ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)
ปริญญา

วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม	วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
สาขา	**ภาควิชา**

เรื่อง การศึกษาอิทธิพลของเปลือกสับปะรดและดินนาต่อประสิทธิภาพการย่อยสลายของขยะอินทรีย์

The Effects of Pineapple Peel and Paddy Soil on Decomposition Efficiency of Organic Garbage

นามผู้วิจัย นางสาวศิวนาถ ไทยภักดี

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุเทพ ทองแพ, วท.ด.)

หัวหน้าภาควิชา ....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรัตน์ บัวเลิศ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

....
(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ .... **เดือน** .... **พ.ศ.** ....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาอิทธิพลของเปลือกสับปะรดและดินนาต่อประสิทธิภาพการย่อยสลายของขยะอินทรีย์

The Effects of Pineapple Peel and Paddy Soil on Decomposition Efficiency of Organic Garbage

โดย

นางสาวศิวนาถ ไทยภักดี

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)
พ.ศ.2556

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศิวนาถ ไทยภักดี 2556: การศึกษาอิทธิพลของเปลือกสับปะรดและดินนาต่อประสิทธิภาพการย่อยสลายของขยะอินทรีย์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุเทพ ทองแพ, วท.ด. 101 หน้า

การศึกษาอิทธิพลของการใส่เปลือกสับปะรดและดินนาต่อประสิทธิภาพการย่อยสลายขยะอินทรีย์ และคุณภาพของปุ๋ยหมัก ดำเนินการวิจัยในพื้นที่โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริจังหวัดเพชรบุรี ใช้ระยะเวลาในการศึกษาตั้งแต่วันที่ 18 กุมภาพันธ์ ถึงวันที่ 5 เมษายน พ.ศ. 2553 วางแผนการทดลองแบบ 2x4 Factorial in CRD จำนวน 3 ซ้ำ โดยมีปัจจัยหลัก 2 ปัจจัย ปัจจัยแรก คือ การใส่เปลือกสับปะรดผสมขยะ 4 ระดับ คือ 0 10 20 และ 30% ของปริมาณขยะที่ใช้ในการหมัก และปัจจัยที่สอง คือ การไม่ใส่ดินนาและใส่ดินนา โดยใส่ดินนาในอัตรา 16.7 กิโลกรัม ในวัสดุหมักทั้งหมด 100 กิโลกรัม (ดิน:ขยะ = 1:6 โดยน้ำหนัก)

ผลการทดลองพบว่า ปุ๋ยหมักที่ได้จากการใส่เปลือกสับปะรด 0 10 20 และ 30% ของปริมาณขยะมีปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมทั้งหมด ปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม รวมถึงปริมาณโลหะหนักทั้งตะกั่วและแคดเมียมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับประสิทธิภาพการย่อยสลายก็ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามการใส่เปลือกสับปะรดเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มชะลอการย่อยสลายลงเล็กน้อย เนื่องจากปุ๋ยหมักที่ได้มีค่า C/N ratio เท่ากับ 8.94 8.87 9.89 และ 10.30 ตามลำดับ สำหรับปัจจัยการใส่ดินพบว่า การใส่ดินมีผลทำให้ประสิทธิภาพการย่อยสลายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยการไม่ใส่ดินได้ปุ๋ยหมักที่มี C/N ratio เท่ากับ 11.92 ส่วนปุ๋ยหมักที่ได้จากการใส่ดินร่วมกับการหมักมี C/N ratio เท่ากับ 7.43 ในส่วนคุณภาพปุ๋ยหมักที่ได้จากการไม่ใส่ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุร้อยละ 43.08 ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียมและแคลเซียม ร้อยละ 1.83 0.79 3.01 และ 1.98 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าในปุ๋ยหมักที่มีการใส่ดินแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ แต่การใส่ดินและไม่ใส่ดินไม่มีผลทำให้ปริมาณแมกนีเซียมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมของปริมาณการใส่เปลือกสับปะรดและการใส่ดินร่วมกับการหมักขยะ พบว่า การไม่ใส่เปลือกสับปะรดร่วมกับการใส่ดินนามีประสิทธิภาพการย่อยสลายสูงสุด

__________________ __________________ ___ / ___ / ____

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Siwanat Thaipakdee 2013: The Effects of Pineapple Peel and Paddy Soil on Decomposition Efficiency of Organic Garbage. Master of Science (Environmental Science), Major Field: Environmental Science, Department of Environmental Science. Thesis Advisor: Assistant Professor Suthep Thongpae, Ph.D. 101 pages.

The objectives of this study were to investigate the effects of pineapple peel and paddy soil application on efficiency of garbage decomposition and quality of compost. The experiment was conducted at The King's Royally Initiated Laem Phak Bia Environmental Research and Development Project, Phetchaburi Province. The experiment was done during 18 February to 5 April 2010. It was carried on 2x4 Factorial in CRD with 3 replications. There were 2 main factors in the study which the first factor was mixing pineapple peel in garbage at 4 rates; 0, 10, 20 and 30% by weight. The second factor was paddy soil application which divided to garbage without soil and mixed with soil (soil: garbage 1 : 6 by weight)

The results showed that the mixing of pineapple peel in the garbage at the rates 0, 10, 20, and 30% by weight did not give significantly difference on the content of organic matter, total N, P, K, Ca, Mg and heavy metals (Pb and Cd) in compost and also on the decomposition efficiency of the garbage as determined by using C/N ratio of the compost. However, the mixing of pineapple peel tended to decrease the decomposition efficiency of the garbage. The C/N ratios of the compost were 8.94, 8.87, 9.89 and 10.30 respectively. As for the mixing of soil in the garbage, the compost from the garbage without soil showed higher content of organic matter, total N, P, K and Ca than those with soil highly significantly difference. The decomposition efficiency of the garbage mixing with soil was better than the garbage without soil. The C/N ratios of compost from garbage mixing with soil and without soil were 7.43 and 11.92 respectively. The highest decomposition efficiency was found in the treatment without pineapple peel and mixing with soil.

________________________   ________________________   ____ / ____ / _____

Student's signature   Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีจากความกรุณาอย่างสูงยิ่งของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเทพ ทองแพ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ท่านได้สละเวลาอันมีค่าในการให้คำปรึกษาและชี้นำแนวทางต่างๆทางวิชาการเพื่อให้การทำงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ อิทธิพล ราศรีเกรียงไกร ประธานการสอบวิทยานิพนธ์ และ ดร. ไมตรี ดวงสวัสดิ์ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่กรุณาให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ในการแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ให้มีความครบถ้วนสมบูรณ์และถูกต้องตามหลักวิชาการยิ่งขึ้น ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยครั้งนี้ และขอกราบขอบพระคุณท่าน ศาสตราจารย์ ดร.เกษม จันทร์แก้ว ในฐานะผู้อำนวยการโครงการฯและอาจารย์ที่ท่านได้ถ่ายทอดความรู้ ความเข้าใจในกระบวนการทางด้านวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม รวมทั้งให้ประสบการณ์ต่างๆ จากการทำงานในโครงการพระราชดำริ ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.วศิน อิงคพัฒนากุล, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรอนงค์ ผิวนิล และคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้และให้คำแนะนำ อีกทั้งให้ความช่วยเหลือเพื่อให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่โครงการแหลมผักเบี้ยฯ ทุกท่าน ทั้งในส่วนสำนักงานเพชรบุรีและสำนักงานส่วนกลางกรุงเทพฯ ที่อำนวยความสะดวกและให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี ขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ สิ่งแวดล้อมรุ่น 31 ที่ให้คำปรึกษา ให้ความช่วยเหลืออีกทั้งเป็นกำลังใจและแรงผลักดันจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จ สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณครอบครัวอันเป็นที่รักของข้าพเจ้าและขอมอบคุณความดีและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้แด่คุณปู่ คุณย่าและคุณตาที่ล่วงลับไปแล้ว คุณพ่อธวัชชัย ไทยภักดี คุณแม่สมหมาย ไทยภักดี คุณยาย คุณน้า น้องสาวทั้งสองคน และญาติพี่น้อง ที่มอบความรัก ให้คำปรึกษาและเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ศิวนาถ ไทยภักดี

พฤษภาคม 2556

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	42
อุปกรณ์	42
วิธีการ	44
ผลและวิจารณ์	51
สรุปและข้อเสนอแนะ	83
สรุป	83
ข้อเสนอแนะ	85
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	86
ภาคผนวก	93
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	101

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณขยะมูลฝอยในประเทศไทยระหว่าง พ.ศ. 2535 – 2550	10
2	องค์ประกอบทางด้านกายภาพของขยะมูลฝอยจากแหล่งกำเนิดต่างๆ	12
3	ความหนาแน่นโดยเฉลี่ยทั่วไปของขยะมูลฝอยซึ่งยังไม่ได้ถูกบดอัดมาก่อน	13
4	คุณลักษณะทางเคมีของขยะมูลฝอยจากแหล่งกำเนิดต่างๆ	15
5	ค่าคาร์บอนและไนโตรเจนของวัตถุดิบชนิดต่างๆที่ใช้ในการหมักทำปุ๋ย	30
6	ตัวอย่างองค์ประกอบทางเคมีของดินแดง	31
7	ปริมาณขยะมูลฝอยรายปีในเขตเทศบาลเมืองเพชรบุรีตั้งแต่ปี 2540-2559	39
8	องค์ประกอบทางกายภาพของขยะมูลฝอยชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี	40
9	องค์ประกอบทางเคมีของขยะชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี	41
10	องค์ประกอบและสมบัติบางประการของดินที่ใช้ในการหมักขยะ	52
11	องค์ประกอบและสมบัติบางประการของขยะอินทรีย์ที่ใช้ในการหมักขยะ	53
12	องค์ประกอบและสมบัติบางประการของเปลือกสับปะรดที่ใช้ในการหมักขยะ	54
13	การสูญเสียน้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการหมัก (%)	56
14	ความหนาแน่นของปุ๋ยหมัก (Kg/m^3)	58
15	ความชื้นของปุ๋ยหมัก (Moisture Content) (%)	60
16	ร้อยละการยุบตัวของปุ๋ยหมัก (%)	66
17	ความเป็นกรด – ด่าง (pH) ของปุ๋ยหมัก	68
18	ปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic Matter Content) ในปุ๋ยหมัก (%)	69
19	ปริมาณไนโตรเจน (Total Nitrogen) ในปุ๋ยหมัก (%)	71
20	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus) ในปุ๋ยหมัก (%)	73
21	ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (Total Potassium) ในปุ๋ยหมัก (%)	74
22	ปริมาณแคลเซียม (Total Ca) ในปุ๋ยหมัก (%)	76
23	ปริมาณแมกนีเซียม (Total Mg) ในปุ๋ยหมัก (%)	77
24	ปริมาณตะกั่ว (Pb) ในปุ๋ยหมัก (mg/Kg^{-1})	79
25	ปริมาณแคดเมียม (Cd) ในปุ๋ยหมัก (mg/Kg^{-1})	81
26	สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ในปุ๋ยหมัก	82

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่ **หน้า**

ตารางผนวกที่		หน้า
1	การสูญเสียน้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการหมักแต่ละบ่อหมัก (%)	94
2	ความหนาแน่นรวมของปุ๋ยหมักแต่ละบ่อหมัก (Kg/m^3)	94
3	ความชื้นของปุ๋ยหมัก (Moisture Content) แต่ละบ่อหมัก (%)	95
4	ร้อยละการยุบตัวของปุ๋ยหมักแต่ละบ่อหมัก (%)	95
5	ความเป็นกรด – ด่าง (pH) ของปุ๋ยหมักแต่ละบ่อหมัก	96
6	ปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic Mattet Content) ในปุ๋ยหมักแต่ละบ่อหมัก (%)	96
7	ปริมาณไนโตรเจน (Total Nitrigen) ในปุ๋ยหมักแต่ละบ่อหมัก (%)	97
8	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus) ในปุ๋ยหมักแต่ละบ่อหมัก (%)	97
9	ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (Total Potassium) ในปุ๋ยหมักแต่ละบ่อหมัก (%)	98
10	ปริมาณแคลเซียม (Total Ca) ในปุ๋ยหมักแต่ละบ่อหมัก (%)	98
11	ปริมาณแมกนีเซียม (Total Mg) ในปุ๋ยหมักแต่ละบ่อหมัก (%)	99
12	ปริมาณตะกั่ว (Pb) ในปุ๋ยหมักแต่ละบ่อหมัก (mg/Kg^{-1})	99
13	ปริมาณแคดเมียม (Cd) ในปุ๋ยหมักแต่ละบ่อหมัก (mg/Kg^{-1})	100
14	สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ในปุ๋ยหมักแต่ละบ่อหมัก	100

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

ภาพที่		หน้า
1	การกองปุ๋ยหมักแบบ Windrow Composting	22
2	การกองปุ๋ยหมักแบบ High Rate Composting	23
3	การใส่ขยะมูลฝอยและดินแดงหรือดินนาในการทำปุ๋ยหมักในกล่องคอนกรีต แบบชุมชนเพื่อการทำปุ๋ยหมักแบบฝังกลบประยุกต์	26
4	การใส่ขยะมูลฝอยและดินแดงหรือดินนาในการทำปุ๋ยหมักในกล่องคอนกรีต แบบครัวเรือนเพื่อการทำปุ๋ยหมักแบบฝังกลบประยุกต์	26
5	ระยะการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ตามช่วงอุณหภูมิต่างๆ ในกองปุ๋ยหมัก	34
6	การใส่วัสดุลงในบ่อหมัก	45
7	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเปรียบเทียบตามปริมาณการใส่เปลือกสับปะรด ที่เวลา 7.00 น.	62
8	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเปรียบเทียบตามการใส่ดินที่เวลา 7.00 น.	63
9	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเปรียบเทียบตามปริมาณการใส่เปลือกสับปะรด ที่เวลา 13.00 น.	64
10	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเปรียบเทียบตามการใส่ดินที่เวลา 13.00 น.	65

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การศึกษาอิทธิพลของเปลือกสับปะรดและดินนาต่อประสิทธิภาพการย่อยสลายของขยะอินทรีย์

The Effects of Pineapple Peel and Paddy Soil on Decomposition Efficiency of Organic Garbage

คำนำ

ขยะมูลฝอย ถือได้ว่าเป็นปัญหาสำคัญยิ่งของชุมชน ทั้งในเขตเมืองและนอกเขตเมือง ปริมาณของขยะมูลฝอยที่เพิ่มมากขึ้นในปัจจุบันและมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ จากสถิติปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในประเทศไทยปี พ.ศ.2546 – 2553 ของกรมควบคุมมลพิษ พบว่า ในช่วง 8 ปีที่ผ่านมาขยะมูลฝอยของประเทศไทยมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นทุกปี จากปริมาณ 14.32 ล้านตันในปี 2546 เป็น 15.16 ล้านตันในปี 2553 (กรมควบคุมมลพิษ, 2554) ขยะมูลฝอยต่างๆเหล่านี้ก่อให้เกิดความสกปรก ความไม่เป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมือง เกิดมลพิษต่อสภาพแวดล้อมอันจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน ซึ่งจังหวัดเพชรบุรี ถือเป็นจังหวัดหนึ่งที่มีชื่อเสียงในเรื่องการท่องเที่ยวเป็นอย่างมาก และมีจำนวนนักท่องเที่ยวเพิ่มมากขึ้นทุกปี จากจำนวนนักท่องเที่ยวและประชากรท้องถิ่นที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดการขยายตัวของชุมชนและสถานประกอบการต่างๆ และจากการขยายตัวทางสังคมดังกล่าวเหล่านี้ จึงเป็นเหตุทำให้ปริมาณขยะมูลฝอยสูงขึ้นเป็นเงาตามตัว จากการศึกษาปริมาณขยะมูลฝอยในเขตเทศบาลเมืองเพชรบุรีและชุมชนใกล้เคียงในปี 2553 พบว่า มีปริมาณขยะมูลฝอยรวมเฉลี่ยวันละ 77.91 ตัน ประชากรที่อาศัยในเขตเทศบาลเมืองเพชรบุรีก่อให้เกิดขยะมูลฝอยปริมาณ 0.64 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน เมื่อคาดคะเนปริมาณขยะมูลฝอยในอนาคตจะมีปริมาณสูงถึง 95.11 ตันต่อวัน ในปี 2559 (เทศบาลเมืองเพชรบุรี, 2540) โดยปริมาณขยะมูลฝอยของเทศบาลเมืองเพชรบุรีส่วนมากเป็นขยะมูลฝอยจากตลาดและชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี ซึ่งองค์ประกอบส่วนใหญ่ของขยะมูลฝอยเป็นเศษอาหาร เศษผัก คิดเป็นร้อยละ 53.81 ของปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น (เรียมสงวน, 2544) ขยะสดเหล่านี้มีส่วนประกอบที่เป็นอินทรียวัตถุในปริมาณที่สูงและสลายตัวได้ง่าย (พิชิต, 2531) สามารถนำไปกำจัดโดยวิธีการทำปุ๋ยหมักได้

นอกจากจังหวัดเพชรบุรี จะมีชื่อเสียงในเรื่องการท่องเที่ยวแล้ว ยังถือได้ว่าเป็นจังหวัดที่มีการทำเกษตรกรรมที่หลากหลาย ทั้งการปลูกผัก และผลไม้ต่างๆเพื่อส่งออกและแปรรูปเป็น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลิตภัณฑ์อาหาร สับปะรดถือเป็นพืชเศรษฐกิจของจังหวัดอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งจังหวัดเพชรบุรีมีการปลูกสับปะรดมากเป็นอันดับ 4 ของประเทศ และเป็นจังหวัดที่ได้รับการส่งเสริมให้เป็นเขตเกษตรเศรษฐกิจสำหรับปลูกสับปะรดส่งโรงงานอีกด้วย โดยมีเนื้อที่เพาะปลูก 40,690 ไร่ ให้ผลผลิต 135,276 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) ผลผลิตของสับปะรดดังกล่าวจะถูกป้อนเข้าสู่โรงงานอุตสาหกรรมเพื่อแปรรูปต่อไป ซึ่งสับปะรดหนึ่งผลเมื่อเข้าแปรรูปในโรงงาน จะมีเศษเหลือใช้จากการทำสับปะรดกระป๋อง (Pineapple Waste) ประมาณ 1,228.1 กรัม/ผล ในพื้นที่ 1 ไร่ จะได้เปลือกสับปะรดเฉลี่ย 2,700.55 กิโลกรัม (สมบัติ และคณะ, 2534) จัดได้ว่าเปลือกสับปะรดเป็นภาระและเป็นปัญหาอย่างมากของโรงงานแปรรูปเนื่องจากมีปริมาณมากและเน่าเสียได้ง่าย ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งเปลือกสับปะรดจากโรงงานอุตสาหกรรมดังกล่าว สามารถกำจัดโดยการนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ประเภทสัตว์เคี้ยวเอื้อง เนื่องจากมีปริมาณสารอาหารอยู่ในระดับสูง (บุญล้อม, 2527) และสามารถนำไปเป็นวัสดุในการทำปุ๋ยหมักได้ เนื่องจากเป็นวัสดุเหลือใช้ที่สามารถย่อยสลายได้ง่าย (พิทยากร และ ฉวีวรรณ, 2545) อีกทั้งมีปริมาณน้ำตาลค่อนข้างสูง โดยน้ำตาลส่วนใหญ่เป็นพวกซูโครส (70%) กลูโคส (20%) และฟรุคโตส (10%) (ภูริพงศ์ และคณะ, 2548) สอดคล้องกับ Dull (1971) ที่ศึกษาไว้ว่า องค์ประกอบทางเคมีของสับปะรดมีปริมาณน้ำตาล (องศาบริกซ์) อยู่ ร้อยละ 10.8 - 17.5 ซึ่งมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตในรูปของ กลูโคส ฟรุคโตส และซูโครส ร้อยละ 1.0 – 3.2, 0.6-2.3, 5.9 – 12.0 ตามลำดับ ซึ่งสารองค์ประกอบเหล่านี้ถือเป็นแหล่งคาร์บอนที่เป็นสารจำเป็นต่อการเจริญของจุลินทรีย์ โดยจุลินทรีย์จะย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอนจนกระทั่งได้โมเลกุลเล็กและนำเข้าในเซลล์เพื่อใช้เป็นแหล่งของพลังงานและสร้างส่วนประกอบของเซลล์ต่อไป (เสียงแจ๋ว และ นวลจันทร์, 2545)

การศึกษาในครั้งนี้ เป็นการศึกษาถึงอิทธิพลของเปลือกสับปะรดกับดินนาต่อประสิทธิภาพการย่อยสลายของขยะอินทรีย์ ซึ่งใช้เทคโนโลยีการกำจัดขยะโดยการฝังกลบในบ่อคอนกรีตของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลบ้านแหลม อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี ซึ่งเป็นการกำจัดขยะมูลฝอยประเภทขยะอินทรีย์ต่างๆ โดยการนำมาทำปุ๋ยหมัก อาศัยกลไกและกระบวนการธรรมชาติในการย่อยสลายสารอินทรีย์ต่างๆ อีกทั้ง เป็นการนำเปลือกสับปะรดซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากภาคเกษตรกรรมและภาคอุตสาหกรรมมาใช้ประโยชน์เป็นวัสดุหมักทำปุ๋ย ถือเป็นการช่วยลดภาระและปัญหาปริมาณเปลือกสับปะรดจากภาคเกษตรกรรมและโรงงานอุตสาหกรรม อีกทั้งเป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ อันจะส่งผลถึงคุณภาพปุ๋ยหมักที่ได้จากการสลายขยะมูลฝอยและสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อเผยแพร่แก่ประชาชนต่อไปได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของอิทธิพลของเปลือกสับปะรดต่อประสิทธิภาพการย่อยสลายขยะอินทรีย์

2. เปรียบเทียบประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักที่ได้จากการใส่ดินนาและไม่ใส่ดินนาร่วมกับการหมักขยะ

3. เพื่อศึกษาคุณภาพของปุ๋ยหมักที่ได้จากกระบวนการหมักขยะอินทรีย์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

1. นิยามและความหมายของขยะมูลฝอย

สิทธิชัย (2541) ให้คำจำกัดความไว้ดังนี้ ขยะ คือ เศษของเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตและการใช้สอยของมนุษย์ ขยะ อาจมีลักษณะแตกต่างกันออกไปตามแหล่งที่ก่อให้เกิดขยะนั้นๆ เช่น ขยะจากบ้านเรือนที่พักอาศัย มีลักษณะเป็นเศษอาหารที่เหลือจากการหุงต้ม เศษผ้าและเศษของที่ไม่ใช้แล้วต่างๆ เป็นต้น ขยะจากตลาดมักเป็นพวกเศษอาหารสด ผัก ผลไม้ ส่วนขยะจากโรงงานอุตสาหกรรมขึ้นอยู่กับประเภทของอุตสาหกรรมนั้นๆ บางชนิดอาจมีสารที่เป็นพิษปะปนอยู่

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2525 (2539) ให้นิยามของ มูลฝอย หมายถึง เศษสิ่งของที่ทิ้งแล้ว หยากเยื่อ ส่วนขยะ หมายถึง หยากเยื่อ มูลฝอย ดังนั้นคำว่าขยะและมูลฝอยจึงเป็นคำที่มีความหมายเหมือนกันสามารถใช้แทนกันได้

ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 ได้ให้คำนิยามของขยะมูลฝอยว่า หมายถึง เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร เศษสินค้า ถุงพลาสติก ภาชนะใส่อาหาร เถ้า มูลสัตว์หรือซากสัตว์ รวมถึงเศษซากที่เก็บกวาดจากถนน ตลาด ที่เลี้ยงสัตว์หรือที่อื่น (พัฒนา, 2547)

ขยะมูลฝอย หมายถึง สิ่งปฏิกูลที่อยู่ในรูปของแข็ง ซึ่งอาจจะมีน้ำหรือความชื้นปะปนมาด้วยจำนวนหนึ่ง ประกอบด้วยสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ (เกษม, 2541)

ขยะหรือขยะมูลฝอยหรือมูลฝอย (Solid Waste) หมายความถึง เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร เศษสินค้า เศษวัตถุ ถุงพลาสติก ภาชนะที่ใส่อาหาร เถ้า มูลสัตว์ ซากสัตว์ หรือสิ่งอื่นใดที่เก็บกวาดจากถนน ตลาด ที่เลี้ยงสัตว์หรือที่อื่น และหมายความรวมถึงมูลฝอยติดเชื้อ มูลฝอยที่เป็นพิษ หรืออันตรายจากชุมชนหรือครัวเรือนยกเว้นวัสดุที่ไม่ใช้แล้วของโรงงานซึ่งมีลักษณะและคุณสมบัติที่กำหนดไว้ตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน (กรมควบคุมมลพิษ, 2552)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. แหล่งกำเนิดขยะมูลฝอย

ในการจัดการปัญหาขยะมูลฝอยมีความจำเป็นที่จะต้องทราบถึงแหล่งกำเนิดของขยะมูลฝอย เพื่อทำให้การจัดการขยะมูลฝอยเป็นไปได้อย่างถูกต้องเหมาะสมกับชนิดของขยะและเกิดประสิทธิภาพโดยไม่ก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม โดยแหล่งกำเนิดของขยะมูลฝอย สามารถแบ่งได้หลายวิธี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของผู้ใช้ ในที่นี้ได้แบ่งแหล่งกำเนิดขยะมูลฝอยตามการใช้ประโยชน์ที่ดินไว้ดังนี้ (เทอดพงศ์, ม.ป.ป.)

2.1 ขยะมูลฝอยชุมชน แบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

2.1.1 ขยะมูลฝอยจากบ้านพักอาศัย (Residential Waste) เป็นขยะมูลฝอยที่เกิดจากกิจกรรมการดำรงชีพของคนที่อาศัยอยู่ในบ้านพักอาศัย ได้แก่ เศษอาหารจากการเตรียมอาหาร เศษกระดาษ เศษพืชผัก ถุงพลาสติก ขวดพลาสติก ใบไม้ใบหญ้า ภาชนะหรืออุปกรณ์ที่ชำรุด เศษแก้ว ฯลฯ

2.1.2 ขยะมูลฝอยจากธุรกิจการค้า (Commercial Waste) หมายถึง ขยะมูลฝอยที่มาจากสถานที่ที่มีการประกอบกิจการค้าขายส่ง ขายปลีก หรือบริการทางการค้าต่างๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับว่าเป็นสินค้าประเภทใด ได้แก่ อาคารสำนักงาน ตลาด ร้านขายอาหาร โรงแรม ขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นอาจมีเศษอาหาร เศษแก้ว พลาสติก เศษวัสดุก่อสร้างต่างๆ หรืออาจมีของเสียอันตรายปนอยู่

2.2 ขยะมูลฝอยจากการเกษตร (Agricultural Waste) แหล่งขยะมูลฝอยที่สำคัญมักมาจากกิจกรรมการเพาะปลูกและการเลี้ยงสัตว์เพื่อเป็นอาหาร มักประกอบด้วย มูลสัตว์ เศษหญ้า เศษพืชผัก ภาชนะบรรจุยาปราบศัตรูพืช เป็นต้น

2.3 ขยะมูลฝอยจากการพักผ่อนหย่อนใจ (Recreational Waste) หรือสถานที่ท่องเที่ยวไม่ว่าจะเป็นแหล่งธรรมชาติ ได้แก่ ชายหาดต่างๆ เขื่อน อ่างเก็บน้ำ ทะเลสาบ น้ำตก เป็นต้น หรืออาจเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่เป็นแหล่งศิลปกรรม ได้แก่ โบราณสถานต่างๆ วัดวาอาราม ฯลฯ ส่วนใหญ่ขยะมูลฝอยที่เกิดจากการพักผ่อนหย่อนใจจะเป็นเศษอาหาร เศษวัสดุบรรจุภัณฑ์ทั้งหลาย เช่น กล่องกระดาษหรือพลาสติก ถุงกระดาษหรือพลาสติก กระป๋องโลหะต่างๆ เป็นต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.4 ขยะมูลฝอยจากโรงพยาบาล (Hospital Waste) มักถูกจัดไว้ในกลุ่มของขยะมูลฝอยอันตราย (Hazardous Waste) เพราะอาจมีขยะมูลฝอยติดเชื้อ (Infection Waste) ทำให้เกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมได้หลายประการ เช่น อาจเป็นการแพร่กระจายเชื้อโรค ฯลฯ จึงควรพิจารณาจัดการแยกขยะประเภทนี้ออกจากขยะมูลฝอยประเภทอื่นเพื่อนำไปกำจัดได้อย่างถูกต้องและถูกวิธี

2.5 ขยะมูลฝอยจากโรงงานอุตสาหกรรม (Industrial Waste) จะมีลักษณะที่แตกต่างกันไปตามประเภทอุตสาหกรรม องค์ประกอบสำคัญที่เป็นตัวกำหนดลักษณะและองค์ประกอบของขยะมูลฝอยประเภทนี้ ได้แก่ วัตถุดิบ กรรมวิธีการผลิต ผลผลิตและผลพลอยได้จากการผลิต โดยทั่วไปขยะมูลฝอยประเภทนี้มักมีสารอันตรายปะปนอยู่ด้วย เช่น กากสารเคมี วัตถุไวไฟ ผลิตภัณฑ์ที่หมดอายุ เป็นต้น

3. ลักษณะและชนิดของขยะมูลฝอย

3.1 ลักษณะของขยะมูลฝอย

เกษม (2541) ได้รวบรวมเอกสารด้านขยะมูลฝอยและสรุปได้ว่า ลักษณะของขยะมูลฝอย หมายถึง รูปลักษณะของขยะมูลฝอยที่เป็นกลุ่มของความยากง่ายในการเน่าเปื่อยและมีพิษภัย ประกอบด้วย 3 ลักษณะดังนี้

3.1.1 ขยะมูลฝอยที่เน่าเปื่อยง่าย (Food Waste or Garbage) ได้แก่ ขยะมูลฝอยที่เป็นสารอินทรีย์ คือ เศษอาหาร ซากพืช ซากสัตว์ เศษพืชผัก ฯลฯ

3.1.2 ขยะมูลฝอยที่เน่ายากหรือเน่าเปื่อยไม่ได้เลย (Rubbish) ได้แก่ ถุงพลาสติก แก้ว โลหะ หิน กระเบื้อง หนัง ยาง ฯลฯ

3.1.3 ขยะมูลฝอยที่อันตรายหรือสารเคมี (Hazardous Waste or Chemical Waste) ได้แก่ กากสารพิษ โลหะหนัก สารกำจัดแมลงและศัตรูพืช ขยะติดเชื้อจากโรงพยาบาล และสารเคมีที่เป็นพิษอื่นๆ ฯลฯ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2 ชนิดของขยะมูลฝอย

เทอดพงศ์ (ม.ป.ป.) กล่าวว่า การแบ่งชนิดของขยะมูลฝอยนั้น สามารถแบ่งได้หลายรูปแบบและการให้คำนิยามมักจะแตกต่างกันไปตามผู้ศึกษาแต่ละคน ณ ที่นี้ขอแบ่งชนิดของขยะมูลฝอยดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.2.1 ขยะมูลฝอยเปียกหรือเศษอาหาร (Food Wastes or Garbage) ได้แก่ เศษผัก ผลไม้ หรือเนื้อสัตว์ ที่เหลือทิ้งจากการเตรียมอาหาร การปรุงอาหาร และการบริโภคแล้ว ลักษณะที่สำคัญที่สุดของขยะมูลฝอยชนิดนี้คือ มีความชื้นสูง ประกอบด้วยสารอินทรีย์ต่างๆที่ย่อยสลายและเน่าเปื่อยได้เร็วมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่ออากาศร้อนและการเน่าเปื่อยของขยะมูลฝอยชนิดนี้จะทำให้เกิดกลิ่นเน่าเหม็นขึ้น เป็นแหล่งเพาะเชื้อโรค

3.2.2 ขยะมูลฝอยแห้ง (Rubbish) ได้แก่ ขยะมูลฝอยจากอาคารบ้านเรือนที่แยกเศษอาหารและขยะมูลฝอยที่เน่าเปื่อยได้ง่ายออกแล้ว เป็นขยะมูลฝอยที่ย่อยสลายได้ยาก มีความชื้นต่ำ ขยะมูลฝอยชนิดนี้จะประกอบด้วยวัสดุทั้งที่เผาไหม้ได้ (Combustible Waste) และไม่เผาไหม้ (Noncombustible Waste) วัสดุที่เผาไหม้ได้ เช่น กระดาษ กระดาษแข็งทำกล่อง พลาสติก ยาง หนัง ไม้ เครื่องเรือน ส่วนวัสดุที่ไม่เผาไหม้ เช่น แก้ว กระเบื้อง กระป๋องบรรจุอาหาร ภาชนะอลูมิเนียม เหล็ก และโลหะอื่นๆ

3.2.3 ขี้เถ้าและสารตกค้าง (Ashes and Residues) ได้แก่ วัสดุที่หลงเหลืออยู่จากการเผาไหม้ของไม้ ถ่านหิน หรือขยะมูลฝอยที่เผาได้ การเผาเหล่านี้มักเกิดขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ความอบอุ่นในบ้าน การปรุงอาหาร และการทำลายขยะมูลฝอย ส่วนประกอบของขี้เถ้าและสารตกค้าง คือ ฝุ่นขี้เถ้าที่เหลืออยู่หลังการเผาไหม้ และสารตกค้างอยู่ไม่อาจเผาไหม้ได้ เช่น แก้ว กระเบื้องและโลหะต่างๆขยะมูลฝอยพวกนี้จะมีความเฉื่อยสูง คือไม่เกิดการย่อยสลายอีกต่อไป

3.2.4 ขยะมูลฝอยจากการทำลายตึกและการก่อสร้าง (Demolition and Construction Wastes) จัดได้ว่าเป็นมูลฝอยแห้งประเภทหนึ่งประกอบด้วย ฝุ่น หิน คอนกรีต อิฐ ปูน ไม้ โลหะต่างๆ อุปกรณ์ในการต่อท่อน้ำ และสายไฟ เป็นต้น

3.2.5 ขยะมูลฝอยจากการประปาและโรงกำจัดน้ำเสีย (Water and Wastewater Treatment Plant Wastes) หมายถึง ส่วนที่เหลือหรือเศษตกค้างจากการประปาหรือการบำบัดน้ำเสีย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ซึ่งมาจากถังตกตะกอน จากตะแกรงดักขยะ จากถังดักกรวดทราย เป็นต้น ขยะมูลฝอยประเภทนี้ ได้แก่ เศษมูลฝอย เศษกรวด ทราย กากตะกอนที่ทิ้งออกจากระบบประปาและระบบกำจัดน้ำเสีย มีลักษณะเป็นโคลนตะกอน กากตะกอนที่ทิ้งจากระบบต่างๆ

3.2.6 ขยะมูลฝอยจากกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม (Industrial Wastes) หมายถึงขยะมูลฝอยที่เกิดจากการประกอบอุตสาหกรรมต่างๆ ซึ่งปริมาณและองค์ประกอบของขยะมูลฝอยจะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับประเภทของอุตสาหกรรม

3.2.7 ขยะมูลฝอยจากเกษตรกรรม (Agricultural Wastes) ได้แก่ ขยะมูลฝอยที่เหลือทิ้งจากการทำเกษตรกรรมทั้งหลาย เช่น การเพาะปลูก การเก็บเกี่ยวพืชผัก ผลไม้ การเลี้ยงสัตว์ การฆ่าสัตว์ การประมง ในปัจจุบันขยะมูลฝอยจากเกษตรกรรมนี้มักอยู่ในความรับผิดชอบของเจ้าของกิจการ ขยะมูลฝอยจากการเกษตรส่วนใหญ่ ได้แก่ เศษหญ้า ใบไม้ มูลสัตว์ เศษอาหารสัตว์ ฯลฯ

3.2.8 ขยะมูลฝอยพิเศษ (Special Wastes) ได้แก่ ขยะมูลฝอยที่ได้จากการกวาดถนน จากถังขยะริมถนนที่ผู้คนที่เดินผ่านไปมาทิ้งไว้ (Street Refuse) ซากสัตว์ที่ตายแล้ว (Dead Animals) ซากรถยนต์หรือยานพาหนะต่างๆ (Abandoned Vehicles) ขยะมูลฝอยขนาดใหญ่ (Bulky Wastes) เช่น พัดลม ตู้เย็น โทรทัศน์ เฟอร์นิเจอร์ ฯลฯ

3.2.9 สารพิษหรือขยะมูลฝอยอันตราย (Hazardous Wastes) ได้แก่ สารใดๆ ที่จะเป็นโทษหรืออันตรายต่อชีวิตมนุษย์ พืช และสัตว์ ทั้งแบบเฉียบพลัน และ/หรือในระยะยาว สารเหล่านี้พบได้ในหลายรูปแบบ เช่น สารเคมีอันตราย วัตถุระเบิด สารไวไฟ หรือสารกัมมันตรังสี ในการจัดการและกำจัดขยะสารพิษนี้ต้องใช้ความระมัดระวังเป็นอย่างมาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. ปริมาณขยะมูลฝอยและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณขยะมูลฝอย

4.1 ปริมาณขยะมูลฝอย

ปริมาณขยะมูลฝอยเป็นข้อมูลที่จำเป็นต่อการประเมินสภาพปัญหาและการวางแผนการจัดการขยะมูลฝอยให้มีประสิทธิภาพ โดยให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดทั้งในปัจจุบันและอนาคต ซึ่งสามารถจำแนกปริมาณขยะมูลฝอยตามชนิดของแหล่งกำเนิดได้ดังนี้

4.1.1 ปริมาณของขยะมูลฝอยจากชุมชน แบ่งได้ 2 ประเภท คือ

ก. ปริมาณขยะมูลฝอยที่เก็บรวบรวมได้ ขึ้นอยู่กับประชากรและงบประมาณด้านการจัดการขยะเป็นสำคัญ

ข. ปริมาณขยะมูลฝอยในแหล่งกำเนิดหรือปริมาณขยะมูลฝอยที่มีอยู่จริง จำเป็นต้องประมาณปริมาณการเกิดขยะเองเนื่องจากบางส่วนของขยะมูลฝอยในแหล่งกำเนิดไม่มีการเก็บรวบรวม ทำให้ปริมาณขยะมูลฝอยที่เก็บรวบรวมได้มีน้อยกว่าขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นจริงในแหล่งกำเนิด

4.1.2 ปริมาณของขยะมูลฝอยจากแหล่งอุตสาหกรรม ขึ้นอยู่กับประเภทและกำลังการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม ปริมาณขยะมูลฝอยประเภทนี้ได้เก็บรวบรวมไว้กับปริมาณของขยะมูลฝอยจากแหล่งชุมชนและอาจมีบางส่วนถูกกำจัดโดยโรงงานเอง

4.1.3 ปริมาณของขยะมูลฝอยจากแหล่งเกษตรกรรม ไม่สามารถบอกปริมาณได้ เนื่องจากอยู่นอกพื้นที่ในการเก็บรวบรวมของเทศบาล หรือสุขาภิบาล อาจถูกกำจัดให้หมดหรือใช้ประโยชน์อื่น จึงไม่สามารถรู้ถึงปริมาณการเกิดขยะมูลฝอยเหล่านี้ได้

ธเรศ (2553) ได้ทำการศึกษาข้อมูลปริมาณขยะมูลฝอยจากกรมควบคุมมลพิษ พบว่าปริมาณขยะมูลฝอยได้เพิ่มขึ้นจาก 10.8 ล้านตัน (29,540 ตัน/วัน) ในปี พ.ศ. 2535 เป็น 14.7 ล้านตัน (40,332 ตัน/วัน) ใน พ.ศ. 2550 (ตารางที่ 1) โดยมีเพียง พ.ศ. 2548 เท่านั้นที่มีปริมาณขยะมูลฝอยลดลงจาก พ.ศ. 2547 เนื่องจากปริมาณขยะมูลฝอยในกรุงเทพมหานครมีปริมาณลดลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 ปริมาณขยะมูลฝอยในประเทศไทยระหว่าง พ.ศ. 2535 – 2550

พ.ศ.	ปริมาณขยะ (ตัน/วัน)	ปริมาณขยะที่เพิ่มขึ้น (ตัน/วัน)	ปริมาณขยะที่เพิ่มขึ้น ร้อยละ	พ.ศ.	ปริมาณขยะ (ตัน/วัน)	ปริมาณขยะที่เพิ่มขึ้น (ตัน/วัน)	ปริมาณขยะที่เพิ่มขึ้น ร้อยละ
2535	29,540	-	-	2543	38,170	291	0.77
2536	30,640	1,100	3.72	2544	38,643	473	1.24
2537	33,008	2,368	7.73	2545	39,225	582	1.51
2538	34,492	1,484	4.50	2546	39,240	15	0.04
2539	36,029	1,537	4.46	2547	39,956	716	1.82
2540	37,102	1,073	2.98	2548	39,221	-735	-1.84
2541	37,246	144	0.39	2549	40,012	791	2.02
2542	37,879	633	1.70	2550	40,332	320	0.80

ที่มา: ธเรศ (2553)

4.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณขยะมูลฝอย

พิชิต (2535) และ ธเรศ (2553) กล่าวถึง ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณขยะมูลฝอย ไว้ดังนี้

4.2.1 ที่ตั้งทางภูมิศาสตร์หรือสภาพภูมิประเทศ (Geographical Location) มีส่วนสัมพันธ์ต่อสภาพดินฟ้าอากาศของพื้นที่ในบริเวณต่างๆอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเพาะปลูกทั้งพืชเศรษฐกิจและพืชประดับ เช่น ในแถบร้อนชื้น จะมีพืชพรรณ ผลผลิตต่างๆตลอดปี จึงทำให้มีปริมาณขยะมูลฝอยประเภท พืช ผัก ผลไม้มาก ในพื้นที่ที่ติดชายฝั่งทะเล อาจมีขยะมูลฝอยที่เป็นเศษอาหารที่มาจากกิจการประมงมากกว่าพื้นที่อื่นๆ เป็นต้น

4.2.2 ฤดูกาล (Season) ทำให้เกิดผลผลิตทางธรรมชาติที่สำคัญ ได้แก่ ผลผลิตทางการเกษตร เช่น เปลือกผลไม้และพืชผักชนิดต่างๆ ดังจะเห็นได้ว่าในช่วงเวลาที่ผลไม้ออกชุก ขยะมูลฝอยจะเป็นพวกเปลือกและเศษของผลไม้ชนิดต่างๆมากกว่าขยะมูลฝอยชนิดอื่นๆ และในช่วง ฤดูฝนซึ่งมีฝนตกชุก ปริมาณฝนและความชื้นในบรรยากาศจะส่งผลให้ขยะมูลฝอยมีความชื้นสูงมากยิ่งขึ้น เช่น ขยะในกรุงเทพมหานครในฤดูหนาวมีความชื้น 40% แต่ในฤดูฝนความชื้นสูงมากกว่า 70% เป็นต้น (พิชิต, 2535)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.2.3 พฤติกรรมของประชาชนในชุมชน (Behavior of People in Community) ปริมาณของขยะมูลฝอยจะลดลงอย่างมาก หากประชาชนซึ่งเป็นผู้ก่อให้เกิดขยะมูลฝอยเข้าใจและยอมเปลี่ยนพฤติกรรม ทัศนคติและการดำรงชีพบางอย่าง พฤติกรรมการบริโภคและค่านิยมของบุคคลแต่ละกลุ่ม มีผลต่อลักษณะของขยะมูลฝอย เช่น กลุ่มวัยรุ่นนิยมอาหารกระป๋อง น้ำขวด อาหารใส่โฟม พลาสติก กล่องกระดาษ เป็นต้น

4.2.4 ความหนาแน่นของประชากร (Population Density) ปริมาณของขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นจะผันแปรตามจำนวนคน ดังนั้นชุมชนในเขตเมือง และเขตชุมชนที่มีประชากรหนาแน่นย่อมจะเกิดขยะมูลฝอยมากตามไปด้วย เช่น ในชุมชนหนาแน่น แนวโน้มของขยะแห้ง ได้แก่ เศษกระดาษ เศษพลาสติก ขวด แก้ว ฯลฯ จะมีปริมาณเพิ่มสูงมากขึ้น ส่วนชุมชนที่มีความหนาแน่นของประชากรต่ำ เช่น ชุมชนชนบท นอกจากจะมีปริมาณขยะมูลฝอยเกิดขึ้นน้อยแล้วขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นส่วนมากจะมีขยะสดในปริมาณที่มากกว่า

4.2.5 เศรษฐกิจ (Economics) สถานภาพและสภาวะทางเศรษฐกิจถือเป็นองค์ประกอบที่มีความเกี่ยวข้องทั้งกับปริมาณและลักษณะของขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น โดยครอบครัวที่มีสถานภาพของเศรษฐกิจดีจะมีขยะมูลฝอยเกิดขึ้นมากกว่าครอบครัวที่มีสถานภาพทางเศรษฐกิจด้อยกว่า สาเหตุสำคัญก็เนื่องจากกำลังซื้อที่มากกว่า

4.2.6 บริการการเก็บรวบรวมและวิธีกำจัดขยะมูลฝอย (Collection Service and Disposal Methods) ชุมชนที่สามารถจัดการด้านบริการเก็บรวบรวมขยะมูลฝอยได้ดีและมีประสิทธิภาพจะทำให้สามารถเก็บรวบรวมขยะมูลฝอยได้มาก ทำให้มีขยะมูลฝอยตกค้างน้อยและถ้ามีการจัดเก็บที่เหมาะสมก็จะทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยลง

4.2.7 กฎหมายข้อบังคับต่างๆ (Laws) มีส่วนสัมพันธ์กับปริมาณและลักษณะของขยะมูลฝอยเป็นอย่างมากเช่นกัน เช่น การคืนขวดสินค้า มีส่วนทำให้ปริมาณขยะมูลฝอยลดน้อยลงได้ นอกจากนี้ การจัดการขยะมูลฝอย การกำหนดค่าบริการจัดเก็บขยะมูลฝอย ความเข้มงวดกวดขันและความรุนแรงของบทลงโทษผู้ฝ่าฝืนก็มีส่วนสำคัญต่อปริมาณของขยะมูลฝอยเช่นกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. คุณลักษณะและองค์ประกอบของขยะมูลฝอย

พัฒนา (2547) จำแนกคุณลักษณะและองค์ประกอบของขยะมูลฝอยไว้ดังนี้

5.1 คุณลักษณะทางกายภาพ (Physical Characteristics) ได้แก่

5.1.1 องค์ประกอบทางด้านกายภาพ (Physical Composition) จำแนกตามชนิดของขยะมูลฝอย แบ่งเป็นขยะที่เผาไหม้ได้ (Combustible) เช่น กระดาษ ผ้า เศษอาหาร พลาสติก ยาง และขยะที่ไม่เผาไหม้ (Noncombustible) เช่น โลหะ แก้ว กระเบื้อง และอื่นๆ องค์ประกอบเหล่านี้นิยมแบ่งตามสัดส่วนโดยน้ำหนัก และพบว่าองค์ประกอบหลักของขยะมูลฝอยในทุกแหล่งกำเนิดยังคงเป็นเศษอาหาร ผัก ผลไม้ รองลงมาได้แก่ กระดาษและพลาสติก ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางด้านกายภาพของขยะมูลฝอยจากแหล่งกำเนิดต่างๆ

หน่วย: ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก

องค์ประกอบ	ที่พักอาศัย	ตลาด	โรงแรม	สำนักงาน	สถานที่กำจัดมูลฝอย
เศษอาหาร ผัก ผลไม้	58.82-93.30	24.00-82.91	12.90-36.38	23.44	22.44-67.79
กระดาษ	6.20-13.73	6.47-37.20	25.80-34.34	45.76	9.71-29.22
พลาสติก	0.50-18.30	4.71-20.10	1.20-19.90	18.01	11.25-30.98
ยาง	-	0.12-3.90	0.00-0.80	0.72	0.00-4.60
ผ้า	0.00-1.27	0.32-2.73	0.37-0.92	0.81	0.13-8.10
หนัง	-	-	-	-	0.00-0.78
ไม้ กิ่งไม้ ใบไม้	0.00-3.25	0.64-13.74	0.15-0.45	2.47	2.93-14.46
แก้ว	0.00-5.30	0.64-11.31	13.26-22.89	2.11	0.75-5.30
เหล็ก โลหะ กระป๋อง	0.23-9.15	0.31-1.60	1.64-14.00	1.9	0.00-6.55
โฟม	-	0.00-11.83	-	-	-*
หิน กระเบื้อง	-	0.00-8.75	0.00-1.87	4.78	1.10-12.90
มูลฝอยอันตราย	0.00-0.70	0.00-0.09	-	-	0.00-0.74
อื่นๆ	-	0.00-8.10	-	-	0.02-20.01

หมายเหตุ เทศบาลบางแห่งมีการคัดแยกโฟมโดยนำไปรวมกับขยะมูลฝอยกลุ่มพลาสติก

ที่มา: ธเรศ (2553)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.1.2 ความหนาแน่น (Density) ค่ามวลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของขยะมูลฝอย แบ่งเป็นความหนาแน่นปกติ (Bulk Density) คือ ไม่มีการอัดหรือบีบขยะให้ผิดไปจากธรรมดา และ ความหนาแน่นในขยะขนส่ง (Transported Density) คือ ความหนาแน่นของขยะในรถยนต์เก็บขนในขณะขนส่ง ซึ่งปกติจะถูกทำให้แน่นขึ้น เนื่องจากการสั่นสะเทือน และการอัดของพนักงานเก็บขนขยะมูลฝอย ความหนาแน่นจะขึ้นอยู่กับชนิดของขยะมูลฝอยด้วยเช่น ขยะที่มีพวกเศษอาหารจะมีความหนาแน่นสูงกว่าขยะที่มีพวกกระดาษ หรือพลาสติกมาก ความหนาแน่นโดยเฉลี่ยของขยะมูลฝอย ซึ่งไม่ได้ถูกบดอัดมาก่อน แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความหนาแน่นโดยเฉลี่ยทั่วไปของขยะมูลฝอยซึ่งยังไม่ได้ถูกบดอัดมาก่อน

องค์ประกอบ	**ความหนาแน่น (กก./ลบ.ม.)**	
	ช่วงค่า	**ค่าเฉลี่ยทั่วไป**
เศษอาหาร	120 – 480	290
กระดาษ	30 – 130	85
กระดาษแข็ง	30 – 80	50
พลาสติก	30 – 130	65
ยาง	90 – 200	130
เศษผ้า	30 – 100	65
หนัง	90 – 200	160
ใบไม้ กิ่งไม้	60 – 225	105
ไม้	120 – 320	240
แก้ว	160 – 480	195
กระป๋อง	45 – 160	90
โลหะ เหล็ก	120 – 1200	320
โลหะไม่ใช่เหล็ก	60 – 240	160
ฝุ่นขี้เถ้า อิฐและอื่นๆ	320 – 960	480

ที่มา: เกรียงศักดิ์ (2539)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.2 คุณลักษณะทางเคมี (Chemical Characteristics) ได้แก่

5.2.1 ความชื้น (Moisture Content) หมายถึง ปริมาณน้ำที่อยู่ในขยะมูลฝอย โดยทั่วไปปริมาณน้ำที่มีอยู่ในขยะมูลฝอยมีทั้งน้ำที่อยู่ภายในตัวของขยะเอง (Inherent Water) เช่น น้ำที่อยู่ในพืชผัก เศษอาหาร ซึ่งมีประมาณ 1/2 ถึง 2/3 ของปริมาณน้ำทั้งหมด และน้ำที่ติดอยู่ภายนอก (Attached Water) เช่น น้ำฝน น้ำที่ออกมาจากเศษอาหารประมาณ 1/3 หรือ 1/2 ของปริมาณน้ำทั้งหมด

5.2.2 ปริมาณของแข็งรวม (Total Solids) หมายถึง ปริมาณขยะแห้งที่เหลือภายหลังจากนำน้ำออกไปหมดแล้ว

5.2.3 ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ (Volatile Solids) หมายถึง ส่วนของขยะมูลฝอยที่สามารถติดไฟหรือเผาไหม้ที่ความร้อนสูงให้หมดไปโดยแปลงสภาพเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และไอน้ำ

5.2.4 ปริมาณเถ้า (Ash) หมายถึง กากของขยะมูลฝอยที่เหลือจากการเผาไหม้

ความชื้น ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้และปริมาณเถ้า มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน นิยมเรียกว่า “The Three Components” ถ้าทราบค่าคุณลักษณะของขยะมูลฝอยจำนวน 2 ค่า ในกลุ่มนี้จะสามารถหาค่าของตัวที่เหลือได้ ข้อมูลทั้ง 3 ค่า สามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาเลือกวิธีกำจัด และการออกแบบรายละเอียดของระบบกำจัดขยะมูลฝอย โดยทั่วไปขยะมูลฝอยในกลุ่มประเทศเกษตรกรรมหรือประเทศกำลังพัฒนา มีค่าความชื้นสูงกว่าขยะในกลุ่มประเทศอุตสาหกรรม สำหรับขยะมูลฝอยในประเทศไทยมีค่าความชื้นประมาณ 50 – 60%

5.2.5 ค่าความร้อน (Calorific Value) หมายถึงปริมาณความร้อนที่ได้จากการเผาขยะมูลฝอยซึ่งจะนำไปใช้ประโยชน์ในการพิจารณาเลือกวิธีการกำจัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิธีการเผาว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ เนื่องจากขยะมูลฝอยที่มีค่าความร้อนต่ำกว่า 800 กิโลแคลอรี่/กก. ของขยะจะต้องใช้เชื้อเพลิงช่วยในการเผาด้วย ทำให้สิ้นเปลือง (ขยะมูลฝอยในประเทศไทยมีค่าความร้อนประมาณ 1,100 – 1,500 กิโลแคลอรี่/กก.) นอกจากนี้ค่าความร้อนของขยะมูลฝอยยังใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบเตาเผาและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องอีกด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.2.6 องค์ประกอบทางด้านเคมี (Chemical Composition) ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) คาร์บอน (C) ฯลฯ เป็นต้น ข้อมูลองค์ประกอบด้านเคมีส่วนใหญ่จะนำมาใช้ในการเลือกวิธีการและการออกแบบระบบกำจัดขยะมูลฝอย เช่น ใช้คำนวณค่าความร้อนของขยะมูลฝอย ตลอดจนคำนวณหาสัดส่วนของ Carbon และ Nitrogen (C/N ratio) และปริมาณสารอาหารของเชื้อจุลินทรีย์ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของการหมักทำปุ๋ย เป็นต้น

ธเรศ (2553) ได้รวบรวมผลการศึกษาของหน่วยงานต่างๆเกี่ยวกับคุณลักษณะทางเคมีของขยะมูลฝอย ณ แหล่งกำเนิดและขยะมูลฝอยรวม (ขยะมูลฝอย ณ สถานที่กำจัด) แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 คุณลักษณะทางเคมีของขยะมูลฝอยจากแหล่งกำเนิดต่างๆ

คุณลักษณะทางเคมี	ที่พักอาศัย	ตลาด	โรงแรม	สำนักงาน	สถานที่กำจัดมูลฝอย
ปริมาณความชื้น (%)	34.16-68.90	43.98-75.28	25.03-70.74	27.89	41.00-62.15
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (%)	31.10-65.84	24.72-46.30	29.27-74.97	72.11	38.40-54.80
ปริมาณของแข็งระเหย (%)	20.72-85.69	16.71-88.57	13.77-56.00	22.47	16.85-89.49
ปริมาณเถ้า (%)	14.31-21.34	7.26-29.59	12.78-23.69	49.64	9.40-22.74
ปริมาณคาร์บอน (%)	9.29-47.61	9.28-43.11	31.11-42.19	NA	9.36-49.72
ปริมาณไนโตรเจนรวม (%)	1.30-2.38	0.84-1.13	0.41-11.00	NA	0.05-1.44
ไฮโดรเจน (H) (%)	5.71	5.90	NA	NA	3.00-5.97
ออกซิเจน (O) (%)	NA	NA	NA	NA	9.10
ซัลเฟอร์ (S) (%)	NA	NA	NA	NA	0.00
ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (%)	0.20-7.84	0.03-2.35	0.02-0.07	NA	0.03-5.69
ปริมาณโพแทสเซียมรวม(%)	NA	0.21-0.25	0.14-0.52	NA	0.40-5.67
ปริมาณคาร์บอนต่อไนโตรเจน(%)	3.91	10.90-48.20	38.01-75.90	NA	10.27-45.00

หมายเหตุ NA หมายถึง ไม่มีข้อมูล

ที่มา: ธเรศ (2553)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.3 คุณลักษณะทางชีววิทยา (Biological Characteristics)

คุณลักษณะทางชีววิทยาของขยะมูลฝอย ได้แก่ การวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ (Microorganisms) ที่ปนเปื้อนอยู่ในขยะมูลฝอย เช่นเชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา และไวรัส ซึ่งจุลินทรีย์บางชนิดอาจก่อให้เกิดโรคได้ (Pathogenic) บางชนิดไม่ก่อให้เกิดโรค (Non-pathogenic) บางชนิดเป็นตัวช่วยให้ขยะมูลฝอยเกิดการย่อยสลายได้ดี เช่น Decomposition Bacteria เป็นต้น

6. ผลกระทบของขยะมูลฝอยต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ

6.1 ทำให้เกิดทัศนะอุจาด

ปัญหาขยะมูลฝอยจากการทิ้งไม่เป็นระเบียบเรียบร้อย ทำให้เกิดความสกปรก เป็นที่น่ารังเกียจแก่ผู้อยู่อาศัยในบริเวณใกล้เคียงรวมทั้งผู้พบเห็น ซึ่งปัญหาดังกล่าวอาจเนื่องมาจากการขาดความรับผิดชอบหรือจิตสำนึกที่ดีในการทิ้งขยะมูลฝอยของประชาชน หรือความไม่เพียงพอของภาชนะรองรับขยะมูลฝอยก็ได้

6.2 เป็นแหล่งเพาะพันธุ์และแพร่กระจายของเชื้อโรค

โดยเฉพาะขยะมูลฝอยติดเชื้อจากสถานพยาบาล มักมีการทิ้งปะปนมากับขยะมูลฝอยทั่วไปของชุมชนอยู่เสมอ ทำให้ประชาชนที่ไปคุ้ยเขี่ยขยะมูลฝอย มีการสัมผัสกับเชื้อโรคต่างๆ นอกจากนี้ขยะมูลฝอยเปียกที่มีแบคทีเรียทำหน้าที่ย่อยสลาย เชื้อโรคจากกองขยะมูลฝอยอาจจะแพร่กระจายไปกับน้ำ แมลงวัน แมลงสาบ หนู และสุนัขที่มาตอมหรือคุ้ยเขี่ยกองขยะมูลฝอยซึ่งเป็นแหล่งอาหารและที่อยู่อาศัยของสัตว์เหล่านั้นได้

6.3 ทำให้ดินเสื่อมและเกิดมลพิษ

ขยะมูลฝอยที่เทกองทิ้งไว้ จะทำให้พื้นดินสกปรก ดินมีสภาพเป็นเกลือ ด่าง หรือกรด หรือมีสารพิษที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในดิน ตลอดจนทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของดินเปลี่ยนแปลงไป นอกจากนี้ในกองขยะมูลฝอยอาจมีสารพวกโลหะหนักที่ปะปนมากับขยะมูลฝอย เช่น ปรอท แคดเมียม ตะกั่ว เป็นต้น หากมีการปนเปื้อนลงสู่ดินแล้วอาจมีการปนเปื้อนมาสู่คนทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.4 ทำให้แหล่งน้ำเกิดการปนเปื้อนและเกิดมลพิษ

ขยะมูลฝอยที่ตกลงสู่แหล่งน้ำและท่อระบายน้ำ จะทำให้แหล่งน้ำตื้นเขิน การไหลของน้ำไม่สะดวกเกิดสภาวะน้ำท่วมได้ง่าย นอกจากนี้ขยะมูลฝอยยังก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำในลักษณะต่างๆด้วย เช่น ทำให้น้ำเน่า น้ำเป็นพิษ น้ำมีเชื้อโรคปนเปื้อน น้ำเสียที่เกิดจากการกองขยะมูลฝอยที่กองทิ้งไว้เป็นน้ำเสียที่มีความสกปรกสูงมาก ซึ่งมีทั้งสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ เชื้อโรค และสารพิษต่างๆเจือปนอยู่ สิ่งสกปรกต่างๆ ที่เจือปนในแหล่งน้ำจะส่งผลต่อระบบนิเวศในแหล่งน้ำ ทำให้สัตว์น้ำที่มีคุณค่าบางชนิดสูญพันธุ์ไป นอกจากนี้น้ำที่มีสิ่งสกปรกเจือปนย่อมไม่เหมาะแก่การอุปโภคบริโภค แม้จะนำไปปรับปรุงคุณภาพแล้วก็ตาม เช่น การทำระบบน้ำประปา ซึ่งก็ต้องสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำมากขึ้น

6.5 ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ

จากองค์ประกอบทางเคมีของขยะมูลฝอยนั้นมีสารประกอบส่วนใหญ่เป็น คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน และซัลเฟอร์ ซึ่งเป็นอาหารของจุลินทรีย์ จะเกิดการบูดเน่าอย่างรวดเร็วในเขตร้อนชื้น เช่นประเทศไทย จะทำให้เกิดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ มีเทน แอมโมเนีย ซึ่งจะเกิดในภาวะที่ไร้ออกซิเจนและจะทำให้เกิดกลิ่นเหม็น ก่อให้เกิดความรำคาญเป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยได้ นอกจากนี้ การย่อยสลายของขยะมูลฝอยประเภทเศษอาหารหรือมูลสัตว์ทำให้เกิดก๊าซมีเทน (Methane) ซึ่งเป็นกลุ่มก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas) ตัวหนึ่งที่จะมีผลให้เกิดปรากฏการณ์สภาวะเรือนกระจก (Greenhouse Effect) ทำให้อุณหภูมิของโลกเพิ่มขึ้น (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2541)

6.6 ทำให้เกิดอัคคีภัย

เนื่องจากขยะมูลฝอยหลายชนิดติดไฟง่าย โดยเฉพาะเมื่อแห้ง นอกจากนี้ในกองขยะมูลฝอยอาจมีการย่อยสลายจนเกิดก๊าซมีเทน (CH_4) ซึ่งเป็นก๊าซที่ติดไฟได้ ดังนั้นเมื่อมีคนไปคุ้ยเขี่ยกองขยะมูลฝอยหรือพนักงานขับรถขนขยะทิ้งก้นบุหรี่ลงไปในกองมูลฝอย หรือการเผาเพื่อกำจัดขยะมูลฝอยจึงมีปัญหาอาจทำให้เกิดไฟไหม้ในกองขยะมูลฝอยที่ทิ้งไว้นานๆอยู่เสมอ ซึ่งบางครั้งอาจเป็นสาเหตุให้เกิดอัคคีภัยในพื้นที่ใกล้เคียงกับกองขยะมูลฝอยได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7. การกำจัดขยะมูลฝอย

วิธีการกำจัดขยะมูลฝอยมีหลากหลายวิธี ซึ่งจะต้องพิจารณาด้วยความรอบคอบ โดยอาศัยการพิจารณาองค์ประกอบเบื้องต้นที่สำคัญคือ ชนิดและปริมาณของขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น รูปแบบการบริหารงานของท้องถิ่น งบประมาณ เครื่องมือ อาคารสถานที่ ความร่วมมือของประชาชน ผลประโยชน์ที่ควรจะได้รับ ฯลฯ เกรียงศักดิ์ (2539) และ พิชิต (2531) ได้รวบรวมวิธีการกำจัดขยะมูลฝอยไว้ดังต่อไปนี้

7.1 การกองบนพื้นดิน (Dumping on Land) เป็นวิธีที่นำขยะมูลฝอยที่ต้องการกำจัดมากองไว้ ณ บริเวณพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งที่กำหนดเป็นพื้นที่กำจัดขยะโดยเป็นพื้นที่กลางแจ้งและควรเลือกพื้นที่ในการกำจัดที่อยู่ห่างไกลชุมชน มีลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ดอน น้ำท่วมไม่ถึง ควรมีรั้วกั้นเพื่อป้องกันคนเข้ามาคุ้ยเขี่ย และทำป้ายปิดประกาศไว้ ดังนั้นวิธีการกองบนพื้นดินจำเป็นต้องได้รับการควบคุมดูแลอย่างใกล้ชิดเพื่อมิให้เกิดปัญหาต่างๆตามมา

7.2 การนำไปทิ้งทะเล (Dumping at Sea) ขยะมูลฝอยที่จะกำจัดควรเป็นขยะมูลฝอยที่สลายตัวยาก หรือไม่สลายตัว ได้แก่ ซากรถยนต์ เศษสิ่งก่อสร้าง ยางรถยนต์เก่า ฯลฯ และควรมีการเลือกพื้นที่ให้มีความเหมาะสม เช่น บริเวณหินโสโครก หินปะการัง เพราะยังสามารถเป็นแหล่งพักอาศัยของสัตว์น้ำได้ ไม่ควรนำเอาขยะมูลฝอยที่ไม่ย่อยสลายและลอยตัวง่าย เช่น พลาสติกมากำจัดด้วยวิธีการนี้เพราะจะทำให้ขยะมูลฝอยดังกล่าวถูกกระแสน้ำพัดพาได้ง่าย ทำให้เกิดปัญหาความสกปรก พื้นที่ที่ใช้ในการกำจัดขยะมูลฝอยควรมีการตรวจสอบและควบคุมเรื่องคุณภาพน้ำเพื่อป้องกันการเกิดมลพิษทางน้ำและความเสียหายต่อระบบนิเวศท้องทะเล

7.3 การนำขยะมูลฝอยไปใช้เลี้ยงสัตว์ (Hog Feeding) ขยะมูลฝอยบางชนิดยังคงมีคุณค่าทางอาหารเหลืออยู่ ได้แก่ ขยะมูลฝอยสด เศษอาหาร เศษผัก ผลไม้ จากครัวเรือน ร้านอาหาร โรงอาหาร หรือผลผลิตจากภาคเกษตรกรรม รวมถึงวัสดุเหลือใช้จากภาคอุตสาหกรรม ฯลฯ ถ้ามีการคัดแยกขยะมูลฝอยดังกล่าวได้โดยเฉพาะ สามารถนำไปกำจัดด้วยวิธีนำไปเลี้ยงสัตว์ เช่น สุกร ปลา เป็ด ไก่ สัตว์เคี้ยวเอื้อง ฯลฯ

7.4 การเผา (Incineration) หมายถึงการเผาขยะมูลฝอยด้วยเตาเผาขยะโดยเฉพาะ ขยะมูลฝอยที่จะนำมากำจัดควรเป็นวัตถุที่เผาไหม้ได้ (Combustible) อยู่ในสภาพที่ค่อนข้างแห้ง หรือมีความชื้นไม่สูงมากนัก จึงจะช่วยทำให้เผาไหม้ได้ดี ไม่ต้องสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและค่าใช้จ่าย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เช่น เศษกระดาษ ถุงและกล่องกระดาษ เศษไม้ กิ่งไม้และใบไม้แห้ง เฟอร์นิเจอร์เก่าที่ชำรุด ฯลฯ สำหรับขยะมูลฝอยพิเศษ เช่น ขยะมูลฝอยที่มีการปนเปื้อนด้วยเชื้อจุลินทรีย์ได้แก่ขยะจากคลินิก สถานพยาบาล โรงพยาบาล ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ แม้ว่าจะมีความชื้นสูงกว่าปกติบ้าง แต่สมควรจะกำจัดด้วยวิธีการเผาในเตาเผา วิธีการนี้ต้องพิจารณาเกี่ยวกับชนิดและลักษณะของขยะ สิ่งสำคัญที่จะต้องพิจารณาคือความร้อนที่ใช้เผา จำเป็นต้องมีความร้อนสูงพอ เพื่อป้องกันปัญหาด้านกลิ่น ควัน ก๊าซและมลสารต่างๆ ความร้อนที่เหมาะสมสำหรับการเผาขยะในเตาเผาควรอยู่ระหว่าง 676 – 1,100 °C หรือประมาณ 1,250 – 2,000 °C โดยความร้อนตั้งแต่ 676 °C ขึ้นไปจะช่วยทำให้ก๊าซที่เกิดขึ้นในเตาเผาลุกไหม้ได้อย่างสมบูรณ์ ถ้าอุณหภูมิสูงถึง 760 °C จะทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ไม่ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นรบกวน

7.5 การฝังกลบตามหลักการสุขาภิบาล (Sanitary Landfill) สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย (2552) กล่าวว่า การจัดการขยะมูลฝอยโดยใช้วิธีฝังกลบเป็นการนำขยะมูลฝอยมาเทกองในพื้นที่ที่จัดเตรียมไว้สำหรับการฝังกลบโดยเฉพาะ ซึ่งจะมีการวางระบบต่างๆ เพื่อป้องกันมิให้มีการปลดปล่อยมลสารต่างๆออกสู่พื้นที่ภายนอก แล้วใช้เครื่องจักรกลเกลี่ยและบดอัดให้ยุบตัวลง หลังจากนั้นใช้ดินกลบทับและบดอัดให้แน่นอีกครั้ง เป็นลักษณะนี้จนเต็มพื้นที่ฝังกลบ เพื่อป้องกันปัญหาในด้านกลิ่น แมลง สัตว์พาหะ น้ำฝนชะล้างขยะมูลฝอยและเหตุรำคาญอื่นๆ สารอินทรีย์ที่มีอยู่ในขยะมูลฝอยจะถูกย่อยสลายตามธรรมชาติโดยจุลินทรีย์ในกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Decomposition) ทำให้ขยะมูลฝอยยุบตัว เกิดก๊าซมีเทน และน้ำเสียขึ้นในชั้นของขยะมูลฝอย นอกจากนี้การดำเนินการฝังกลบขยะมูลฝอยจะต้องมีมาตรการในการบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้น การระบายก๊าซออกจากบริเวณฝังกลบ และการติดตามการรั่วซึมของน้ำชะมูลฝอยออกนอกพื้นที่ ซึ่งพื้นที่ที่จะใช้ในการฝังกลบนี้จะต้องมีการศึกษาความเหมาะสมในด้านต่างๆก่อน

7.6 การเลือกวัตถุบางชนิดจากขยะมูลฝอยไปใช้ประโยชน์ (Salvaging) เศษสิ่งของบางชนิดยังสามารถที่จะนำกลับมาใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อการแปรรูปและนำกลับมาใช้ประโยชน์ต่อไปได้ เช่น เศษกระดาษนำมาเป็นวัตถุดิบเพื่อทำเป็นเยื่อกระดาษสำหรับผลิตกระดาษบางชนิดแทนการผลิตกระดาษจากเยื่อไม้ เศษพลาสติกนำมาแปรรูปเพื่อทำเป็นสิ่งของเครื่องใช้พลาสติกขึ้นใหม่ เศษเหล็กสามารถนำมาหลอมและใช้ได้ใหม่ เศษอาหารและเศษพืชผักก็สามารถแยกไปใช้เลี้ยงสัตว์ แม้แต่เถ้าจากเตาเผาขยะก็มีการนำไปใช้ผลิตเป็นอิฐสำหรับใช้ในการก่อสร้างได้ เป็นต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7.7 การใช้ขยะมูลฝอยเป็นเชื้อเพลิง (Fuels) เนื่องจากขยะมูลฝอยบางชนิดเป็นเศษวัสดุที่เผาไหม้เป็นเชื้อเพลิงได้ จึงสามารถแยกออกมากำจัดโดยใช้เป็นเชื้อเพลิงที่เป็นประโยชน์ต่อไป เช่น เศษกระดาษ เศษไม้ ใบไม้และกิ่งไม้แห้ง ชานอ้อย แกลบ ฯลฯ นอกจากจะเป็นการช่วยกำจัดขยะมูลฝอยได้แล้ว ยังช่วยประหยัดเชื้อเพลิงชนิดอื่นได้ด้วย ตัวอย่างเช่น การเผาอิฐและโรงสีข้าวใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง โรงงานอุตสาหกรรมน้ำตาลทรายก็ใช้ชานอ้อยเป็นเชื้อเพลิง เป็นต้น

7.8 การใช้ขยะมูลฝอยหมักทำปุ๋ย (Composting) ขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นจากชุมชนและแหล่งต่างๆส่วนใหญ่จะเป็นขยะมูลฝอยที่มีอินทรียวัตถุปนอยู่ด้วยจำนวนหนึ่ง ดังนั้นถ้านำเอาขยะมูลฝอยที่เป็นพวกสารวัตถุที่ย่อยสลายได้ เช่น พวกอินทรีย์สารมากำจัดโดยวิธีหมัก เพื่อใช้ปฏิกิริยาการย่อยสลายของจุลินทรีย์ช่วยทำให้ขยะมูลฝอยดังกล่าวย่อยสลายตัวจนสมบูรณ์ดีแล้วก็จะได้ปุ๋ยเป็นผลผลิตเกิดขึ้น ซึ่งปุ๋ยที่ได้จะมีสารประกอบที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเช่น สารประกอบของไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) สามารถนำไปใช้ปรับปรุงบำรุงดินและเป็นอาหารของพืชได้เป็นอย่างดี

8. การกำจัดขยะมูลฝอยโดยการทำปุ๋ยหมัก

8.1 วัตถุประสงค์ของการทำปุ๋ยหมัก

8.1.1 ต้องการเปลี่ยนสภาพสารอินทรีย์โดยการย่อยสลายทางชีวภาพให้กลายเป็นวัสดุทางชีวภาพที่มีความเสถียร

8.1.2 ต้องการทำลายพยาธิหรือเชื้อโรคหรือไข่พยาธิที่ปะปนมากับสารอินทรีย์รวมทั้งเมล็ดพันธุ์ของวัชพืช

8.1.3 ต้องการรักษาสารอาหารของพืช เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม (N, P, K) ที่มีอยู่ในสารตั้งต้นหมักปุ๋ย

8.1.4 ต้องการใช้ผลผลิตที่เกิดจากการหมักอันเป็นปุ๋ยที่เหมาะสมกับการปลูกพืช

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

8.2 หลักการทำปุ๋ยหมัก

การหมักขยะอินทรีย์ หรือการทำปุ๋ยหมักอาศัยกระบวนการทางชีวภาพของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายอินทรียวัตถุ ซึ่งอาจเกิดจากกระบวนการใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน (Aerobic or Anaerobic Digestion) ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมในด้านความชื้น อุณหภูมิ รวมทั้งสัดส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจน (C/N ratio) ผลผลิตที่ได้จากการหมักจะเป็นวัสดุที่มีสีน้ำตาลดำ มีเนื้อร่วนซุยเรียกว่าปุ๋ยหมัก (Compost or Humus-like Material) ซึ่งมีสารประกอบที่เป็นประโยชน์ต่อพืช เช่น ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) สามารถนำไปปรับปรุงดินและเป็นอาหารของพืชได้ กระบวนการหมักนั้นแบ่งออกได้ 2 ลักษณะ (Metcaff and Eddy, 1974 อ้างในกรมควบคุมมลพิษ, 2545) ดังนี้

8.2.1 การหมักแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Decomposition)

เป็นการย่อยสลายวัสดุที่ย่อยสลายได้โดยใช้จุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจน (Aerobic Microorganisms) และจะให้ผลผลิตสุดท้ายที่เสถียร (Final-stabilized Products) ตามปฏิกิริยาดังนี้

$$\underset{\text{(CHONS)}}{\text{อินทรียสาร}} + O_2 \xrightarrow{\text{Aerobic Microorganism}} CO_2 + H_2O + NO_3^- + SO_4^{2-} + \text{heat}$$

ในการเกิดกระบวนการหมักแบบใช้ออกซิเจนได้นั้น จะต้องมีสภาวะที่เหมาะสม เช่นมีปริมาณออกซิเจนเพียงพอ อุณหภูมิ ความชื้นพอเหมาะ กระบวนการหมักวิธีนี้จะเป็นไปได้เร็วและนิยมใช้กันมากในการทำปุ๋ยหมักจากขยะมูลฝอยชุมชน ซึ่งใช้เวลาในกระบวนการนี้ไม่มากนัก (ประมาณ 5-30 วัน) และไม่ส่งกลิ่นเหม็นรุนแรง

การหมักแบบใช้ออกซิเจนสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

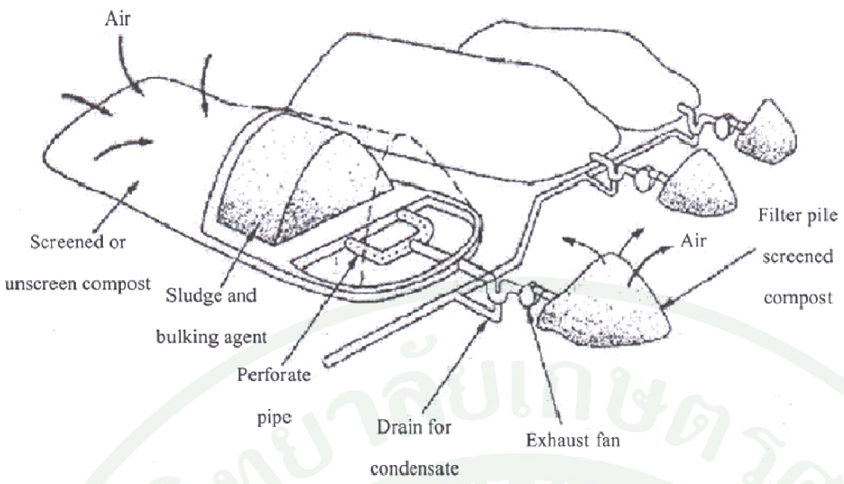
ก. การหมักโดยอาศัยออกซิเจนธรรมชาติ (Windrow Composting) เป็นการนำขยะมูลฝอยที่ย่อยสลายได้กองบนพื้นเป็นกองเล็กๆ เพื่อให้ขยะมูลฝอยสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศให้มากที่สุด ถ้ากองขนาดใหญ่เกินไปจะทำให้ขยะมูลฝอยภายในได้รับออกซิเจนไม่เพียงพอ จะทำให้เกิดการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจนขึ้นได้ วิธีนี้จะใช้เวลาประมาณ 30 วัน

ภาพที่ 1 การกองปุ๋ยหมักแบบ Windrow Composting

ที่มา: Tchobanoglous *et al.*, (1993) อ้างใน วธิดา (2552)

ข. การหมักโดยการเร่งอัตราการย่อยสลายโดยใช้เครื่องจักรกล (High Rate Composting) เป็นการใช้เครื่องจักรช่วยให้ออกซิเจนในอากาศสัมผัสกับขยะมูลฝอยได้มากที่สุด อาจจะใช้พัดลมหรือใบพัดให้อากาศหมุนเวียน หรืออาจออกแบบภาชนะใส่ให้สามารถพลิกกลับได้ในระหว่างการหมัก เป็นต้น นอกจากการใช้เครื่องจักรช่วยแล้ว จะต้องทำให้ขยะมูลฝอยเป็นชิ้นเล็กและแยกเอาส่วนที่ไม่ย่อยสลายออก จะช่วยทำให้ขยะมูลฝอยนั้นสัมผัสกับออกซิเจน มากขึ้น การย่อยจะเกิดเร็วขึ้นใช้เวลาประมาณ 5-7 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 2 การกองปุ๋ยหมักแบบ High Rate Composting

ที่มา: Tchobanoglous *et al*., (1993) อ้างใน วธิดา (2552)

อภิญญา (2546) ได้ศึกษาการผลิตปุ๋ยน้ำหมักจากขยะอินทรีย์โดยมีการทดลองเติมอากาศ เติมแบคทีเรีย และเติมกากถั่วเหลืองหรือกากปลาป่นเพื่อเป็นแหล่งไนโตรเจน ว่ามีผลต่อชนิดและปริมาณจุลินทรีย์ การเปลี่ยนแปลง pH การสลายของเศษผัก และความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชอย่างไร ผลการทดลองพบว่า การหมักแบบเติมอากาศทำให้เศษผักย่อยสลายร้อยละ 88.04 ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งเร็วกว่าการหมักแบบไม่เติมอากาศที่มีการย่อยสลายเพียงร้อยละ 53.34 ของน้ำหนักแห้ง

8.2.2 การหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Decomposition)

เป็นการย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยใช้จุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Microorganisms) ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะให้ผลิตภัณฑ์ ตามปฏิกิริยาดังนี้

$$\text{อินทรียสาร (CHONS)} + \text{ตัวรับอิเล็กตรอน} \xrightarrow{\text{Anaerobic Microorganisms}} CO_2 + CH_4 + NH_3 + H_2S + \text{heat}$$

กระบวนการนี้เกิดขึ้นช้ากว่าการย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจน ประมาณ 2-6 เดือน หรือ 1 ปี ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นในส่วนที่เป็นก๊าซจะหายไปและส่งกลิ่นเหม็นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์และก๊าซอื่นๆรบกวนชุมชน การทำปุ๋ยหมักในสภาพที่ไม่ใช้ออกซิเจน อุณหภูมิที่เกิดขึ้นจะใกล้เคียงกับอุณหภูมิเฉลี่ยของภูมิอากาศภายนอก และเป็นกระบวนการที่ปล่อยพลังงานออกมาน้อยกว่าสภาพที่มีออกซิเจน

8.3 ขั้นตอนการทำปุ๋ยหมัก

การกำจัดขยะมูลฝอยโดยการทำปุ๋ยหมัก ประกอบด้วยขั้นตอนหลักๆ ดังนี้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2536)

8.3.1 การเตรียมการ (Preparation) เป็นขั้นตอนของการคัดแยกขยะมูลฝอยที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ออกก่อนที่จะทำการหมัก เช่น พลาสติก ยาง แก้ว โลหะต่างๆ รวมทั้งการบดย่อยขยะมูลฝอยให้มีขนาดเล็กลง นอกจากนั้นอาจนำสารประกอบอื่นๆมาผสมร่วมกับการหมัก เพื่อเพิ่มแร่ธาตุให้กับผลผลิตที่ได้และเสริมสร้างให้กระบวนการหมักได้ผลดีและรวดเร็วขึ้น อาจใช้เครื่องจักรกลหรือแรงงานคนร่วมด้วย

8.3.2 การหมัก (Decomposition) ประกอบด้วยกลไกที่สำคัญ 2 ขั้นตอน คือ

ก. การย่อยสลายอย่างเข้มข้น (Intensive Rotting Phase) จะเกิดขึ้นในช่วง 24 ชั่วโมงแรกของการหมัก อุณหภูมิจะสูงถึง 45 องศาเซลเซียส ซึ่งจะเกิดการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ประเภท Mesophilic หลังจาก 24 ชั่วโมงแรกไปแล้ว อุณหภูมิของการหมักจะสูงจนถึงประมาณ 75 องศาเซลเซียส สารอินทรีย์ในช่วงนี้จะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ประเภท Thermophilic อุณหภูมิที่สูงระดับนี้จะทำให้เชื้อโรคที่อยู่ในขยะมูลฝอยส่วนใหญ่ตายได้ ระยะเวลาของการเกิดกลไกนี้ ขึ้นอยู่กับวิธีการหมักและองค์ประกอบของมูลฝอย โดยจะใช้ระยะเวลาประมาณ 3 – 6 สัปดาห์ หรือ ตั้งแต่ 1 – 5 วัน

ข. การย่อยสลายขั้นสุดท้าย (Final Rotting Phase) จะเกิดขึ้นหลังจากกลไกการย่อยสลายอย่างเข้มข้นเสร็จสิ้นแล้ว อุณหภูมิของกองปุ๋ยหมักจะค่อยๆลดลง เหลือประมาณ 30 องศาเซลเซียส ซึ่งอินทรีย์สารที่ย่อยสลายได้ยาก เช่น เซลลูโลส ลิกนิน จะถูกย่อยสลายในขั้นนี้ ซึ่งจะใช้เวลาตั้งแต่ 3 เดือน ถึง 1 ปี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

8.3.3 ขั้นสุดท้าย (Finishing) นำปุ๋ยที่ได้จากการหมักซึ่งอาจจะต้องทำการร่อนหรือบดย่อย ให้มีขนาดตามต้องการ ก่อนทำการรวบรวมและบรรจุถุงเพื่อรอการนำไปใช้งานต่อไป

8.4 วิธีการทำปุ๋ยหมักโดยวิธีฝังกลบแบบประยุกต์

ปัจจุบันมีวิธีการทำปุ๋ยหมักโดยวิธีฝังกลบแบบประยุกต์ โดยโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี (2548) ได้มีการทำปุ๋ยหมักโดยวิธีธรรมชาติช่วยธรรมชาติด้วยการใช้เทคโนโลยีกล่องคอนกรีตหรือบ่อคอนกรีตทรงกลมตามปริมาณขยะมูลฝอยที่จะใช้ทำการหมัก ซึ่งมีหลักการปฏิบัติดังต่อไปนี้

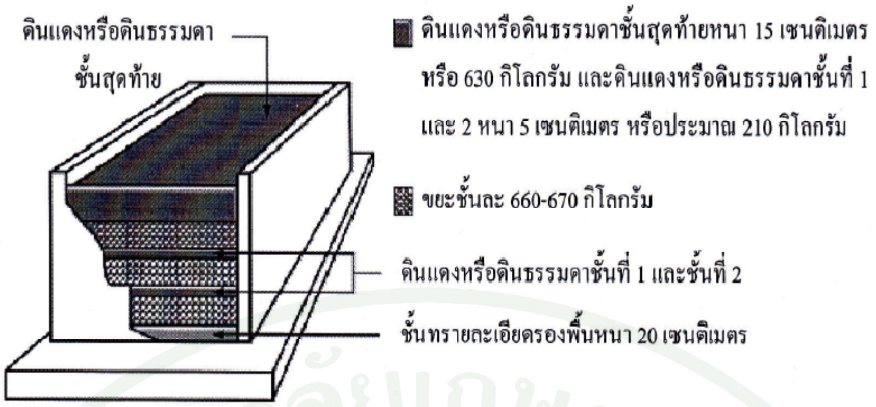
8.4.1 เลือกรูปแบบเทคโนโลยีที่ใช้กล่องคอนกรีตหรือบ่อคอนกรีตทรงกลมให้เหมาะสมกับปริมาณขยะมูลฝอยที่มีในชุมชน

8.4.2 ทำการบรรจุขยะมูลฝอยชุมชนใส่ในกล่องคอนกรีตหรือบ่อคอนกรีตทรงกลมโดยทำเป็นชั้นๆ สลับกับดินนา, ดินแดง หรือดินธรรมดา แต่การใช้ดินนาหรือดินแดงที่มีเนื้อละเอียดจะมีประสิทธิภาพเป็นตัวช่วยในกระบวนการหมักได้ดีกว่าดินธรรมดา เนื่องจากดินนาหรือดินแดงจะมีเหล็กเป็นองค์ประกอบมากกว่าดินธรรมดา ซึ่งธาตุเหล็กจะเป็นตัวรับอิเล็กตรอนหลักที่จุลินทรีย์สามารถดึงมาใช้เพื่อให้กระบวนการย่อยสลายดำเนินต่อไปได้ และมีการใส่ดินทับหน้าชั้นขยะมูลฝอยชุมชน แล้วเกลี่ยดินให้ทั่วเพื่อคลุมพื้นที่ผิวของกล่องหรือบ่อคอนกรีตทรงกลม

8.4.3 รดน้ำเพื่อเพิ่มความชื้นให้กับกองปุ๋ยหมักทุก 7 วัน

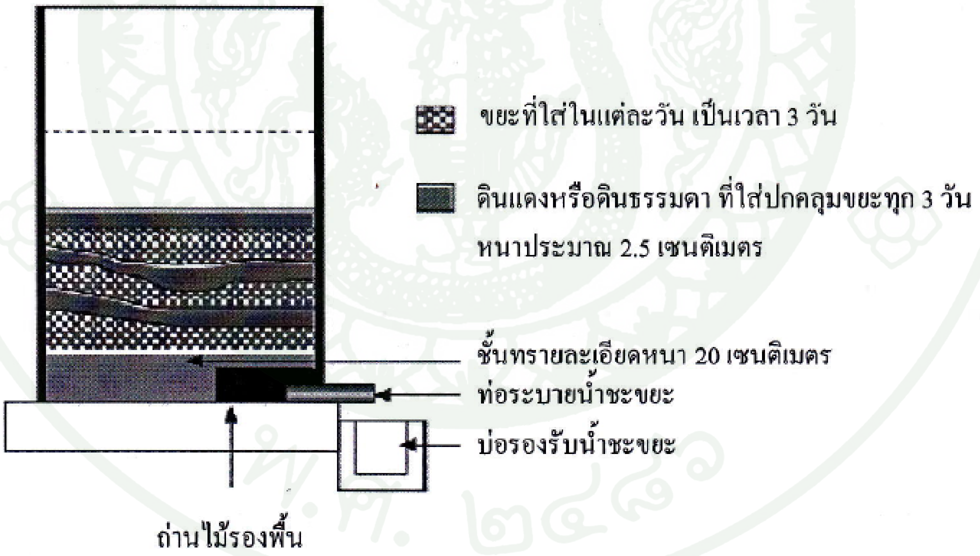
8.4.4 ตั้งกองทิ้งไว้โดยไม่ต้องทำการกลับกองปุ๋ยเป็นระยะเวลา 30 วัน จึงได้ปุ๋ยหมักไปใช้ประโยชน์ต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 3 การใส่ขยะมูลฝอยและดินแดงหรือดินนาในการทำปุ๋ยหมักในกล่องคอนกรีตแบบชุมชนเพื่อการทำปุ๋ยหมักแบบฝังกลบประยุกต์

ที่มา: โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี (2548)



ภาพที่ 4 การใส่ขยะมูลฝอยและดินแดงหรือดินนาในการทำปุ๋ยหมักในกล่องคอนกรีตแบบครัวเรือนเพื่อการทำปุ๋ยหมักแบบฝังกลบประยุกต์

ที่มา: โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี (2548)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

8.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำปุ๋ยหมัก

การย่อยสลายเศษพืชภายในกองปุ๋ยหมักเกิดขึ้นโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ ประสิทธิภาพของการย่อยสลายเศษพืชขึ้นอยู่กับปัจจัยของสภาพแวดล้อมภายในกองปุ๋ยหมักหลายประการ ปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายอาจส่งเสริมหรือลดอัตราการย่อยสลายของวัสดุได้ (สมศักดิ์, 2528) แต่โดยจุดมุ่งหมายหลักได้เน้นถึงคุณสมบัติของเศษวัสดุและหลักการปฏิบัติที่ถูกต้องเพื่อเพิ่มอัตราการย่อยสลายในระหว่างการผลิตปุ๋ยหมัก ดังนั้นสภาพแวดล้อมต่างๆ ในกองปุ๋ยหมัก จึงเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมกิจกรรมของจุลินทรีย์และมีผลต่อไปถึงอัตราการย่อยสลายด้วย ในการหมักปุ๋ยจะประสบความสำเร็จได้ปุ๋ยมีคุณภาพดีและเป็นปุ๋ยเร็วขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ อันได้แก่

8.5.1 ขนาดและชิ้นส่วนของขยะมูลฝอย (Particle Size of Solid Waste) ขนาดและชิ้นส่วนขยะมูลฝอยที่เริ่มทำการหมักต้องมีขนาดเล็กเพื่อจุลินทรีย์สามารถทำการย่อยสลายได้ง่ายและรวดเร็ว ควรมีขนาดอยู่ระหว่าง 1 – 5 เซนติเมตร (ธเรศ, 2553) ซึ่งสอดคล้องกับ นภารัตน์ (2544); JICA (1982); Neklyudov *et al.* (2008) ที่ได้แนะนำว่า ขนาดของขยะมูลฝอยที่เหมาะสมต่อการหมักทำปุ๋ยหมักควรมีขนาด 2.3 – 7.5 เซนติเมตร หรือ 0.5 – 1.5 นิ้ว ซึ่งอัตราความเร็วในการเกิดการออกซิเดชันทางชีววิทยา เป็นปฏิภาคโดยตรงกับปริมาณของพื้นที่ผิวที่ให้จุลินทรีย์เข้ายึดเกาะ ถ้าพื้นที่ผิวในการสัมผัสมากจะทำให้จุลินทรีย์และเอนไซม์เข้ายึดเกาะได้ดีและทำให้เกิดการย่อยสลายเร็วขึ้น ดังนั้นวัสดุในการหมักควรจะมีขนาดเล็กและต้องมีช่องว่างเพียงพอในการระบายอากาศ ขนาดของวัสดุหมักไม่ควรเล็กมากกว่า 1.0 เซนติเมตร เพราะจะทำให้อากาศ (ออกซิเจน) ลงไปในกองปุ๋ยหมักได้ยากมีผลต่อการหมักปุ๋ย

8.5.2 ความชื้น (Moisture Content) ถือเป็นสิ่งที่จุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักต้องการเพื่อใช้ในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ ดังนั้นความชื้นในกองปุ๋ยหมักควรควบคุมไว้ให้อยู่ในช่วง 40 – 65 % (ธเรศ, 2553) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ JICA (1982); Robert (2001) ที่พบว่า ความชื้นที่เหมาะสมต่อการหมักขยะมูลฝอยจะมีค่าอยู่ในช่วง 50 – 60 % จึงเกิดการย่อยสลายได้ดี และสำหรับความชื้นที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายวัสดุที่มีเส้นใย (Fiber) และมีความหนาแน่นต่ำ ควรมีความชื้นอยู่ในช่วง 80 – 85 % (Gaur *et al.*,1982) ในสภาพที่มีการระบายอากาศ แต่หากความชื้นน้อยกว่า 20 % จะทำให้จุลินทรีย์ที่ทำการย่อยสลายตายและการหมักปุ๋ยล้มเหลว เช่นเดียวกัน หากความชื้นในกองปุ๋ยหมักมากเกินไปจะเกิดความสกปรกและกลิ่นเหม็นรบกวน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Richard *et al.*(2002) รายงานว่า ความชื้นเป็นปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่สำคัญต่อกระบวนการหมัก ความชื้นจะมีผลต่อการส่งผ่านออกซิเจนในกองปุ๋ยหมักและอัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ซึ่งจะสัมพันธ์กับการลดขนาดลงของวัสดุหมัก และระดับความชื้นที่เหมาะสมสำหรับการย่อยสลายวัสดุหมักมีช่วงที่กว้างประมาณ 50 ถึงมากกว่า 70 % โดยขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้หมักปุ๋ยหมักและระยะเวลาในกระบวนการหมัก ดังนั้นการจัดการให้ปริมาณความชื้นเหมาะสมจึงเป็นสิ่งสำคัญ หากมีปริมาณความชื้นน้อยเกินไปจะไปมีผลต่อการเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ซึ่งพบว่าถ้าหากมีการเคลื่อนไหวทั้งทางด้านชีวภาพและกายภาพ จะทำให้ประสิทธิภาพของการย่อยสลายเพิ่มมากขึ้น

8.5.3 การระบายอากาศหรือ ปริมาณออกซิเจนที่เพียงพอ ต้องทำให้มีอากาศที่เพียงพอต่อกระบวนการย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ ปริมาณอากาศที่ต้องการในการหมักขยะมูลฝอยแบบใช้ออกซิเจนนั้นจะขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพและเคมีของขยะมูลฝอยหรือวัสดุที่จะนำมาหมัก ในทางกลับกันหากระบายอากาศมากเกินไปทำมวลปุ๋ยหมักลดลง และบางครั้งทำให้ปุ๋ยหมักแห้ง ส่งผลต่ออัตราการย่อยสลายได้ (Larney and Hao, 2007) โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ในสภาพที่ต้องการออกซิเจนนั้น จัดเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันทางชีววิทยา ซึ่งปัจจัยที่สำคัญก็คือก๊าซออกซิเจน ดังนั้นเพื่อไม่ให้เป็นปัจจัยจำกัดต่อการดำเนินกระบวนการย่อยสลาย ปริมาณก๊าซออกซิเจนต้องไม่ต่ำกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ (Sular and Finstein, 1977; Bertoldi *et al.*,1983)

8.5.4 อุณหภูมิ (Temperature) ธเรศ (2553) กล่าวว่า อุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักจะต้องควบคุมให้อยู่ใน 2 ระยะ คือ Mesophilic ที่อุณหภูมิ 25 – 45 องศาเซลเซียส และ Thermophilic ที่อุณหภูมิ 45 – 70 องศาเซลเซียส และกลับคืนมาที่ 25 – 30 องศาเซลเซียส อันเป็นอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมซึ่งหมายถึงการหมักสิ้นสุด อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการหมักมูลฝอยควรอยู่ในช่วง 50 - 70 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่สูงเกินไปจะมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทำให้การย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ลดลง อุณหภูมิที่เหมาะสมในการย่อยสลาย ควรอยู่ในช่วง 45 – 50 องศาเซลเซียส เนื่องจาก Eumycetes และ Actinomycetes ซึ่งมีความสำคัญในการย่อยสลายสารประกอบพวกเซลลูโลสและลิกนินเจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมิดังกล่าว (Tchobanoglus *et al.*, 1993) ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักมีหลายปัจจัย อาทิ สภาพแวดล้อม ชนิดและลักษณะของวัตถุดิบที่นำมาหมัก รวมถึงขนาดของกองปุ๋ยหมัก เป็นต้น นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับการเติมส่วนผสมบางชนิดร่วมกับวัตถุดิบที่นำมาหมัก ซึ่งเป็นการบ่งบอกถึงการเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยสลาย และมีความสอดคล้องกับการลดลงของค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนในกองปุ๋ยหมัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

8.5.5 ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) Bertoldi *et al.* (1983) รายงานว่า วัสดุที่มีค่า pH อยู่ในช่วง 3.0 – 11.0 สามารถนำมาทำปุ๋ยหมักได้ แต่อย่างไรก็ตาม pH ที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 5.5 – 8.0 ซึ่งสอดคล้องกับ ธเรศ (2553) ที่กล่าวว่า ตลอดเวลาของการหมักปุ๋ย ค่า pH จะต้องไม่ต่ำกว่า 5.5 และไม่เกิน 9.0 อันเป็นช่วงที่บรรดาจุลินทรีย์และราสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ดี แต่ในช่วงแรกของการหมัก ค่า pH อาจจะลดลงไปอยู่ที่ 5.5 จากนั้นอาจจะเพิ่มขึ้นเป็น 7 และ 8 ในช่วงของ Thermophilic State จากนั้นอาจลดลงไปที่ 6 – 7 อันเป็นช่วงที่ถือว่าปุ๋ยหมักนั้นได้เกิดการหมักสมบูรณ์แล้ว ปุ๋ยหมักที่จะให้ผลดีกับพืชควรมีค่า pH อยู่ที่ 6.0 – 6.5 เพราะเป็นสภาวะที่พืชดึงสารอาหารจากปุ๋ยไปใช้ได้ดีกว่า มีข้อแนะนำเกี่ยวกับการปรับค่า pH ในกองปุ๋ยหมัก หากพบว่าค่า pH สูงกว่า 8 ควรเติมเศษผลไม้ที่มีรสเปรี้ยวเข้าไปเพื่อช่วยลดค่า pH ของกองปุ๋ยหมักลง และหากพบว่ากองปุ๋ยหมักมีค่า pH เป็นกรดหรือต่ำกว่า 5 ควรเติมปูนขาว $Ca(OH)_2$ เพื่อช่วยเพิ่มค่า pH

8.5.6 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนเป็นสารที่สำคัญสำหรับกระบวนการหมักและมีผลต่อการจำกัดอัตราการย่อยสลายของจุลินทรีย์ (Richard, 1992) ธาตุทั้ง 2 ชนิดนี้มีความเกี่ยวข้องกันในวัตถุดิบแต่ละชนิด โดยความสัมพันธ์นี้จะเรียกว่า อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ซึ่งเป็นค่าที่คิดจากค่าพื้นฐานของเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของคาร์บอนและไนโตรเจนในวัตถุดิบแต่ละชนิด

อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนสามารถบ่งบอกการย่อยสลายของวัตถุดิบชนิดนั้นๆได้ โดยวัตถุดิบที่มีค่าคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำนั้น จะมีการย่อยสลายเร็วและง่ายกว่าวัตถุดิบที่มีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูง (ตารางที่ 5) ดังนั้นในการทำปุ๋ยหมักจึงควรคัดเลือกชนิดและปริมาณของวัตถุดิบที่นำมาหมักให้เหมาะสม อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญที่มีผลต่อกระบวนการหมักและคุณภาพของปุ๋ยหมัก การทำปุ๋ยหมักให้มีคุณภาพภายในระยะเวลาสั้นนั้นต้องคำนึงถึงอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเริ่มต้นของกองปุ๋ยหมัก ซึ่งค่าเหมาะสมคือ 25 – 30 นอกจากนี้ยังใช้ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนภายหลังการหมักสิ้นสุดมาพิจารณาคุณสมบัติของปุ๋ยหมัก โดยต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 20 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2556) จึงถือว่าปุ๋ยหมักนั้นย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์สามารถนำไปใช้ได้โดยไม่เป็นอันตรายต่อพืช

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5 ค่าคาร์บอนและไนโตรเจนของวัตถุดิบชนิดต่างๆที่ใช้ในการหมักทำปุ๋ย

ชนิดของวัตถุดิบ	ปริมาณธาตุอาหาร (%)		C/N Ratio
	คาร์บอน	ไนโตรเจน	
วัตถุดิบที่ย่อยสลายง่าย			
ฟางข้าว	48.82	0.55	88.76
ผักตบชวา	43.56	1.27	34.30
หญ้าขน	48.66	1.38	35.26
ต้นข้าวโพด	33.00	0.53	62.26
เปลือกเมล็ดกาแฟ	65.05	0.93	69.94
เปลือกถั่วลิสง	58.36	0.73	79.94
เปลือกสับปะรด	46.80	1.79	26.15
เปลือกมันสำปะหลัง (แห้ง)	48.85	0.60	81.42
เปลือกมันสำปะหลัง (สด)	31.52	0.59	53.42
วัตถุดิบที่ย่อยสลายยาก			
ขี้เลื่อยไม้เบญจพรรณ	62.70	0.32	195.93
ขี้เลื่อยไม้ยางเก่า	56.37	0.25	225.48
เศษใบอ้อย	51.52	0.49	105.14
กากอ้อย	57.69	0.40	144.23
ขุยมะพร้าว	60.13	0.36	167.03
แกลบ	54.72	0.36	152.00
เปลือกเมล็ดปาล์มบด	60.95	0.52	117.21

ที่มา: ธเรศ (2553)

8.5.7 ความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน (Cation Exchange Capacity; CEC) ดินมีสภาพทั้งประจุลบและบวก ซึ่งมีผลต่อจุลินทรีย์ โดยธาตุอาหารจะถูกดูดซับไว้กับอนุภาคดิน โดยธาตุอาหารส่วนใหญ่มีประจุเป็นบวก เช่น NH_4^+, K^+, Ca^{2+} จึงเกาะได้ดีกับอนุภาคดินซึ่งมีประจุลบ ทำให้จุลินทรีย์สามารถดึงธาตุอาหารไปใช้ได้ และความเป็นประจุของดินยังมีผลต่อความสามารถในการยึดเกาะของเซลล์จุลินทรีย์ที่มีประจุลบกับอนุภาคดินด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

8.5.8 ดินหรือตะกอนดิน (Soil)ในดินมี Fe_2O_3 และ/หรือ $Fe(OH)_3$ ซึ่งเป็นตัวรับอิเล็กตรอนที่ดี ทำให้จุลินทรีย์สามารถหายใจได้ในสภาวะไร้อากาศ (ไพบูลย์ และคณะ, 2542) เนื่องจากดินเป็นวัสดุที่มาจากเปลือกโลกที่มีธาตุเหล็กเป็นองค์ประกอบมากเป็นอันดับ 4 รองจาก O, Si และ Al ในสภาวะมีอากาศเป็นตัวรับอิเล็กตรอน แต่ในสภาวะไร้อากาศ ไนเทรต (NO_3^-) ถูกใช้เป็นตัวรับอิเล็กตรอนตัวแรก เกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชั่น (Denitrification) เป็นก๊าซไนโตรเจน (N_2) อย่างรวดเร็วแล้วหมดไปในเวลาไม่นานหลงเหลือเพียงเล็กน้อยในดิน จากนั้น MnO_2 ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน แล้วจึงเป็น Fe_2O_3 หรือ $Fe(OH)_3$ และ SO_4^{-2} ตามลำดับ แต่เนื่องจากดินมี MnO_2 ไม่มาก Fe (III) จึงเป็นตัวรับอิเล็กตรอนหลักภายในดิน (ไพบูลย์, 2528) จากการศึกษาของ ชาย และอุบลวรรณ (2543) พบว่าดินนาหรือดินแดงมีเหล็กเป็นองค์ประกอบสูง ดังแสดงในตารางที่ 6 จึงเป็นตัวรับอิเล็กตรอนหลักของพวก Anaerobic ที่ได้พลังงานจากการหายใจ เหมาะสำหรับนำมาผลิตปุ๋ยหมักจากขยะมูลฝอยชุมชน

ตารางที่ 6 ตัวอย่างองค์ประกอบทางเคมีของดินแดง

องค์ประกอบ	เปอร์เซ็นต์	องค์ประกอบ	เปอร์เซ็นต์
SiO_2	59.10	MgO	1.50
Al_2O_3	19.05	Na_2O	1.50
$FeO + Fe_2O_3$	6.35	K_2O	1.00
CaO	4.00	MnO	0.11
TiO_2	1.03	P_2O_5	0.02

ที่มา: Akyuz *et al.* (2000)

8.5.9 ปัจจัยอื่นๆ ได้แก่ สารตัวเร่งประเภทต่างๆ เช่น สารตัวเร่งประเภทจุลินทรีย์ น้ำทิ้งจากถังหมักก๊าซชีวภาพ เป็นต้น สุจินต์ (2530) ได้รายงานการศึกษาการกำจัดมูลฝอย โดยวิธีหมักทำปุ๋ยด้วยการใช้สารตัวเร่งประเภทจุลินทรีย์ว่า การใช้สารตัวเร่งในการกำจัดมูลฝอยโดยวิธีการหมักไม่มีผลช่วยเร่งระยะเวลาในการหมักให้สั้นลงได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

8.6 การย่อยสลายปุ๋ยหมักโดยจุลินทรีย์

กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์เกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์หลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิดมีกิจกรรมการย่อยสลายในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมแตกต่างกัน ทั้งอุณหภูมิที่เหมาะสมกับชนิดของจุลินทรีย์แต่ละชนิดในระยะเวลาต่างๆ ที่มีผลต่อกระบวนการย่อยสลายของปุ๋ยหมัก

8.6.1 จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหมักปุ๋ย

ก. แบคทีเรีย (Bacteria) จุลินทรีย์พวกนี้มีขนาดเล็กไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า แต่มีมากที่สุดในกองปุ๋ยหมัก ประมาณร้อยละ 80 – 90 ของจุลินทรีย์ที่พบในกองปุ๋ยหมักโดยเฉพาะในช่วงของกระบวนการทำปุ๋ยหมัก ซึ่งปริมาณของจุลินทรีย์จะแปรผันไปตามสภาพแวดล้อมและวัสดุหมัก โดยทั่วไปแบคทีเรียที่พบในกองปุ๋ยหมัก คือ *Pseudomanas* sp., *Achromobacter* sp., *Flavobacterium* ap., *Micrococus* sp. และ *Bacillus* sp. แบคทีเรียค่อนข้างมีบทบาทสำคัญในกระบวนการย่อยสลายสารประกอบประเภทโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต

ข. เชื้อรา (Fungi) ในกองปุ๋ยหมักตรวจพบเชื้อราอยู่เสมอ ชนิดและปริมาณของเชื้อราแตกต่างกันขึ้นอยู่กับวัสดุที่นำมาใช้ทำปุ๋ยหมัก ความชื้นและอุณหภูมิของสภาพแวดล้อม ซึ่งมักตรวจพบเชื้อราเจริญอยู่บริเวณผิวหน้าด้านนอกกองปุ๋ยหมัก ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำและมีความชื้นน้อยกว่าภายในกองปุ๋ยหมัก ในระยะแรกของกองปุ๋ยหมักมักมีอุณหภูมิสูงจึงพบ *Giotrichum candidum* และ *Aspergilus fumigatusg* เมื่อกองปุ๋ยหมักอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 45 – 50 องศาเซลเซียส สามารถพบเชื้อรา *Penicillium duponti* แต่เมื่ออุณหภูมิสูงถึง 65 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อราจะลดลง เชื้อรามีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายเซลลูโลส ลิกนิน และสารคงทนในรูปอื่นๆ

ค. แอคติโนมัยซีส (Actinomyceetes) ลักษณะของแอคติโนมัยซีสเมื่อเจริญเป็นกลุ่มบนวัสดุที่ใช้ทำปุ๋ยหมักจะสังเกตเห็นได้โดยเป็นจุดขาวๆ คล้ายผงปูนขาว ซึ่งลักษณะเช่นนี้เห็นได้ในกองปุ๋ยหมัก หลังจากอุณหภูมิสูงถึงจุดสูงสุด แอคติโนมัยซีสสามารถเจริญได้ดีในช่วงอุณหภูมิสูงถึง 65 องศาเซลเซียสและจะเจริญลดลงหรือหยุดชะงักเมื่ออุณหภูมิสูงเกินกว่า 75 องศาเซลเซียส แอคติโนมัยซีสที่พบได้บ่อยในกองปุ๋ยหมัก ได้แก่ *Thermoactinomycetes* sp. และ *Thermomonospora* sp. ซึ่งเป็นกลุ่มที่สามารถผลิตเอนไซม์เซลลูเลสออกมาย่อยสลายเซลลูโลสได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

8.6.2 ระยะเวลาการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมัก

กระบวนการหมักทำปุ๋ยเป็นกระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพโดยกิจกรรมการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์วิธีหนึ่ง ซึ่งเปลี่ยนโครงสร้างจากสารอินทรีย์เมื่อผ่านการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์แล้วกลายเป็นอนินทรีย์วัตถุ หรือแร่ธาตุที่เสถียรในดิน ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายจะทำให้จุลินทรีย์มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายปุ๋ยหมักได้ดี (Haug, 1993) จุลินทรีย์ ที่พบในกองปุ๋ยหมักจะแบ่งออกตามระยะการเจริญเติบโตและการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในกองปุ๋ยหมัก (ภาพที่ 5) แบ่งออกเป็น 4 ระยะ ดังนี้ (สุบัณฑิต, 2546; Day and Shaw, 2001)

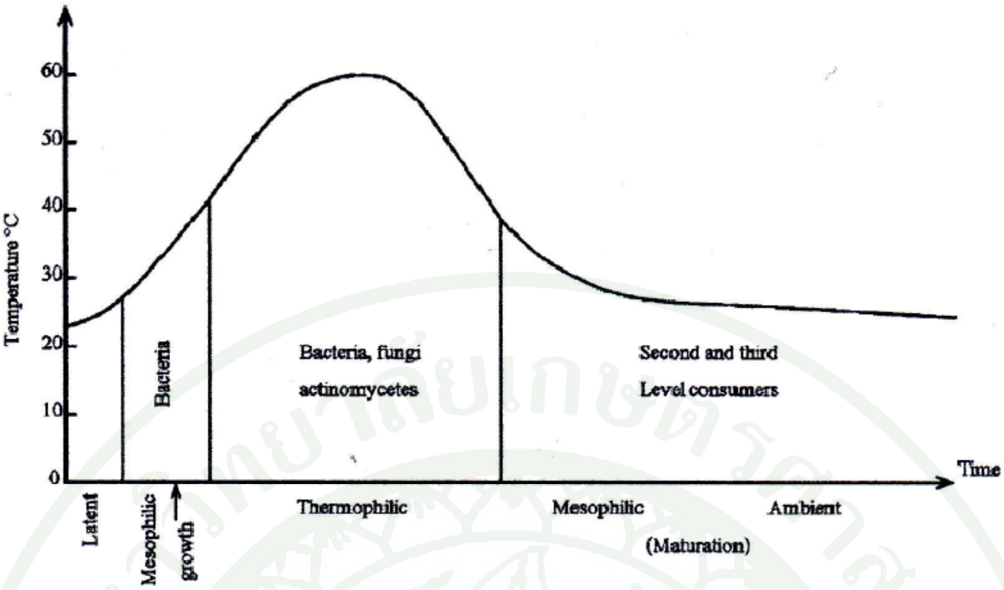
ก. Latent Phase คือ ช่วงเวลาที่จุลินทรีย์ปรับตัว สร้างความเคยชินให้เข้ากับสภาพแวดล้อมใหม่ เพื่อสร้างเซลล์และเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ ซึ่งในระยะนี้อุณหภูมิไม่สูงมาก

ข. Growth Phase คือลักษณะของการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิถึงระดับ Mesophile เกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ โดยอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นในช่วง 25 – 45 องศาเซลเซียส จุลินทรีย์กลุ่มแบคทีเรียเจริญเติบโตได้ดี และอัตราการย่อยสลายเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ

ค. Thermophilic Phase ในระยะนี้มีการย่อยสลายอย่างต่อเนื่องโดยอุณหภูมิจะเพิ่มสูงขึ้นถึง 45 – 65 องศาเซลเซียส เป็นช่วงที่เกิดการย่อยสลายสูงสุดจนทำให้เกิดความร้อนสะสมในกองปุ๋ยหมัก จุลินทรีย์ที่พบได้แก่ แบคทีเรีย เชื้อรา และแอคติโนมัยซีส อุณหภูมิในระยะนี้สามารถทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคและพยาธิบางชนิดได้

ง. Maturation Phase คือ ระยะที่อุณหภูมิลดลงอยู่ในระดับ Mesophile และลดลงเรื่อยๆ จนอยู่ในระดับอุณหภูมิบรรยากาศทั่วไป บ่งบอกว่ากระบวนการหมักสมบูรณ์ และมีการสร้างฮิวมัส โดยการเปลี่ยนรูปของสารอินทรีย์เชิงซ้อนบางอย่างให้อยู่ในรูปฮิวมัสที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 5 ระยะการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ตามช่วงอุณหภูมิต่างๆ ในกองปุ๋ยหมัก

ที่มา: Polprasert (1996)

8.7 ประโยชน์ของปุ๋ยหมัก

ธงชัย (2546) กล่าวถึงประโยชน์ของปุ๋ยหมักไว้ดังนี้

8.7.1 ประโยชน์ทางด้านกายภาพของดิน

ก. ส่งเสริมการเกิดเม็ดดิน (Soil Aggregation) ปุ๋ยหมักที่ใส่ลงในดินทำให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุสูง ช่วยปรับปรุงคุณภาพของดินให้ดีขึ้น ฮิวมัสในปุ๋ยหมักเป็นสารอินทรีย์ซึ่งมีประจุลบ เป็นตัวช่วยดูดยึดธาตุอาหารพืชที่มีประจุบวก และมีผลให้อนุภาคดินเกาะตัวกัน

ข. ส่งเสริมให้เกิดความพรุนของผิวหน้าดิน ไม่เกิดสภาพผิวดินแข็ง ทำให้การซึมผ่านของน้ำ ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินดีขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

8.7.2 ประโยชน์ทางด้านเคมีของดิน

ก. การใส่ปุ๋ยหมักเป็นการเพิ่มธาตุอาหารให้แก่ดินโดยตรง ถึงแม้ว่าจะไม่มาก เมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมี แต่ก็ค่อยๆปลดปล่อยธาตุอาหารให้เป็นประโยชน์ต่อพืชในระยะยาว ปุ๋ยหมักเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่ทำมาจากวัสดุเศษพืชต่างๆ ดังนั้นจึงมีธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรอง ค่อนข้างครบถ้วนที่พืชจะใช้ในการเจริญเติบโต

ข. เพิ่มความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน ปุ๋ยหมักเป็นวัสดุที่มีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนค่อนข้างสูง มากกว่าดินเหนียวประมาณ 5 ถึง 10 เท่า ซึ่งจะมีส่วนช่วยให้ปุ๋ยเคมีที่อยู่ในรูปของแคตไอออนบางชนิดถูกดูดยึดไม่สูญเสียไป และพืชก็สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

ค. การใส่ปุ๋ยหมักในดินเป็นการช่วยเพิ่มความจุความต้านทานในการเปลี่ยนแปลงระดับความเป็นกรดเป็นด่าง (Buffer Capacity) ทำให้การเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นไม่รวดเร็วจนเป็นอันตรายต่อพืช

8.7.3 ประโยชน์ทางด้านชีวภาพของดิน

ก. การใส่ปุ๋ยหมักลงดินเป็นการเพิ่มอาหารให้แก่จุลินทรีย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจุลินทรีย์พวกเฮทเทอโรโทรพ ทำให้จุลินทรีย์เพิ่มขึ้น และพบว่ากิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินที่มีประโยชน์ต่อพืชเพิ่มขึ้น

ข. การใส่ปุ๋ยหมักทำให้ปริมาณแบคทีเรียที่มีประโยชน์ต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินเพิ่มขึ้น เช่น *Azotobacter* sp. จะมีปริมาณมากขึ้น (Marchesini *et al.*, 1988) และยังมีผลต่อการยับยั้งการเจริญและความสามารถในการก่อให้เกิดโรคพืชของเชื้อโรคบางชนิดได้

ค. การใส่ปุ๋ยหมักมีผลต่อการควบคุมปริมาณไส้เดือนฝอยในดิน จุลินทรีย์ที่เป็นศัตรูของไส้เดือนฝอยสามารถเจริญเติบโตได้ดี รวมทั้งขับสารพวกอัลคาลอยด์ และกรดไขมันบางชนิดที่เป็นพิษต่อไส้เดือนฝอยได้ การใส่ปุ๋ยหมักจึงส่งผลให้มีปริมาณไส้เดือนฝอยลดลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

8.7.4 ประโยชน์ในด้านการปรับปรุงสภาพแวดล้อม

ก. เป็นการกำจัดขยะมูลฝอยทั่วไป ทำให้บริเวณที่อยู่อาศัยถูกสุขลักษณะ น่าอยู่ สะอาดตา

ข. ลดปัญหาด้านกลิ่นจากของเหลือทิ้งจากโรงงานแปรรูปผลิตผลทางการเกษตร ของเหลือต่างๆหากปล่อยทิ้งไว้ นานเข้าจะเกิดกลิ่นอันไม่พึงประสงค์เมื่อได้นำมาทำเป็นปุ๋ยหมักแล้วถือเป็นการนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีก

8.8 การพิจารณาปุ๋ยหมักที่เสร็จสมบูรณ์

ธเรศ (2553) ได้กล่าวถึง การพิจารณาปุ๋ยหมักที่มีการย่อยสลายที่สมบูรณ์แล้วไว้ดังนี้

8.8.1 สีของวัตถุดิบหมัก ลักษณะเนื้อของปุ๋ยหมักจะมีสีน้ำตาลเข้มจนถึงสีดำ โดยปกติเมื่อใช้เศษพืชการทำปุ๋ยหมักจะเห็นความแตกต่างของสีอย่างชัดเจน

8.8.2 ลักษณะของวัตถุดิบที่ใช้หมัก ปุ๋ยหมักที่ย่อยสลายสมบูรณ์พร้อมนำไปใช้กับพืช มีลักษณะอ่อนนุ่ม ยุ่ย และขาดจากกันได้ง่าย ไม่แข็งกระด้างเหมือนวัตถุดิบเริ่มแรกในการหมัก

8.8.3 กลิ่นของปุ๋ยหมักที่เสร็จสมบูรณ์ จะไม่มีกลิ่นเหม็น

8.8.4 ความร้อนในกองปุ๋ยหมัก เมื่อทำการหมักได้ประมาณ 2 – 3 วัน อุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว มีค่าอยู่ในช่วง 50 – 60 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิจะสูงอยู่ระดับหนึ่งหลังจากนั้นจึงค่อยๆลดลงจนกระทั่งใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอกกองปุ๋ย จึงถือว่าปุ๋ยหมักย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์ แต่ควรพิจารณาปัจจัยอื่นประกอบด้วยเพราะในกรณีที่มีความชื้นน้อยหรือมากเกินไปอาจทำให้ระดับอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักลดลงได้

8.8.5 ลักษณะพืชที่เจริญบนกองปุ๋ยหมัก เมื่อปุ๋ยหมักย่อยสลายเกือบเสร็จสมบูรณ์ บางครั้งอาจมีพืชเจริญบนกองปุ๋ยหมักได้ นั่นแสดงว่า ปุ๋ยหมักนั้นสามารถนำไปใส่ในดินโดยไม่เป็นอันตรายต่อพืช

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

8.9 มาตรฐานคุณภาพปุ๋ยหมัก (Compost Quality Standard)

กรมพัฒนาที่ดิน (2556) ได้กำหนดมาตรฐานคุณภาพปุ๋ยหมักโดยอ้างอิงตามพระราชบัญญัติปุ๋ยฉบับที่ 2 พ.ศ. 2550 ทั้งสิ้น 12 รายการ ดังนี้

8.9.1 ปริมาณอินทรียวัตถุรับรอง (Organic Matter) ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 20 ของน้ำหนัก

8.9.2 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio) ไม่เกิน 20 : 1

8.9.3 ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity : EC) ไม่เกิน 10 เดซิซีเมนต่อเมตร

8.9.4 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) อยู่ระหว่าง 5.5 – 8.5

8.9.5 ปริมาณโซเดียม (Na) ไม่เกินร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก

8.9.6 ปริมาณธาตุอาหารหลัก

ก. ไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 1.0 ของน้ำหนัก

ข. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P_2O_5) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 ของน้ำหนัก

ค. โพแทสเซียมทั้งหมด (Total K_2O) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 ของน้ำหนัก

หรือมีปริมาณธาตุอาหารหลักรวมกันไม่ต่ำกว่าร้อยละ 2 ของน้ำหนัก

8.9.7 ปริมาณความชื้นของปุ๋ยหมักไม่เกินร้อยละ 30 ของน้ำหนัก

8.9.8 ขนาดของปุ๋ยหมักไม่เกิน 12.5 x 12.5 มิลลิเมตร

8.9.9 ปริมาณหินและกรวดขนาดตั้งแต่ 5 มิลลิเมตรขึ้นไป ไม่เกินร้อยละ 2 ของน้ำหนัก

8.9.10 ต้องไม่พบเศษพลาสติก แก้ว วัสดุมีคม หรือโลหะอื่นๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

8.9.11 ปริมาณโลหะหนัก ได้แก่

ก. อาร์เซนิก (Arsenic ; As) ไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ข. แคดเมียม (Cadmium ; Cd) ไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ค. โครเมียม (Chromium ; Cr) ไม่เกิน 300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ง. ทองแดง (Copper ; Cu) ไม่เกิน 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

จ. ตะกั่ว (Lead ; Pb) ไม่เกิน 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ฉ. ปรอท (Mercury ; Hg) ไม่เกิน 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

8.6.12 การย่อยสลายที่สมบูรณ์ ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80

9. พื้นที่ศึกษา

9.1 ลักษณะทั่วไปและปริมาณขยะมูลฝอยของเทศบาลเมืองเพชรบุรี

เทศบาลเมืองเพชรบุรีมีพื้นที่ 3,370 ไร่ หรือประมาณ 5.4 ตารางกิโลเมตร ตั้งอยู่ในพื้นที่ปกครองของอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี แบ่งเป็น 2 ตำบลคือ ตำบลท่าราบ และตำบลคลองกระแซง โดยมีแม่น้ำเพชรบุรีเป็นเส้นแบ่งเขตสองตำบลนี้ ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพค้าขายและรับจ้าง แหล่งกำเนิดขยะมูลฝอยที่สำคัญได้แก่ บ้านเรือนและสถานประกอบการต่างๆ อัตราการเกิดขยะมูลฝอยของชุมชนเขตเทศบาลเมืองเพชรบุรีในปี 2540 เท่ากับ 0.51 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน ดังนั้นในปี 2540 ซึ่งมีประชากรจริง 37,618 คนและประชากรจร 53,511 คน จึงมีขยะมูลฝอยเกิดขึ้น 46.48 ตันต่อวัน จากการสำรวจในอดีตแล้วได้มีการคาดคะเนปริมาณขยะมูลฝอยในอนาคต (ปี 2540-2559) ดังรายละเอียดในตารางที่ 7

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 ปริมาณขยะมูลฝอยรายปีในเขตเทศบาลเมืองเพชรบุรีตั้งแต่ปี 2540-2559

พ.ศ.	ประชากรจริง (คน)	ประชากรจร (คน)	อัตราการเกิดมูลฝอย (กก./คน/วัน)	ปริมาณมูลฝอย (ตัน/วัน)
2540	37,618	53,511	0.51	46.48
2543	40,489	57,705	0.54	53.02
2545	42,402	60,501	0.56	57.63
2547	44,316	63,297	0.58	62.42
2549	46,230	66,093	0.60	67.39
2551	48,188	68,889	0.62	72.56
2553	50,057	71,685	0.64	77.91
2555	51,917	74,481	0.66	83.46
2557	53,885	77,276	0.68	89.19
2559	55,799	80,072	0.70	95.11

ที่มา: เทศบาลเมืองเพชรบุรี (2540)

9.2 โครงสร้างและองค์ประกอบของขยะมูลฝอย

จากการศึกษาของเรียมสงวน (2544) พบว่า องค์ประกอบของขยะมูลฝอยชุมชนในเขตเทศบาลเมืองเพชรบุรีก่อนทำการหมัก ส่วนใหญ่เป็นเศษอาหาร เศษผัก ร้อยละ 53.81 ของน้ำหนักแห้งรองลงมาเป็น พลาสติก แก้ว กระดาษ โลหะอื่นๆ ยกเว้นเหล็ก ร้อยละ 20.81, 9.15, 7.84 และ 4.35 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 8

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 องค์ประกอบทางกายภาพของขยะมูลฝอยชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี

องค์ประกอบ	ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง
ผัก เศษอาหาร	53.81
กระดาษ	7.84
พลาสติก	20.81
ไม้	0.42
เหล็ก	1.48
เศษผ้าและสิ่งทอ	1.13
ยาและหนังสัตว์	0.04
แก้ว	9.15
โลหะอื่นยกเว้นเหล็ก	4.35
หิน กระเบื้อง	0.00
dry cell	0.66
อื่นๆ	0.31
รวม	100.00

ที่มา: เรียมสงวน (2544)

สำหรับองค์ประกอบทางกายภาพและเคมี พบว่า ขยะมูลฝอยมีความชื้นร้อยละ 50.60 ขยะมูลฝอยอินทรีย์ที่คัดแยกจากขยะมูลฝอยรวมมีความชื้นร้อยละ 73.50 โดยน้ำหนักความหนาแน่นปกติ (Bulk Density) ของขยะมูลฝอยรวมและขยะมูลฝอยอินทรีย์ที่คัดแยกแล้ว คือ 0.28 และ 0.29 กิโลกรัมต่อลิตร ส่วนองค์ประกอบทางเคมีของขยะมูลฝอยอินทรีย์ที่จะนำมาหมัก ได้แก่ ปริมาณของแข็งระเหย คาร์บอน ไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม คิดเป็นร้อยละ 50.98, 28.32, 1.51, 0.31 และ 0.48 ตามลำดับ และมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) เท่ากับ 18.76 ดังแสดงในตารางที่ 9

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 องค์ประกอบทางเคมีของขยะชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี

พารามิเตอร์	หน่วย	มูลฝอยรวม	มูลฝอยอินทรีย์
ความชื้น (Moisture Content)	ร้อยละโดยน้ำหนักสด	50.60	73.50
ปริมาณของแข็งทั้งหมด(Total Solids)	ร้อยละโดยน้ำหนักสด	49.40	26.50
ปริมาณสารที่ไหม้ไฟได้	ร้อยละโดยน้ำหนักสด	-	50.98
คาร์บอน (C)	ร้อยละโดยน้ำหนักสด	-	28.32
ไนโตรเจน (N)	ร้อยละโดยน้ำหนักสด	-	1.51
ฟอสฟอรัส (P)	ร้อยละโดยน้ำหนักสด	-	0.31
โพแทสเซียม (K)	ร้อยละโดยน้ำหนักสด	-	0.48
อัตราส่วน C:N (C/N ratio)	-	-	18.76
ความหนาแน่นปกติ (Bulk Density)	กิโลกรัม/ลิตร	0.28	0.29

ที่มา: เรียมสงวน (2544)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ภาคสนาม

1.1 บ่อคอนกรีตทรงกระบอก (2 วงต่อกัน) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.00 เมตร สูง 1.00 เมตร จำนวน 24 บ่อ บริเวณก้นบ่อมีท่อเพื่อระบายน้ำชะขยะ และใช้ทรายหยาบรองพื้นบ่อมีความหนา 10 เซนติเมตร ทุกบ่อตั้งอยู่ในโรงเรือนหลังคามุงจาก

1.2 ขยะอินทรีย์ที่ผ่านการคัดแยก ใช้เฉพาะขยะที่ย่อยสลายได้

1.3 เปลือกสับปะรด

1.4 ดินนา

1.5 ทรายหยาบ

1.6 ฟางข้าว สำหรับเป็นวัสดุคลุมผิวหน้าชั้นขยะ

1.7 ไม้บรรทัดเหล็กยาว 1 เมตร และ 1.50 เมตร

1.8 ตลับเมตร

1.9 ถุงพลาสติกและยางมัด

1.10 ถาดอลูมิเนียม

1.11 คราดเหล็ก

1.12 จอบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.13 มีดสำหรับใช้สับขยะ

1.14 เข่งสำหรับใส่ขยะมูลฝอย

1.15 ตาชั่งขนาด 60 กิโลกรัม

1.16 ถุงมือยางและรองเท้าบู๊ต

1.17 ผ้าปิดจมูก

1.18 บัวรดน้ำ

2. อุปกรณ์และสารเคมีทางห้องปฏิบัติการ

2.1 เครื่องมือวัดความเป็นกรด – ด่าง (pH Meter)

2.2 ตู้อบ (Drying Oven) 75 – 100 ^{o}c

2.3 ตู้อบ (Muffle) 600 – 650 ^{o}c

2.4 ตู้ดูดความชื้น (Desiccator)

2.5 เครื่องบดตัวอย่างทำการวิเคราะห์ (Grinder)

2.6 เครื่องชั่งน้ำหนักอย่างละเอียด (Analytical Balance)

2.7 เครื่องแก้วและอุปกรณ์อื่นๆ

2.8 ถุงกระดาษสำหรับอบตัวอย่าง

2.9 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ Parameter ตามที่กำหนด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการ

1. การเตรียมสถานที่ศึกษาวิจัย

จัดเตรียมบ่อคอนกรีตทรงกระบอก (2 วงต่อกัน) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.00 เมตร สูง 1.00 เมตร ก้นบ่อมีท่อระบายน้ำชะขยะ จำนวน 24 บ่อ ใช้ทรายหยาบรองพื้นบ่อหนา 10 เซนติเมตร ทุกบ่อตั้งอยู่ในโรงเรือนหลังคามุงจาก บริเวณโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลบ้านแหลม อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี

2. การเตรียมดินนาที่ใช้ในการทดลอง

ดินนาที่ใช้ในการทดลองนำมาจากบ้านดอนยาง อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี ผ่านการบดร่อนให้เป็นดินละเอียด ทำการเก็บตัวอย่างดิน เพื่อตรวจวิเคราะห์สมบัติดินอันได้แก่ เนื้อดิน (Texture), ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH), ปริมาณคาร์บอนและอินทรียวัตถุ (Total C และ Organic Matter), ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen), ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus), ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (Total Potassium), ปริมาณแคลเซียม และแมกนีเซียม และวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก ได้แก่ แคดเมียม (Cd) และตะกั่ว (Pb)

3. การเตรียมเปลือกสับปะรดที่ใช้ในการหมักทดลอง

เปลือกสับปะรดที่ใช้ในการทดลองเป็นเปลือกสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียจากอำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี นำมาทำการสับให้มีขนาด 0.5 – 1.5 นิ้ว และสุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจวิเคราะห์หาสมบัติต่างๆอันได้แก่ ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH), ปริมาณคาร์บอนและอินทรียวัตถุ (Total C และ Organic Matter), ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen), ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus), ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (Total Potassium), ปริมาณแคลเซียม และแมกนีเซียม และวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก ได้แก่ แคดเมียม (Cd) และตะกั่ว (Pb)

4. การเตรียมขยะที่ใช้ในการหมักทดลอง

ขยะที่ใช้นำมาจากตลาดสดเทศบาลบ้านลาด อำเภอบ้านลาด จังหวัดเพชรบุรี นำมาดำเนินการดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.1 คัดแยกขยะโดยแรงงานคนเพื่อนำขยะที่ย่อยสลายได้ใช้หมักทดลอง

4.2 สับขยะที่คัดแยกแล้วให้มีขนาด 0.5 – 1.0 นิ้ว

4.3 สุ่มตัวอย่างขยะเพื่อวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี

4.4 วิเคราะห์ความหนาแน่น โดยวิธีการตวงปริมาตรและชั่งน้ำหนัก

4.5 วิเคราะห์หาความชื้นโดยการนำขยะที่สุ่มตัวอย่างได้ไปอบแห้งแล้วนำมาคำนวณตามสูตร

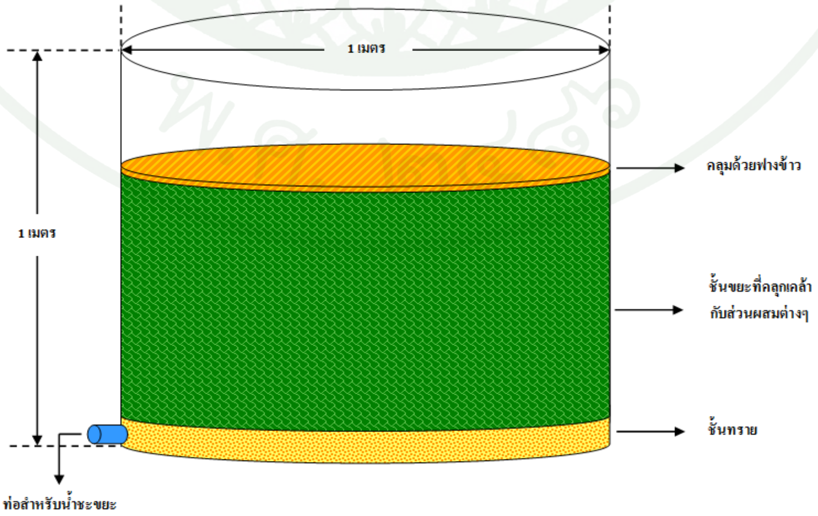
$$W_m = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100$$

เมื่อ W_m = ปริมาณความชื้นโดยน้ำหนัก

W_1 = น้ำหนักของขยะเปียก

W_2 = น้ำหนักของขยะอบแห้ง

4.6 ใส่ขยะ ดินนา และเปลือกสับปะรดตามสัดส่วนที่ได้กำหนดไว้ โดยทำการผสมคลุกเคล้ากัน และคลุมด้วยฟางข้าวไว้ด้านบน ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 การใส่วัสดุลงในบ่อหมัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. แผนการทดลองและรูปแบบของการหมัก

วางแผนการทดลองแบบ 2x4 Factorial in CRD จำนวน 3 ซ้ำ (3 Replication) โดยมีการกำหนดปัจจัยหลัก 2 ปัจจัย ดังนี้

5.1 การใส่ดิน (S) แบ่งย่อยเป็น

5.1.1 S_0 : ไม่ใส่ดิน

5.1.2 S_1 : ใส่ดิน 16.7 กิโลกรัมในวัสดุหมักทั้งหมด 100 กิโลกรัม (ดิน:ขยะ = 1:6)

5.2 การใส่เปลือกสับปะรดผสมขยะ (P) โดยใส่ 4 ระดับ ดังนี้

5.2.1 P_0 : ไม่ใส่เปลือกสับปะรดสับ

5.2.2 P_{10} : ใส่เปลือกสับปะรดสับ 10 % ของปริมาณขยะที่ใช้หมัก

5.2.3 P_{20} : ใส่เปลือกสับปะรดสับ 20 % ของปริมาณขยะที่ใช้หมัก

5.2.4 P_{30} : ใส่เปลือกสับปะรดสับ 30 % ของปริมาณขยะที่ใช้หมัก

จากปัจจัยดังกล่าวสามารถจัดเป็นรูปแบบการทดลองได้ทั้งหมด 8 ตำรับ ดังนี้

ตำรับที่ $T_1 = S_0P_0$: ไม่ใส่ดิน ไม่ใส่เปลือกสับปะรด ใช้ขยะ 100 กิโลกรัม

ตำรับที่ $T_2 = S_0P_{10}$: ไม่ใส่ดิน ใส่เปลือกสับปะรด 10 กิโลกรัม ใช้ขยะ 90 กิโลกรัม

ตำรับที่ $T_3 = S_0P_{20}$: ไม่ใส่ดิน ใส่เปลือกสับปะรด 20 กิโลกรัม ใช้ขยะ 80 กิโลกรัม

ตำรับที่ $T_4 = S_0P_{30}$: ไม่ใส่ดิน ใส่เปลือกสับปะรด 30 กิโลกรัม ใช้ขยะ 70 กิโลกรัม

ตำรับที่ $T_5 = S_1P_0$: ใส่ดิน 16.7 กิโลกรัม ไม่ใส่เปลือกสับปะรด ใช้ขยะ 83.3 กิโลกรัม

ตำรับที่ $T_6 = S_1P_{10}$: ใส่ดิน 16.7 กิโลกรัม ใส่เปลือกสับปะรด 8.3 กิโลกรัม ใช้ขยะ 75 กิโลกรัม

ตำรับที่ $T_7 = S_1P_{20}$: ใส่ดิน 16.7 กิโลกรัม ใส่เปลือกสับปะรด 16.6 กิโลกรัม ใช้ขยะ 66.7 กิโลกรัม

ตำรับที่ $T_8 = S_1P_{30}$: ใส่ดิน 16.7 กิโลกรัม ใส่เปลือกสับปะรด 24.9 กิโลกรัม ใช้ขยะ 58.4 กิโลกรัม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. การวัดอุณหภูมิ

วัดอุณหภูมิภายในบ่อหมักขยะ อุณหภูมิบรรยากาศทั้งภายในและภายนอกโรงเรือน โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ ทำการวัดอุณหภูมิทุกวัน วันละ 2 ครั้ง เวลา 07.00 น. และ 13.00 น. ตลอดระยะเวลาการทดลอง จนกว่าอุณหภูมิภายในบ่อหมักจะคงที่ใกล้เคียงกับอุณหภูมิบรรยากาศและ/หรือต่ำกว่า 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 7 วัน

7. การวัดการยุบตัวของปุ๋ยหมัก

ทำการวัดความสูงของกองขยะหมัก โดยใช้ตลับเมตร ทำการวัดและบันทึกข้อมูลทุกวันตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลองซึ่งจะทำการเก็บข้อมูลในเวลา 07.00 น.

8. การรดน้ำ

ทุกตำรับการทดลองทำการรดน้ำในปริมาณที่เท่ากัน ซึ่งตลอดการทดลองมีการรดน้ำ 1 ครั้ง แต่ละบ่อใช้ปริมาณน้ำ 2 ลิตร

9. การเก็บตัวอย่างวัสดุหมักและปุ๋ยหมักเพื่อวิเคราะห์

9.1 การเก็บตัวอย่างขยะก่อนนำมาหมัก

ขยะจะถูกเก็บจากกองขยะโดยการสุ่มจากจุดต่างๆ มาประมาณ 1 ลูกบาศก์เมตร นำมาทดสอบหาความหนาแน่น จากนั้นนำมาคลุกเคล้าให้เข้ากัน แล้วแบ่งขยะออกเป็น 4 ส่วน (Quartering) เลือกตัวอย่าง 2 ส่วนที่กองอยู่ตรงข้ามมารวมกันแล้วคลุกเคล้าให้เข้ากันอีกครั้ง ส่วนที่เหลือให้แยกออกไป ทำ Quartering จนกระทั่งเหลือตัวอย่างขยะ 50 ลิตร หรือประมาณ 15 กิโลกรัม (ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของตู้อบและอุปกรณ์ที่ใช้) จากนั้นจึงนำขยะส่วนนี้ไปวิเคราะห์สมบัติ ทางกายภาพและเคมีต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

9.2 การเก็บตัวอย่างปุ๋ยหมักหลังการหมักเสร็จสิ้น

เก็บตัวอย่างให้ได้น้ำหนักประมาณ 1 กิโลกรัม โดยสุ่มเก็บเป็นจุดทั้งบ่อหมัก บ่อหมักละ 8 จุด นำมารวมกัน จากนั้นนำตัวอย่างใส่ถาดอลูมิเนียม สำหรับอบในตู้อบ (Hot Air Oven) เพื่อเป็นตัวแทนตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีต่อไป

10. การเตรียมตัวอย่างวัสดุหมักและปุ๋ยหมักเพื่อวิเคราะห์

อบตัวอย่างในตู้อบความร้อน (Hot Air Oven) ด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ไม่น้อยกว่า 36 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างเก็บไว้ใน Desiccator ปล่อยให้เย็น แล้วจึงทำการชั่งน้ำหนัก เพื่อนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาความชื้น จากนั้นทำการบดตัวอย่างด้วยเครื่องบด แล้วร่อนผ่านตะแกรงที่มีความถี่ขนาด 1 มิลลิเมตร ให้ได้ปริมาณ 25 - 50 กรัม และนำไปอบอีกครั้งหนึ่งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้เย็นใน Desiccator เพื่อเตรียมส่งตัวอย่างวิเคราะห์สมบัติทางเคมีต่อไป

11. การวิเคราะห์ตัวอย่าง

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของปุ๋ยหมัก จะทำการวิเคราะห์ ในวันแรกและวันสุดท้ายของการหมัก วิธีการวิเคราะห์ มีดังนี้

11.1 ความหนาแน่นรวม (Bulk Density)

$$D = \frac{M}{V}$$

เมื่อ D = ความหนาแน่น (Kg/m^3)

M = น้ำหนักขยะแห้ง (Kg)

V = ปริมาตรขยะ (m^3)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

11.2 ความชื้น (Moisture Content) โดยใช้วิธี Oven Drying Method ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นานไม่ต่ำกว่า 36 ชั่วโมง

11.3 ความเป็นกรด - ด่าง โดยการนำขยะที่บด ผสมน้ำในสัดส่วน 1:5 แล้ววัดด้วย pH Meter

11.4 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen) ย่อยสลายด้วย Digestion Mixture (H_2SO_4-Na_2SO_4-Se Mixture) และวัดปริมาณโดยวิธี Kjeldahl Method

11.5 ปริมาณคาร์บอนและอินทรียวัตถุ (Total C และ Organic Matter) โดยวิธี Walkley and Black Titration (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2540)

11.6 สัดส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจน (C/N ratio) โดยวิธีคำนวณจากปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่วิเคราะห์

11.7 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus) ย่อยสลายด้วย Digestion Mixture (H_2SO_4-Na_2SO_4-Se Mixture) และวัดปริมาณโดยวิธี Vanado-molybdate Yellow Color (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2540)

11.8 หาปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (Total Potassium) ย่อยสลายด้วย Digestion Mixture (H_2SO_4-Na_2SO_4-Se Mixture) และวัดปริมาณโดยใช้เครื่อง Atomic Adsorption Spectrophotometer (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2540)

11.9 หาปริมาณแคลเซียม และแมกนีเซียมโดยวิธี Atomic Absorption Spectrophotometer

11.10 วิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก ได้แก่ Cd และ Pb โดยใช้วิธี Atomic Absorption Spectrophotometer

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

12. ระยะเวลาการหมัก

ใช้ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัยหมักขยะทั้งสิ้น 46 วัน ตั้งแต่วันที่ 18 กุมภาพันธ์ – 5 เมษายน พ.ศ. 2553

13. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ผลโดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) เพื่อหาความแตกต่างของข้อมูลและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย Dancan's New Multiple's Range Test (DMRT)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

การศึกษาอิทธิพลของเปลือกสับปะรดและดินนาต่อประสิทธิภาพการย่อยสลายของขยะอินทรีย์ ทำการทดลองโดยมีตำรับการทดลองทั้งหมด 8 ตำรับ ซึ่งได้ทำการศึกษาข้อมูลต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. องค์ประกอบและสมบัติต่างๆของวัสดุที่ใช้ในการหมักขยะ

2. การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของปุ๋ยหมัก

3. การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของปุ๋ยหมัก

1. องค์ประกอบและสมบัติต่างๆของวัสดุที่ใช้ในการหมักขยะ

1.1 สมบัติของดินที่ใช้ในการหมักขยะ

ดินนาที่ใช้ในการศึกษานำมาจากบ้านดอนยาง อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี จากการวิเคราะห์สมบัติบางประการของดิน พบว่า เนื้อดินเป็นดินเหนียว (Clay) มีค่าความเป็นกรดปานกลาง (pH = 5.9) ซึ่งอยู่ในช่วง 3.0 – 11.0 สามารถนำมาทำปุ๋ยหมักได้ (Bertoldi *et al.*, 1983) มีปริมาณอินทรียวัตถุร้อยละ 1.63 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนร้อยละ 0.95 ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมทั้งหมด ร้อยละ 0.03, 0.002 และ 0.45 ตามลำดับ ปริมาณแคลเซียม ร้อยละ 0.03 แมกนีเซียมร้อยละ 0.2 ปริมาณโลหะหนักตะกั่วและแคดเมียมเท่ากับ 19.6 และ 0.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 31.67 ดังแสดงในตารางที่ 10

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 องค์ประกอบและสมบัติบางประการของดินที่ใช้ในการหมักขยะ

สมบัติของดิน	ค่าที่วิเคราะห์ได้
Sand (%)	26
Silt (%)	16
Clay (%)	58
Texture	Clay (C)
pH	5.9
Organic matter (%)	1.63
Organic carbon (%)	0.95
Total N (%)	0.03
Total P (%)	0.002
Total K (%)	0.45
Total Ca (%)	0.03
Total Mg (%)	0.2
Total Pb (mg/kg^{-1})	19.6
Total Cd (mg/kg^{-1})	0.8
C/N ratio	31.67

1.2 สมบัติของขยะอินทรีย์ที่ใช้ในการหมักขยะ

ขยะอินทรีย์ที่ใช้ในการศึกษานำมาจากตลาดสดเทศบาลบ้านลาด อำเภอบ้านลาด จังหวัดเพชรบุรี มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นผักและผลไม้ จากการวิเคราะห์สมบัติบางประการของขยะอินทรีย์ พบว่า มีความหนาแน่นรวมเท่ากับ 174.46 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความชื้นร้อยละ 58.84 โดยน้ำหนัก และมีค่าความเป็นกรดเล็กน้อย (pH = 6.1) ซึ่งอยู่ในช่วง 3.0 – 11.0 สามารถนำมาทำปุ๋ยหมักได้ (Bertoldi *et al.*, 1983) มีปริมาณอินทรียวัตถุร้อยละ 66.15 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนร้อยละ 38.46 ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 1.67, 0.57 และ 3.67 ตามลำดับ ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมร้อยละ 0.74 และ 0.27 ตามลำดับ ไม่พบปริมาณโลหะหนักตะกั่วและแคดเมียม และมีสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 23.03 ดังแสดงในตารางที่ 11

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 องค์ประกอบและสมบัติบางประการของขยะอินทรีย์ที่ใช้ในการหมักขยะ

สมบัติของขยะอินทรีย์	ค่าที่วิเคราะห์ได้
Bulk Density (kg/m^3)	174.46
Moisture (% by weight)	58.84
pH	6.1
Organic matter (%)	66.15
Organic carbon (%)	38.46
Total N (%)	1.67
Total P (%)	0.57
Total K (%)	3.64
Total Ca (%)	0.74
Total Mg (%)	0.27
Total Pb (mg/kg^{-1})	0.00
Total Cd (mg/kg^{-1})	0.00
C/N ratio	23.03

1.3 สมบัติของเปลือกสับปะรดที่ใช้ในการหมักขยะ

เปลือกสับปะรดที่ทำการศึกษาเป็นเปลือกสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียนำมาจากอำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี จากการวิเคราะห์สมบัติบางประการของเปลือกสับปะรด พบว่า มีความชื้นร้อยละ 68.82 โดยน้ำหนัก มีค่าความเป็นกรดรุนแรงมาก (pH = 4.2) แต่อยู่ในช่วง 3.0 – 11.0 สามารถนำมาทำปุ๋ยหมักได้ (Bertoldi *et al.*, 1983) มีปริมาณอินทรียวัตถุร้อยละ62.65 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนร้อยละ 36.42 ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมทั้งหมด ร้อยละ 1.16, 0.37 และ 1.56 ตามลำดับ ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมร้อยละ 0.09 และ 0.08 ตามลำดับ ปริมาณแคดเมียมเท่ากับ 0.10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่พบปริมาณตะกั่ว และมีสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 31.40 ดังแสดงในตารางที่ 12

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 12 องค์ประกอบและสมบัติบางประการของเปลือกสับปะรดที่ใช้ในการหมักขยะ

สมบัติของขยะอินทรีย์	ค่าที่วิเคราะห์ได้
Moisture (% by weight)	68.82
pH	4.2
Organic matter (%)	62.65
Organic carbon (%)	36.42
Total N (%)	1.16
Total P (%)	0.37
Total K (%)	1.56
Total Ca (%)	0.09
Total Mg (%)	0.08
Total Pb (mg/kg^{-1})	0.00
Total Cd (mg/kg^{-1})	0.10
C/N ratio	31.40

2. การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของปุ๋ยหมัก

ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของปุ๋ยหมักในตำรับการทดลองต่างๆ จะทำการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของปุ๋ยหมักแต่ละตำรับการทดลองอันได้แก่ การสูญเสียน้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการหมัก ความหนาแน่นรวมของปุ๋ยหมัก ความชื้น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ และการยุบของปุ๋ยหมัก ซึ่งได้ผลการศึกษา ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.1 การสูญเสียน้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการหมัก

การสูญเสียน้ำหนักเกิดขึ้นจากอัตราของกระบวนการย่อยสลายเป็นสำคัญ เนื่องจากสารประกอบอินทรีย์เมื่อเกิดการย่อยสลายบางส่วนจะเปลี่ยนเป็นแก๊สและน้ำสูญเสียออกไป (นฤมล, 2552; ธเรศ, 2553) การสูญเสียน้ำหนักเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการหมัก (46 วัน) จากตารางที่ 13 พบว่า การใส่เปลือกสับปะรดในสัดส่วนต่างๆ (% ของปริมาณขยะที่ใช้) ทำให้ปุ๋ยหมักมีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใส่เปลือกสับปะรดที่ 20% มีแนวโน้มสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด (ร้อยละ 71.65) รองลงมาได้แก่ การใส่เปลือกสับปะรด 10% (ร้อยละ 69.37) และการใส่เปลือกสับปะรด 30% (ร้อยละ 68.87) ตามลำดับ ส่วนการไม่ใส่เปลือกสับปะรดมีแนวโน้มสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด (ร้อยละ 68.39) แสดงว่าการใส่เปลือกสับปะรดที่ 20 % มีแนวโน้มช่วยเพิ่มการย่อยสลายดีที่สุดเนื่องจากมีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด

เมื่อพิจารณาปัจจัยการใส่ดิน พบว่า การไม่ใส่ดินมีการสูญเสียน้ำหนักร้อยละ 74.79 ส่วนการใส่ดินมีการสูญเสียน้ำหนักร้อยละ 64.34 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เนื่องจากการใส่ดินทำให้มีปริมาณองค์ประกอบอินทรีย์น้อยลง การสูญเสียน้ำหนักในรูปของแก๊สและน้ำจึงเกิดขึ้นน้อยประกอบกับดินที่ใส่เป็นวัสดุหมักส่วนที่ไม่มีการสูญเสียน้ำหนักจึงส่งผลให้ตำรับที่มีการใส่ดินจึงมีการสูญเสียน้ำหนักน้อย

ส่วนปฏิสัมพันธ์ของการใส่เปลือกสับปะรดและการใส่ดินร่วมกับขยะพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยการใส่เปลือกสับปะรดที่ 20% และไม่ใส่ดินมีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด (ร้อยละ 76.27) ส่วนการไม่ใส่เปลือกสับปะรดร่วมกับการใส่ดินมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด (ร้อยละ 61.17)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 การสูญเสียน้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการหมัก (%)

การใส่เปลือกสับปะรด (P) (% ของปริมาณขยะที่ใช้)	**การใส่ดิน (S)**		**ค่าเฉลี่ย**
	ไม่ใส่ดิน (S_0)	**ใส่ดิน (S_1)**	
0 % (P_0)	75.60	61.17	68.39[/1]a
10 % (P_{10})	74.33	64.40	69.37a
20 % (P_{20})	76.27	67.03	71.65a
30 % (P_{30})	72.97	64.77	68.87a
เฉลี่ย	74.79[/2]a	64.34b	
F-Test การใส่ดิน (S)			**
F-Test การใส่เปลือกสับปะรด (P)			ns
F-Test การใส่ดิน x การใส่เปลือกสับปะรด (S x P)			**
CV (%)			5.49

หมายเหตุ /1 = ตัวอักษรแนวตั้งเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

/2 = ตัวอักษรแนวนอนไม่เหมือนกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

** = ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 ความหนาแน่นรวมของปุ๋ยหมัก

ความหนาแน่นรวมของปุ๋ยหมักหลังจากสิ้นสุดระยะเวลาในการหมัก แสดงในตารางที่ 14 พบว่า การใส่เปลือกสับปะรดในสัดส่วนต่างๆ (% ของปริมาณขยะที่ใช้) ทำให้ปุ๋ยหมักมีความหนาแน่นรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใส่เปลือกสับปะรดที่ 30% มีความหนาแน่นรวมมากที่สุด (137.47 Kg/m^3) และการใส่เปลือกสับปะรดที่ 20% มีความหนาแน่นรวมของปุ๋ยหมักน้อยที่สุด (131.00 Kg/m^3) ซึ่งสอดคล้องกับการสูญเสียน้ำหนักที่การใส่เปลือกสับปะรดที่ 20% มีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด จึงส่งผลให้ปุ๋ยหมักมีความหนาแน่นรวมน้อยตามไปด้วย

เมื่อพิจารณาปัจจัยการใส่ดิน พบว่า การไม่ใส่ดินในการหมักขยะมีความหนาแน่นรวมของปุ๋ยหมักเท่ากับ 116.07 Kg/m^3 ซึ่งน้อยกว่าการใส่ดินที่ปุ๋ยหมักมีความหนาแน่นรวม เท่ากับ 152.02 Kg/m^3 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจากตำรับการทดลองที่มีการใส่ดิน ซึ่งดินมีหนาแน่นสูงกว่าองค์ประกอบอินทรีย์ และเป็นวัสดุหมักที่ไม่มีการสูญเสียน้ำหนัก เมื่อมีการสูญเสียน้ำหนักน้อย จึงทำให้มีความหนาแน่นรวมมากกว่า

ส่วนปฏิสัมพันธ์ของการใส่เปลือกสับปะรดและการใส่ดินร่วมกับขยะพบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใส่เปลือกสับปะรดที่ 20% และไม่ใส่ดิน มีความหนาแน่นรวมน้อยที่สุด (112.73 Kg/m^3) ส่วนการไม่ใส่เปลือกสับปะรดร่วมกับการใส่ดิน มีความหนาแน่นรวมมากที่สุด (153.53 Kg/m^3)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 14 ความหนาแน่นของปุ๋ยหมัก (Kg/m^3)

การใส่เปลือกสับปะรด (P) (% ของปริมาณขยะที่ใช้)	การใส่ดิน (S) ไม่ใส่ดิน (S_0)	การใส่ดิน (S) ใส่ดิน (S_1)	ค่าเฉลี่ย
0 % (P_0)	114.19	153.53	133.86[/1]a
10 % (P_{10})	114.52	153.18	133.85a
20 % (P_{20})	112.73	149.27	131.00a
30 % (P_{30})	122.85	152.09	137.47a
เฉลี่ย	116.07[/2]a	152.02b	
F-Test การใส่ดิน (S)			**
F-Test การใส่เปลือกสับปะรด (P)			ns
F-Test การใส่ดิน x การใส่เปลือกสับปะรด (S x P)			ns
CV (%)			17.70

หมายเหตุ /1 = ตัวอักษรแนวตั้งเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

/2 = ตัวอักษรแนวนอนไม่เหมือนกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

** = ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.3 ความชื้นของปุ๋ยหมัก

ความชื้นของปุ๋ยหมักหลังจากสิ้นสุดระยะเวลาในการหมัก จากตารางที่ 15 พบว่า การใส่เปลือกสับปะรดในสัดส่วนต่างๆ (% ของปริมาณขยะที่ใช้) ทำให้ความชื้นของปุ๋ยหมักไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการไม่ใส่เปลือกสับปะรดปุ๋ยหมักมีความชื้นสูงสุด (ร้อยละ59.13) ส่วนการใส่เปลือกสับปะรดที่ 30% ทำให้ปุ๋ยหมักมีความชื้นต่ำที่สุด (ร้อยละ 53.88) ซึ่งความชื้นของปุ๋ยหมักมีแนวโน้มลดลงเมื่อมีการใส่เปลือกสับปะรดเพิ่มขึ้น

และเมื่อพิจารณาปัจจัยการใส่ดิน พบว่า การไม่ใส่ดินในการหมักขยะทำให้ปุ๋ยหมักมีความชื้นร้อยละ 71.64 สูงกว่าการใส่ดินที่ปุ๋ยหมักมีความชื้นร้อยละ 40.53 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฐพร (2552); ไพศาล (2555) ที่รายงานว่าปริมาณความชื้นในกองปุ๋ยหมักจะเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณขยะอินทรีย์ เนื่องจากการใส่ขยะอินทรีย์มากทำให้ปุ๋ยหมักมีปริมาณอินทรียวัตถุมากซึ่งอินทรียวัตถุมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงกว่าดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) ส่งผลให้ปุ๋ยหมักตำรับที่ไม่ใส่ดินมีปริมาณความชื้นสูง

ส่วนปฏิสัมพันธ์ของปริมาณการใส่เปลือกสับปะรดและการใส่ดินร่วมกับขยะพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยการใส่เปลือกสับปะรดที่ 10% และไม่ใส่ดินมีความชื้นของปุ๋ยหมักสูงที่สุด (ร้อยละ 73.88) ส่วนการใส่เปลือกสับปะรดที่ 10% ร่วมกับการใส่ดินมีความชื้นของปุ๋ยหมักต่ำที่สุด (ร้อยละ 36.16)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 15 ความชื้นของปุ๋ยหมัก (Moisture Content) (%)

การใส่เปลือกสับปะรด (P) (% ของปริมาณขยะที่ใช้)	การใส่ดิน (S) ไม่ใส่ดิน (S_0)	การใส่ดิน (S) ใส่ดิน (S_1)	ค่าเฉลี่ย
0 % (P_0)	71.59	46.67	59.13[/1]a
10 % (P_{10})	73.88	36.16	55.02a
20 % (P_{20})	73.44	39.17	56.31a
30 % (P_{30})	67.63	40.12	53.88a
เฉลี่ย	71.64[/2]a	40.53b	
F-Test การใส่ดิน (S)			**
F-Test การใส่เปลือกสับปะรด (P)			ns
F-Test การใส่ดิน x การใส่เปลือกสับปะรด (S x P)			**
CV (%)			18.17

หมายเหตุ /1 = ตัวอักษรแนวตั้งเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

/2 = ตัวอักษรแนวนอนไม่เหมือนกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

** = ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.4 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

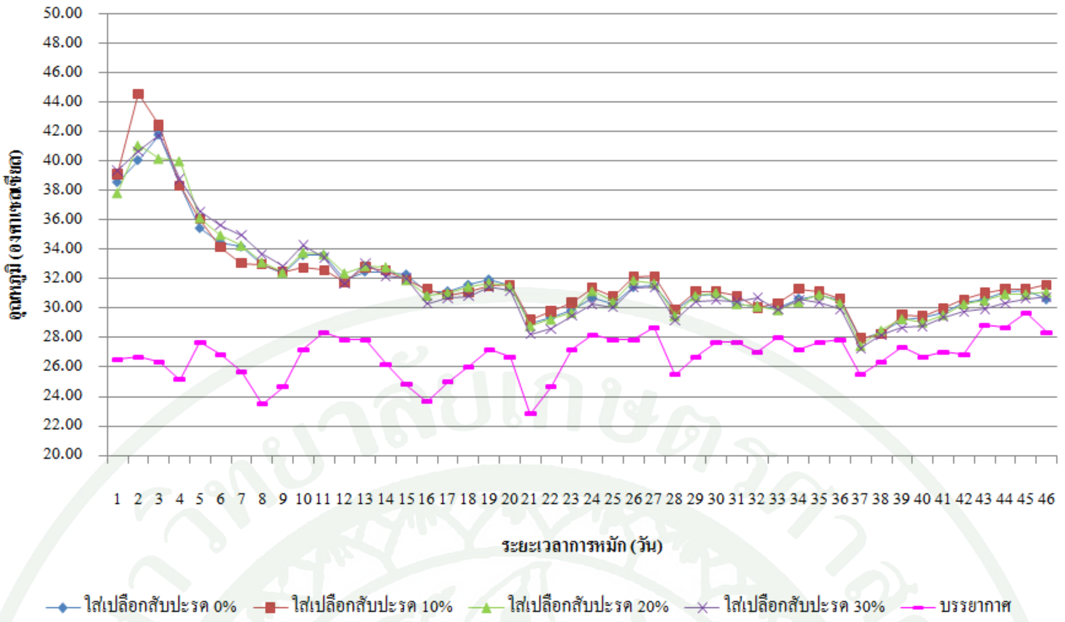
ในกระบวนการทำปุ๋ยหมัก จุลินทรีย์ในกองปุ๋ยจะทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์แล้วปลดปล่อยอนินทรียสาร ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และพลังงานออกมาทำให้อุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักสูงขึ้นดังนั้น อุณหภูมิจึงถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่สามารถชี้วัดการย่อยสลายที่เกิดขึ้นในกองปุ๋ยได้ (กนกวรรณ, 2550) การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในบ่อหมักได้ทำการศึกษาตลอดระยะเวลา 46 วัน โดยทำการตรวจวัดในช่วงเวลา 7.00 น. และ 13.00 น. ซึ่งการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสามารถอธิบายได้ดังนี้

2.4.1 อุณหภูมิที่ทำการตรวจวัดในเวลา 7.00 น.

ก. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเปรียบเทียบตามปริมาณการใส่เปลือกสับปะรด

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่เวลา 7.00 น. (ภาพที่ 7) พบว่ามีอุณหภูมิเริ่มต้นในบ่อหมักเฉลี่ยที่ 38.70 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดตามการใส่เปลือกสับปะรดผสมขยะที่ 0, 10, 20 และ 30% เท่ากับ 41.75, 44.56, 41.06 และ 41.72 ตามลำดับ โดยพบว่าอุณหภูมิสูงสุดส่วนใหญ่จะอยู่ในวันที่ 2 ของการหมัก สอดคล้องกับการศึกษาของ เสียงแจ๋ว และ นวลจันทร์ (2545) ที่กล่าวว่าในช่วง 2 – 4 วันแรกของการกองปุ๋ยหมัก โดยอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากพลังงานความร้อนถูกปลดปล่อยออกมาจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ซึ่งมีกิจกรรมสูงในช่วงแรกของการย่อยสลาย โดยบ่อหมักที่มีการใส่เปลือกสับปะรดผสมขยะ 10 % มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 44.56 องศาเซลเซียส และหลังจากนั้นจนถึงช่วง 2 สัปดาห์แรก พบว่าอุณหภูมิในบ่อหมักเฉลี่ยมีแนวโน้มลดลงอยู่ในช่วง 31.94 – 41.51 องศาเซลเซียส สูงกว่าอุณหภูมิบรรยากาศในช่วงเช้าที่อยู่ในช่วง 23.50 – 28.33 องศาเซลเซียส ส่วนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในช่วงท้ายจนถึงสิ้นสุดระยะเวลาการหมัก พบว่าอุณหภูมิในบ่อหมักมีการเพิ่มขึ้นและลดลงเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อเวลาผ่านไปสารอินทรีย์ในบ่อหมักมีปริมาณลดลงจากการถูกใช้ไปอย่างต่อเนื่อง ทำให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ลดลงตามไปด้วย (จุลบุตร, 2548) โดยการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในช่วงหลังมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิของบรรยากาศ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



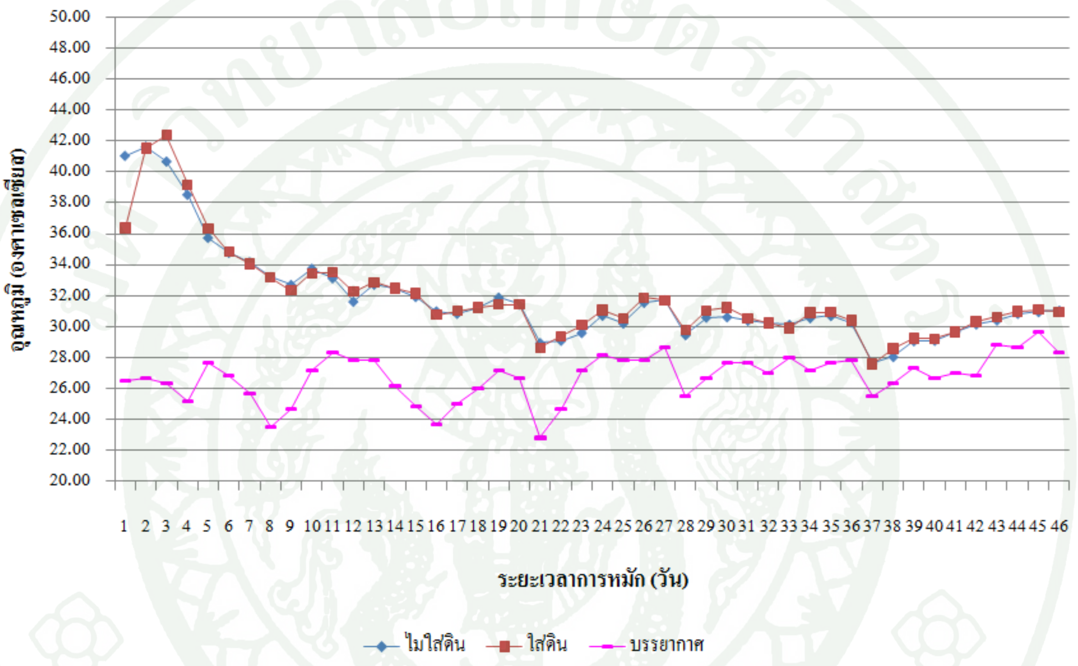
ภาพที่ 7 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเปรียบเทียบตามปริมาณการใส่เปลือกสับปะรดที่เวลา 7.00 น.

ข. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเปรียบเทียบตามการใส่ดิน

อุณหภูมิเริ่มต้นในบ่อหมักที่ไม่ใส่ดินเฉลี่ยอยู่ที่ 41.02 องศาเซลเซียส ดังแสดงในภาพที่ 8 โดยมีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 41.61 องศาเซลเซียสอยู่ในช่วงวันที่ 2 ของการหมัก หลังนั้นจนถึงช่วง 2 สัปดาห์แรก อุณหภูมิในบ่อหมักเฉลี่ยมีแนวโน้มลดลงอยู่ในช่วง 31.63 – 40.65 องศาเซลเซียส สูงกว่าอุณหภูมิบรรยากาศในช่วงเช้าที่อยู่ในช่วง 23.50 – 28.33 องศาเซลเซียส ส่วนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในช่วงท้ายจนถึงสิ้นสุดระยะเวลาการหมัก พบว่าอุณหภูมิในบ่อหมักมีการเพิ่มขึ้นและลดลงเล็กน้อย สอดคล้องกับ กนกวรรณ (2550) ที่รายงานว่าในช่วงท้ายของการหมักอุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักจะเริ่มคงที่เนื่องจากปุ๋ยหมักเริ่มเข้าสู่ Maturity Phase กิจกรรมการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ที่วัดในรูปของการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจะเกิดขึ้นน้อยมากหลังจากสัปดาห์ที่ 3 ของการหมัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ส่วนบ่อหมักที่มีการใส่ดิน มีอุณหภูมิเริ่มต้นเฉลี่ย 36.38 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 42.38 องศาเซลเซียส ซึ่งอยู่ในช่วงวันที่ 3 ของการหมักและหลังจากนั้นจนถึงช่วง 2 สัปดาห์แรก อุณหภูมิในบ่อหมักมีแนวโน้มลดลงอยู่ในช่วง 32.25 – 39.17 องศาเซลเซียส ในช่วงท้ายจนถึงสิ้นสุดระยะเวลาการหมักพบว่าอุณหภูมิในบ่อหมักมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยตามอุณหภูมิบรรยากาศ โดยอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในช่วง 29.11 – 31.04 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 8)



ภาพที่ 8 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเปรียบเทียบตามการใส่ดินที่เวลา 7.00 น.

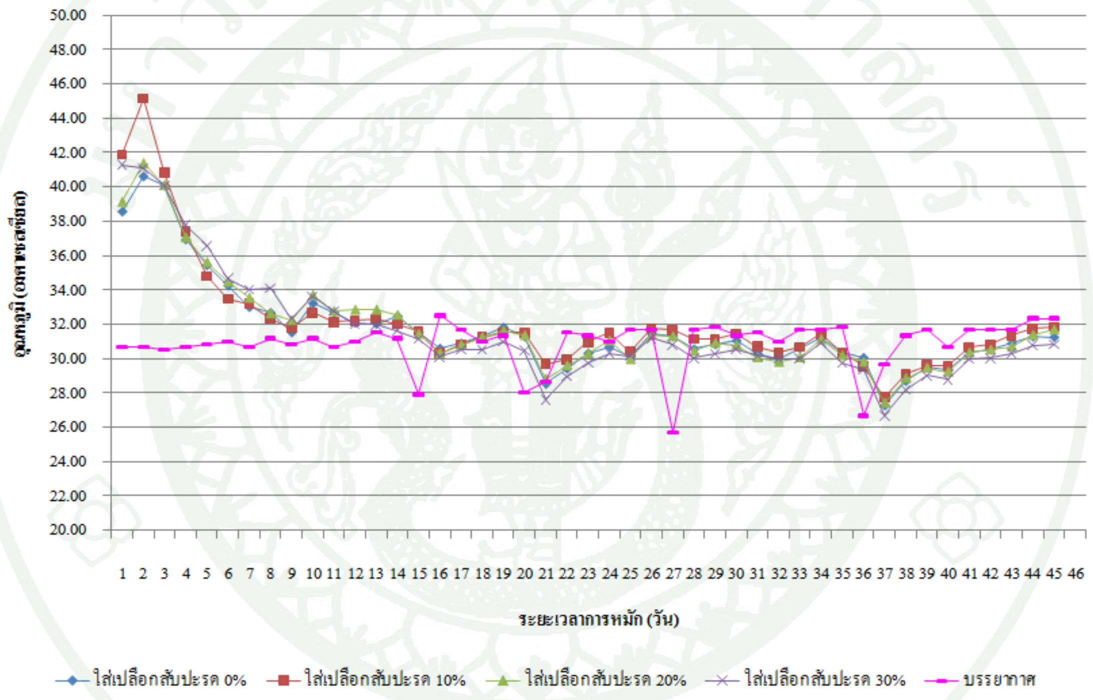
2.4.2 อุณหภูมิที่ทำการตรวจวัดในเวลา 13.00 น.

ก. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเปรียบเทียบตามปริมาณการใส่เปลือกสับปะรด

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่เวลา 13.00 น. (ภาพที่ 9) พบว่า อุณหภูมิเริ่มต้นในบ่อหมักเฉลี่ยที่ 40.21 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดตามการใส่เปลือกสับปะรดผสมขยะที่ 0, 10, 20 และ 30% เท่ากับ 40.61, 45.17, 41.39 และ 41.29 ตามลำดับ โดยบ่อหมักที่มีการใส่เปลือกสับปะรดผสมขยะ 10 % มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 45.17 องศาเซลเซียส ซึ่งอยู่ในช่วงวันที่ 2 ของการหมัก หลังนั้นจนถึงช่วง 2 สัปดาห์แรก พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยมีแนวโน้มลดลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อยู่ในช่วง 31.97 – 40.28 องศาเซลเซียส สูงกว่าอุณหภูมิบรรยากาศในช่วงบ่ายที่อยู่ในช่วง 30.50 – 31.50 องศาเซลเซียส ส่วนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในช่วงท้ายจนถึงสิ้นสุดระยะเวลาการหมัก พบว่า อุณหภูมิบรรยากาศในบางวันมีการลดต่ำลงกว่าปกติเนื่องมาจากอิทธิพลของฝนตกส่งผลให้อุณหภูมิในบ่อหมักลดลงในวันถัดมา จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในบ่อหมักช่วงหลังจนถึงสิ้นสุดระยะเวลาในการหมัก มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงตามอิทธิพลของอุณหภูมิบรรยากาศมากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับพีรดา (2552) ที่รายงานว่า ในช่วงท้ายของการหมักอุณหภูมิในบ่อหมักมีการเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิบรรยากาศ ทั้งนี้เนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์มีความเข้มข้นลดลง ความร้อนที่เกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์จึงลดลงด้วย



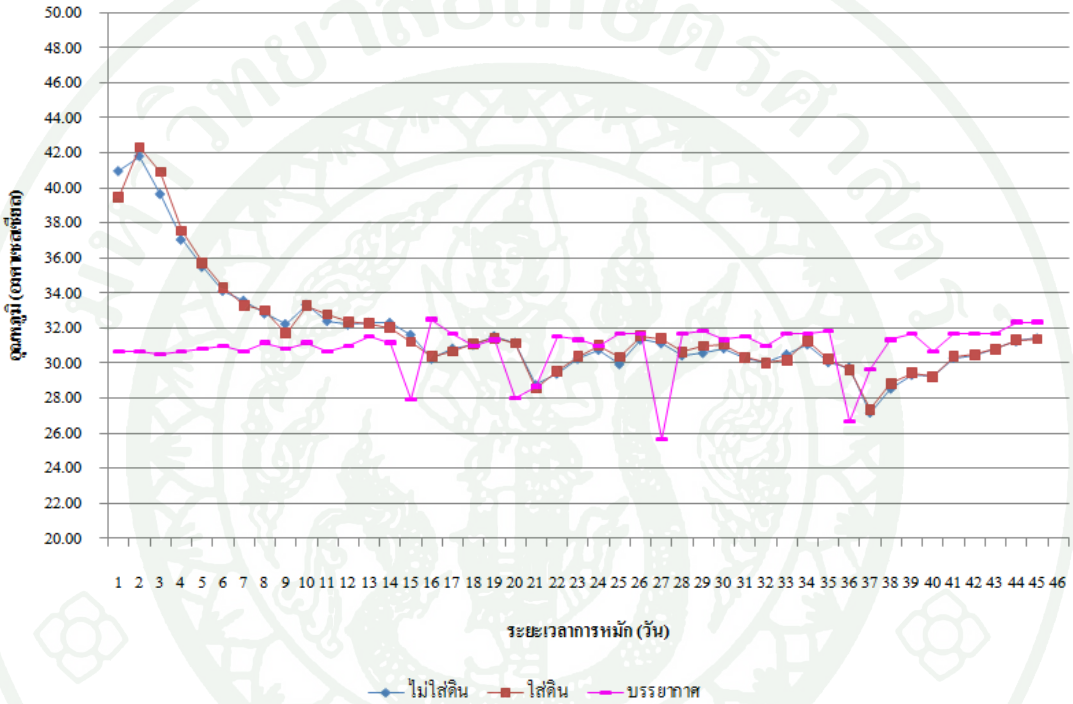
ภาพที่ 9 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเปรียบเทียบตามปริมาณการใส่เปลือกสับปะรดที่เวลา 13.00 น.

ข. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเปรียบเทียบตามการใส่ดิน

อุณหภูมิเริ่มต้นในบ่อหมักที่ไม่ใส่ดินเฉลี่ยอยู่ที่ 40.95 องศาเซลเซียส ดังแสดงในภาพที่ 10 โดยอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 41.81 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงวันที่ 2 ของการหมัก ส่วนบ่อหมักที่มีการใส่ดินมีอุณหภูมิเริ่มต้นที่ 39.48 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 42.32 องศาเซลเซียสอยู่ในช่วงวันที่ 2 ของการหมักเช่นเดียวกัน หลังจากวันที่ 2 จนถึงช่วง 2 สัปดาห์แรก พบว่าอุณหภูมิในบ่อหมักที่มีการใส่ดินและไม่ใส่ดินมีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในช่วง 31.97 – 40.28 องศาเซลเซียส สูงกว่าอุณหภูมิบรรยากาศในช่วงบ่ายที่อยู่ในช่วง 30.50 – 31.50 องศาเซลเซียส ส่วนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในช่วงท้ายจนถึงสิ้นสุดระยะเวลาการหมัก พบว่า อุณหภูมิบรรยากาศในบางวันมีการลดต่ำลงกว่าปกติเนื่องมาจากอิทธิพลของฝนตกส่งผลให้อุณหภูมิในบ่อหมักมีการลดลงในวันถัดมา จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในบ่อหมักในช่วงหลังจนถึงสิ้นสุดระยะเวลาในการหมักมีแนวโน้มตามอิทธิพลของอุณหภูมิบรรยากาศ



ภาพที่ 10 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเปรียบเทียบตามการใส่ดินที่เวลา 13.00 น.

2.5 การยุบตัวของปุ๋ยหมัก

การศึกษาการยุบตัวของปุ๋ยหมักเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการหมัก จากตารางที่ 16 พบว่า การใส่เปลือกสับปะรดในสัดส่วนต่างๆ (% ของปริมาณขยะที่ใช้) ทำให้ปุ๋ยหมักมีการยุบตัวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใส่เปลือกสับปะรดที่ 10% มีแนวโน้มการยุบตัวมากที่สุด (ร้อยละ 59.97) ส่วนการใส่เปลือกสับปะรดที่ 30% มีแนวโน้มการยุบตัวของปุ๋ยหมักน้อยที่สุด (ร้อยละ 58.28)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อพิจารณาปัจจัยการใส่ดินต่อการยุบตัวของปุ๋ยหมักพบว่า การไม่ใส่ดินมีการยุบตัวของปุ๋ยหมักร้อยละ 61.98 มากกว่าการใส่ดินที่มีการยุบตัวของปุ๋ยหมักร้อยละ 56.82 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจากการยุบตัวของปุ๋ยหมักเกิดจากปริมาตรของขยะอินทรีย์ที่ลดลงเมื่อเกิดการสลายตัว (นฤมล, 2552; ไพศาล, 2555) ดังนั้นตำรับการทดลองที่ไม่มีการใส่ดินซึ่งมีปริมาณขยะอินทรีย์มากกว่าย่อมมีการยุบตัวของกองปุ๋ยหมักเกิดขึ้นได้มากกว่า

สำหรับปฏิสัมพันธ์ของปริมาณการใส่เปลือกสับปะรดและการใส่ดินร่วมกับขยะ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใส่เปลือกสับปะรดที่ 20% และไม่ใส่ดินมีการยุบตัวของปุ๋ยหมักมากที่สุด (ร้อยละ 62.97) ส่วนการไม่ใส่เปลือกสับปะรดร่วมกับการใส่ดินมีการยุบตัวของปุ๋ยหมักน้อยที่สุด (ร้อยละ 56.07)

ตารางที่ 16 ร้อยละการยุบตัวของปุ๋ยหมัก (%)

การใส่เปลือกสับปะรด (P) (% ของปริมาณขยะที่ใช้)	**การใส่ดิน (S)**		**ค่าเฉลี่ย**
	ไม่ใส่ดิน (S_0)	**ใส่ดิน (S_1)**	
0 % (P_0)	62.74	56.07	59.41/1a
10 % (P_{10})	62.14	57.79	59.97a
20 % (P_{20})	62.97	56.93	59.95a
30 % (P_{30})	60.08	56.48	58.28a
เฉลี่ย	61.98/2a	56.82b	
F-Test การใส่ดิน (S)			**
F-Test การใส่เปลือกสับปะรด (P)			ns
F-Test การใส่ดิน x การใส่เปลือกสับปะรด (S x P)			ns
CV (%)			5.37

หมายเหตุ /1 = ตัวอักษรแนวตั้งเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

/2 = ตัวอักษรแนวนอนไม่เหมือนกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

** = ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของปุ๋ยหมัก

การศึกษาในครั้งนี้ทำการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของปุ๋ยหมักแต่ละตำรับการทดลอง อันได้แก่ ความเป็นกรด – ด่าง (pH) ของปุ๋ยหมัก ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมทั้งหมด ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียม รวมทั้งปริมาณโลหะหนัก (ตะกั่วและแคดเมียม) และสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ของปุ๋ยหมักซึ่งได้ผลการศึกษา ดังนี้

3.1 ความเป็นกรด – ด่าง (pH)

จากการศึกษาความเป็นกรด – ด่าง (pH) ของปุ๋ยหมักเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการหมัก (46 วัน) จากตารางที่ 17 พบว่า ทุกตำรับการทดลองมีค่า pH สูงขึ้นเมื่อเทียบกับค่า pH ของวัสดุหมักทดลองที่ทำการตรวจวัด เนื่องจากในกระบวนการย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ต่างๆ โดยจุลินทรีย์ หลังจากที่น้ำตาลและแป้งถูกย่อยสลายหมดแล้วในระยะต่อมาสารประกอบโปรตีนจะถูกย่อยสลาย และปลดปล่อย แอมโมเนีย (NH_3) ออกมา เมื่อทำปฏิกิริยากับความชื้นได้ NH_4^+ และ OH^- ส่งผลให้ปุ๋ยหมักที่ได้มีสภาพ pH สูงขึ้นจนกระทั่งมีสภาพเป็นด่างเล็กน้อย (พีรดา, 2553; ไพศาล, 2555)

การใส่เปลือกสับปะรดในสัดส่วนต่างๆ (% ของปริมาณขยะที่ใช้) ทำให้ปุ๋ยหมักมีค่า pH ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใส่เปลือกสับปะรดเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มทำให้ความเป็นด่างของปุ๋ยหมักลดลง เนื่องจากเปลือกสับปะรดมีความเป็นกรดรุนแรงมาก (pH = 4.2) การเพิ่มปริมาณเปลือกสับปะรดจึงเป็นการส่งเสริมให้เกิดสภาวะความเป็นกรดมากขึ้น

เมื่อพิจารณาปัจจัยการใส่ดิน พบว่า การไม่ใส่ดินมีค่า pH เท่ากับ 8.60 สูงกว่าการใส่ดินที่มีค่า pH เท่ากับ 7.75 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เนื่องจากตำรับการทดลองที่ใส่ดินมีปริมาณองค์ประกอบอินทรีย์น้อยกว่าทำให้ในการย่อยสลายเกิดด่างน้อยกว่า (ไพศาล, 2555) ประกอบกับสมบัติของดินที่มีความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลง pH (Buffer) จึงส่งผลให้ตำรับที่มีการใส่ดินมีการเพิ่มขึ้นของ pH น้อยกว่า

ส่วนปฏิสัมพันธ์ของการใส่เปลือกสับปะรดและการใส่ดิน พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยการใส่เปลือกสับปะรดที่ 20% แต่ไม่ใส่ดิน มีค่า pH สูงที่สุด (pH = 8.90) และการใส่เปลือกสับปะรดที่ 30% ร่วมกับการใส่ดินมีค่า pH ต่ำที่สุด (pH = 7.50)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 17 ความเป็นกรด – ด่าง (pH) ของปุ๋ยหมัก

การใส่เปลือกสับปะรด (P) (% ของปริมาณขยะที่ใช้)	การใส่ดิน (S) ไม่ใส่ดิน (S_0)	ใส่ดิน (S_1)	ค่าเฉลี่ย
0 % (P_0)	8.40	7.90	8.15/1a
10 % (P_{10})	8.70	7.90	8.30a
20 % (P_{20})	8.90	7.70	8.30a
30 % (P_{30})	8.40	7.50	7.95a
เฉลี่ย	8.60/2a	7.75b	
F-Test การใส่ดิน (S)			**
F-Test การใส่เปลือกสับปะรด (P)			ns
F-Test การใส่ดิน x การใส่เปลือกสับปะรด (S x P)			**
CV (%)			4.46

หมายเหตุ /1 = ตัวอักษรแนวตั้งเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

/2 = ตัวอักษรแนวนอนไม่เหมือนกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

** = ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

3.2 ปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic Matter Content)

ปริมาณอินทรียวัตถุของปุ๋ยหมักเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการหมัก จากตารางที่ 18 พบว่า การใส่เปลือกสับปะรดในสัดส่วนต่างๆ (% ของปริมาณขยะที่ใช้) ทำให้ปุ๋ยหมักมีปริมาณอินทรียวัตถุไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปุ๋ยหมักที่ใส่เปลือกสับปะรดที่ 0, 10, 20 และ 30% มีปริมาณอินทรียวัตถุร้อยละ 30.12, 28.31, 19.63 และ 24.83 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าการใส่เปลือกสับปะรดเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุลดลงเนื่องจากเปลือกสับปะรดมีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำกว่าขยะอินทรีย์ที่ใช้ทดลอง อีกทั้งเปลือกสับปะรดมีองค์ประกอบของส่วนที่ย่อยสลายยากมากกว่าขยะอินทรีย์จึงทำให้การย่อยสลายช้ากว่า ปริมาณอินทรียวัตถุจึงน้อยกว่าการไม่ใส่เปลือกสับปะรด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อพิจารณาปัจจัยการใส่ดิน พบว่า การไม่ใส่ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุร้อยละ 43.08 สูงกว่าการใส่ดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุร้อยละ 8.36 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เนื่องจากดินที่ใช้มีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำกว่าองค์ประกอบอินทรีย์ที่ใช้ทดลอง

ส่วนปฏิสัมพันธ์ของการใส่เปลือกสับปะรดและการใส่ดินร่วมกับขยะพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยการไม่ใส่เปลือกสับปะรดและไม่ใส่ดิน มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงที่สุด (ร้อยละ 51.03) ส่วนการใส่เปลือกสับปะรดที่ 30% ร่วมกับการใส่ดิน มีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำที่สุด (ร้อยละ 7.53)

ในตำรับการทดลองที่มีการใส่เปลือกสับปะรดในสัดส่วนต่างๆร่วมกับการใส่ดิน มีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำกว่าค่ามาตรฐานปุ๋ยหมัก ซึ่งกำหนดให้มีปริมาณอินทรียวัตถุไม่ต่ำกว่า ร้อยละ 20 ของน้ำหนัก (กรมพัฒนาที่ดิน, 2556)

ตารางที่ 18 ปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic Matter Content) ในปุ๋ยหมัก (%)

การใส่เปลือกสับปะรด (P) (% ของปริมาณขยะที่ใช้)	**การใส่ดิน (S)**		**ค่าเฉลี่ย**
	ไม่ใส่ดิน (S_0)	**ใส่ดิน (S_1)**	
0 % (P_0)	51.03	9.21	30.12/1a
10 % (P_{10})	47.66	8.96	28.31a
20 % (P_{20})	31.52	7.74	19.63a
30 % (P_{30})	42.12	7.53	24.83a
เฉลี่ย	43.08/2a	8.36b	
F-Test การใส่ดิน (S)			**
F-Test การใส่เปลือกสับปะรด (P)			ns
F-Test การใส่ดิน x การใส่เปลือกสับปะรด (S x P)			**
CV (%)			21.40

หมายเหตุ /1 = ตัวอักษรแนวตั้งเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

/2 = ตัวอักษรแนวนอนไม่เหมือนกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

** = ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.3 ปริมาณไนโตรเจน (Total Nitrogen)

ปริมาณไนโตรเจน ของปุ๋ยหมักเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการหมัก จากตารางที่ 19 พบว่าการใส่เปลือกสับปะรดในสัดส่วนต่างๆ (% ของปริมาณขยะที่ใช้) ทำให้ปุ๋ยหมักมีปริมาณไนโตรเจนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปุ๋ยหมักที่มีการใส่เปลือกสับปะรดที่ 0, 10, 20 และ 30% มีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 1.34, 1.38, 1.17 และ 1.12 ซึ่งพบว่าการใส่เปลือกสับปะรดเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มทำให้ปริมาณไนโตรเจนลดลงเนื่องจากเปลือกสับปะรดมีปริมาณไนโตรเจนต่ำกว่าขยะอินทรีย์ที่ใช้ทดลอง

เมื่อพิจารณาปัจจัยการใส่ดิน พบว่า การไม่ใส่ดินในการหมักขยะมีปริมาณไนโตรเจนร้อยละ 1.83 สูงกว่าการใส่ดินที่มีปริมาณไนโตรเจนร้อยละ 0.67 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เนื่องจากดินที่ใช้ในการทดลองมีปริมาณไนโตรเจนต่ำกว่าองค์ประกอบอินทรีย์ที่ใช้ทดลอง สอดคล้องกับงานวิจัยของ วธิดา (2552) ที่รายงานว่า การไม่ใส่ดินในกองปุ๋ยหมักจะทำให้ปริมาณไนโตรเจนสูงกว่าการใส่ดิน

ส่วนปฏิสัมพันธ์ของการใส่เปลือกสับปะรดและการใส่ดินร่วมกับขยะพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยการใส่เปลือกสับปะรดที่ 10% แต่ไม่ใส่ดินมีปริมาณไนโตรเจนสูงที่สุด (ร้อยละ 2.12) และการใส่เปลือกสับปะรดที่ 10 และ 30% ร่วมกับการใส่ดินมีปริมาณไนโตเจนต่ำที่สุด (ร้อยละ 0.63)

ในตำรับการทดลองที่มีการใส่เปลือกสับปะรดในสัดส่วนต่างๆร่วมกับการใส่ดินพบว่ามีค่าปริมาณไนโตรเจนต่ำกว่าค่ามาตรฐานปุ๋ยหมัก ซึ่งกำหนดให้มีไนโตรเจนไม่น้อยกว่าร้อยละ 1.0 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2556)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 19 ปริมาณไนโตรเจน (Total Nitrogen) ในปุ๋ยหมัก (%)

การใส่เปลือกสับปะรด (P) (% ของปริมาณขยะที่ใช้)	การใส่ดิน (S) ไม่ใส่ดิน (S_0)	ใส่ดิน (S_1)	ค่าเฉลี่ย
0 % (P_0)	1.91	0.76	1.34[/1]a
10 % (P_{10})	2.12	0.63	1.38a
20 % (P_{20})	1.68	0.65	1.17a
30 % (P_{30})	1.60	0.63	1.12a
เฉลี่ย	1.83[/2]a	0.67b	
F-Test การใส่ดิน (S)			**
F-Test การใส่เปลือกสับปะรด (P)			ns
F-Test การใส่ดิน x การใส่เปลือกสับปะรด (S x P)			**
CV (%)			17.71

หมายเหตุ /1 = ตัวอักษรแนวตั้งเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

/2 = ตัวอักษรแนวนอนไม่เหมือนกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

** = ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.4 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus)

ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ของปุ๋ยหมักเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการหมัก จากตารางที่ 20 พบว่า การใส่เปลือกสับปะรดในสัดส่วนต่างๆ (% ของปริมาณขยะที่ใช้) ทำให้ปุ๋ยหมักมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปุ๋ยหมักที่มีการใส่เปลือกสับปะรดที่ 0, 10, 20 และ 30% มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดร้อยละ 0.55, 0.58, 0.46 และ 0.56 ตามลำดับ เนื่องจากปริมาณฟอสฟอรัสในขยะอินทรีย์และเปลือกสับปะรดที่ใช้ทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน

เมื่อพิจารณาปัจจัยการใส่ดิน พบว่า การไม่ใส่ดินในการหมักขยะมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ร้อยละ 0.79 สูงกว่าการใส่ดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดร้อยละ 0.28 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เนื่องจากดินที่ใช้ในการทดลองมีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำกว่าองค์ประกอบอินทรีย์ที่ใช้ทดลอง และมีค่าต่ำมากเมื่อเทียบกับปริมาณไนโตรเจนและโพแทสเซียม (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

ส่วนปฏิสัมพันธ์ของการใส่เปลือกสับปะรดและการใส่ดินร่วมกับขยะพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยการใส่เปลือกสับปะรดที่ 10% แต่ไม่ใส่ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงที่สุด (ร้อยละ 0.90) และการใส่เปลือกสับปะรดที่ 10% ร่วมกับการใส่ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดต่ำที่สุด (ร้อยละ 0.26)

ในตำรับการทดลองที่มีการใส่เปลือกสับปะรดในสัดส่วนต่างๆร่วมกับการใส่ดิน พบว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดต่ำกว่าค่ามาตรฐานปุ๋ยหมัก ซึ่งกำหนดให้มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2556)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 20 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus) ในปุ๋ยหมัก (%)

การใส่เปลือกสับปะรด (P) (% ของปริมาณขยะที่ใช้)	การใส่ดิน (S) ไม่ใส่ดิน (S_0)	การใส่ดิน (S) ใส่ดิน (S_1)	ค่าเฉลี่ย
0 % (P_0)	0.80	0.29	0.55/1a
10 % (P_{10})	0.90	0.26	0.58a
20 % (P_{20})	0.60	0.31	0.46a
30 % (P_{30})	0.85	0.27	0.56a
เฉลี่ย	0.79/2a	0.28b	
F-Test การใส่ดิน (S)			**
F-Test การใส่เปลือกสับปะรด (P)			ns
F-Test การใส่ดิน x การใส่เปลือกสับปะรด (S x P)			**
CV (%)			24.85

หมายเหตุ /1 = ตัวอักษรแนวตั้งเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

/2 = ตัวอักษรแนวนอนไม่เหมือนกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

** = ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

3.5 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (Total Potassium)

ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดของปุ๋ยหมักเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการหมัก จากตารางที่ 21 พบว่า การใส่เปลือกสับปะรดในสัดส่วนต่างๆ (% ของปริมาณขยะที่ใช้) ทำให้ปุ๋ยหมักมีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปุ๋ยหมักที่มีการใส่เปลือกสับปะรดที่ 0, 10, 20 และ 30% มีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดร้อยละ 2.25, 2.26, 2.52 และ 2.41 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อพิจารณาปัจจัยการใส่ดิน พบว่า การไม่ใส่ดินในการหมักขยะมีปริมาณโพแทสเซียม ร้อยละ 3.01 สูงกว่าการใส่ดินที่มีปริมาณโพแทสเซียมร้อยละ 1.70 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เนื่องจากดินที่ใช้ในการทดลองมีโพแทสเซียมต่ำกว่าองค์ประกอบอินทรีย์

ส่วนปฏิสัมพันธ์ของการใส่เปลือกสับปะรดและการใส่ดินร่วมกับขยะพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยการใส่เปลือกสับปะรดที่ 20% แต่ไม่ใส่ดินมีปริมาณโพแทสเซียมสูงที่สุด (ร้อยละ 3.17) และการใส่เปลือกสับปะรดที่ 10% ร่วมกับการใส่ดินมีปริมาณโพแทสเซียมต่ำที่สุด (ร้อยละ 1.44)

ทุกตำรับการทดลองมีปริมาณโพแทสเซียมสูงกว่าค่ามาตรฐานปุ๋ยหมัก ที่กำหนดให้มีปริมาณโพแทสเซียมไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2556)

ตารางที่ 21 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (Total Potassium) ในปุ๋ยหมัก (%)

การใส่เปลือกสับปะรด (P) (% ของปริมาณขยะที่ใช้)	**การใส่ดิน (S)**		**ค่าเฉลี่ย**
	ไม่ใส่ดิน (S_0)	**ใส่ดิน (S_1)**	
0 % (P_0)	2.70	1.79	2.25/1 a
10 % (P_{10})	3.07	1.44	2.26a
20 % (P_{20})	3.17	1.86	2.52a
30 % (P_{30})	3.10	1.71	2.41a
เฉลี่ย	3.01/2 a	1.70b	
F-Test การใส่ดิน (S)			**
F-Test การใส่เปลือกสับปะรด (P)			ns
F-Test การใส่ดิน x การใส่เปลือกสับปะรด (S x P)			**
CV (%)			17.88

หมายเหตุ /1 = ตัวอักษรแนวตั้งเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

/2 = ตัวอักษรแนวนอนไม่เหมือนกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

** = ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.6 ปริมาณแคลเซียม (Total Ca)

ปริมาณแคลเซียมของปุ๋ยหมักเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการหมัก จากตารางที่ 22 พบว่า การใส่เปลือกสับปะรดในสัดส่วนต่างๆ (% ของปริมาณขยะที่ใช้) ทำให้ปุ๋ยหมักมีปริมาณแคลเซียมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปุ๋ยหมักที่มีการใส่เปลือกสับปะรดที่ 0, 10, 20 และ 30% มีปริมาณแคลเซียมร้อยละ 1.20, 1.08, 1.19 และ 0.98 ตามลำดับ ซึ่งการใส่เปลือกสับปะรดเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มทำให้ปริมาณแคลเซียมลดลงเนื่องจากเปลือกสับปะรดที่ใช้ในการทดลองมีปริมาณแคลเซียมต่ำกว่าขยะอินทรีย์

เมื่อพิจารณาปัจจัยการใส่ดิน พบว่า การไม่ใส่ดินในการหมักขยะมีปริมาณแคลเซียมร้อยละ 1.98 สูงกว่าการใส่ดินที่มีปริมาณแคลเซียมร้อยละ 0.25 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เนื่องจากดินที่ใช้มีปริมาณแคลเซียมต่ำกว่าองค์ประกอบอินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง

ส่วนปฏิสัมพันธ์ของการใส่เปลือกสับปะรดและการใส่ดินร่วมกับขยะพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยการไม่ใส่เปลือกสับปะรดและไม่ใส่ดิน (ขยะอินทรีย์ล้วน) มีปริมาณแคลเซียมสูงสุด (ร้อยละ 2.11) และการใส่เปลือกสับปะรดที่ 30% ร่วมกับการใส่ดินมีปริมาณแคลเซียมต่ำสุด (ร้อยละ 0.14)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 22 ปริมาณแคลเซียม (Total Ca) ในปุ๋ยหมัก (%)

การใส่เปลือกสับปะรด (P)	**การใส่ดิน (S)**		**ค่าเฉลี่ย**
(% ของปริมาณขยะที่ใช้)	**ไม่ใส่ดิน (S_0)**	**ใส่ดิน (S_1)**	
0 % (P_0)	2.11	0.29	1.20[/1]a
10 % (P_{10})	1.94	0.21	1.08a
20 % (P_{20})	2.04	0.34	1.19a
30 % (P_{30})	1.81	0.14	0.98a
เฉลี่ย	1.98[/2]a	0.25b	
F-Test การใส่ดิน (S)			**
F-Test การใส่เปลือกสับปะรด (P)			ns
F-Test การใส่ดิน x การใส่เปลือกสับปะรด (S x P)			**
CV (%)			28.77

หมายเหตุ /1 = ตัวอักษรแนวตั้งเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

/2 = ตัวอักษรแนวนอนไม่เหมือนกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

** = ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

3.7 ปริมาณแมกนีเซียม (Total Mg)

ปริมาณแมกนีเซียมของปุ๋ยหมักเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการหมัก จากตารางที่ 23 พบว่า การใส่เปลือกสับปะรดในสัดส่วนต่างๆ (% ของปริมาณขยะที่ใช้) ทำให้ปุ๋ยหมักมีแมกนีเซียมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปุ๋ยหมักที่มีการใส่เปลือกสับปะรดที่ 0, 10, 20 และ 30% มีปริมาณแมกนีเซียมร้อยละ 0.63, 0.58, 0.57 และ 0.65 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อพิจารณาปัจจัยการใส่ดิน พบว่า การไม่ใส่ดินในการหมักขยะมีปริมาณแมกนีเซียม ร้อยละ 0.63 สูงกว่าการใส่ดินที่มีปริมาณแมกนีเซียมร้อยละ 0.58 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเนื่องจากดินและองค์ประกอบอินทรีย์ที่ใช้ในการทดลองมีปริมาณแมกนีเซียมใกล้เคียงกันจึงทำให้ปริมาณแมกนีเซียมในตำรับการทดลองมีแนวโน้มไม่แตกต่างกัน

ส่วนปฏิสัมพันธ์ของการใส่เปลือกสับปะรดและการใส่ดินร่วมกับขยะพบว่า การใส่เปลือกสับปะรดในสัดส่วนต่างๆและการใส่ดินร่วมกับขยะทำให้ปุ๋ยหมักมีปริมาณแมกนีเซียมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน

ตารางที่ 23 ปริมาณแมกนีเซียม (Total Mg) ในปุ๋ยหมัก (%)

การใส่เปลือกสับปะรด (P) (% ของปริมาณขยะที่ใช้)	**การใส่ดิน (S)**		**ค่าเฉลี่ย**
	ไม่ใส่ดิน (S_0)	**ใส่ดิน (S_1)**	
0 % (P_0)	0.55	0.70	0.63/1a
10 % (P_{10})	0.55	0.61	0.58a
20 % (P_{20})	0.59	0.55	0.57a
30 % (P_{30})	0.84	0.46	0.65a
เฉลี่ย	0.63/2a	0.58a	
F-Test การใส่ดิน (S)			ns
F-Test การใส่เปลือกสับปะรด (P)			ns
F-Test การใส่ดิน x การใส่เปลือกสับปะรด (S x P)			ns
CV (%)			25.92

หมายเหตุ /1 = ตัวอักษรแนวตั้งเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

/2 = ตัวอักษรแนวนอนเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.8 ปริมาณตะกั่ว (Pb)

ปริมาณตะกั่วของปุ๋ยหมักเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการหมัก จากตารางที่ 24 พบว่า การใส่เปลือกสับปะรดในสัดส่วนต่างๆ (% ของปริมาณขยะที่ใช้) ทำให้ปุ๋ยหมักมีปริมาณตะกั่วไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปุ๋ยหมักที่มีการใส่เปลือกสับปะรดที่ 0, 10, 20 และ 30% มีปริมาณตะกั่วเท่ากับ 13.44, 15.22, 19.37 และ 19.55 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งปริมาณตะกั่วที่พบมีค่าสูงกว่าในขยะอินทรีย์และเปลือกสับปะรดที่ใช้เป็นวัสดุหมัก ทั้งนี้ปริมาณตะกั่วที่พบมีแนวโน้มปนเปื้อนจากน้ำที่ใช้ในการรดปุ๋ยหมักในแต่ละตำรับการทดลอง

เมื่อพิจารณาปัจจัยการใส่ดิน พบว่า การไม่ใส่ดินในการหมักขยะมีปริมาณตะกั่ว 4.37 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งต่ำกว่าการใส่ดินที่มีปริมาณตะกั่ว 29.42 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เนื่องจากดินที่ใช้ในการทดลองมีปริมาณตะกั่วสูงกว่าองค์ประกอบอินทรีย์ที่ใช้ทดลอง และมีแนวโน้มการปนเปื้อนปริมาณตะกั่วจากน้ำที่ใช้ในการรดปุ๋ยหมักในแต่ละตำรับการทดลอง

ส่วนปฏิสัมพันธ์ของการใส่เปลือกสับปะรดและการใส่ดินร่วมกับขยะพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยการใส่เปลือกสับปะรดที่ 20% และ มีการใส่ดินมีปริมาณตะกั่วสูงที่สุด (34.27 mg/Kg^{-1}) ทั้งนี้เนื่องจากดินที่ใช้ในการทดลองมีปริมาณตะกั่วสูงกว่าขยะอินทรีย์และเปลือกสับปะรด และมีแนวโน้มการปนเปื้อนปริมาณตะกั่วจากน้ำที่ใช้ในการรดปุ๋ยหมักในแต่ละตำรับการทดลอง ส่วนการไม่ใส่เปลือกสับปะรดและไม่ใส่ดิน (ขยะอินทรีย์ล้วน) มีปริมาณตะกั่วต่ำที่สุด (1.27 mg/Kg^{-1})

ปริมาณตะกั่วในปุ๋ยหมักทุกตำรับการทดลองอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพปุ๋ยหมักซึ่งกำหนดให้มีปริมาณตะกั่วปนเปื้อนไม่เกิน 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (กรมพัฒนาที่ดิน, 2556)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 24 ปริมาณตะกั่ว (Pb) ในปุ๋ยหมัก (mg/Kg^{-1})

การใส่เปลือกสับปะรด (P) (% ของปริมาณขยะที่ใช้)	การใส่ดิน (S)		ค่าเฉลี่ย
	ไม่ใส่ดิน (S_0)	ใส่ดิน (S_1)	
0 % (P_0)	1.27	25.60	13.44/1a
10 % (P_{10})	3.80	26.63	15.22a
20 % (P_{20})	4.47	34.27	19.37a
30 % (P_{30})	7.93	31.17	19.55a
เฉลี่ย	4.37/2a	29.42b	
F-Test การใส่ดิน (S)			**
F-Test การใส่เปลือกสับปะรด (P)			ns
F-Test การใส่ดิน x การใส่เปลือกสับปะรด (S x P)			**
CV (%)			28.32

หมายเหตุ /1 = ตัวอักษรแนวตั้งเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

/2 = ตัวอักษรแนวนอนไม่เหมือนกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

** = ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

3.9 ปริมาณแคดเมียม (Cd)

ปริมาณแคดเมียมของปุ๋ยหมักเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการหมัก จากตารางที่ 25 พบว่า การใส่เปลือกสับปะรดในสัดส่วนต่างๆ (% ของปริมาณขยะที่ใช้) ทำให้ปุ๋ยหมักมีปริมาณแคดเมียมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปุ๋ยหมักที่มีการใส่เปลือกสับปะรดที่ 0, 10, 20 และ 30% มีปริมาณแคดเมียมเท่ากับ 3.09, 1.92, 2.37 และ 1.97 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ ซึ่งปริมาณแคดเมียมที่พบมีค่าสูงกว่าในขยะอินทรีย์และเปลือกสับปะรดที่ใช้เป็นวัสดุหมัก ทั้งนี้ปริมาณแคดเมียมมีแนวโน้มปนเปื้อนจากน้ำที่ใช้ในการรดปุ๋ยหมักในแต่ละตำรับการทดลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อพิจารณาปัจจัยการใส่ดิน พบว่า การไม่ใส่ดินในการหมักขยะมีปริมาณแคดเมียม 1.72 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งต่ำกว่าการใส่ดินที่มีปริมาณแคดเมียม 2.95 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เนื่องจากดินที่ใช้ในการทดลองมีปริมาณแคดเมียมสูงกว่าองค์ประกอบอินทรีย์ที่ใช้ทดลอง และมีแนวโน้มการปนเปื้อนปริมาณแคดเมียมจากน้ำที่ใช้ในการรดปุ๋ยหมักในแต่ละตำรับการทดลอง

ส่วนปฏิสัมพันธ์ของการใส่เปลือกสับปะรดและการใส่ดินร่วมกับขยะพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยการไม่ใส่เปลือกสับปะรดแต่ใส่ดินมีปริมาณแคดเมียมสูงที่สุด (3.87 mg/Kg^{-1}) ส่วนการใส่เปลือกสับปะรดที่ 20% แต่ไม่ใส่ดินมีปริมาณแคดเมียมต่ำที่สุด (1.33 mg/Kg^{-1}) ทั้งนี้เนื่องจากดินที่ใช้ในการทดลองมีปริมาณแคดเมียมสูงกว่าขยะอินทรีย์และเปลือกสับปะรด และมีแนวโน้มการปนเปื้อนปริมาณแคดเมียมจากน้ำที่ใช้ในการรดปุ๋ยหมักในแต่ละตำรับการทดลอง

ปริมาณแคดเมียมในปุ๋ยหมักทุกตำรับการทดลองอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพปุ๋ยหมัก ซึ่งกำหนดให้มีปริมาณแคดเมียมปนเปื้อนไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (กรมพัฒนาที่ดิน, 2556)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 25 ปริมาณแคดเมียม (Cd) ในปุ๋ยหมัก (mg/Kg^{-1})

การใส่เปลือกสับปะรด (P)	**การใส่ดิน (S)**		**ค่าเฉลี่ย**
(% ของปริมาณขยะที่ใช้)	**ไม่ใส่ดิน (S_0)**	**ใส่ดิน (S_1)**	
0 % (P_0)	2.30	3.87	3.09/1a
10 % (P_{10})	1.53	2.30	1.92a
20 % (P_{20})	1.33	3.40	2.37a
30 % (P_{30})	1.70	2.23	1.97a
เฉลี่ย	1.72/2a	2.95b	
F-Test การใส่ดิน (S)			**
F-Test การใส่เปลือกสับปะรด (P)			ns
F-Test การใส่ดิน x การใส่เปลือกสับปะรด (S x P)			**
CV (%)			23.19

หมายเหตุ /1 = ตัวอักษรแนวตั้งเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

/2 = ตัวอักษรแนวนอนไม่เหมือนกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

** = ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

3.10 สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio)

สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของปุ๋ยหมักเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการหมัก จากตารางที่ 26 พบว่า การใส่เปลือกสับปะรดในสัดส่วนต่างๆ (% ของปริมาณขยะที่ใช้) ทำให้ปุ๋ยหมักมีค่า C/N ratio ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปุ๋ยหมักที่มีการใส่เปลือกสับปะรดที่ 0, 10, 20 และ 30% มีค่า C/N ratio เท่ากับ 8.94, 9.57, 9.89 และ10.30 ซึ่งการใส่เปลือกสับปะรดเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มทำให้ค่า C/N ratio สูงขึ้น

เมื่อพิจารณาปัจจัยการใส่ดิน พบว่า การไม่ใส่ดินทำให้ปุ๋ยหมักมีค่า C/N ratio เท่ากับ 11.92 สูงกว่าการใส่ดินที่มีค่า C/N ratio เท่ากับ 7.43 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ส่วนปฏิสัมพันธ์ของการใส่เปลือกสับปะรดและการใส่ดินร่วมกับขยะพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยการใส่เปลือกสับปะรดที่ 30% แต่ไม่ใส่ดินมีค่า C/N ratio สูงที่สุด (13.15) ส่วนการไม่ใส่เปลือกสับปะรดร่วมกับการใส่ดินมีค่า C/N ratio ต่ำที่สุด (7.11)

ปุ๋ยหมักทุกตำรับการทดลองมีค่า C/N ratio อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพปุ๋ยหมัก ซึ่งกำหนดให้ค่า C/N ratio ไม่เกิน 20:1 โดยน้ำหนัก (กรมพัฒนาที่ดิน, 2556) ซึ่ง Samudro and Hermana (2007) รายงานว่า ปุ๋ยหมักที่มีค่า C/N ratio ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 20:1 เป็นปุ๋ยหมักที่ย่อยสลายสมบูรณ์เหมาะสำหรับการนำไปใช้งาน สามารถนำไปใช้ใส่ในดินได้โดยไม่ทำให้พืชเป็นอันตรายและเป็นปุ๋ยหมักมีคุณภาพดี (เสียงแจ๋ว และ นวลจันทร์, 2545)

ตารางที่ 26 สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ในปุ๋ยหมัก

การใส่เปลือกสับปะรด (P) (% ของปริมาณขยะที่ใช้)	**การใส่ดิน (S)**		**ค่าเฉลี่ย**
	ไม่ใส่ดิน (S_0)	**ใส่ดิน (S_1)**	
0 % (P_0)	10.77	7.11	8.94[/1]a
10 % (P_{10})	11.29	7.85	9.57a
20 % (P_{20})	12.46	7.31	9.89a
30 % (P_{30})	13.15	7.45	10.30a
เฉลี่ย	11.92[/2]a	7.43b	
F-Test การใส่ดิน (S)			**
F-Test การใส่เปลือกสับปะรด (P)			ns
F-Test การใส่ดิน x การใส่เปลือกสับปะรด (S x P)			**
CV (%)			13.76

หมายเหตุ /1 = ตัวอักษรแนวตั้งเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

/2 = ตัวอักษรแนวนอนไม่เหมือนกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

** = ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การศึกษาอิทธิพลของเปลือกสับปะรดและดินนาต่อประสิทธิภาพการย่อยสลายขยะอินทรีย์ และคุณภาพของปุ๋ยหมัก สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. เปรียบเทียบตามปริมาณการใส่เปลือกสับปะรดที่ 0, 10, 20 และ 30% ของปริมาณขยะที่ใช้ในการหมัก พบว่า การใส่เปลือกสับปะรดในสัดส่วนต่างๆ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของปุ๋ยหมักทั้งด้านการสูญเสียน้ำหนัก ความหนาแน่น ความชื้น และการยุบตัวของปุ๋ยหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนสมบัติทางเคมีพบว่า ความเป็นกรด – ด่าง (pH) ของปุ๋ยหมัก ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมทั้งหมด ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียม รวมทั้งปริมาณโลหะหนักทั้งตะกั่วและแคดเมียม ในปุ๋ยหมักไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับประสิทธิภาพการย่อยสลายของปุ๋ยหมักซึ่งพบว่าการใส่เปลือกสับปะรดในสัดส่วนที่ต่างกันให้ค่า C/N ratio เท่ากับ 8.94, 8.87, 9.89 และ 10.30 ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การใส่เปลือกสับปะรดเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มชะลอการย่อยสลายลงเล็กน้อยเนื่องจากมีปริมาณกรดและส่วนที่ย่อยสลายยากมากกว่าขยะอินทรีย์

2. เปรียบเทียบตามปัจจัยการใส่ดินนาและไม่ใส่ดินนาร่วมกับการหมักขยะพบว่ามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของปุ๋ยหมักทั้งด้านการสูญเสียน้ำหนัก ความหนาแน่น ความชื้น และการยุบตัวของปุ๋ยหมัก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ส่วนสมบัติทางเคมีพบว่าการใส่ดินนามีผลต่อการเปลี่ยนแปลง ความเป็นกรด – ด่าง (pH) ของปุ๋ยหมัก ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและ ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด ปริมาณแคลเซียม รวมทั้งปริมาณโลหะหนักทั้งตะกั่วและแคดเมียมในปุ๋ยหมักแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ แต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณแมกนีเซียมแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนประสิทธิภาพการย่อยสลายของปุ๋ยหมัก พบว่าการไม่ใส่ดินในการหมักขยะมี C/N ratio เท่ากับ 11.57 สูงกว่าการใส่ดินร่วมกับการหมักขยะที่มี C/N ratio เท่ากับ 7.43 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. เปรียบเทียบปฏิสัมพันธ์ของปริมาณการใส่เปลือกสับปะรดและการใส่ดินร่วมกับขยะ พบว่า การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของปุ๋ยหมักทั้งการสูญเสียน้ำหนัก และความชื้นของปุ๋ยหมักในแต่ละตำรับการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ส่วนความหนาแน่น และการยุบตัวของปุ๋ยหมักพบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีพบว่าปุ๋ยหมักที่ได้ในแต่ละตำรับการทดลอง มีปริมาณแมกนีเซียมไม่มีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนความเป็นกรด – ด่าง (pH) ของปุ๋ยหมัก ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมทั้งหมด ปริมาณแคลเซียม รวมทั้งปริมาณโลหะหนักทั้งตะกั่วและแคดเมียมในปุ๋ยหมักมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เช่นเดียวกับประสิทธิภาพการย่อยสลายของปุ๋ยหมักซึ่งประเมินจากค่า C/N ratio พบว่า การไม่ใส่เปลือกสับปะรดร่วมกับการใส่ดินนามีประสิทธิภาพการย่อยสลายเป็นปุ๋ยหมักสูงสุด (C/N ratio เท่ากับ 7.11)

4. เปรียบเทียบคุณภาพปุ๋ยหมักทุกตำรับการทดลองกับมาตรฐานปุ๋ยหมักตามพระราชบัญญัติปุ๋ยฉบับที่ 2 พ.ศ. 2550 พบว่า ปุ๋ยหมักทุกตำรับการทดลองมีความชื้นสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ส่วนตำรับการทดลองที่มีการใส่เปลือกสับปะรดแต่ไม่ใส่ดิน มีปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมทั้งหมด รวมถึงปริมาณโลหะหนักทั้งตะกั่วและแคดเมียมอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพปุ๋ยหมัก ส่วนค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) ของปุ๋ยหมัก พบว่ามีเพียงบางตำรับการทดลองเท่านั้นที่มีค่าสูงกว่ามาตรฐานเล็กน้อย

ส่วนตำรับการทดลองที่มีการใส่เปลือกสับปะรดร่วมกับการใส่ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทั้งหมด ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพปุ๋ยหมัก แต่มีค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) ของปุ๋ยหมัก ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด และปริมาณโลหะหนักทั้งตะกั่วและแคดเมียม อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

และพบว่าปุ๋ยหมักทุกตำรับการทดลองมีค่า C/N ratio อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพปุ๋ยหมัก ซึ่งกำหนดให้ค่า C/N ratio ไม่เกิน 20:1 โดยน้ำหนัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

1. เปลือกสับปะรดสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุหมักร่วมกับวัสดุอินทรีย์อื่นๆ เพื่อทำปุ๋ยหมักได้ แม้เปลือกสับปะรดจะมีความเป็นกรดค่อนข้างสูงและมีองค์ประกอบที่ย่อยสลายยาก แต่การใส่เปลือกสับปะรดร้อยละ 30 โดยน้ำหนักจากปริมาณวัสดุหมักทั้งหมด จะไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการย่อยสลายของปุ๋ยหมัก

2. แม้การใส่ดินร่วมกับการหมักขยะอินทรีย์จะมีผลทำให้ประสิทธิภาพการย่อยสลายแตกต่างกัน โดยการไม่ใส่ดินได้ปุ๋ยหมักที่มีค่า C/N ratio สูงกว่าการใส่ดินร่วมกับการหมัก ทั้งนี้ค่า C/N ratio ของปุ๋ยหมักที่ได้ถือว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพปุ๋ยหมัก ซึ่งกำหนดให้ค่า C/N ratio ไม่เกิน 20:1 โดยน้ำหนัก อย่างไรก็ตามปุ๋ยหมักที่ได้จากการไม่ใส่ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุและปริมาณธาตุอาหารหลักสูงกว่าปุ๋ยหมักที่มีการใส่ดิน ซึ่งหากในพื้นที่ใดไม่สะดวกในการจัดหาดินเพื่อนำมาใช้ร่วมกับการหมัก หรือต้องการเน้นเรื่องคุณภาพของปุ๋ยหมักอาจอนุโลมไม่ต้องใส่ดินร่วมกับการหมักได้ ทั้งนี้คุณภาพของปุ๋ยที่ได้นั้นจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของวัสดุหมักด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กนกวรรณ พันธุ์ดี. 2550. **อิทธิพลของกากน้ำตาลต่อการทำปุ๋ยหมักแบบกองจากมันสำปะหลัง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

กรมควบคุมมลพิษ. 2536. **การศึกษาเปรียบเทียบความเหมาะสมของวิธีการกำจัดมูลฝอย.** กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

_______. 2545. **การศึกษาเปรียบเทียบความเหมาะสมของวิธีการกำจัดมูลฝอย**. กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

_______. 2552. **คู่มือแนวทางและข้อกำหนดเบื้องต้นการลดและการใช้ประโยชน์ขยะมูลฝอย**. พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

_______. 2554. **รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2553**. บริษัท บีทีเอส เพรส จำกัด, กรุงเทพฯ.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2556. **มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ (ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง) ของกรมพัฒนาที่ดิน.** แหล่งที่มา: http://www.ldd.go.th/ldd/Fertilizer/Organic Fertilizer.pdf., 15 มีนาคม 2556.

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2541. **การจัดการขยะขยะในประเทศไทย**. กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

เกษม จันทร์แก้ว. 2541. **เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม**. โครงการสหวิทยาการบัณฑิตศึกษา สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2539. **วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม**. พิมพ์ครั้งที่ 2. มิตรนราการพิมพ์, กรุงเทพฯ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2544. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น.** พิมพ์ครั้งที่ 9. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี. 2548. **เอกสารประกอบโครงการเผยแพร่ความรู้การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการกำจัดขยะและบำบัดน้ำเสียตามแนวพระราชดำริ.** 84 หน้า.

จุลบุตร จันทร์สูรย์. 2548. **การเปลี่ยนแปลงความร้อนในกล่องคอนกรีตที่ใช้หมักขยะชุมชนภายใต้การรดน้ำในปริมาณต่างกัน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชาย เจียมชัยศรี และอุบลวรรณ นนทพันธ์. 2543. **เอกสารสรุปการวิจัย การเร่งปฏิกิริยาการย่อยสลายมูลฝอย ในกระบวนการหมักแบบไร้อากาศ.** ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 16 หน้า.

ณัฐพร นากกรุงศรี. 2552. **การทำปุ๋ยหมักจากมูลฝอยตลาดสดโดยใช้ชานอ้อยเป็น Bulking Agent**. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ทัศนีย์ อัตตะนันท์ และ จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2540. **แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เทศบาลเมืองเพชรบุรี. 2540. **เอกสารรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับมูลฝอย**. เทศบาลเมืองเพชรบุรี, เพชรบุรี. (อัดสำเนา)

เทอดพงศ์ ศรีสุขพันธุ์. ม.ป.ป. **ปัญหาและผลกระทบของมูลฝอยต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ.** แหล่งที่มา http://health.hcu.ac.th/eh4052/index.html, 9 เมษายน 2555.

ธงชัย มาลา. 2546. **ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ เทคนิคการผลิตและการใช้ประโยชน์**. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธเรศ ศรีสถิต. 2553. **วิศวกรรมการจัดการมูลฝอยชุมชน**. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นภารัตน์ ไวยเจริญ. 2544. **การทำปุ๋ยหมักของมูลฝอยจากตลาดสดในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นฤมล วงสวรรค์. 2552. **ประสิทธิภาพการหมักขยะชุมชนด้วยการคลุกเคล้ากับดินเนื้อละเอียดภายใต้การรดน้ำในปริมาณที่แตกต่างกัน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บุญล้อม ชีวอิสระกุล. 2527. **โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง**. ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

พัฒนา อนุรักษ์พงศธร. 2547. **การจัดการขยะ**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พิชิต สกุลพราหมณ์. 2531. **การสุขาภิบาลสิ่งแวดล้อม.** มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ.

_______. 2535. **การสุขาภิบาลสิ่งแวดล้อม**. มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ.

พิทยากร ลิ่มทอง และ ฉวีวรรณ เหลืองวุฒิวิโรจน์. 2545. ระดับธาตุอาหารพืชในปุ๋ยหมัก, น. 68 – 79. ใน **คู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐ การปรับปรุงบำรุงดินด้วยอินทรียวัตถุ**. โครงการปรับปรุงบำรุงดินด้วยอินทรียวัตถุ กลุ่มอินทรียวัตถุและวัสดุเหลือใช้ กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

พีรดา พงษ์ทอง. 2552. **การศึกษาการทำงานของจุลินทรีย์กลุ่ม Thermophilic ในการหมักขยะอินทรีย์ในบ่อคอนกรีต ภายใต้ระยะเวลาการรดน้ำที่แตกต่างกัน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไพบูลย์ ประพฤติธรรม. 2528. **เคมีของดิน**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

_______, สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์ และ วีรชน พลรบ. 2542. คุณภาพของปุ๋ยหมักและการใช้ประโยชน์เพื่อฟื้นฟูพื้นที่ป่าชายเลนและทางการเกษตร, น 16 *ใน* **เอกสารสัมมนาวิชาการเรื่องเทคโนโลยีการกำจัดขยะแบบประหยัดและการบำบัดน้ำเสียด้วยพืช ณ ห้องสุธรรมอารีกุล อาคารสารนิเทศ 50 ปี ระหว่างวันที่ 25–28 สิงหาคม 2542.** มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ไพศาล ริมชลา. 2555. **การศึกษาขนาดของวัสดุหมักประเภทผลไม้และเปลือกผลไม้กับสัดส่วนการคลุกเคล้าด้วยดินเนื้อละเอียดที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายเป็นปุ๋ยหมัก**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภูริพงศ์ จิตรมะโน, สมปอง สรวมศิริ, พีรวัจน์ ชูเพ็ง และ ก.ทีปลักษณ์ ระงับเหตุ. 2548. การใช้เปลือกสับปะรดหมักเลี้ยงโค : ลักษณะทางกายภาพและคุณค่าทางอาหารของเปลือกสับปะรด, น. 141 - 145. *ใน* **รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 6 19-20 พฤษภาคม 2548.** ศูนย์การศึกษาและฝึกอบรมนานาชาติ, มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่.

ราชบัญฑิตยสถาน. 2539. **พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2525**. อักษรเจริญทัศน์, กรุงเทพฯ.

เรียมสงวน วรรณยะลา. 2544. **ประสิทธิภาพการย่อยสลายมูลฝอยเป็นปุ๋ยโดยวิธีเติมอากาศจากมูลฝอยชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วธิดา คะนะแนม. 2552. **ผลของมูลไก่ กากตะกอนดีแคนเตอร์ และดินแดง ในการผลิตปุ๋ยหมักจากทะลายเปล่าปาล์มน้ำมัน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยสงขลาขครินทร์.

สมบัติ ตงเต๊า, สมเกียรติ นวลละออง และ ศศิธร วสุนันต์. 2534. การรวบรวมพันธุ์และศึกษาพันธุ์สับปะรด, น. 460 - 467. *ใน* **รายงานผลงานวิจัยปี 2534** . ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

สมศักดิ์ วังใน. 2528. **จุลินทรีย์และกิจกรรมในดิน**. สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์. 2541. **มลพิษสิ่งแวดล้อม.** โครงการสหวิทยาการบัณฑิตศึกษา สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุจินต์ เกตสา. 2530. **การกำจัดมูลฝอยโดยวิธีการหมักทำปุ๋ยด้วยการใช้สารตัวเร่ง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ.

สุบัณฑิต นิ่มรัตน์. 2546. **จุลชีววิทยาทางดิน.** ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.

เสียงแจ๋ว พิริยพฤนต์ และ นวลจันทร์ ภาสดา. 2545. ปัจจัยที่ควบคุมอัตราการย่อยสลายในกองปุ๋ยหมัก, น. 48 – 57. *ใน* **คู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐ การปรับปรุงบำรุงดินด้วยอินทรียวัตถุ.** โครงการปรับปรุงบำรุงดินด้วยอินทรียวัตถุ กลุ่มอินทรียวัตถุและวัสดุเหลือใช้ กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2556. **ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร: สับปะรดโรงงาน**. แหล่งที่มา: http://www.oae.go.th2donwload/prcai/DryCrop/Pineapple53-55.pdf., 15 เมษายน 2556.

สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2552. **การกำจัดขยะมูลฝอยแบบฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill)**. ม.ป.ท.

อภิญญา แสงสุวรรณ. 2546. **การผลิตปุ๋ยน้ำหมักจากขยะอินทรีย์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Akyuz, T., S. Akyuz and A. Bassari. 2000. The sorption of cesium and strontium ions onto red clay from Sivrihisar Eskisehir (Turkey). **Journal of Inclusion Phenomena and Macrocylic Chemistry** 38: 337 – 344.

Bertoldi, M.D.,G. Vallini and A. Pera. 1983. **The biology of composting : A Review. Waste Manage. And Res**. 1:157-176.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Day, M. and K. Shaw. 2001. Biological chemical and physical processes of composting. *In* Compost in horticultural cropping systems. **CRC Press.** PP. 17 – 50.

Dull, G.G. 1971. **The Biochemistry of Fruits and Their Products**. Academic Press Inc., London.

Gaur, A.C., K.V. Sadasivam, R.S. Mathur and S.P. Magu. 1982. Role of Mesophilic Fungi in Composting. **Agric. Wastes**. 4: 453 – 468.

Haug, R.T. 1993. **The Practical Handbook of Compost Engineering.** Lewis Publishers, Boca Ratan, Florida.

JICA. 1982. **The Bangkok Solid Waste Management Study in Thailand Final Report**. Bangkok, Thailand.

Larney, F.J. and X. Hao. 2007. A review of composting as a management alternative for beef cattle feedlot manure in southern Aberta, Canada. **Bioresource Technology** 98: 3221 – 3227.

Marchesini, A., L. Allievi, E. Comotto and A. Ferrari. 1988. Long – term effects of quality – compost treatment on soil. **Plant and Soil**. 106 : 253 – 261.

Metcaff and Edd, Inc. 1974. **Wastewater Engineering : Collection, Treatment, Disposal.** Tata Mc. Graw-Hill Publishing Company Ltd, New Delhi.

Neklyudov, A.D., G.N. Fedotov, and A.N. Ivankin. 2008. Intensification of composting Processes by Aerobic Microorganisms: A review. **Applied Biochemistry and Microbiology** 44(1) : 9 – 23.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Polprasert, C. 1996. **Organic Waste Recycling.** 2nd ed., John Wiley and Son, Inc., New York, Newyork. 412 p.

Richard, T.L. 1992. Municipal solid waste composting: physical and biological processing. **Biomass & Bioenergy**, 3(3-4), 195 – 211.

_______. and L.P. Walker. 2002. **Temperature Kinetics of Aerobic Solid-state Biodegradation.** Proceedings of the Institute of Biological Engineering, 1: A10 - A30.

Robert, R. 2001. Getting Moisture into the compost Pile. J. **Bio Cycle.**

Samudro, G. and J. Hermana, 2007. **Denitrification efficiency in a compost bed with various carbon and nitrogen content. Journal of Applied Sciences in Environmental Sanitation** 2(2): 57 – 62.

Sular, D.J., and M.S. Finstein. 1977. Effect of temperature aeration and moisture on CO2 formation in bench – scale continuously thermophilic composting of solid waste. **Aapplied and Environmental Microbiology** 33 (2): 345 – 350.

Tchobanoglous, G., H. Theisen and S. Vilal. 1993. **Integrated solid waste management engineering principles and management Issues.** Mcgraw-Hill, Inc. 978 pp.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 การสูญเสียน้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการหมักแต่ละบ่อหมัก (%)

ดิน (S)	เปลือกสับปะรด (P) (%)	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย
ไม่ใส่ดิน (S_0)	0 (P_0)	**78.30**	74.20	74.30	75.60
	10 (P_{10})	69.50	73.60	79.90	74.33
	20 (P_{20})	77.70	75.40	75.70	76.27
	30 (P_{30})	67.30	76.80	74.80	72.97
ใส่ดิน (S_1)	0 (P_0)	59.60	60.40	63.50	61.17
	10 (P_{10})	61.80	67.20	64.20	64.40
	20 (P_{20})	67.40	64.60	69.10	67.03
	30 (P_{30})	60.10	72.00	62.20	64.77

ตารางผนวกที่ 2 ความหนาแน่นรวมของปุ๋ยหมักแต่ละบ่อหมัก (Kg/m^3)

ดิน (S)	เปลือกสับปะรด (P) (%)	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย
ไม่ใส่ดิน (S_0)	0 (P_0)	**108.76**	119.00	114.80	114.19
	10 (P_{10})	142.75	111.66	89.16	114.52
	20 (P_{20})	111.33	115.99	110.88	112.73
	30 (P_{30})	163.90	101.15	103.49	122.85
ใส่ดิน (S_1)	0 (P_0)	167.53	141.21	151.85	153.53
	10 (P_{10})	166.55	136.91	156.08	153.18
	20 (P_{20})	156.61	160.95	130.26	149.27
	30 (P_{30})	185.39	120.02	150.85	152.09

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 ความชื้นของปุ๋ยหมัก (Moisture Content) แต่ละบ่อหมัก (%)

ดิน (S)	**เปลือกสับปะรด (P) (%)**	**ซ้ำที่ 1**	**2**	**3**	**ค่าเฉลี่ย**
ไม่ใส่ดิน (S_0)	0 (P_0)	**80.53**	78.47	55.78	71.59
	10 (P_{10})	71.01	75.35	75.28	73.88
	20 (P_{20})	80.12	77.42	62.77	73.44
	30 (P_{30})	43.50	78.84	80.54	67.63
ใส่ดิน (S_1)	0 (P_0)	41.36	48.22	50.45	46.67
	10 (P_{10})	34.66	37.56	36.27	36.16
	20 (P_{20})	46.99	39.25	31.26	39.17
	30 (P_{30})	44.64	34.79	40.93	40.12

ตารางผนวกที่ 4 ร้อยละการยุบตัวของปุ๋ยหมักแต่ละบ่อหมัก (%)

ดิน (S)	**เปลือกสับปะรด (P) (%)**	**ซ้ำที่ 1**	**2**	**3**	**ค่าเฉลี่ย**
ไม่ใส่ดิน (S_0)	0 (P_0)	**64.44**	63.20	60.58	62.74
	10 (P_{10})	65.57	61.85	58.99	62.14
	20 (P_{20})	61.10	64.47	63.34	62.97
	30 (P_{30})	64.23	56.55	59.48	60.08
ใส่ดิน (S_1)	0 (P_0)	58.12	57.50	52.58	56.07
	10 (P_{10})	59.01	51.99	62.27	57.79
	20 (P_{20})	56.21	60.56	54.03	56.93
	30 (P_{30})	55.70	57.39	56.36	56.48

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 ความเป็นกรด – ด่าง (pH) ของปุ๋ยหมักแต่ละบ่อหมัก

ดิน (S)	เปลือกสับปะรด (P) (%)	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย
ไม่ใส่ดิน (S_0)	0 (P_0)	**8.30**	8.70	8.10	8.40
	10 (P_{10})	8.90	8.80	8.40	8.70
	20 (P_{20})	8.30	9.00	9.40	8.90
	30 (P_{30})	8.90	8.00	8.40	8.40
ใส่ดิน (S_1)	0 (P_0)	8.00	7.90	7.80	7.90
	10 (P_{10})	8.40	7.50	7.80	7.90
	20 (P_{20})	7.50	8.00	7.90	7.70
	30 (P_{30})	7.40	7.20	7.80	7.50

ตารางผนวกที่ 6 ปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic Matter Content) ในปุ๋ยหมักแต่ละบ่อหมัก (%)

ดิน (S)	เปลือกสับปะรด (P) (%)	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย
ไม่ใส่ดิน (S_0)	0 (P_0)	**51.41**	46.65	55.02	51.03
	10 (P_{10})	41.28	52.85	48.86	47.66
	20 (P_{20})	44.30	26.45	23.81	31.52
	30 (P_{30})	33.41	45.01	47.94	42.12
ใส่ดิน (S_1)	0 (P_0)	7.13	10.20	10.31	9.21
	10 (P_{10})	9.52	8.32	9.03	8.96
	20 (P_{20})	7.13	9.25	6.83	7.74
	30 (P_{30})	6.10	7.95	8.54	7.53

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 7 ปริมาณไนโตรเจน (Total Nitrogen) ในปุ๋ยหมักแต่ละบ่อหมัก (%)

ดิน (S)	เปลือกสับปะรด (P) (%)	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย
ไม่ใส่ดิน (S_0)	0 (P_0)	**2.23**	1.63	1.87	1.91
	10 (P_{10})	2.27	1.87	2.23	2.12
	20 (P_{20})	1.85	1.37	1.83	1.68
	30 (P_{30})	1.21	1.82	1.78	1.60
ใส่ดิน (S_1)	0 (P_0)	0.81	0.65	0.81	0.76
	10 (P_{10})	0.73	0.59	0.58	0.63
	20 (P_{20})	0.79	0.65	0.51	0.65
	30 (P_{30})	0.66	0.78	0.46	0.63

ตารางผนวกที่ 8 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus) ในปุ๋ยหมักแต่ละบ่อหมัก (%)

ดิน (S)	เปลือกสับปะรด (P) (%)	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย
ไม่ใส่ดิน (S_0)	0 (P_0)	**10.2**	0.71	0.68	0.80
	10 (P_{10})	0.87	1.08	0.75	0.90
	20 (P_{20})	0.80	0.43	0.57	0.60
	30 (P_{30})	0.68	0.82	1.06	0.85
ใส่ดิน (S_1)	0 (P_0)	0.21	0.34	0.32	0.29
	10 (P_{10})	0.30	0.21	0.27	0.26
	20 (P_{20})	0.30	0.37	0.25	0.31
	30 (P_{30})	0.25	0.25	0.30	0.27

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 9 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (Total Potassium) ในปุ๋ยหมักแต่ละบ่อหมัก (%)

ดิน (S)	เปลือกสับปะรด (P) (%)	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย
ไม่ใส่ดิน (S_0)	0 (P_0)	**2.95**	2.90	2.25	2.70
	10 (P_{10})	2.83	2.97	3.42	3.07
	20 (P_{20})	3.93	2.30	3.28	3.17
	30 (P_{30})	2.98	3.12	3.20	3.10
ใส่ดิน (S_1)	0 (P_0)	1.26	2.16	1.95	1.79
	10 (P_{10})	1.82	1.41	1.08	1.44
	20 (P_{20})	1.65	2.13	1.81	1.86
	30 (P_{30})	1.95	1.41	1.76	1.71

ตารางผนวกที่ 10 ปริมาณแคลเซียม (Total Ca) ในปุ๋ยหมักแต่ละบ่อหมัก (%)

ดิน (S)	เปลือกสับปะรด (P) (%)	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย
ไม่ใส่ดิน (S_0)	0 (P_0)	**2.72**	1.94	1.68	2.11
	10 (P_{10})	1.87	1.72	2.24	1.94
	20 (P_{20})	2.65	1.76	1.70	2.04
	30 (P_{30})	1.42	1.85	2.15	1.81
ใส่ดิน (S_1)	0 (P_0)	0.33	0.41	0.13	0.29
	10 (P_{10})	0.27	0.14	0.22	0.21
	20 (P_{20})	0.39	0.27	0.35	0.34
	30 (P_{30})	0.11	0.19	0.12	0.14

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 11 ปริมาณแมกนีเซียม (Total Mg) ในปุ๋ยหมักแต่ละบ่อหมัก (%)

ดิน (S)	เปลือกสับปะรด (P) (%)	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย
ไม่ใส่ดิน (S_0)	0 (P_0)	**0.65**	0.48	0.52	0.55
	10 (P_{10})	0.34	0.70	0.60	0.55
	20 (P_{20})	0.63	0.33	0.81	0.59
	30 (P_{30})	0.67	0.86	0.98	0.84
ใส่ดิน (S_1)	0 (P_0)	0.85	0.51	0.75	0.70
	10 (P_{10})	0.56	0.58	0.69	0.61
	20 (P_{20})	0.66	0.65	0.35	0.55
	30 (P_{30})	0.46	0.39	0.54	0.46

ตารางผนวกที่ 12 ปริมาณตะกั่ว (Pb) ในปุ๋ยหมักแต่ละบ่อหมัก (mg/Kg^{-1})

ดิน (S)	เปลือกสับปะรด (P) (%)	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย
ไม่ใส่ดิน (S_0)	0 (P_0)	**1.10**	1.80	0.90	1.27
	10 (P_{10})	5.30	2.10	4.00	3.80
	20 (P_{20})	6.40	3.00	4.00	4.47
	30 (P_{30})	8.00	6.00	9.80	7.93
ใส่ดิน (S_1)	0 (P_0)	23.80	29.20	23.80	25.60
	10 (P_{10})	30.60	30.50	18.80	26.63
	20 (P_{20})	30.60	39.40	32.80	34.27
	30 (P_{30})	42.50	24.80	26.20	31.17

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 13 ปริมาณแคดเมียม (Cd) ในปุ๋ยหมักแต่ละบ่อหมัก (mg/Kg^{-1})

ดิน (S)	เปลือกสับปะรด (P) (%)	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย
ไม่ใส่ดิน (S_0)	0 (P_0)	**2.80**	2.50	1.60	2.30
	10 (P_{10})	1.40	1.80	1.40	1.53
	20 (P_{20})	1.40	1.00	1.60	1.33
	30 (P_{30})	1.70	1.20	2.20	1.70
ใส่ดิน (S_1)	0 (P_0)	3.60	3.10	4.90	3.87
	10 (P_{10})	1.90	2.40	2.60	2.30
	20 (P_{20})	3.50	2.80	3.90	3.40
	30 (P_{30})	1.90	2.00	2.80	2.23

ตารางผนวกที่ 14 สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ในปุ๋ยหมักแต่ละบ่อหมัก

ดิน (S)	เปลือกสับปะรด (P) (%)	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย
ไม่ใส่ดิน (S_0)	0 (P_0)	**10.26**	11.34	10.71	10.77
	10 (P_{10})	8.97	12.16	12.74	11.29
	20 (P_{20})	11.60	12.69	13.03	12.46
	30 (P_{30})	15.54	12.18	11.72	13.15
ใส่ดิน (S_1)	0 (P_0)	6.36	7.58	7.40	7.11
	10 (P_{10})	7.58	6.93	9.05	7.85
	20 (P_{20})	6.54	7.63	7.78	7.31
	30 (P_{30})	7.20	5.92	9.24	7.45

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ	นางสาวศิวนาถ ไทยภักดี
เกิดวันที่	10 พฤศจิกายน 2527
สถานที่เกิด	อุทัยธานี
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี ศึกษาศาสตรบัณฑิต (เกษตรและสิ่งแวดล้อมศึกษา) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (เกียรตินิยมอันดับ 1)
ตำแหน่งงานปัจจุบัน	นักวิชาการสิ่งแวดล้อม
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ เลขที่ 50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900 โทรศัพท์: 0-2579-2116 ต่อ 115 โทรสาร: 0-2579-2116 ต่อ 103,115
ผลงานดีเด่นหรือรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์