

## บทที่ 3

### ลักษณะและสมบัติของขยะ

การศึกษาเกี่ยวกับลักษณะและสมบัติของขยะนั้น มักจะมีการศึกษาในลักษณะของขยะทางกายภาพ ลักษณะทางเคมี และลักษณะทางชีวภาพ ซึ่งจะรวมไปถึงการย่อยสลายของขยะ โดยสมบัติเหล่านี้เป็นเงื่อนไขที่สำคัญใช้ในการออกแบบ พัฒนาระบบการจัดการขยะ สมบูรณ์แบบผสมผสาน โดยสมบัติของขยะสามารถใช้ในการพิจารณา ดังนี้ (1) พิจารณาการจัดเตรียมภาชนะและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการเก็บกักขยะ (จำนวน ความจุ และรูปร่าง ลักษณะของขยะ) เพื่อรอการเก็บขนไปกำจัด (2) พิจารณาชนิด ความจุ และจำนวนของพาหนะ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บขนขยะ (3) ประเมินความเป็นไปได้ในการนำขยะบางส่วนกลับมาใช้ประโยชน์ (Reuse) หรือแปรรูปได้อีก (Recycling) ด้วยวิธีการต่าง ๆ (4) ประเมินความเป็นไปได้ในการปรับหรือแปรสภาพขยะด้วยวิธีการต่าง ๆ ทั้งนี้เพื่อให้การกำจัดขยะในขั้นสุดท้ายมีประสิทธิภาพมากขึ้น (5) คำนวณปริมาณขยะที่ต้องการจัดการเป็นพิเศษ เช่น ขยะอันตรายจากบ้านเรือน (Household Hazardous Waste) และขยะจากการก่อสร้าง เป็นต้น (6) เป็นข้อมูลสำหรับการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงของปริมาณและลักษณะของขยะในอนาคต โดยนำไปสัมพันธ์กับการพัฒนาและการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ (7) พิจารณาคัดเลือกวิธีการกำจัดขยะที่เหมาะสม รวมทั้งการพิจารณาสถานที่กำจัด (8) พิจารณาออกแบบและวางแผนเตรียมสถานที่กำจัดขยะขั้นสุดท้ายให้มีขนาดเพียงพอตามความต้องการ (9) พิจารณาการจัดเตรียม และตั้งงบประมาณตลอดจนการวางแผนการดำเนินการที่เกี่ยวกับการจัดการขยะ (10) การประเมินประสิทธิภาพของระบบ เพื่อการปรับปรุงและแก้ไขให้เหมาะสมกับสภาพการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไป

#### 3.1 ลักษณะสมบัติของขยะ <sup>[1]</sup>

สมบัติของขยะรวมถึง ปริมาณที่ไม่คงที่ องค์ประกอบ ความหนาแน่น และสมบัติทางกายภาพ สมบัติการเผาไหม้ ความสามารถในการย่อยสลาย และ ความเป็นพิษ

##### 3.1.1 ปริมาณไม่คงที่ของขยะ (Fluctuations in Solid Waste Quantities)

สภาพเศรษฐกิจที่ย่ำแย่ลงมีผลทำให้ลดปริมาณขยะที่เกิดขึ้นได้ เพราะการลด

ของขยะจะสะท้อนสภาพความเป็นจริงของธุรกิจและอุตสาหกรรม การก่อสร้าง และเศษวัสดุจากการรื้อทำลาย ข้อมูลของปริมาณขยะจากผลกระทบของทางเศรษฐกิจที่มีแนวโน้มต่ำมีผลต่อการจัดการปริมาณขยะ

ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในกรุงเทพมหานครในช่วงเดือนพฤษภาคม และเดือนสิงหาคม ดังแสดงในตารางที่ 3-1 แสดงถึงปริมาณขยะที่เกิดในแต่ละองค์ประกอบ มีการศึกษาว่าการแปรเปลี่ยนขององค์ประกอบขยะพบน้อยในช่วงฤดูหนาว การกำเนิดขยะในช่วงฤดูหนาวมีปริมาณต่ำ และจะเพิ่มขึ้นเมื่อถึงช่วงที่มีอากาศร้อนขึ้น การกำเนิดขยะเกิดขึ้นมากในช่วงที่คนมีกิจกรรมมาก เช่น ในช่วงฤดูท่องเที่ยว หรือมีขยะมากจากการเปลี่ยนต้นไม้ใหม่ การตัดหญ้ามากขึ้นที่สนามหญ้า หรือบางสถานที่ที่เป็นเมืองท่องเที่ยวก็มาจากนักท่องเที่ยวที่เพิ่มจำนวนมากขึ้นด้วย สำหรับพื้นที่ที่ให้กำเนิดขยะเป็นตัวแปรที่สำคัญเมื่อเทียบกับฤดูกาล โดยพื้นที่อาจทำให้ขยะมากขึ้นมากในบางช่วงของปีก็ได้ เช่น เป็นช่วงเทศกาล ขยะจะเพิ่มขึ้นตามมาเนื่องจากมีคนต่างถิ่น หรือนักท่องเที่ยวที่เข้ามาเที่ยวในปริมาณมากตามมา เป็นต้น

ตารางที่ 3-1 ลักษณะสมบัติของขยะในกรุงเทพมหานคร<sup>[2]</sup>

ลักษณะสมบัติ (% น้ำหนักเปียก)	ช่วงเวลาที่เกิดขึ้นตัวอย่าง/วิเคราะห์	
	พฤษภาคม 2533 (1)	สิงหาคม 2533 (2)
1. กระดาษ	15.7	16.5
2. อาหาร	13.9	13.6
3. ผ้าและสิ่งทอ	4.4	4.6
4. ไม้	2.9	6.0
5. พลาสติก	9.1	11.8
6. ยาง	0.2	2.6
7. โลหะ	3.1	4.7
8. แก้ว	9.9	6.5
9. อื่น ๆ	<u>40.8</u>	<u>33.9</u>
รวม	100.0	100.0
10. ความชื้น	59.7	56.0
11. สารที่ติดไฟ	19.4	33.6
12. แก่	<u>20.9</u>	<u>10.2</u>
รวม	100.0	100.0

### 3.1.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณและลักษณะสมบัติของขยะ

ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อปริมาณและลักษณะสมบัติของขยะได้แก่ ที่ตั้งทางภูมิศาสตร์หรือสภาพภูมิประเทศ ฤดูกาล ระบบการรวบรวมขนขยะ การใช้เครื่องบดเศษอาหาร สภาพเศรษฐกิจ และลักษณะนิสัยของประชาชน การตื่นรู่วิสถุ ทัศนคติของชุมชน และกฎหมายข้อบังคับ ปัจจัยเหล่านี้ล้วนสำคัญต่อการวางแผนของการจัดการขยะไม่มากนัก ดังนั้นจึงควรพิจารณาปัจจัยเหล่านี้ด้วยในการคาดการณ์ปริมาณ และลักษณะขยะในอนาคต

#### ที่ตั้งทางภูมิศาสตร์หรือสภาพภูมิประเทศ

ขยะที่เกิดขึ้นมีผลมาจากที่ตั้งภูมิศาสตร์หรือสภาพภูมิประเทศ เช่น ในประเทศแถบร้อนชื้น จะมีต้นไม้เขียวชอุ่มและพืชผลออกตลอดปี จึงทำให้มีปริมาณขยะประเภทพืช ผัก ผลไม้มาก และในช่วงเวลานานกว่าประเทศแถบหนาว ซึ่งจะเพาะปลูกได้ผลผลิตมากเฉพาะช่วงฤดูร้อนเท่านั้น ส่วนพื้นที่ที่อยู่ติดทะเล อาจมีขยะที่มีเศษอาหารมาจากกิจการประมงมากกว่าพื้นที่อื่น ๆ และเมื่อที่ตั้งภูมิศาสตร์ต่างกันลักษณะการปลูกพืชเศรษฐกิจและพืชประดับก็ต่างกัน ซึ่งมีผลต่อลักษณะสมบัติของขยะ

#### ฤดูกาล

ฤดูกาลมีผลต่อการประกอบอาชีพของประกอบการเกษตร เช่น ในฤดูผลไม้ ออกปริมาณขยะจำพวกเปลือกที่เหลือจากการบริโภคของประชาชนจากมาก ดังนั้นลักษณะขยะประเภทเศษอาหารจากพืช ผัก ผลไม้ จะแปรเปลี่ยนไปตามฤดูกาล

#### ระบบการรวบรวมขนส่งขยะ

การวางแผนการจัดการขยะที่ดี มีผลทำให้ผู้ทิ้งไม่เก็บสิ่งของบางอย่างที่ไม่ต้องการใช้แล้วไว้ในบ้าน เช่น ขวดเปล่า หนังสือพิมพ์ ฯลฯ ทำให้ดูเหมือนมีขยะเพิ่มขึ้น แต่ความจริงแล้วขยะยังคงมีเท่าเดิม

#### การใช้เครื่องบดเศษอาหาร

เครื่องบดเศษอาหารในครัว มีผลทำให้ปริมาณของเศษอาหารในขยะลดน้อยลง แต่ความสกปรกของน้ำทิ้งจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากเศษอาหารบดจากครัวจะถูกทิ้งลงท่อระบายน้ำ ทำให้น้ำทิ้งไหลลงสู่ลำคลอง มีผลทำให้เน่าเสีย หน่วยงานผู้รับผิดชอบควรให้ความสนใจและควบคุมเครื่องบดเศษอาหาร

#### รายได้และสภาพเศรษฐกิจ

ขยะจากย่านชุมชนผู้มีฐานะดีหรือสภาพเศรษฐกิจมีปริมาณมากกว่าย่านชุมชนผู้มี

ฐานะไม่ดี และมีความแตกต่างกันในด้านสมบัติของขยะด้วย ย่านชุมชนผู้มีฐานะดีมีขยะจากบรรจุภัณฑ์ เช่น กล่องกระดาษ กระป๋อง โฟม ถุงพลาสติก เป็นต้น ส่วนย่านชุมชนฐานะไม่ดี จะพบแต่เศษอาหาร และผัก

#### **การคืนรูปวัสดุ**

การคืนรูปวัสดุจะเป็นลักษณะของการคืนขวดบรรจุน้ำอัดลมที่เป็นขวดแก้ว ซึ่งมีผลต่อปริมาณขยะ คือ ปริมาณขยะที่ต้องกำจัดจะน้อย แต่ในปัจจุบันการผลิตน้ำอัดลมนิยมใช้ขวดพลาสติก และกระป๋อง มีผลทำให้ขยะเพิ่มมากขึ้น

#### **ทัศนคติ นิสัย และพฤติกรรมของประชาชน**

การเปลี่ยนทัศนคติ นิสัยและพฤติกรรมของประชาชนมีผลต่อการลดปริมาณขยะได้ เช่น พฤติกรรมในการซื้อ และการบริโภคสินค้า เช่น กลุ่มวัยรุ่นนิยมอาหารกระป๋อง น้ำอัดลมกระป๋อง อาหารใส่โฟม พลาสติก กล่องกระดาษ การดำรงชีวิตบางอย่างในทางสุรุ่ยสุร่าย โดยทัศนคติ นิสัย และพฤติกรรมของประชาชนไม่ได้ขึ้นกับรายได้หรือมาตรฐานการครองชีพ หรือฤดูกาล แต่ขึ้นกับสามัญสำนึกของแต่ละบุคคล

#### **โครงสร้างหรือขนาดครอบครัว**

ขนาดของครอบครัวที่ใหญ่ ขยะที่เกิดขึ้นจะยิ่งมากและมีความหลากหลายเพิ่มมากขึ้น เพราะมีจำนวนคนมากขึ้น ขนาดของครอบครัวที่เล็ก ระยะเวลาในการเก็บขยะไว้ในบ้านจะยิ่งสั้นลง และอัตราการเปลี่ยนผลผลิตไปเป็นขยะก็ยิ่งจะสั้นลงด้วย ทำให้ลักษณะขยะที่เกิดจากที่อยู่อาศัยดังกล่าวนี้จะมีลักษณะคงที่ มีความแปรเปลี่ยนน้อย

#### **กฎหมายข้อบังคับต่าง ๆ**

ในด้านกฎหมายข้อบังคับ ก็มีส่วนสัมพันธ์กับปริมาณและลักษณะขยะเป็นอย่างมากเช่นกัน เช่น การกำหนดขอบเขตการบริการ การจัดการขยะ การกำหนดค่าบริการ ความเข้มงวดกวาดค้นและความรุนแรงของบทลงโทษผู้ฝ่าฝืน

### **3.2 การศึกษาลักษณะสมบัติขยะ**

ในการวางแผนการจัดการขยะ ตลอดจนการออกแบบเครื่องมือเพื่อใช้ในการกำจัดขยะอย่างมีประสิทธิภาพ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทราบข้อมูลของลักษณะสมบัติของขยะที่ต้องจัดการ ณ แหล่งนั้น ๆ เช่น ถ้าขยะจากย่านธุรกิจแห่งหนึ่งประกอบด้วยกระดาษเป็นส่วนใหญ่แล้ว เครื่องมือที่ใช้ในการกำจัดขยะจากแหล่งนี้อาจมีเพียงเครื่องบดตัด และเครื่องอัดกระดาษเป็นก่อนก็เพียงพอ นอกจากนี้แล้วหากมีโรงงานที่รับซื้อกระดาษเก่าเพื่อนำมาผ่าน

กระบวนการผลิตใหม่แล้ว การพิจารณาแยกเก็บขยะจากย่านธุรกิจดังกล่าวโดยเฉพาะ อาจให้ผลคุ้มค่ามากที่สุด ลักษณะสมบัติของขยะ สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ ลักษณะสมบัติทางกายภาพและทางเคมี ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงเฉพาะขยะจากชุมชนเท่านั้น อย่างไรก็ตามหลักการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของขยะจากชุมชนที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของขยะได้ทุกชนิด

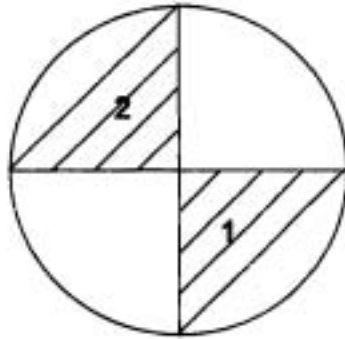
### 3.2.1 การสุ่มตัวอย่างขยะเพื่อมาวิเคราะห์

เนื่องจากระบบการเก็บรวบรวมขยะของชุมชนต่างๆ ของประเทศไทย ยังไม่มีการแยกประเภทของขยะจากแหล่งกำเนิด ทำให้ขยะที่จะทำการวิเคราะห์นั้นประกอบด้วยสิ่งต่างๆ ประปรายกันหลายชนิด แต่ไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกัน (Heterogeneous) ดังนั้นในการสุ่มตัวอย่างที่จะใช้เป็นตัวแทนในการวิเคราะห์ จึงจำเป็นต้องคัดเลือกให้ได้ตัวแทนที่ดีที่สุด และต้องพยายามทำให้กองขยะรวมเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneous) ให้มากที่สุด เพื่อให้ลักษณะขององค์ประกอบของกองขยะเหมือนๆ กันทุกส่วน ในการวิเคราะห์ขยะจากชุมชน สามารถเลือกขยะจากสถานที่เก็บกักขยะที่แหล่งกำเนิดขยะ หรืออาจจะใช้ขยะจากรถยนต์เก็บขนขยะที่เก็บขนขยะจากบริเวณชุมชน โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) สุ่มตัวอย่างขยะมาประมาณ 1 ลูกบาศก์เมตร (ขนาดของตัวอย่างของขยะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์เพื่อให้ได้ค่าที่เชื่อถือได้ทางสถิติ ควรมีปริมาณไม่น้อยกว่า 100 กิโลกรัม) นำไปทดสอบหาความหนาแน่น

2) นำตัวอย่างขยะที่หาความหนาแน่นเสร็จแล้วมากองรวมกัน แล้วคลุกเคล้าให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกันมากที่สุด

3) แบ่งกองขยะออกเป็น 4 ส่วน (Quartering) แล้วเลือกตัวอย่าง 2 ส่วนที่กองอยู่ตรงข้ามกัน (ภาพที่ 3-1 และ 3-2) มารวมกันแล้วคลุกเคล้าให้เข้ากันอีกครั้ง เพื่อให้องค์ประกอบต่าง ๆ กระจายกันอยู่อย่างทั่วถึง ส่วนที่เหลือให้แยกออกไปกำจัดต่อไป

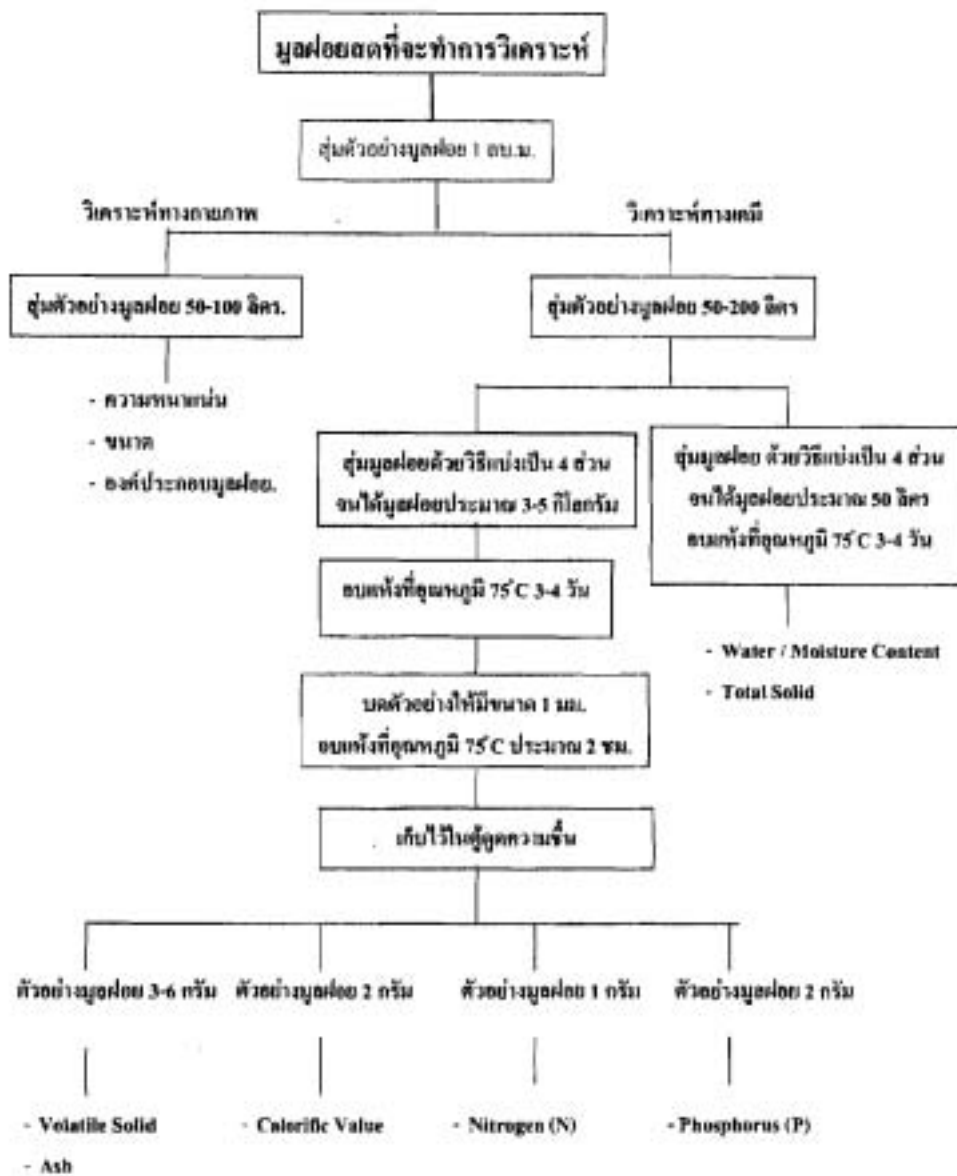


ภาพที่ 3-1 การแบ่งขยะเป็น 4 ส่วน และเลือกสุ่มมา 2 ส่วนที่อยู่ตรงข้ามกัน

4) จากนั้นทำ Quatering ต่อไปหลาย ๆ ครั้งจนกระทั่งเหลือขยะประมาณ 50-100 ลิตร (ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของตู้อบ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่มีอยู่) จากนั้นจึงนำตัวอย่างขยะที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ลักษณะต่าง ๆ ต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 3-3



ภาพที่ 3-2 การแบ่งขยะออกเป็น 4 ส่วน



**ภาพที่ 3-3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ตัวอย่างขยะ**

สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ในการสุ่มตัวอย่างขยะ ได้แก่

- (ก) อุปกรณ์คลุกเคล้าขยะ เช่น พลั่ว จอบ หรืออื่น ๆ
- (ข) เชือกสำหรับแบ่งกองขยะออกเป็น 4 ส่วน
- (ค) ถังที่ทราบปริมาตรแน่นอนเพื่อตวงขยะ

### 3.2.2 ลักษณะสมบัติทางกายภาพของขยะ (Physical Characteristics)

ข้อมูลของลักษณะสมบัติทางกายภาพของขยะมีส่วนสำคัญมาก ทั้งในการพิจารณาเลือกและวางแผนดำเนินการใช้เครื่องมือในการกำจัด การประเมินความเป็นไปได้ของการนำวัสดุและพลังงานกลับมาใช้ใหม่จากขยะ และการออกแบบระบบกำจัดที่เหมาะสม ลักษณะสมบัติทางกายภาพของขยะ ที่จะกล่าวถึง ได้แก่ องค์ประกอบ (Composition) ของวัสดุต่าง ๆ ในขยะ ขนาดของขยะ และความหนาแน่นของขยะ

#### องค์ประกอบของขยะ (Composition)

ขยะจากชุมชนโดยทั่ว ๆ ไปแล้วประกอบด้วยวัสดุหลายชนิดในปริมาณต่าง ๆ กัน ปริมาณขององค์ประกอบของขยะจากแหล่งกำเนิดแต่ละแหล่ง จะแตกต่างกันไปทั้งนี้ขึ้นกับสถานที่ สภาพเศรษฐกิจ และปัจจัยอื่น ๆ ด้วยเหตุนี้ในกรณีที่กระบวนการจัดการขยะจากแหล่งกำเนิดใดจำเป็นต้องใช้ข้อมูลขององค์ประกอบของขยะ เป็นปัจจัยที่สำคัญแล้ว การวิเคราะห์ส่วนประกอบของขยะเพื่อให้ได้ข้อมูลที่แท้จริงเฉพาะของแหล่งกำเนิดขยะนั้น ๆ จึงเป็นขั้นตอนพื้นฐานที่สำคัญอย่างยิ่ง ทั้งนี้ก่อนเริ่มการวิเคราะห์องค์ประกอบของขยะ ผู้ออกแบบระบบจะต้องประเมินแล้วว่าค่าขององค์ประกอบใด ๆ ที่เปลี่ยนแปลงไปจะมีผลกระทบต่อการวางแผนระบบค่อนข้างมาก และค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียไปในการวิเคราะห์จะได้รับผลคุ้มค่า

การวิเคราะห์หาองค์ประกอบของขยะ จะต้องเลือกใช้วิธีการที่ให้ข้อมูลซึ่งเชื่อถือได้ว่าเป็นค่าที่ใกล้เคียงความจริง ทั้งนี้ขึ้นกับเทคนิคในการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ และสามัญสำนึกในการเลือกเก็บตัวอย่างนั้น ปัจจัยที่สำคัญในการเลือกสถานที่เพื่อเก็บตัวอย่างมี 2 ปัจจัย คือ สภาพเศรษฐกิจสังคม (รายได้ดี ปานกลาง หรือน้อย) และ ประเภทที่อยู่อาศัย (บ้านเดี่ยว ห้องแถว อพาร์ทเมนต์ ฯลฯ) ในการเก็บตัวอย่างจะต้องเก็บตัวอย่างจากจุดต่าง ๆ ของเมืองที่ครอบคลุมหมดทุกสภาพเศรษฐกิจสังคม และประเภทที่อยู่อาศัย ซึ่งต้องประกอบด้วยอย่างน้อย 4 จุดซึ่งมีสภาพเศรษฐกิจและ/หรือประเภทที่อยู่อาศัยต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นกับสภาพของท้องถิ่นนั้น ๆ ว่าควรจะเลือกจุดเก็บใดบ้าง และจะเก็บกี่จุด

การแบ่งองค์ประกอบทางด้านกายภาพขยะออกไปตามลักษณะการใช้งานก่อนจะกลายเป็นขยะด้วยวัตถุประสงค์ของการแบ่งองค์ประกอบขยะในลักษณะนี้ มีประโยชน์ในเรื่องการควบคุมขยะจากแหล่งกำเนิดเป็นเกณฑ์ การแบ่งองค์ประกอบขยะออกเป็นประเภทอะไรนั้น ขึ้นอยู่กับ วัตถุประสงค์หรือความต้องการในการใช้งานของผู้แบ่งเป็นหลัก อย่างไรก็ตาม องค์ประกอบต่าง ๆ ของขยะที่ถูกแบ่งออกไปนั้น อาจแบ่งออกตามสัดส่วนของปริมาตร



หรือน้ำหนักก็ได้ แต่ส่วนใหญ่นิยมแบ่งตามสัดส่วนโดยน้ำหนักมากกว่า และสามารถหาได้ทั้ง สัดส่วนโดยน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง

### **องค์ประกอบของขยะชุมชน (Component Composition of MSW)<sup>(3)</sup>**

ในตารางที่ 3-2 ได้แสดงรายการองค์ประกอบของขยะชุมชนถูกนำไปกำจัด และ จัดแบ่งเป็นกลุ่มขององค์ประกอบในแต่ละองค์ประกอบ ด้วยส่วนขององค์ประกอบที่สามารถ นำไปเข้ากระบวนการหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ได้ และนำไปหมักทำปุ๋ยรวมอยู่ในส่วนนี้ด้วย ขยะชุมชนประกอบด้วย กระดาษหนังสือพิมพ์ เศษหญ้า เศษผ้าต่าง ๆ เศษยาง และเศษหนัง ส่วนขยะชุมชนที่ไม่ได้มาจากบ้านพักอาศัยประกอบด้วย กลังกระดาษลูกฟูก กระดาษ คุณภาพดี ไม้ พลาสติกอื่น ๆ และโลหะอื่น ๆ โดยองค์ประกอบของขยะชุมชนแปรผันตาม ลักษณะของกลุ่มธุรกิจ และหน่วยงานที่เป็นแหล่งกำเนิดขยะ ตัวอย่างเช่น สำนักงานมีขยะ อย่างอื่นนอกเหนือจากขยะกระดาษ และกระดาษ कार ไม่ได้ผลิตเฉพาะเศษอาหาร การแบ่ง องค์ประกอบขยะชุมชนอาจแบ่งได้ตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### **เศษอาหาร (Garbage)**

เศษอาหาร หมายถึง ขยะที่ได้จากห้องครัว จากสัตว์ จากการเตรียมอาหาร การปรุง การเสิร์ฟอาหาร เป็นสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ สามารถนำเสียดังกลิ่นเหม็นได้ มีความชื้นสูง และเหลว จะไม่รวมไปถึงขยะจากโรงฆ่าสัตว์ โรงงานอาหารกระป๋อง โรงงานห่อ สินค้าและโรงงานอื่น ๆ เศษอาหารจะมีต้นกำเนิดมาจาก ห้องครัวในบ้านเรือน ร้านค้า ตลาด ร้านอาหาร สถานที่ต้องเตรียมอาหาร ที่เก็บอาหาร และที่บริการอาหาร เศษอาหารจะย่อย สลายได้รวดเร็ว ยังส่งกลิ่นเหม็นที่ไม่พึงประสงค์ มีการนำเอาเศษอาหารไปเป็นอาหารสัตว์

#### **ขยะแห้ง (Rubbish)**

ขยะแห้งประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก ส่วนที่เผาไหม้ได้กับส่วนที่เผาไหม้ไม่ได้ จะเป็นขยะที่มาจากบ้านเรือน ร้านค้า สถาบัน แต่จะไม่รวมไปถึงขยะเศษอาหาร ส่วนขยะกาก แห้ง (trash) เช่น กากอ้อยแห้ง จะมีความหมายเหมือนกับขยะแห้ง (Rubbish) ใน ซึ่งจะใช้กัน ในบางประเทศ แต่ขยะกากแห้งนั้นจะเป็นส่วนย่อยของขยะแห้ง

ตารางที่ 3-2 ขยะที่แบ่งชนิด องค์ประกอบ และแหล่งที่มา<sup>11</sup>

ชนิด	องค์ประกอบ	แหล่งที่มา
เศษอาหาร (garbage)	เป็นขยะที่มาจากห้องครัว ตลาด การประกอบอาหาร การเก็บรวบรวม การค้าขาย	บ้านเรือน ร้านอาหาร สถาบัน
ขยะแห้ง (rubbish)	เป็นขยะที่เผาไหม้ได้ ได้แก่ เศษกระดาษ กล่องกระดาษ ไม้ เศษหญ้า เป็นขยะที่เผาไหม้ไม่ได้ ได้แก่ โลหะ กระป๋อง เฟอร์นิเจอร์โลหะ แก้ว ฝุน ถ้วยชามกระป๋อง แร่ธาตุ หิน	โกดัง ตลาด
เถ้าถ่าน (ashes)	สิ่งเหลือจากการเผาไหม้ ด้วยความร้อน และจากขบวนการเผาไหม้	
ขยะจากถนน (street refuse)	เศษสิ่งของต่าง ๆ ที่ได้จากการกวาดถนน ฝุน ใบไม้ ฝุนดิน ขยะต่าง ๆ	ถนน ทางเท้า ตรอกซอย ที่ว่าง
ซากสัตว์ (dead animals)	สัตว์ที่ตายตามธรรมชาติ เช่น แมว สุนัข ม้า วัว	เปล่า
ซากรถยนต์ (abandoned vehicles)	เป็นยานพาหนะที่ไม่ต้องการหรือทิ้งไว้ในที่สาธารณะ	
ขยะจากอุตสาหกรรม (Industrial wastes)	เป็นขยะจากอุตสาหกรรมอาหาร เศษเหล็ก เศษไม้	โรงงาน โรงผลิตไฟฟ้า
ขยะจากการรื้อทำลาย (demolition wastes)	ไม้ซุง ท่อ อิฐ ปูน และอุปกรณ์วัสดุการก่อสร้างจากการรื้อตึก รวมถึงโครงสร้างอื่น ๆ	ที่รื้อทำลาย โครงการใหม่ ทางด่วน
ขยะจากการก่อสร้าง (construction wastes)	เศษไม้ซุง ท่อ และวัสดุก่อสร้างอื่น ๆ	ที่ก่อสร้างใหม่ ปรับปรุงใหม่
ขยะพิเศษ (special wastes)	ขยะอันตราย วัตถุระเบิดได้ ขยะติดเชื้อ สารรังสี	บ้านเรือน โรงแรม โรงพยาบาล สถาบันการศึกษา อุตสาหกรรม
กากตะกอน	ของแข็งจากตะกอน ที่กรองได้จากกังเกระอะ	โรงบำบัดน้ำเสีย กังเกระอะ

(ก) ขยะแห้งที่เผาไหม้ได้ ประกอบด้วย กระดาษ เศษผ้า กล่องกระดาษ ลังไม้ เศษไม้ เครื่องตกแต่งบ้าน เศษพุ่มไม้ เศษหญ้า และอื่น ๆ อีกมากมาย ขยะแห้งเหล่านี้จะไม่เน่าเปื่อย และสามารถเก็บไว้ได้ในเวลานาน

(ข) ขยะแห้งที่เผาไหม้ไม่ได้ ประกอบด้วย วัสดุที่ไม่ถูกเผาทำลายด้วยอุณหภูมิของเตาเผาที่ 700-1,100 °C มักจะเป็นส่วนของเศษสิ่งของที่ไม่ใช่แล้ว เช่น กระจัง โลหะ แก้ว และอื่น ๆ

#### **เถ้าถ่าน (Ashes)**

เป็นเศษที่เหลือจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจำพวกไม้ ถ่านหิน ซึ่งในแถบประเทศที่มีอากาศร้อนจะมีปริมาณน้อยมาก ไม่ก่อให้เกิดปัญหาเท่ากับประเทศในแถบที่มีอากาศหนาวที่ต้องใช้ความร้อนช่วยในการให้ความอบอุ่น ซึ่งใช้เชื้อเพลิงมากทำให้เกิดขยะประเภทนี้เป็นปัญหาต่อการเก็บขน และรวบรวมไว้ ถ้าวรรวมไว้ไม่ดีแล้วจะทำให้ฟุ้งกระจายมีปัญหาทางด้านมลพิษอากาศตามมา

#### **ขยะจากถนน (Street refuse)**

ขยะจากถนน คือ เศษสิ่งของต่าง ๆ ที่ได้จากการกวาดถนน ขยะประเภทนี้ส่วนมากเป็นเศษกระดาษ เศษสินค้า ผุนละออง เศษดิน เศษหิน อาจจะรวมถึงพวกซากสัตว์ด้วยในบางครั้ง

#### **ซากสัตว์ (Dead animals)**

เป็นสัตว์ที่ตายตามธรรมชาติ ตามด้วยอุบัติเหตุ หรือตายด้วยโรคต่าง ๆ แต่ไม่รวมถึงสัตว์หรือส่วนใด ส่วนหนึ่งของสัตว์ที่ทิ้งจากโรงงานฆ่าสัตว์ เนื่องจากเป็นโรคหนองพยาธิ ซากสัตว์เหล่านี้อาจนำไปสกัดเอาไขมันออก และเอาหนังไปฟอกใช้ประโยชน์ต่อไปได้

#### **ซากรถยนต์ (Abandoned vehicles)**

เป็นรถยนต์หรือส่วนหนึ่งส่วนใดของรถยนต์ที่ไม่ใช่แล้ว ถ้าปล่อยทิ้งไว้จะทำให้เกิดความไม่ปลอดภัย จึงควรต้องนำไปดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่ง ในประเทศไทยนั้นยังไม่มีปัญหานี้เท่าใดนัก เนื่องจากมีซากรถยนต์ไม่มากนัก

#### **ขยะจากอุตสาหกรรม (Industrial wastes)**

เป็นขยะจากโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ รวมทั้ง โรงฆ่าสัตว์ด้วย เพราะได้จัดอยู่ในประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ขยะประเภทนี้ขึ้นกับประเภทของโรงงาน ถ้าโรงงานผลิตสินค้าอาหาร ขยะก็จะเป็นพวกเศษอาหาร นำเหม็นได้

### **ขยะจากการก่อสร้าง (Construction Wastes)**

ขยะจากการรื้อทำลาย (Demolition wastes) และขยะจากการก่อสร้าง (construction wastes) รวมถึงขยะจากเศษวัสดุต่าง ๆ ที่ได้จากการก่อสร้างหรืออาคารบ้านเรือน รวมถึงสิ่งที่เหลือจากการตกแต่งอาคารบ้านเรือนด้วย เช่น เศษอิฐ เศษปูน เศษกระเบื้อง เศษไม้ หรือเศษวัสดุจากส่วนของบ้านเรือน

### **ขยะพิเศษ (Special wastes)**

หมายถึง ขยะที่อาจจะก่อให้เกิดปัญหาในการเก็บขน การกำจัด ตลอดจนการจับต้อง เช่น กระจกที่มีการอัดลม โบรมิตโคน ขยะที่ติดเชื้อจากโรงพยาบาล สารรังสี จากห้องปฏิบัติการ หรือจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการใช้สารรังสี เป็นต้น ขยะประเภทนี้ต้องได้รับการดูแล ระมัดระวังเป็นพิเศษในการเก็บขนและการกำจัด สำหรับกรุงเทพมหานครให้ทั้งขยะประเภทนี้ในถุงขยะสีแดง และจะเก็บทุกวันที่ 1 และวันที่ 15 ของเดือนเท่านั้น

### **ภาคตะกอน (Biosolid wastes)**

เป็นของแข็ง หรือตะกอนที่ได้จากระบวนการปรับปรุงสภาพน้ำทิ้งหรือในกระบวนการผลิตน้ำประปา รวมถึงตะกอนจากการลอกท่อระบายน้ำสาธารณะต่าง ๆ

### **องค์ประกอบของขยะขนาดใหญ่ (Component Composition of Bulky Waste)**

องค์ประกอบของขยะขนาดใหญ่มีปริมาณน้อยกว่าขยะชุมชนมาก ดังแสดงในตารางที่ 3-3 แสดงถึงองค์ประกอบส่วนประกอบของขยะขนาดใหญ่ ในแถวที่หนึ่งแสดงถึงองค์ประกอบของขยะขนาดใหญ่ทั้งหมดที่เกิดขึ้น รวมถึงสามารถนำไปหมุนเวียนใช้ และในแถวที่สามเป็นส่วนที่ต้องนำไปกำจัดในหลุมฝังกลบ ในแถวกลางเป็นการประมาณส่วนประกอบที่สามารถนำกลับมาใช้ในกระบวนการได้ประมาณ 80% ส่วนประกอบของขยะรวมก่อนจะแยกส่วนที่สามารถหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ได้มีความแตกต่างกับองค์ประกอบของขยะหลังการหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ เช่น จำนวนวัสดุอินทรีย์ถูกแบ่งเป็นสามในสี่ส่วนของขยะขนาดใหญ่ก่อนมีการแยกเอาขยะรีไซเคิลไปใช้ ที่เป็นส่วนน้อยมากในส่วนที่เป็น หนึ่งในสี่ส่วนหลังจากรีไซเคิลแล้ว ขึ้นกับสถานที่ บริเวณที่ทำการรีไซเคิล องค์ประกอบของขยะจากชุมชนไม่เปลี่ยนแปลงมากนักเมื่อฤดูกาลเปลี่ยน สิ่งที่ทำให้ขยะมีองค์ประกอบเปลี่ยนไปนั้น เช่น เศษหญ้า เศษใบไม้ อาจเปลี่ยนไปตามสภาวะอากาศได้ ในฤดูฝนเป็นเศษหญ้าเศษใบไม้ที่เป็นของสด เขียว แต่ในฤดูหนาวเป็นเศษใบไม้ที่แห้งสีน้ำตาล

**ตารางที่ 3-3** องค์ประกอบส่วนประกอบของขยะขนาดใหญ่

ชนิด	เปอร์เซ็นต์ของ การกำเนิด	เปอร์เซ็นต์ของการ นำกลับไปใช้ใหม่	เปอร์เซ็นต์ของ การนำไปฝังกลบ
สารอินทรีย์/เผาไหม้ได้	24.7	37.9	73.4
กองเศษไม้	13.1	47.2	33.0
กระดาษลูกฟูกแข็ง	0.7	2.5	3.1
พลาสติก	1.0	18.8	3.7
เครื่องเรือน	1.3	0.0	6.3
เศษวัชพืช	3.8	73.0	4.9
พรม หรือผ้าเช็ดเท้า	0.7	0.0	3.2
วัสดุทั่ว ๆ ไป	2.1	0.0	10.2
วัสดุมูลหึ่งคา	1.2	0.4	5.9
ยางล้อรถยนต์	0.3	100.0	0.0
อื่น ๆ	0.6	0.0	3.1
สารอนินทรีย์/เผาไหม้ไม่ได้	75.3	92.6	26.6
แผ่นยับซึม พลาสติก	1.8	2.9	8.3
โลหะ เครื่องมือ เครื่องจักร	15.4	92.5	5.5
ขยะ ฟูน	1.2	0.0	5.8
คอนกรีต	26.5	96.7	4.2
แอสฟัลท์ ยางลาดถนน	28.7	99.9	0.1
อิฐ	1.3	81.8	1.1
อื่น ๆ	0.3	0.0	1.6
<b>ทั้งหมด</b>	<b>100.0</b>	<b>79.1</b>	<b>100.0</b>

องค์ประกอบและอัตราการผลิตขยะในแต่ละชุมชนจะแตกต่างกันไป เนื่องจากปัจจัยที่มีผลต่อองค์ประกอบ และอัตราการผลิตขยะที่แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น ชุมชนที่ประชาชนส่วนใหญ่มีรายได้หรือมาตรฐานการครองชีพสูงจะมีองค์ประกอบของขยะจำพวกเศษอาหารน้อย แต่จะมีขยะจำพวกเศษกระดาษมากกว่าชุมชนที่ประชาชนส่วนใหญ่มีรายได้หรือมาตรฐานการครองชีพต่ำ ดังแสดงในตารางที่ 3-4 ด้วยเหตุนี้ในการวางแผนการจัดการขยะในชุมชนจึงจำเป็นต้องใช้ข้อมูลขององค์ประกอบของขยะในชุมชนนั้นๆ เป็นปัจจัยสำคัญ เพราะการวาง

แผนการจัดการขยะที่ดี ผู้วางแผนจะต้องทราบองค์ประกอบของขยะที่ถูกต้อง และต้องประเมินได้ว่าองค์ประกอบใดบ้างที่อาจเปลี่ยนแปลงไป จนอาจส่งผลต่อการวางแผนการจัดการขยะได้

**ตารางที่ 3-4** ลักษณะขององค์ประกอบขยะชุมชนแยกตาม รายได้ มาตรฐานการครองชีพของประชาชน (ไม่รวมขยะที่คัดแยกเพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่)<sup>(3)</sup>

องค์ประกอบ (ร้อยละ)	รายได้/ มาตรฐาน การครองชีพต่ำ	รายได้/ มาตรฐาน การครองชีพกลาง	รายได้/ มาตรฐาน การครองชีพสูง
<b>สารอินทรีย์</b>			
เศษอาหาร	40-85	20-65	6-30
เศษกระดาษ/ กลัง	1-10	8-30	20-45
พลาสติก	1-5	2-6	2-8
ผ้า	1-5	2-10	2-6
ยางและหนัง	1-5	1-4	0-2
เศษใบไม้/ กิ่งไม้	1-5	1-10	10-20
เศษไม้	1-5	1-10	1-4
อื่นๆ	-	-	-
<b>สารอนินทรีย์</b>			
แก้ว	1-10	1-10	4-12
กระเบื้องดินเผา	-	-	2-8
อะลูมิเนียม	1-5	1-5	0-1
โลหะอื่นๆ	-	-	1-4
ฝุ่น ขี้เถ้า	1-40	1-30	0-10

องค์ประกอบของขยะอาจแบ่งประเภทของขยะ ออกเป็น 4 กลุ่มใหญ่ คือ

- (1) ขยะที่เผาไหม้ได้ ได้แก่ กระดาษ (Paper) ผ้าหรือสิ่งทอ (Clothes) ผักผลไม้ และเศษอาหาร (Garbage) พลาสติก (Plastic) หนุ้าและไม้ (Wood & Grasses) ยาง (Rubber)
- (2) ขยะที่เผาไหม้ไม่ได้ ได้แก่ เหล็กหรือโลหะ (Metal and Steel) อื่นๆ แก้ว (Glasses) กระเบื้อง (Stone and Ceramics) เปลือกหอย ฯลฯ
- (3) อื่น ๆ (Miscellaneous)
- (4) ขยะอันตราย (Hazardous Waste)

หรือองค์ประกอบย่อยจะอาจแบ่งประเภทตามความต้องการมุ่งประโยชน์ในเรื่องการควบคุมขยะจากแหล่งกำเนิดเป็นเกณฑ์

- (1) อาหาร (Food)
- (2) ภาชนะบรรจุ วัสดุที่ใช้ห่อสิ่งของ (Containers packing materials)
- (3) สินค้าเครื่องใช้ (Commodities)
- (4) เครื่องใช้จากสำนักงาน (Office use)
- (5) สิ่งของเครื่องใช้จากงานโฆษณา และประชาสัมพันธ์ (Advertisement)
- (6) อื่น ๆ (Miscellaneous)

#### การคำนวณหาองค์ประกอบขยะ

ในการคำนวณเพื่อหาองค์ประกอบของขยะนั้น นิยมบอกเป็นค่าร้อยละ ซึ่งอาจเป็นร้อยละโดยปริมาตร หรือร้อยละโดยน้ำหนัก ใช้สมการคำนวณดังนี้

$$C = \frac{W_i \times 100}{W} \quad (1)$$

โดย C = ร้อยละขององค์ประกอบขยะแต่ละชนิด

$W_i$  = น้ำหนักหรือปริมาตรขององค์ประกอบขยะแต่ละชนิด

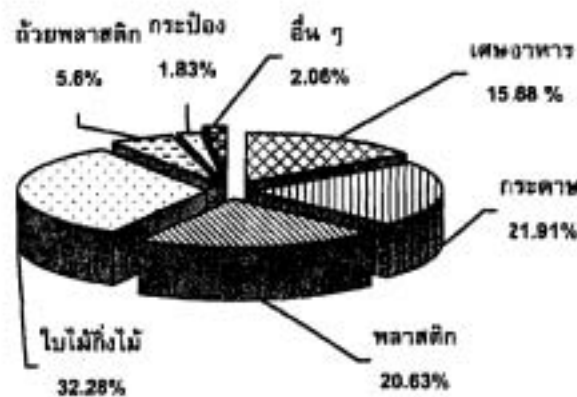
W = น้ำหนักหรือปริมาตรขยะรวม

ตัวอย่างขององค์ประกอบทางกายภาพของขยะในมหาวิทยาลัยรามคำแหงหัวหมาก กรุงเทพมหานคร ดังแสดงในตารางที่ 3-5

ตารางที่ 3-5 องค์ประกอบเฉลี่ยของขยะภายในมหาวิทยาลัยรามคำแหงจากบริเวณที่สุ่มตัวอย่าง<sup>(4)</sup>

องค์ประกอบ	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก		
	โรงอาหาร	หอสมุด	สนามกีฬา
เศษอาหาร	10.09	36.96	0.00
กระดาษ	32.89	14.87	17.97
พลาสติก	22.59	21.17	18.13
ใบไม้กิ่งไม้	25.88	10.30	60.68
ถ้วยพลาสติก	4.17	9.73	2.92
กระป๋อง	4.39	0.80	0.31
อื่น ๆ	0.00	6.18	0.00

องค์ประกอบของขยะภายในมหาวิทยาลัยทำการสุ่มตัวอย่างจากรอบบริเวณ โรงอาหารกลาง หอสมุดกลาง สนามกีฬา โดยสุ่มจากถังขยะประเภทถังพลาสติกสีน้ำเงินความจุถึง 200 ลิตร โดยทำการแยกองค์ประกอบของขยะออกเป็น เศษอาหาร กระดาษ พลาสติก ใบไม้กิ่งไม้ ถ้วยพลาสติก กระป๋อง และอื่น ๆ และผลจากการสำรวจปริมาณขยะ ในช่วงเวลาตั้งแต่เดือนมกราคม - มีนาคม 2546 ปริมาณขยะเฉลี่ยแสดงในภาพที่ 3-4



ภาพที่ 3-4 องค์ประกอบเฉลี่ยของขยะภายในมหาวิทยาลัยทั้งหมด <sup>(4)</sup>

สำหรับอาคารของสำนักพิมพ์ มีจุดรวมรวมขยะทางด้านข้างของสำนักพิมพ์ ติดกับพื้นที่การกีฬาแห่งประเทศไทย เป็นถังประเภทคอนเทนเนอร์ขนาด 8,000 ลิตร บางส่วนที่มีค่าได้ทำการแยกแล้ว โดยปรากฏว่ามีองค์ประกอบจะต่างจากที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เนื่องจากกิจกรรมของสำนักพิมพ์มีความแตกต่างจาก บริเวณ โรงอาหาร รอบหอสมุดกลาง และสนามกีฬาโดยสิ้นเชิง ดังแสดงในตารางที่ 3-6 จะพบว่ามีการดาษมากที่สุดถึง 51.31 % ของขยะที่เกิดจากสำนักพิมพ์ และความชื้นจะอยู่ที่ ประมาณ 40 %



ตารางที่ 3-6 องค์ประกอบขยะสำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง<sup>[4]</sup>

องค์ประกอบ	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
เศษอาหาร	38.71
กระดาษ	51.31
พลาสติก	2.39
ผ้า (เบื่อน้ำมัน)	7.41
แก้ว	0.09
โลหะ	0.09

และองค์ประกอบทั่วไปของขยะจากเมืองต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 3-7  
 ตารางที่ 3-7 องค์ประกอบของขยะจากเมืองต่าง ๆ<sup>[5]</sup>

องค์ประกอบ	ช่วงค่าทั่วไป	ปริมาณโดยน้ำหนัก (%)		
		กทม.	จันทบุรี	ไต้หวัน
เศษอาหาร	20-60	22	52.7	24.6
กระดาษ	ก.พ.-45	5.6	13.2	7.5
พลาสติก	ก.พ.-15	8.2	14.3	2.5
ยาง	0-2	1.4	0.2	0.5
เศษผ้า	0-10	3.7	2	3.7
หนัง	0-2	-	0.2	-
ใบไม้กิ่งไม้	0-15	10.8	0.5	0.5
ไม้	0-15	11.5	3.1	-
แก้ว	0-15	3.2	2.5	2.8
กระป๋อง	0-10	-	-	-
โลหะเหล็ก	0-4	2.9	3.39	1.1
โลหะที่ไม่ใช่เหล็ก	0-1	-	-	-
ฝุ่นซีเมนต์อิฐและอื่น ๆ	5-60	30.7	7.91	56.8
รวม	-	100	100	100

### องค์ประกอบขยะของกรุงเทพมหานคร

การศึกษาองค์ประกอบของขยะในกรุงเทพมหานคร และจำแนกแหล่งกำเนิดของขยะออกเป็นประเภท อาคารบ้านเรือน ตลาด ห้างสรรพสินค้า โรงแรม สำนักงาน โรงงานทอผ้า โรงงานประกอบรถยนต์ โรงเลื่อยไม้ และการศึกษาจากสถานที่กำจัดขยะ องค์ประกอบของขยะทางฟิสิกส์ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักเปียกที่มีปริมาณสูงสุด 5 ลำดับแรกคือ ใบไม้และกิ่งไม้ กระดาษ เศษอาหาร กระดุก หิน พลาสติก มีค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ย 19.0 18.3 15.4 11.9 และ 10.4 ตามลำดับ นอกนั้นประกอบด้วยแก้ว เหล็ก เศษผ้าและสิ่งทอ แบตเตอรี่แห้ง ยาง และหนังสือ โลหะอื่นยกเว้นเหล็ก มีค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ย 6.1 5.4 4.0 3.38 2.0 และ 0.4 ตามลำดับ องค์ประกอบอื่นๆอีก 6.7 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่น (Bulk density) ของขยะเฉลี่ยจากทุกแหล่งกำเนิด 0.188 กิโลกรัมต่อลิตร ความชื้นเฉลี่ย 44.9 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ค่าความร้อนเฉลี่ย 1,887 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ค่า pH เฉลี่ย 5.53 และมีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญประกอบด้วย คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) ไนโตรเจน (N) ออกซิเจน (O) ซัลเฟอร์ (S) คลอไรด์ (Cl) เถ้า (Ash) ฟอสเฟอรัส (P) และ โพแทสเซียม (K) คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยโดยน้ำหนักจากทุกแหล่งกำเนิดของขยะเท่ากับ 45.3 7.13 0.69 32.5 0.14 0.61 13.5 0.38 และ 5.45 ตามลำดับ

### องค์ประกอบขยะของเทศบาลเมืองเพชรบุรี

เทศบาลเมืองเพชรบุรี ให้บริการแก่ประชาชนทั่วไปในการเก็บรวบรวมขยะแบบตั้งถังขยะกับที่ (stationary container system) สำหรับการรวบรวมขยะจากแหล่งชุมชนในเขตเทศบาลรวมทั้งขยะมูลฝอยติดเชื้อจากโรงพยาบาลและคลินิกเอกชน ส่วนโรงพยาบาลของรัฐมีเตาเผาขยะติดเชื้อเป็นการเฉพาะ แล้วจึงนำขี้เถ้าที่เกิดจากการเผาไปเททิ้งยังสถานที่กำจัดขยะของเขตเทศบาล รถเก็บขนขยะที่ใช้งานในแต่ละวันจำนวน 9 คัน แบ่งเป็นรถเก็บขนขยะแบบธรรมดา 6 คัน ความจุระหว่าง 8-10 ลูกบาศก์เมตร และรถอีแต่นจำนวน 3 คัน ความจุระหว่าง 3.0-5.1 ลูกบาศก์เมตร ปริมาณขยะในเขตเทศบาลเมืองเพชรบุรีทั้งฤดูกาลท่องเที่ยวและฤดูผลไม้ (พ.ศ. 2534-2535) โดยเฉลี่ยไม่แตกต่างกันมากนัก ปริมาณขยะเฉลี่ย 24,242 กิโลกรัมต่อวัน คิดเป็นปริมาตร 91.46 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

ตารางที่ 3-8 ลักษณะและองค์ประกอบของขยะเทศบาลเมืองเพชรบุรี

ลักษณะขยะ	ตลาด	ชุมชน	สถานที่กำจัดขยะ
ผักเศษอาหารและเศษพืช	70.59	52.95	57.36
กระดาษ	5.86	7.59	7.16
พลาสติก	12.54	14.38	13.92
ยาง	1.23	1.98	1.79
หนัง	1.48	0.52	0.76
ผ้า	0.71	3.84	3.06
ไม้	1.50	2.82	2.49
แก้ว	2.38	3.70	3.37
โลหะ	1.67	1.92	1.86
หิน, กระเบื้อง	0.20	2.28	1.76
อื่น ๆ	1.81	6.69	5.47
<sup>1</sup> ความหนาแน่นขยะปกติ	189.35	198.35	196.10
<sup>2</sup> ความหนาแน่นขยะในขณะขนส่ง	228.44	292.64	276.59
เปอร์เซ็นต์ความชื้น	59.47	52.58	54.30
<sup>3</sup> ค่าความร้อน	2,261.62	2,156.46	2,174.75

- หมายเหตุ**
- <sup>1</sup>ความหนาแน่นขยะปกติ มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
  - <sup>2</sup>ความหนาแน่นขยะในขณะขนส่ง มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
  - <sup>3</sup>ค่าความร้อน มีหน่วยเป็นแคลอรีต่อกรัม ข้อมูลทั้งหมดแสดงในรูปของเปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบในแต่ละชนิดและเป็นข้อมูลจากน้ำหนักเปียก

ความหนาแน่นเฉลี่ย 265.05 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ขยะติดเชื้อที่เก็บรวบรวมโดยไม่ได้แยกพิเศษปริมาณเฉลี่ยวันละ 130 กิโลกรัม ส่วนโรงพยาบาลของรัฐปริมาณขยะติดเชื้อที่ต้องนำเข้าเตาเผาวันละ 300 กิโลกรัม องค์ประกอบของขยะจากตลาด ชุมชนและสถานที่กำจัดมูลฝอยของเทศบาลเมืองเพชรบุรี รวมถึงลักษณะบางประการ มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3-8

### ขนาดของขยะ ลักษณะชิ้นส่วน<sup>(6)</sup>

ขนาดของขยะที่กระจายในขยะชุมชน การประมาณขนาดของขยะใช้หลักการตัดขนาด โดยใช้ตะแกรงร่อนเป็นชุด โดยเริ่มจากหยาบไปหาละเอียด ขยะชุมชนยากที่จะตัดขนาดได้ และองค์ประกอบของขยะชุมชนส่วนมากไม่สามารถบอกขนาดได้ กองของขยะมีแนวโน้มว่าไม่สามารถจะรักษารูปร่างไว้ น้ำหนักของขยะที่ออกมาจากรถบดอัดจะมีรูปร่างที่เป็นไปตามรูปของรถขนถ่าย เมื่อขยะถูกเคลื่อนย้ายออกจากที่รวบรวมเช่นบริเวณหนึ่งที่เป็นอุปกรณ์ส่วนหนึ่งของการเผา ทำให้ขยะไม่สามารถไหลเข้าไปในพื้นที่ส่วนที่ต้องการได้ สมบัตินี้ทำให้ด้านหนึ่งที่รถขนถ่ายมีช่องว่างเป็นการเสียพื้นที่ในการเก็บขน ขยะชุมชนอาจถูกแบ่งเป็นชั้น ๆ ในแนวตั้งเมื่อมีการผสมกัน ขยะที่มีขนาดเล็ก หรือหนักกว่าจะตกไปสู่ส่วนล่างสุดของภาชนะ ส่วนขยะที่เบาหรือขนาดใหญ่กว่าจะเคลื่อนสู่ด้านบน ถ้ามีการสั่นเล็ก ๆ น้อย ๆ ขยะชุมชนจะไม่แบ่งเป็นชั้น ๆ อย่างข้างต้น

ขนาดของขยะเป็นตัวแปรหนึ่งที่ใช้ในการพิจารณาการแยกขยะโดยการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ ในการคัดแยกขยะเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ ที่สถานีคัดแยกหรือสถานีขนถ่าย โดยเฉพาะการแยกขยะด้วยตะแกรง (Trammel screens) และทางแม่เหล็ก (Magnetic separators) ขนาดของขยะอาจหาได้จากการคำนวณด้วยสมการเหล่านี้ คือ

$$S_c = l \quad (2)$$

$$S_c = \left( \frac{l + w}{2} \right) \quad (3)$$

$$S_c = \left( \frac{l + w + h}{3} \right) \quad (4)$$

$$S_c = (l \times w)^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

$$S_c = (l \times w \times h)^{\frac{1}{3}} \quad (6)$$

เมื่อ

$S_c$  = ขนาดขององค์ประกอบขยะ, นิ้ว (มิลลิเมตร)

$l$  = ความยาว, นิ้ว (มิลลิเมตร)

$w$  = ความกว้าง, นิ้ว (มิลลิเมตร)

$h$  = ความสูง, นิ้ว (มิลลิเมตร)

ขนาดของขยะประเภทกระป๋องอะลูมิเนียม กระป๋องดีบุก และแก้ว มักจะใช้สมการที่ (5) ตัวอย่างของ ขนาดของขยะที่มาจากบ้านเรือนมักจะเป็น 7-8 นิ้ว

### ความหนาแน่น (Density)

ค่าความหนาแน่นของขยะชุมชนที่ประมาณค่าได้ตามแต่กรณี มีสภาพดังแสดงในตารางที่ 3-9 ภายใต้เงื่อนไขที่แตกต่าง ความหนาแน่นของขยะผสมมีอิทธิพลมาจากการบดอัด ความชื้น และองค์ประกอบส่วนประกอบของขยะ ซึ่งแสดงในตาราง องค์ประกอบของขยะที่ขนาดใหญ่จะทำให้มีค่าความหนาแน่นทั้งหมดแตกต่างกัน และทำให้ช่วงของความหนาแน่นยังคงมีค่าอยู่ในส่วนประกอบที่มากอยู่

ในส่วนประกอบของขยะชุมชนที่มีส่วนประกอบเดียว ค่าความหนาแน่นจะเพิ่มเมื่อลักษณะทางกายมีขนาดลดลง เมื่อมีการบดอัดเพิ่มขึ้นค่าความหนาแน่นจะเพิ่มขึ้น และเป็น การลดความไม่เป็นระเบียบของขยะ การบดอัดเกิดขึ้นในกองขยะเมื่อความหนาแน่นมีแนวโน้มมากขึ้นในกรณีเมื่อกองของขยะเพิ่มสูงขึ้น ส่วนในหลายกรณี เมื่อการตัดแบ่งย่อยขยะ และการลดขนาดของขยะ เป็นการวัดการเพิ่มขึ้นของความหนาแน่นโดยลดความไม่เป็นระเบียบ การลดขนาดของขยะให้ได้รูปแบบที่แน่นอนของวัสดุ เช่น กระดาษจากสำนักงาน สามารถเพิ่มความไม่เป็นระเบียบ และลดค่าความหนาแน่นได้เนื่องจากกระดาษจะเบาและจัดการยากขึ้น

ความหนาแน่นของขยะ คือ สัดส่วนของน้ำหนักขยะต่อปริมาตรที่ขยะนั้นบรรจุอยู่ในภาชนะต่างๆ กัน ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ ความหนาแน่นปกติ และความหนาแน่นของขยะขณะขนส่ง ข้อมูลของความหนาแน่นของขยะเป็นข้อมูลที่สำคัญมากในการประเมินค่าน้ำหนักและปริมาตรของขยะที่ต้องจัดการ

**ตารางที่ 3-9** ปริมาณขยะที่มีมูลค่า ความชื้นและความหนาแน่นของขยะ<sup>[3]</sup>

ประเภท*	ปริมาณขยะที่มีมูลค่า (%)	ความชื้น (%)	ความหนาแน่น (กก./ลบ.ม.)
1.บ้านพักอาศัย	14.76	49.49	170.25
2.หอพัก	6.46	50.23	202.16
3.อพาร์ทเมนท์	10.16	50.46	194.25
4.อาคารชุด	7.41	49.58	186.30
5.โรงแรม	8.04	52.47	175.82
6.ร้านค้า	8.99	41.36	128.67
7.อาคารสำนักงาน	9.44	37.87	118.39
8.ห้างสรรพสินค้า	11.40	37.77	161.12
9.ตลาด	6.46	59.88	195.94
10.วัด	11.34	51.04	145.22
11.สถานบริการ	14.44	42.29	164.85
12.ร้านอาหาร	3.50	59.47	226.33
13.โรงงานอุตสาหกรรม	7.44	31.87	98.34
14.สถานศึกษา	3.85	36.17	128.76
15.สถานที่ราชการ	7.64	45.37	140.20
16.สวนสาธารณะ	7.17	30.98	137.53
17.คลินิก*	4.40	22.66	102.53
18.แผงลอย	10.10	62.29	194.75
19.สถานีรถโดยสาร	12.60	23.41	143.32
20.บ้านพักคนงาน	8.89	48.67	153.57

\* ไม่ได้ทำการสำรวจแหล่งกำเนิดประเภทสถานพยาบาล

#### ความหนาแน่นปกติ (Bulk density)

ความหนาแน่นปกติของขยะ ได้แก่ ขยะที่อยู่ในภาวะปกติ เช่น ขยะที่บรรจุอยู่ในภาชนะทั่วไป ภาชนะรองรับขยะ ซึ่งอาจจะมีการอัดให้แน่นเพียงเล็กน้อยในการหาความหนาแน่นของขยะนั้น มักทำพร้อมกับสุ่มการเก็บตัวอย่างขยะเพื่อศึกษาปริมาณหรือลักษณะสมบัติของขยะ โดยมีอุปกรณ์ในการดำเนินการ ดังนี้

(1) ภาชนะตวงขยะ ที่ทราบความจุแน่นอน โดยมีความจุ 50-100 ลิตร

- (2) อุปกรณ์ตักและคลุกเคล้าขยะ เช่น พลั่ว จอบ ฯลฯ
- (3) เครื่องชั่งน้ำหนัก ขนาดไม่น้อยกว่า 60 กิโลกรัม

#### วิธีการหาความหนาแน่นขยะปกติ

ชั่งน้ำหนักถังดวงเปล่าที่ทราบปริมาตรแน่นอนแล้วจดบันทึกไว้ สุ่มขยะมาประมาณ 1 ลบ.ม. คลุกเคล้าขยะให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วตักขยะใส่ภาชนะดวงขยะให้เต็ม ยกภาชนะดวงขยะให้สูงจากพื้นดินประมาณ 30 ซม. แล้วปล่อยให้ตกลงกระแทกพื้นหากขยะบุงลงก็ให้ตักขยะเติมให้เต็มดวงดวง เมื่อปล่อยให้ตกลงกระแทกพื้นครบ 3 ครั้งแล้ว นำไปชั่งน้ำหนัก ก็จะทราบน้ำหนักของขยะรวมกับน้ำหนักถังดวง ทำการตรวจตามขั้นตอนข้างต้นหลาย ๆ ครั้ง แล้วนำค่าที่วัดได้ไปคำนวณหาเฉลี่ยเป็นค่าความหนาแน่นปกติต่อไป

การคำนวณ หาความหนาแน่นขยะ มีสูตรคำนวณ คือ

$$\rho = \frac{W_1 - W_2}{V} \quad (7)$$

กำหนดให้

$\rho$  = ค่าความหนาแน่นปกติ (กก.ต่อลิตร หรือ ตันต่อลบ.ม.)

$W_1$  = น้ำหนักรวมของขยะและถังดวง

$W_2$  = น้ำหนักถังดวงเปล่า

$V$  = ปริมาตรภาชนะดวงขยะ

#### ค่าความหนาแน่นในขณะขนส่ง (Transported density)

ความหนาแน่นของขยะในขณะขนส่ง จะใช้กับขยะที่อัดแน่นอยู่ภายในรถเก็บขนขยะ คิดเป็นสัดส่วนระหว่างน้ำหนักขยะกับปริมาตรของตัวถังบรรจุขยะ ส่วนที่มีขยะบรรจุอยู่ ซึ่งขยะอัดแน่นจากการสั่นสะเทือนและการกระแทก ในระหว่างการเคลื่อนที่ของรถเก็บขนขยะ โดยมีอุปกรณ์ ในการหาความหนาแน่นในขณะขนส่ง คือ เทปวัดระยะ หรือตลับเมตร และเครื่องชั่งน้ำหนักขนาดใหญ่สำหรับชั่งน้ำหนักรถยนต์ได้

#### วิธีการหาความหนาแน่นของขยะในขณะขนส่ง

ชั่งน้ำหนักรถเก็บขนขยะเปล่าที่จะตรวจวัด บันทึกค่าน้ำหนักไว้ ชั่งน้ำหนักของรถเก็บขนขยะขณะที่มีขยะบรรจุอยู่ในตัวถังบรรจุขยะ ใช้เทปวัดระยะหาความกว้าง ความยาว และความสูงของตัวถังรถเฉพาะส่วนที่มีขยะบรรจุอยู่ จากนั้นนำค่าต่าง ๆ ไปคำนวณหาค่าความหนาแน่น โดยมีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$\rho_1 = \frac{W_1 - W_2}{V \times 0.01P} \quad (8)$$

กำหนดให้

$\rho_1$  = ค่าความหนาแน่นในขณะขนส่ง (กก./ลิตร หรือ ตัน/ลบ.ม.)

$W_1$  = นน. ของรถยนต์เก็บขนขยะขณะบรรทุกขยะ

$W_2$  = นน. รถยนต์เก็บขนขยะ

$V$  = ความจุหรือปริมาตรของตัวถังรถที่บรรทุกขยะ

$P$  = ร้อยละของความจุตัวถังที่ใช้บรรทุกขยะ

เนื่องจากความหนาแน่นของขยะจะแปรเปลี่ยนไปมากตามสภาพภูมิประเทศ ฤดูกาล และระยะเวลาที่ขยะถูกทิ้งในถัง ดังนั้นการเลือกใช้ค่าความหนาแน่นขยะจากข้อมูลเก่า ๆ หรือ รายงานที่ได้มีการศึกษาไว้แล้วนั้น จึงควรพิจารณาให้รอบคอบก่อน โดยทั่วไปแล้วขยะจาก ชุมชนที่ถ่ายจากรถอัดขยะ (Compaction Vehicles) มักมีความหนาแน่นประมาณ 180-420 กก./ลบ.ม. โดยค่าเฉลี่ยทั่วไปมีประมาณ 300 กก./ลบ.ม. ตารางที่ 3-10 แสดงค่าความ หนาแน่นเฉลี่ยทั่วไปของ ความหนาแน่นขององค์ประกอบของขยะแต่ละส่วน โดยขยะนี้ไม่ถูก อัดแน่นมาก่อน

**ตารางที่ 3-10** ความหนาแน่นเฉลี่ยทั่วไปขององค์ประกอบของขยะซึ่งไม่ถูกอัดมาก่อน

ส่วนประกอบ	ความหนาแน่น (กก./ลบ.ม.)	
	ช่วงค่า	ค่าเฉลี่ยทั่วไป
เศษอาหาร	128-480	288
กระดาษ	32-128	82
กระดาษแข็ง	30-80	50
พลาสติก	32-128	64
ยาง	96-192	128
เศษผ้า	32-96	64
หนัง	96-256	160
กิ่งไม้ใบหญ้าจากการทำสวน	64-224	104
ไม้	128-320	240
แก้ว	160-480	194



ส่วนประกอบ	ความหนาแน่น (กก./ลบ.ม.)	
	ช่วงค่า	ค่าเฉลี่ยทั่วไป
กระเบื้องอาหาร	48-160	88
โลหะเหล็ก	128-1120	320
โลหะไม่ใช่เหล็ก	64-240	160
ฝุ่น ซีเมนต์ อีฐ และอื่น ๆ	320-960	480

### น้ำหนักจำเพาะ (Specific weight)

$$\gamma_w = \frac{W}{V} \quad (9)$$

เมื่อ

W = น้ำหนักของขยะ (กิโลกรัม, กก.)

V = ปริมาตรของขยะ (ลูกบาศก์เมตร, ลบ.ม.)

น้ำหนักจำเพาะของขยะใช้วิเคราะห์ลักษณะของขยะก่อนการบดอัด เพื่อใช้ในการคำนวณในการวางแผนการจัดการขั้นต่อไป ค่าที่ได้ขึ้นอยู่กับเครื่องมือที่ใช้บดอัดขยะ สภาพพื้นที่ องค์ประกอบของขยะ ระยะเวลาพักขยะ เป็นต้น โดยทั่วไปมีค่าอยู่ในช่วง 300-700 lb/ yd<sup>3</sup> (170-350 กก./ ลบ.ม. เฉลี่ยประมาณ 250 กก./ ลบ.ม.)

การหาน้ำหนักจำเพาะของขยะ สามารถทำได้โดยนำขยะที่สุ่มเก็บมาใส่ภาชนะขนาด 50-200 ลิตร จากนั้นให้ใช้ไม้ตบเบา ๆ เกือบให้ทั่วเพื่อให้ได้ขยะมีปริมาตรเท่ากับความจุของรถพอดี้ แล้วจึงนำขยะทั้งหมดในภาชนะดังกล่าวมาชั่งน้ำหนักรวมพร้อมกับบันทึกผลการชั่งน้ำหนักไว้ ก็สามารถคำนวณหาค่าความหนาแน่นปกติได้จากสมการที่ (9)

### ความสามารถอุ้มน้ำได้ของขยะ (Field Capacity)

ความสามารถในการอุ้มน้ำ (FC) เป็นค่าที่ใช้ในการประเมินปริมาณความชื้นที่ขยะสามารถเก็บไว้ได้ และใช้ในการประเมินปริมาณน้ำชะล้างขยะ (Leachate) ค่าที่ได้ขึ้นอยู่กับสภาพการบดอัดขยะ ความยากง่ายในการย่อยสลายของขยะ โดยทั่วไปขยะที่ไม่ได้รับการบดอัดมี ความสามารถในการอุ้มความชื้นได้ ร้อยละ 50 - 60

$$FC = 0.6 - 0.55 \left( \frac{W}{4,500 + W} \right) \quad (10)$$

เมื่อ

FC = Field Capacity, % of dry weight of waste

W = Overburden weight calculated at mid-height of waste in lift, kg (ความสูงชั้นขยะเฉลี่ย รวมเอาเนื้อดินที่กลบทับขยะด้วย)

### การยอมให้น้ำซึมผ่าน (Permeability of compacted waste)

การยอมให้น้ำซึมผ่าน เป็นค่าสนับสนุนการเคลื่อนที่ของของเหลวและก๊าซผ่านขยะในการฝังกลบขยะอย่างถูกต้องหลักสุขาภิบาล

$$K = \frac{Cd^2\gamma_w}{\mu} = \frac{k\gamma_w}{\mu} \quad (11)$$

เมื่อ

K = ค่าคงที่ของการยอมให้น้ำซึมผ่าน

C = Shape factor

d = ขนาดเฉลี่ยของช่องว่างในขยะ

$\gamma_w$  = น้ำหนักจำเพาะของน้ำ

$\mu$  = ความหนืดของน้ำ

k = การซึมที่แท้จริง (intrinsic permeability)

ค่า k ขึ้นอยู่กับ ลักษณะสมบัติของขยะ เช่น การกระจายของช่องว่างในขยะ พื้นที่ผิวจำเพาะของขยะ เป็นต้น ค่า k ของขยะที่ได้รับการบดอัดแล้วในพื้นที่ฝังกลบ ควรอยู่ในช่วง  $10^{-12}$  -  $10^{-11}$   $m^2$  ในแนวตั้ง และ  $10^{-10}$   $m^2$  ในแนวระดับ

### 3.2.3 ลักษณะสมบัติทางเคมี (Chemical characteristic)

ข้อมูลของลักษณะสมบัติทางเคมีของขยะ มีความสำคัญมากในการคาดการณ์ความเป็นไปได้ของการแปรรูปหรือการคืนรูปของขยะ หรือการออกแบบวิธีการกำจัดที่เหมาะสม เช่น การพิจารณาใช้วิธีการเผาเป็นวิธีกำจัดขยะนั้น ๆ โดยหวังที่จะได้พลังงานความร้อนมาใช้ประโยชน์ การพิจารณาค่าความชื้น ค่าองค์ประกอบด้านเคมี (ค่าคาร์บอน ค่าไนโตรเจน) ประกอบการตัดสินใจเลือกใช้ระบบหมักปุ๋ย เป็นต้น สำหรับวิธีการเลือกสุ่มตัวอย่างของขยะในการวิเคราะห์จะใช้วิธีการเช่นเดียวกับที่กล่าวมาแล้วในการวิเคราะห์หา

## ลักษณะทางกายภาพ

### ตัวแปรที่สำคัญของลักษณะด้านเคมีของขยะ

ตัวแปรที่สำคัญของลักษณะของขยะด้านเคมี ได้แก่ ปริมาณน้ำ (Moisture content) ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ และปริมาณเถ้า มักถูกเรียกรวมกันว่า "The Tree Components" องค์ประกอบด้านเคมี (Chemical element components) สารเคมีที่เป็นพิษ (Toxic substance) และค่าความร้อน (Calorific Value)

### ปริมาณความชื้น (Moisture contents)

ปริมาณความชื้น (Moisture contents) หรือปริมาณน้ำที่มีอยู่ในขยะจะแยกออกได้เป็นสองส่วน คือ น้ำที่อยู่ภายในตัวขยะเอง (Inherent water) เป็นน้ำที่มีอยู่ในพืชผัก เศษอาหาร เป็นต้น น้ำในลักษณะนี้มีปริมาณมากถึง 1/2 ถึง 2/3 ของปริมาณน้ำทั้งหมดของขยะและน้ำที่ติดอยู่ภายนอก (Attached water) ได้แก่ น้ำมัน น้ำที่ออกจากเศษอาหารซึ่งโดยทั่วไปจะมีปริมาณประมาณ 1/3 ถึง 1/2 ของปริมาณน้ำทั้งหมดในขยะ

ปริมาณความชื้น โดยทั่วไปแล้วจะระบุค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ของความชื้นในปริมาณโดยน้ำหนักของขยะเปียกหรือแห้ง แล้วแต่กรณี การหาความชื้นของขยะ สามารถทำได้โดยนำตัวอย่างจากภาคสนาม เข้าตู้อบที่อุณหภูมิประมาณ 103-105 °C จนกระทั่งตัวอย่างขยะแห้งสนิท (ใช้เวลามากกว่า 1 ชั่วโมง) แล้วคำนวณปริมาณความชื้นดังสมการที่ใช้ในการหาปริมาณความชื้นในขยะเปียก คือ

$$M = \frac{W_0 - W_d}{W_0} \times 100 \quad (12)$$

กำหนดให้

M = ปริมาณความชื้น (%)

$W_0$  = น้ำหนักเริ่มต้นของตัวอย่างขยะ (กก.)

$W_d$  = น้ำหนักของตัวอย่างเดิมหลังอบแห้งแล้ว (อบที่ 105 °C, กก.)

จากสมการข้างต้นจะเห็นว่า เมื่อเราอบขยะจนแห้งแล้ว นั้นแสดงว่าน้ำในขยะได้ออกไปจนหมดแล้วจะเหลือแต่ปริมาณขยะที่แห้งสนิท ซึ่งเรียกว่า ค่าปริมาณของแข็งรวม (Total Solids) สำหรับขยะ ขยะรวมจากชุมชน มักมีค่าปริมาณความชื้นประมาณ 15-40 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ขึ้นกับส่วนประกอบของขยะนั้น ๆ ฤดูกาล ความชื้นและสภาพอากาศ

โดยเฉพาะในช่วงที่มีฝนตก

#### ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ (Volatile solid)

คือ ส่วนของขยะที่สามารถติดไฟได้ และถูกเผาไหม้สลายไป นั่นก็คือ ปริมาณสารที่สูญหายไปเมื่อถูกเผาไหม้ (น้ำหนักที่หายไปจากการเผาที่ 950 °C ในถ้วย Crucible แบบปิดฝา)

#### ปริมาณเถ้า

ส่วนปริมาณสารที่คงเหลืออยู่จากการเผาไหม้ (น้ำหนักของขยะที่เหลือหลังจากผ่านการเผาใน Crucible ฝาเปิด) ได้แก่ เศษเถ้า (Ash) จากข้อมูลข้างต้นเราสามารถเขียนความสัมพันธ์ ของส่วนประกอบทั้งสาม (The three Components) ได้ว่า

$$100 = V + A \quad (13)$$

$$\text{หรือ } 100 = M + TS \quad (14)$$

เมื่อ

100 = ร้อยละของขยะทั้งหมด โดยน้ำหนัก (by weight)

M = ปริมาณน้ำ หรือ ค่าความชื้น

V = ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้

A = ปริมาณเถ้า

TS = ปริมาณของแข็งทั้งหมด

#### องค์ประกอบทางเคมี (Chemical composition)

ได้แก่ องค์ประกอบด้านเคมีของขยะ คือ คาร์บอน (C) ไนโตรเจน (N) ไฮโดรเจน (H) ออกซิเจน (O) ซัลเฟอร์ (S) และคลอรีน (Cl) องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน ซัลเฟอร์ และ ซีเถ้า แสดงในตารางที่ 3-11 แสดงค่าเฉลี่ยทั่วไปขององค์ประกอบทางเคมีของขยะส่วนที่เผาไหม้ได้

ตารางที่ 3-11 องค์ประกอบทางเคมีของขยะส่วนที่เผาไหม้ได้<sup>(5)</sup>

ส่วนประกอบ	%โดยน้ำหนัก (เทียบกับค่าขยะอบแห้ง)					
	คาร์บอน	ไฮโดรเจน	ออกซิเจน	ไนโตรเจน	ซัลเฟอร์	ซีดี
เศษอาหาร	48.0	6.4	37.6	2.6	0.4	5.0
กระดาษ	13.5	6.0	44.0	0.3	0.2	6.0
กระดาษแข็ง	44.0	5.9	44.6	0.3	0.2	5.0
พลาสติก	60.0	7.2	22.8	-	--	10.0
ยาง	78.0	10.0	-	2.0	0.15	10.0
เศษผ้า	55.0	6.6	31.2	4.6	0.4	2.5
หนัง	60.0	8.0	11.6	10.0	0.3	10.0
กิ่งไม้ใบหญ้า	47.8	6.0	38.0	3.4	0.1	4.5
ไม้	49.5	6.0	42.7	0.2	0.2	1.5
ฝุ่น ซีดี อีฐ และอื่น ๆ	26.3	3.0	2.0	0.5	0.4	68.0

#### สารเคมีที่เป็นพิษ (Toxic substance)

ขยะบางประเภท มีองค์ประกอบที่เป็นสารเคมีที่เป็นพิษปะปนอยู่ด้วยเป็นจำนวนมาก เช่น โลหะต่าง ๆ ซึ่งสารเหล่านี้มักเกิดการปนเปื้อนต่อสิ่งแวดล้อมได้ หากเราไม่มีวิธีจัดการที่ดีพอ

#### ค่าความร้อนของขยะ (Calorific value)

เป็นปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นจากการเผาขยะโดยให้สันดาปกับอากาศ โดยปกติแล้วขยะจะมีน้ำและไฮโดรเจนอยู่ในรูปขององค์ประกอบทางเคมี โดยไฮโดรเจนจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเกิดเป็นน้ำขึ้นในเตาเผา ซึ่งน้ำและไฮโดรเจนที่มีอยู่ในขยะ จะใช้ความร้อนไปในรูปของความร้อนแฝงในขณะที่ทำให้การเผาขยะในเตาเผา จึงทำให้ปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ขยะนั้นลดลง ด้วยเหตุผลดังกล่าว ค่าความร้อนที่ได้จากการเผาขยะที่มีปริมาณน้ำและไฮโดรเจนอยู่ด้วยนี้ จึงเรียกว่าปริมาณความร้อนขั้นต่ำ (Lower Calorific value) ซึ่งมีประโยชน์ในการพิจารณาถึงความเหมาะสมในการกำจัดขยะด้วยวิธีการเผาในเตาเผา ทั้งนี้เพราะขยะที่มีค่าความร้อนต่ำกว่า 800 กก.แคลอรีต่อกก. นั้น หากจะกำจัดด้วยวิธีการเผาในเตาเผาแล้วจะต้องใช้เชื้อเพลิงช่วยในการเผาด้วย ทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมากขึ้นสำหรับค่าพลังงานความร้อน ในขยะสามารถหาได้จาก การวัดค่าพลังงานความร้อนได้โดยตรงจากการ

วิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดพลังงานจากการจุดระเบิด (Bomb Calorimeter) แล้ว อาจหาได้จาก การคำนวณจากส่วนประกอบทางเคมี โดยใช้สมการดังนี้

$$\text{กก. แคลอรี/กก.} = 88.2R + 40.5 (G+P) - 6W \quad (15)$$

$$\text{กก. แคลอรี/กก.} = 45B + 80R - 6W \quad (\text{ในกรณีที่มีพลาสติก เกิน 5 \%}) \quad (16)$$

$$\text{กก. แคลอรี/กก.} = 40P + 100 R + 38.5 G + 45 D + 43.5 E - 6W \quad (17)$$

เมื่อ

R = เปอร์เซ็นต์ของพลาสติก (%)

G = เปอร์เซ็นต์ของเศษอาหาร (%)

P = เปอร์เซ็นต์ของกระดาษ (%)

W = เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำ (ความชื้น) (%)

B = เปอร์เซ็นต์ของสารที่เผาไหม้ได้ทั้งหมดยกเว้นพลาสติก (%)

D = เปอร์เซ็นต์ของผ้า (%)

E = เปอร์เซ็นต์ของไม้ ไม้ไผ่ (%)

ค่าความร้อนยังสามารถคำนวณได้จากองค์ประกอบทางเคมี โดยใช้สมการของดูลอง (Modified Dulong Formula)

$$\text{Btu/lb} = 145C + 610(H-1/8O) + 40S+10N \quad (18)$$

$$\text{กิโลจูล /กก.} = 338.2C+1442(H-1/8 O)+95S \quad (19)$$

เมื่อ

C = เปอร์เซ็นต์ของคาร์บอน

H = เปอร์เซ็นต์ของไฮโดรเจน

O = เปอร์เซ็นต์ของออกซิเจน

S = เปอร์เซ็นต์ซัลเฟอร์

### 3.2.4 ลักษณะทางชีววิทยาของขยะ (Biological characteristic)

ลักษณะทางชีววิทยาของขยะยกเว้นส่วนประกอบจำพวก พลาสติก ยาง และหนังสือ อินทรีย์ในขยะสามารถแบ่งได้เป็น

- (1) มีองค์ประกอบของไฮโดรเจนและออกซิเจนสามารถละลายน้ำได้ เช่น น้ำตาล แป้ง กรดอะมิโน พวกราดอินทรีย์
- (2) กึ่งเซลลูโลส (Hemicelluloses) เป็นน้ำตาลที่มีโมเลกุลคาร์บอน 5 หรือ 6 อะตอม
- (3) เซลลูโลส (Cellulose) เป็นน้ำตาลกลูโคสที่มีโมเลกุลคาร์บอน 5 หรือ 6 อะตอม
- (4) ไขมัน น้ำมัน และไข หรือเป็นกรดไขมัน
- (5) ลิกนิน (Lignin) มีกลุ่มอะตอม  $-OCH_3$
- (6) ลิกโนเซลลูโลส (Lignocelluloses) ลิกนินรวมตัวกับเซลลูโลส
- (7) โปรตีน ประกอบไปด้วยกรดอะมิโนเป็นหลัก

#### การย่อยสลายทางชีวภาพ (Biodegradability)

$$BF = 0.83 - 0.028 LC \quad (20)$$

เมื่อ

BF = Biodegradable fraction on VS basis

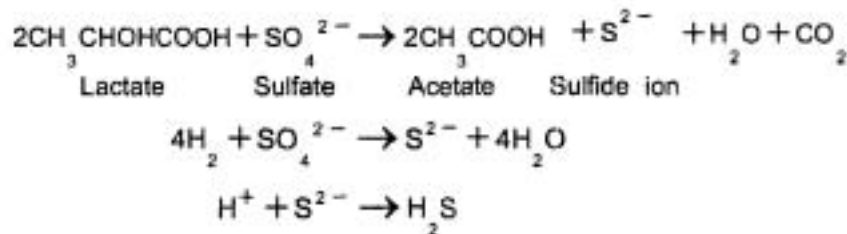
LC = Lignin content of VS as % dry weight

0.83 = ค่าที่ได้จากการทดลอง เป็นขีดความสามารถ สูงสุดในการย่อยสลายทางชีวภาพ

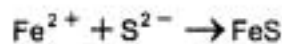
การใช้ค่า VS เป็นดัชนีความยากง่ายในการย่อยสลาย จะค่อนข้างหยาบ ค่าที่ละเอียดขึ้น คือค่า BF ที่คิดเฉพาะส่วนที่ย่อยสลายได้ง่าย โดยหักเอาร้อยละของลิกนิน (ส่วนที่ย่อยสลายยากมาก) ออกไป

#### การเกิดกลิ่น (Odor)

การเกิดกลิ่นเป็นกระบวนการทางชีววิทยาที่จุลินทรีย์ที่ดำรงชีวิตในสภาวะไร้ออกซิเจนเจริญเติบโต ซึ่งจะทำให้การเปลี่ยนธาตุซัลเฟอร์ในขยะให้เป็นซัลไฟด์ ( $S^{2-}$ ) ในปฏิกิริยารีดักชัน ผลที่ได้จะเป็นกลิ่นจากก๊าซ  $H_2S$  และ  $FeS$  อีกทั้งเปลี่ยนสภาพขยะให้มีสีดำจากการที่ซัลไฟด์รวมกับธาตุโลหะอื่น ๆ



ซัลไฟด์ยังสามารถรวมตัวกับเกลือของเหล็ก เป็นเหล็กซัลไฟด์



เหล็กซัลไฟด์จะมีสีดำเกิดได้หลุมฝังกลบที่เกิดการย่อยสลาย กลิ่นเป็นปัญหาของหลุมฝังกลบขยะ

### การเพาะพันธุ์ของแมลงวัน

ขยะที่ย่อยสลายเป็นแหล่งอาหารของแมลงวันและสัตว์นำโรคอื่น ๆ การป้องกันและแก้ไขทำได้โดยการฉีดพ่นด้วยสารเคมี หรือการฝังกลบขยะที่ใช้ดินฝังกลบปิดทับทุกวัน (Daily soil cover) และจัดทำกรงเก็บขยะอย่างมีประสิทธิภาพ ลดปริมาณขยะตกค้างให้เหลือน้อยที่สุด ไซ้แมลงวัน มักจะมีในช่วงหน้าร้อน หรืออากาศร้อน

### 3.3 การคาดการณ์ลักษณะของขยะในอนาคต <sup>[6]</sup>

เป็นเรื่องที่ต้องใช้ดุลยพินิจเป็นอย่างมาก ถึงแม้ว่าจะได้อาศัยการศึกษาและประสบการณ์ที่ผ่านมาของประเทศอื่น ๆ ในช่วงต่าง ๆ ของการพัฒนาประเทศเป็นแนวทางได้บ้างก็ตาม โดยทั่วไปแล้วในระยะยาวการที่ประชากรมีระดับฐานะทางเศรษฐกิจดีขึ้น จะทำให้ลักษณะและองค์ประกอบของขยะเปลี่ยนไปโดยมีแนวโน้มที่ว่า ความหนาแน่นจะค่อย ๆ ลดลง ในขณะที่ค่าความร้อนจากการเผาไหม้ (Calorific value) ของขยะเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เพราะมีปริมาณของกระดาษและพลาสติกในขยะเพิ่มมากขึ้น การเปลี่ยนแปลงในลักษณะดังกล่าวนี้พบได้ทั่วไปในประเทศที่มีมาตรฐานการดำรงชีพสูงขึ้น และเป็นสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในวิถีชีวิตของประชาชนในสังคมนั้น ๆ อย่างไรก็ตาม มีองค์ประกอบภายนอก (Extraneous factors) อีกไม่น้อยที่อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะของขยะ เช่น การที่มีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงการใช้เชื้อเพลิงเพื่อกิจกรรมต่าง ๆ ภายในบ้านพักอาศัยจากเชื้อเพลิงแข็ง (เช่น ถ่าน ฟืน) มาเป็นก๊าซหุงต้มนั้น ทำให้ปริมาณของฝุ่น เศษที่เหลือจากการเผาไหม้และขี้เถ้าในขยะลดลงหรือการส่งเสริมอาชีพทางด้านการศึกษา เช่น สกู๊ปในพื้นที่ให้



มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นทำให้ปริมาณของเศษอาหารในขยะซึ่งถูกส่งมาที่สถานที่กำจัดขยะ  
น้อยลง เพราะถูกแยกไปใช้ประโยชน์เสียก่อน เป็นต้น

ในแง่ของขยะจากภาคอุตสาหกรรมนั้น การพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงลักษณะของ  
ขยะในอนาคตระยะยาวนั้นเป็นสิ่งที่เรียกได้ว่าเหลือวิสัย เพราะมีความไม่แน่นอนอยู่สูงมาก  
การพยายามที่จะประมาณการในลักษณะดังกล่าว จึงกล่าวได้ว่าเป็นเพียงการคาดเดาเอาเท่า  
นั่นเอง อย่างไรก็ตาม สำหรับการคาดการณ์ ในระยะสั้นนั้นอาจทำได้โดยอาศัยการพิจารณา  
ข้อมูลจากแผนการพัฒนาอุตสาหกรรมที่มีอยู่ (ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแผนระยะไม่เกิน 5 ปี) โดยสรุป  
แล้วผลจากการคาดการณ์ลักษณะของขยะในอนาคตนั้น สามารถใช้ได้เป็นเพียงแนวทางอย่าง  
กว้าง ๆ สำหรับการวางแผนการจัดการขยะระยะยาว จำเป็นจะต้องมีการประเมินและปรับ  
ความถูกต้องของการคาดการณ์ดังกล่าวอยู่เป็นระยะ ๆ โดยสม่ำเสมอด้วย

### สรุป

- ลักษณะของขยะแบ่งเป็นทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ โดยลักษณะมีผลต่อการ  
เตรียมระบบการจัดการขยะ ในการศึกษาลักษณะสมบัติของขยะจำเป็นต้องมีการสุ่มตัวอย่าง  
ขยะเพื่อมาวิเคราะห์เป็นตัวแทนของขยะทั้งหมดที่เกิดขึ้น ดังนั้นวิธีการวิเคราะห์จึงมี  
ความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง

- สมบัติทางกายภาพของขยะ จะกล่าวถึงองค์ประกอบของขยะ ขนาดของขยะ ความ  
หนาแน่น น้ำหนักจำเพาะ ความสามารถอุ้มน้ำได้ การยอมให้น้ำซึมผ่าน เหล่านี้จำเป็นต้องการ  
ออกแบบระบบจัดการขยะ

- สมบัติทางเคมีของขยะ มี ปริมาณน้ำ ปริมาณเถ้า ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้  
องค์ประกอบทางเคมี ค่าความร้อน สารเคมีเป็นพิษ

- สมบัติทางชีวภาพ มีการย่อยสลายทางชีวภาพ การเกิดกลิ่น การเพาะพันธุ์ของ  
แมลงวัน

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- [1] C. Davis, 1998, Introduction to Environmental Engineering, 3 Ed, and New York: McGraw-Hill, p. 633.
- [2] กรมควบคุมมลพิษ, 2536, รายงานฉบับสมบูรณ์: การศึกษาเปรียบเทียบความเหมาะสมของวิธีการกำจัดมูลฝอย เล่ม 2, หน้า 4-10.
- [3] G. Tchobanoglous, H. Theisen, and S. Vigil, 1993, Integrated Solid Waste Management, New York: McGraw-Hill Inc.
- [4] ดวงดี ชูแก้ว และ อุดม กาญจนกันเหลือง, 2544 การศึกษาศักยภาพทางเศรษฐศาสตร์เชิงความร้อนของของเสียที่เกิดจากสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง, โครงการวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 60 หน้า.
- [5] ธเนศ ศรีสถิตย์, 2548, อัตราการเกิดและองค์ประกอบของมูลฝอยของกรุงเทพมหานคร, ค้นเมื่อ 4 มีนาคม 2549 จาก [www.eit.or.th](http://www.eit.or.th)
- [6] พัชรี หอวิจิตร, 2529, การจัดการขยะมูลฝอย, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, พิมพ์ครั้งที่ 1, หน้า 3-23.

## แบบฝึกหัดท้ายบท

### ตอนที่ 1 จงเลือกข้อที่ถูกต้องที่สุด

- การศึกษาลักษณะของมูลฝอย มีการศึกษาในลักษณะใดบ้าง?
  - ทางกายภาพ
  - ทางเคมี
  - ทางฟิสิกส์
  - ทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพ
- การศึกษาลักษณะของมูลฝอย เพื่อใช้พิจารณาสิ่งใดบ้าง?
  - เพื่อพิจารณาเตรียมภาชนะจัดเก็บ
  - เพื่อพิจารณาสถานที่กำจัด
  - เพื่อพิจารณาเจ้าหน้าที่ดำเนินการ
  - เพื่อพิจารณากำหนดค่าใช้จ่าย
- ความหนาแน่นของมูลฝอย ใช้ในรูปหน่วย SI ตรงตามข้อใด?
  - $\text{kg/m}^3$
  - $\text{lb/ft}^3$
  - $\text{lb/yd}^3$
  - $\text{g/yd}^3$
- ข้อใดถูกต้องที่สุดของข้อสรุปในการหาค่าความชื้น?
  - อบที่อุณหภูมิ  $100^\circ\text{C}$  เป็นเวลาไม่ต่ำกว่า 24 ชั่วโมง
  - อบที่อุณหภูมิ  $105^\circ\text{C}$  จนแน่ใจว่าขณะนั้นแห้งสนิท
  - อบที่อุณหภูมิ  $105^\circ\text{C}$  เป็นเวลาไม่ต่ำกว่า 1 ชั่วโมง
  - อบที่อุณหภูมิ  $102^\circ\text{C}$  เป็นเวลาไม่ต่ำกว่า 12 ชั่วโมง

### ข้อมูลต่อไปนี้จะตอบข้อ 5 และข้อ 6

เก็บตัวอย่างขยะมา 100 กิโลกรัมจากหมู่บ้านแห่งหนึ่ง มีองค์ประกอบเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และเปอร์เซ็นต์ความชื้น ตามลำดับดังนี้

องค์ประกอบ	%โดยน้ำหนัก	%ความชื้น	องค์ประกอบ	%โดยน้ำหนัก	%ความชื้น
เศษอาหาร	15	70	ยาง	3	2
กระดาษ	35	6	เศษหนัง	2	10
กระดาษแข็ง	7	5	เศษหญ้า	20	60
พลาสติก	5	2	เศษไม้	10	20
เศษผ้า	3	10			



2. ตัวอย่างขยะแยกองค์ประกอบแล้วได้ตามตารางต่อไปนี้

องค์ประกอบ	น้ำหนักที่ชั่งได้ (kg)	ความหนาแน่น (kg/m <sup>3</sup> )	องค์ประกอบ	น้ำหนักที่ชั่งได้ (kg)	ความหนาแน่น (kg/m <sup>3</sup> )
เศษอาหาร	34.2	290	แก้ว	2.9	200
กระดาษ	18.7	70	โลหะ	5.4	200
พลาสติก	18.1	60	เศษหญ้า	40.1	150
			อื่น ๆ	20.5	500

- 2.1. จงคำนวณหาเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักขององค์ประกอบ
- 2.2. ให้สัดส่วนในการบดอัดเป็น 4 เท่าของปริมาตรเบื้องต้น ปริมาตรขยะทั้งหมดหลังการบดอัดเป็นเท่าใด โดยให้ โลหะ และ เศษหญ้า ไม่สามารถบดอัดได้
- 2.3. ให้คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การลดของปริมาตรที่ไม่รวม โลหะ และ เศษหญ้า
3. ความชื้นรวมของขยะกองหนึ่งมีค่าเท่ากับ 30 % ถ้าให้ความหนาแน่นขยะแห้งเป็น 200 kg/m<sup>3</sup> จงคำนวณหาความหนาแน่นเปียกของขยะโดยรวมทั้งหมด
4. ให้คำนวณหาค่าความร้อนของขยะที่สำรวจได้ในตาราง โดยเลือกสมการคำนวณที่แนะนำไว้

องค์ประกอบ	%โดยน้ำหนัก	%ความชื้น	องค์ประกอบ	%โดยน้ำหนัก	%ความชื้น
เศษอาหาร	15	70	ยาง	3	2
กระดาษ	35	6	เศษหนัง	2	10
กระดาษแข็ง	7	5	เศษหญ้า	20	60
พลาสติก	5	2	เศษไม้	10	20
เศษผ้า	3	10			

$$\text{กก. แคลอรี/กก.} = 88.2R + 40.5 (G+P) - 6W$$

$$\text{กก. แคลอรี/กก.} = 45B + 80R - 6W \text{ (ในกรณีที่มีพลาสติก เกิน 5 \%)}$$

$$\text{กก. แคลอรี/กก.} = 40P + 100 R + 38.5 G + 45 D + 43.5 E - 6W$$

เมื่อ R = เปอร์เซ็นต์ของพลาสติก (%)

G = เปอร์เซ็นต์ของเศษอาหาร (%)

P = เปอร์เซ็นต์ของกระดาษ (%)

W = เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำ (ความชื้น) (%)

B = เปอร์เซ็นต์ของสารที่เผาไหม้ได้ทั้งหมดยกเว้นพลาสติก (%)

D = เปอร์เซ็นต์ของผ้า (%)

E = เปอร์เซ็นต์ของไม้ ไม้ไผ่ (%)

5. จงอธิบายการทำ Quartering มวลย่อยมาพอตั้งเขป?
6. ลักษณะสมบัติของมวลย่อยทางเคมีมีอะไรบ้าง?