความสัมพันธ์ดังนี้

$$\bar{X} = \sum n_i X_i / N \quad , \quad N = n_1+n_2+....+n_n \quad ...(3.6)$$

เมื่อ X_i = ค่าลักษณะทางกายภาพหรือเคมีที่วิเคราะห์ได้

n_i = น้ำหนักของขยะแต่ละโรงงาน

N = น้ำหนักรวมของขยะทั้งหมด

2) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

โดย $SD = \sqrt{\sum (Xi - \bar{X})^2 / (n - 1)}$ .....(3.7)

3) ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด