

## บทที่ 2

### วิธีดำเนินการวิจัย

#### 1. วัสดุ

วัสดุที่ใช้ ได้แก่

1.1 มูลฝอยจากตลาดสด

1.2 กากซีเมนต์จากโรงงานน้ำยางชั้นในเขตจังหวัดสงขลา

1.3 ปุ๋ยหมัก

1.4 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ TN, NO<sub>x</sub>-N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, Mg และโลหะหนักบางอย่างคือ Mn, Zn และCu ตามวิธีของ Official Methods of the Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1990) สำหรับ NO<sub>x</sub>-N ใช้วิธีของ Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA and WPCF, 1992)

#### 2. อุปกรณ์

2.1 อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างมูลฝอย ได้แก่ ถุงพลาสติก, พลาสติก, ถาดอะลูมิเนียม, ตาชั่ง และถุงมือ

2.2 อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างกากซีเมนต์ ได้แก่ ถังน้ำพลาสติก, พลาสติกหรือซองตัด, ถุงมือ และตาข่าย

2.3 อุปกรณ์ในการเตรียมการทดลองและทดลองหมักทำปุ๋ย ได้แก่ เครื่องบด-ตัดของเสีย, พลาสติก, คราด, ตาชั่งพลาสติก, ถังน้ำ, แผ่นพลาสติก, ถุงมือ, ไม้ทำกองปุ๋ย, ตะปู, บานพับ, ตะขอ เปิด-ปิด, ลวด, ปุ๋ยหมัก, บัวรดน้ำ, ผ้าปิดจมูก, เสียมและรองเท้าบูต

2.4 อุปกรณ์ในการวัดค่าและวิเคราะห์ ได้แก่ Thermometer, pH meter, Oven, Spectrophotometer และFurnace เป็นต้น ตามวิธีของ Official Methods of the Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1990) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ของห้องปฏิบัติการ คณะการจัดการสิ่งแวดล้อมและศูนย์ปฏิบัติการวิเคราะห์กลาง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

2.5 อุปกรณ์ในการร่อนปุ๋ย เมื่อสิ้นสุดปฏิบัติการ ได้แก่ ตะแกรกร่อนขนาด 5.0 มิลลิเมตรและ 1 มิลลิเมตร, แผ่นพลาสติก, ตาชั่ง, ถังน้ำ, ถังพลาสติก, ถังมือ, ผ้าปิดจมูก, รองเท้าบู๊ต, ถุงกระสอบ, เข่งและเชือกฟาง เป็นต้น

### 3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับกิจกรรมและลักษณะการจัดการมูลฝอยของตลาดสดจำนวน 9 แห่งในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ มีรายละเอียดดังนี้

รวบรวมข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับตลาดสดในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ในด้านสถานที่ตั้งของตลาดสด ลักษณะอาคาร การทำกิจกรรม เวลาเปิด-ปิดตลาดสด และลักษณะการจัดการมูลฝอย การคัดแยกมูลฝอย อาทิ ประเภทของเศษวัสดุเศษเหลือ กระบวนการนำของเสียมาใช้ใหม่ กระบวนการเก็บรวบรวม เก็บขน และกำจัด วิธีการศึกษาใช้การสังเกต สอบถาม จากผู้ที่เกี่ยวข้อง เช่น เจ้าหน้าที่กองสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อมเทศบาลนครหาดใหญ่ ผู้ประกอบการธุรกิจในตลาดสดและศึกษารวบรวมข้อมูลจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

3.2 ศึกษาปริมาณและคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของมูลฝอยจากตลาดสด

3.2.1 ด้านปริมาณมูลฝอย ศึกษาโดยการทบทวนข้อมูลทุติยภูมิที่มีอยู่ เช่น ข้อมูลจากเอกสารที่มีการสำรวจและรายงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องของเทศบาลนครหาดใหญ่

3.2.2 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของมูลฝอย ดำเนินการโดยสุ่มตัวอย่างมูลฝอยจากรถเก็บขนมูลฝอย ซึ่งเป็นตัวแทนตลาดสดในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ โดยได้ทำการศึกษาจำนวน 2 ครั้ง คือเดือนกรกฎาคมและธันวาคม พ.ศ. 2543 โดยแต่ละครั้งทำการสุ่มตัวอย่างมูลฝอยรวมทั้งหมดมาประมาณ 100-200 กิโลกรัม จากนั้นนำมาทำ quartering (วิธีแบ่ง 4 ส่วน) เพื่อให้ได้ตัวแทนของมูลฝอยที่จะนำไปศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี ซึ่งจำนวนตัวแทนมูลฝอยที่ได้มีไม่น้อยกว่า 50 กิโลกรัม และนำมาศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีตามวิธีการวิเคราะห์ดังสรุปในตาราง 1

ตาราง 1 แสดงพารามิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์

พารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์
1. องค์ประกอบของมูลฝอย (%น้ำหนักเปียก)	แยกโดยการใช้มือและชั่งน้ำหนัก
2. ความหนาแน่น (น้ำหนักต่อปริมาตร)	ชั่งน้ำหนักมูลฝอยในภาชนะที่ทราบปริมาตรและคำนวณ
3. ความชื้น (%น้ำหนักเปียก)	Gravimetric Method and Oven Drying Method (AOAC, 1990)
4. ปริมาณเถ้า (%น้ำหนักแห้ง)	Gravimetric Method and Oven Drying Method (AOAC, 1990)
5. ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (TN) (%น้ำหนักแห้ง)	Kjeldahl Method (AOAC, 1990)
6. ปริมาณฟอสฟอรัส (P ในรูป $P_2O_5$ ) (%น้ำหนักแห้ง)	Spectrophotometer Molybdovanadophosphate Method (AOAC, 1990)
7. ปริมาณโพแทสเซียม (K ในรูป $K_2O$ ) (%น้ำหนักแห้ง)	Volumetric Sodium Tetraphenylboron Method I (AOAC, 1990)
8. อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน	การคำนวณ*

หมายเหตุ พารามิเตอร์ที่ 1 2 และ 3 ทำการวิเคราะห์ในรูปตัวอย่างสด  
พารามิเตอร์ที่ 4 5 6 และ 7 ทำการวิเคราะห์ในรูปของตัวอย่างแห้ง  
\* สำหรับปริมาณคาร์บอนคำนวณจากปริมาณเถ้า (กรมควบคุมมลพิษ, 2536)

### 3.3 การทดลองการหมักทำปุ๋ย

3.3.1 รวบรวมมูลฝอยจากตลาดสดโดยเก็บจากรถเก็บขนมูลฝอยจากตลาดสดโดยตรง และมีปริมาณเพียงพอตั้งภาพประกอบ 3 เพื่อใช้ทดลองหมักทำปุ๋ยตามเงื่อนไขทดลองในตาราง 2 ซึ่งมีบางชุดการทดลองที่มีการแยกมูลฝอยประเภทย่อยสลายยากเช่น พลาสติกและยางออกก่อน และบางชุดการทดลองมีการตัดมูลฝอยโดยวิธีการสับให้มีขนาดประมาณ 1-3 นิ้ว

3.3.2 รวบรวมกากขี้แบ่งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นในจังหวัดสงขลาแล้วนำมาตากให้แห้ง และบดด้วยเครื่องบดให้เป็นผง ดังภาพประกอบ 3 ในปริมาณมากพอและนำไปผสมกับมูลฝอยจากตลาดสด นอกจากนี้บางส่วนได้นำไปหาคุณสมบัติทางเคมีได้แก่ ปริมาณไนโตรเจน, ปริมาณฟอสฟอรัส, ปริมาณโพแทสเซียม, ปริมาณของแข็งระเหย และปริมาณเถ้า เป็นต้น

3.3.3 การหมักทำปุ๋ย โดยแบ่งชุดการทดลองเป็น 8 ชุดดังแสดงในตาราง 2 โดยแต่ละชุดการทดลองใช้กระบะไม้กั้นซึ่งมีปริมาตร 1 ลูกบาศก์เมตร โดยมีความกว้าง X ยาว X สูง เท่ากับ 1 X 1 X 1 เมตรตามลำดับ ทดลองหมักในกระบะไม้ที่มีตาข่ายพลาสติกล้อมรอบ ดังแสดงในภาพประกอบ 4 การหมักในแต่ละชุดจะทำการคลุกเคล้าวัสดุที่จะหมักให้เข้ากันพร้อมกับรดน้ำให้มีความชื้นประมาณ 50-60% จากนั้นทำการเก็บตัวอย่างก่อนการหมักในแต่ละชุดทดลองแบบ composite samples ซึ่งการสุ่มเก็บตัวอย่างจะเก็บในแนวเส้นทะแยงมุมตามระดับความลึกจากด้านบนวัสดุที่หมักลงไป 3 จุดแล้วนำมารวมกัน เพื่อนำไปวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง, ปริมาณไนโตรเจน (TN), ปริมาณไนเตรต-ไนโตรเจนและไนไตรต์-ไนโตรเจน ( $\text{NO}_x\text{-N}$ ), ปริมาณฟอสฟอรัส ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ), ปริมาณโพแทสเซียม ( $\text{K}_2\text{O}$ ), ความชื้น, ปริมาณของแข็งระเหย ปริมาณเถ้า และอัตราส่วน C : N นอกจากนี้สังเกตการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพและชีวภาพของกองปุ๋ยหมักในทุกสัปดาห์ด้วย กองมูลฝอยที่ใช้ทดสอบจะทำการทดสอบ ณ สถานที่กำจัดมูลฝอยของเทศบาลนครหาดใหญ่ และระหว่างการทดลอง (ในขณะที่มีการย่อยสลายสูง ซึ่งตรวจสอบจากค่าอุณหภูมิในกอง) จะมีการควบคุมปริมาณความชื้นให้อยู่ในค่าประมาณ 50-60% การควบคุมจะมีการเติมน้ำลงไปในช่วงการทดลอง หากมีการตรวจพบว่าปริมาณความชื้นลดลงมากกว่า 50% จะทำการควบคุมปริมาณน้ำที่เติมลงไปโดยจะทำการคำนวณจากค่าความชื้นที่วิเคราะห์ได้ในแต่ละช่วงเวลาที่ติดตามปฏิบัติการ

ชุดการทดลองที่มีและไม่มีกรพลิกกลับกองมูลฝอยที่หมักตามเงื่อนไขในตาราง 2 สำหรับชุดทดลองที่มีการพลิกกลับกองจะทำการพลิกกลับกองทุกๆ 7 วัน ใช้ระยะเวลาการหมักทดลองนานประมาณ 2 เดือนและในระหว่างทดลองจะทำการเก็บตัวอย่าง เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพดังกล่าวข้างต้นและสังเกตการเปลี่ยนแปลงของกองปุ๋ยด้านกายภาพ ได้แก่ กลิ่น, สี และความสูงของกองปุ๋ย ส่วนด้านชีวภาพได้แก่ สิ่งมีชีวิตประเภท มด, แมลง, ตัวหนอน พร้อมทั้งติดตามค่าอุณหภูมิดังรายละเอียดแสดงในตาราง 3

3.3.4 เมื่อสิ้นสุดการหมักปุ๋ย ภายหลังจากทดลองเสร็จสิ้นจะชั่งน้ำหนักปุ๋ยที่คงเหลือจากปฏิบัติการหมักทั้งหมดและเก็บตัวอย่างปุ๋ยที่ผ่านการร่อน ทั้งนี้ การร่อนปุ๋ยจะร่อนผ่านตะแกรงที่มีขนาด 5.0 มิลลิเมตรและ 1.0 มิลลิเมตร ตามลำดับ โดยนำปุ๋ยเฉพาะส่วนที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 1.0 มิลลิเมตร เพื่อนำมาศึกษาธาตุอาหารหลักคือ N, P และ K ธาตุอาหารรอง คือ Mg และปริมาณโลหะหนัก คือ Mn, Zn และ Cu และปริมาณความชื้น, ปริมาณของแข็งระเหย และปริมาณเถ้า



ก



ข



ค



ง



จ



ฉ

ก. ตัวอย่างมูลฝอยจากตลาดสดในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จ.สงขลา

ข. กากขี้เป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางชั้นในจังหวัดสงขลา

ค. ตัวอย่างกากขี้เป้งตากแห้งและบดเป็นผง

ง. การสับมูลฝอยให้มีขนาด 1-3 นิ้ว

จ. การชั่งน้ำหนักมูลฝอย

ฉ. การผสมวัสดุทำปุ๋ยหมัก

ภาพประกอบ 3 ขั้นตอนการเตรียมการทดลองการหมักทำปุ๋ย

ตาราง 2 แสดงเงื่อนไขการทดลองแต่ละชุดการทดลอง

ชุดการทดลอง	เงื่อนไขการหมัก			หมายเหตุ
	วัสดุหมักทำปุ๋ย	การตัดให้มูลฝอยมีขนาดเล็กลง	การพลิก-กลับกอง	
1 <sup>a</sup>	มูลฝอยรวมและปุ๋ยหมัก	ไม่ตัดมูลฝอย	ทุกๆ 7 วัน	ไม่มีการคัดแยกมูลฝอยที่ย่อยยาก
2 <sup>a</sup>	มูลฝอยคัดแยกและปุ๋ยหมัก	ไม่ตัดมูลฝอย	ทุกๆ 7 วัน	คัดแยกองค์ประกอบมูลฝอยที่ย่อยยาก เช่น พลาสติกและยาง
3 <sup>a</sup>	มูลฝอยคัดแยก, ตัดและปุ๋ยหมัก	ขนาด 1-3 นิ้ว	ทุกๆ 7 วัน	การตัดมูลฝอยให้มีขนาด 1-3 นิ้ว
4 <sup>a</sup>	มูลฝอย(คัดแยก,ไม่ตัด)และผสมของกากชี้แบ่งและปุ๋ยหมักอัตราส่วน 1 : 1	ไม่ตัดมูลฝอย	ทุกๆ 7 วัน	C:N * เท่ากับ 23 : 1
5 <sup>a</sup>	มูลฝอย(คัดแยก,ไม่ตัด)และผสมของกากชี้แบ่งและปุ๋ยหมักอัตราส่วน 2 : 1	ไม่ตัดมูลฝอย	ทุกๆ 7 วัน	C:N * เท่ากับ 24 : 1
6 <sup>a</sup>	มูลฝอย(คัดแยก,ไม่ตัด)และผสมของกากชี้แบ่งและปุ๋ยหมักอัตราส่วน 0.5 : 1	ไม่ตัดมูลฝอย	ทุกๆ 7 วัน	C:N * เท่ากับ 25 : 1
7 <sup>*a</sup>	มูลฝอย(คัดแยก,ไม่ตัด)และผสมของกากชี้แบ่งและปุ๋ยหมักอัตราส่วน 1 : 3	ไม่ตัดมูลฝอย	ทุกๆ 7 วัน	C:N * เท่ากับ 23 : 1
8 <sup>a</sup>	มูลฝอยรวมและปุ๋ยหมัก	ไม่ตัดมูลฝอย	ไม่พลิกกลับกอง	

หมายเหตุ \* ค่าอัตราส่วน C : N ที่คำนวณได้จากการวิเคราะห์ตัวอย่างอยู่ในเกณฑ์ที่แนะนำสำหรับการหมักทำปุ๋ยคืออยู่ในช่วง 20-30 และปุ๋ยหมักไม่นำมาคิดค่าอัตราส่วน C:N และการเติมปุ๋ยหมักทุกกองปุ๋ยเพื่อเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการย่อยสลาย

<sup>a</sup> แต่ละชุดการทดลองเติมปุ๋ยหมักน้ำหนักโดยเฉลี่ยเท่ากัน คือ 23 กิโลกรัม ยกเว้น ชุดการทดลอง 7<sup>a</sup> เติมปุ๋ยหมักน้ำหนักประมาณ 3 เท่าตัวจากกองอื่น

สำหรับรูปแบบกองปุ๋ยหมักมีลักษณะเป็นกระบะไม่มีตาข่ายพลาสติกล้อมรอบซึ่งมีขนาด ความกว้างXยาวXสูง เท่ากับ1X1X1 เมตรตามลำดับและสามารถเปิดด้านข้างได้ 1 ด้าน ยกพื้นสูงจากพื้นดินประมาณ 0.05 เมตรเพื่อให้มีการถ่ายเทอากาศ จำนวน 8 ชุดการทดลอง ดังแสดงรายละเอียดในภาพประกอบ 4

การเก็บตัวอย่างเพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีดังรายละเอียดในตาราง 3 และมีการกำหนดจุดเก็บตัวอย่างของทุกกองปุ๋ย ซึ่งเก็บตัวอย่างแบบรวม (composite samples) ในแนวทะแยงมุมตามระดับความลึกลงไปจากด้านบนสุดของวัสดุที่ใช้หมัก ตามระดับความลึก 30% 50% และ70% ตามลำดับจากระดับผิวบนของกอง และกระทำก่อนการพลิก-กลับกองปุ๋ย ทุกครั้งเฉพาะชุดทดลองที่มีการพลิก-กลับกอง

3.4 นำผลการทดลองการหมักทำปุ๋ย และข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าพิสัย ค่าเฉลี่ย และค่าร้อยละ เพื่อวิเคราะห์ และนำเสนอข้อมูล นอกจากนั้นในการอภิปรายผลจะใช้ข้อมูลผลการศึกษาและเอกสารหรือรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องประกอบ เพื่อให้ได้แนวทางการใช้ประโยชน์ของสารอินทรีย์จากตลาด อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

#### 4. สถานที่การทำวิจัย มีดังต่อไปนี้

- 4.1 คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่
- 4.2 ตลาดสดในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่
- 4.3 สถานที่กำจัดมูลฝอยของเทศบาลนครหาดใหญ่





ก



ข



ค



ง



จ



ฉ

ก. โครงสร้างชุดทดลองทำปุ๋ยหมัก

ข. สถานที่ใช้ทดลองทำปุ๋ยหมัก

ค. การวัดอุณหภูมิในกองปุ๋ยหมัก

ง. ลักษณะกองปุ๋ยหมักและวัสดุที่ใช้ทำปุ๋ย ณ วันที่เริ่มทดลอง

จ. การพลิกกลับกองปุ๋ยหมัก

ฉ. รูปแบบการจัดวางกองปุ๋ยหมัก

ภาพประกอบ 4 รายละเอียดเกี่ยวกับการหมักทำปุ๋ย ณ สถานที่กำจัดมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่



ตาราง 3 แสดงพารามิเตอร์ วิธีการวิเคราะห์และช่วงเวลาในการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีขณะการทดลองและสิ้นสุดการหมักทำปุ๋ย

พารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์	ช่วงเวลาวิเคราะห์
1. อุณหภูมิ	Thermometer	ทุกวัน
2. ความชื้น	Gravimetric Method and Oven Drying Method	สัปดาห์ละ 3 ครั้ง
3. ปริมาณเถ้า	Gravimetric Method and Oven Drying Method	สัปดาห์ละ 3 ครั้ง
4. ปริมาณไนเตรต-ไนโตรเจนและไนไตรต์-ไนโตรเจน (NO <sub>x</sub> - N)	Devarda's Alloy Reduction Method (APHA, AWWA and WPCF, 1992)	สัปดาห์ละ 2 ครั้ง
5. ปริมาณของแข็งระเหย	Gravimetric Method and Oven Drying Method (AOAC, 1990)	สัปดาห์ละ 3 ครั้ง
6. pH	pH meter (AOAC, 1990)	สัปดาห์ละ 3 ครั้ง
7. ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (TN)	Kjeldahl Method (AOAC, 1990)	สัปดาห์ละ 2 ครั้ง
8. ปริมาณฟอสฟอรัส ( P ในรูป P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Spectrophotometer Molybdovanadophosphate Method (AOAC, 1990)	สัปดาห์ละ 2 ครั้ง
9. ปริมาณโพแทสเซียม ( K ในรูป K <sub>2</sub> O)	Volumetric Sodium Tetraphenylboron Method I (AOAC, 1990)	สัปดาห์ละ 2 ครั้ง
10. ปริมาณแมกนีเซียม (Mg) และโลหะหนักบางชนิด ได้แก่ แมงกานีส, สังกะสี และทองแดง	Atomic absorption spectrophotometer (AAS) (AOAC, 1990)	สิ้นสุดการหมักทำปุ๋ย
11. อัตราส่วน C : N	การคำนวณ	สัปดาห์ละ 2 ครั้ง
12. ลักษณะทางกายภาพและชีวภาพของกองปุ๋ย	การสังเกตจากผู้วิจัย	สัปดาห์ละ 1 ครั้ง

หมายเหตุ AOAC : The Association of Official Analytical Chemists.  
 APHA, AWWA and WPCF : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater .  
 โลหะหนักส่งตรวจวิเคราะห์ที่ศูนย์ปฏิบัติการวิเคราะห์กลาง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์