

บทที่ 2

ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ข้อมูลเกี่ยวกับขยะเป็นพื้นฐานในกิจกรรมต่าง ๆ ที่จะมีประโยชน์ต่อการจัดการขยะในระดับการวางแผนงาน (อุษา วิเศษสุมน, 2537) ดังนั้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับขยะที่เราควรทราบขั้นพื้นฐานมีดังนี้

ทฤษฎีเบื้องต้น

1. ประเภทขยะ

การแบ่งประเภทของขยะสามารถแบ่งได้หลายรูปแบบ ตามลักษณะการเกิดหรือแหล่งกำเนิดหรืออาจแบ่งตามลักษณะทางกายภาพของขยะ มัลลิกา ปัญญาคะโป (2544) ได้จำแนกขยะตามลักษณะทางกายภาพออกเป็นประเภทต่าง ๆ ดังนี้

1.1 ขยะเปียก เป็นส่วนที่เป็นสารอินทรีย์ เป็นส่วนที่มีความชื้นสูงสามารถย่อยสลายด้วยกระบวนการทางชีวภาพได้ง่ายก่อให้เกิดกลิ่นเหม็น เป็นแหล่งเพาะพันธุ์เชื้อโรคชนิดต่าง ๆ รวมทั้งยังเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของพาหะนำโรคต่าง ๆ เช่น หนู แมลงวัน ตัวอ่อนของขยะเปียก ได้แก่ เศษอาหาร เศษผลไม้ เศษหนังดิบ ปลาขี้ขาว เศษขานอ้อย เป็นต้น

1.2 ขยะแห้ง เป็นขยะที่มีความชื้นต่ำอยู่ในรูปของสารอินทรีย์ และอนินทรีย์ย่อยสลายด้วยกระบวนการทางชีวภาพได้ยาก บางชนิดเผาไหม้ได้ เช่น เศษกระดาษ เศษใบไม้กิ่งไม้ เศษยาง เศษผ้า เศษเส้นใย บางชนิดไม่สามารถเผาได้ เช่น เศษแก้ว เศษเหล็ก กระจัง โลหะ เศษกระจก เป็นต้น

1.3 ถ้ำ หมายถึง ของแข็งที่เหลืออยู่หลังจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงหรือของแข็งในรูปแบบอื่น ๆ

1.4 เศษสิ่งก่อสร้าง ได้แก่ ขยะที่เกิดการสร้างและรื้อถอนการก่อสร้าง เช่น ถนน อาคาร ขยะที่เกิดได้แก่ เศษปูน เศษเหล็ก เศษหิน กรวด ทราย ขยะกลุ่มนี้มีความคงตัวสูง

1.5 ซากพืชและซากสัตว์ ได้แก่ขยะจากการเกษตรกรรม และเศษซากพืช และซากสัตว์ที่ทิ้งรวมกันในขยะชุมชนและอุตสาหกรรมด้วย

1.6 ตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นส่วนที่แยกออกจากน้ำ และน้ำเสียด้วยหน่วยบำบัดทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ตะกอนมีลักษณะเป็นของแข็งหรือกึ่งของแข็งมีทั้งส่วนที่ย่อยสลายได้และย่อยสลายไม่ได้ด้วยกระบวนการทางชีวภาพ

2. ลักษณะสมบัติของขยะที่นิยมทำการวิเคราะห์เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวางแผน (Characteristics of Solid Waste)

ลักษณะสมบัติของขยะสามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ลักษณะทางกายภาพ (Physical Characteristics) ลักษณะทางเคมี (Chemical Characteristics) ลักษณะทางชีววิทยา (Biological Characteristics)

2.1 ลักษณะทางกายภาพ(Physical Characteristics)

2.1.1 องค์ประกอบของขยะ

องค์ประกอบของขยะอาจถูกแบ่งออกเป็นสัดส่วนโดยน้ำหนักหรือโดยปริมาตรก็ได้แต่ส่วนใหญ่แล้วนิยมแบ่งตามสัดส่วนโดยน้ำหนักมากกว่า โดยแสดงไว้ในตาราง 1

ตาราง 1 แสดงองค์ประกอบขยะของชุมชนในองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

องค์ประกอบ	เทศบาลตำบล	เทศบาลตำบล	อบต.โนนพลวง	อบต.หนอง	เทศบาลนคร
	ลานกระบือ	ช่องลม		หลวง	พิษณุโลก
	% โดยน้ำหนัก				
	เปี้ยก	เปี้ยก	เปี้ยก	เปี้ยก	เปี้ยก
เศษอาหาร	52.21	47.36	49.21	50.65	47.53
กระดาษ	9.43	8.32	7.54	11.05	5.64
ผ้า	1.32	0.95	1.45	1.36	1.19
ไม้	2.31	8.58	5.78	4.95	17.23
พลาสติก	22.26	26.54	24.54	20.67	23.77
แก้ว	2.51	1.65	1.92	3.14	0.12
โลหะ	1.79	0.88	1.59	1.32	0.30
หิน กระเบื้อง	0.48	0.21	0.15	0.23	1.19
ยางและหนัง	2.45	1.05	0.98	1.95	0.06
อื่น ๆ	5.24	4.46	6.84	4.68	1.49
รวม	100	100	100	100	100

ที่มา: ศูนย์วิจัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2552

ยังมีส่วนพวกขยะอันตราย หรือของเสียอันตรายจากชุมชน เช่น ถ่านไฟฉาย หลอดไฟฟ้า เป็นต้นที่เราต้องนำมาพิจารณาด้วย

2.1.2 ความหนาแน่น (Density)

ได้แก่ ค่ามวลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของขยะแบ่งได้เป็นความหนาแน่นปกติ (Bulk Density) คือความหนาแน่นปกติโดยไม่มีการบดอัด และความหนาแน่นขณะขนส่ง (Transported Density) คือความหนาแน่นในรถยนต์เก็บขนขณะขนส่ง ซึ่งปกติจะทำให้หนาแน่นขึ้น เนื่องจากการสั่นสะเทือน (อดิศักดิ์ ทองไข่มุกต์, 2545) ดังแสดงในตาราง 2

ตาราง 2 แสดงความหนาแน่นเฉลี่ยทั่วไปของส่วนประกอบของขยะซึ่งไม่ถูกอัดมาก่อน

ส่วนประกอบ	ความหนาแน่น (กก. / ลบ.ม.)	
	ช่วงค่า	ค่าเฉลี่ยทั่วไป
เศษอาหาร	128 - 480	288
กระดาษ	32 - 128	82
กระดาษแข็ง	32 - 80	50
พลาสติก	32 - 128	64
ยาง	96 - 192	128
เศษผ้า	32 - 96	64
หนัง	96 - 256	160
กิ่งไม้ใบหญ้า	64 - 224	104
ไม้	128 - 320	240
แก้ว	160 - 480	194
กระป๋องอาหาร	48 - 160	88
โลหะเหล็ก	128 - 1,120	320
โลหะที่ไม่ใช่เหล็ก	64 - 240	160
ฝุ่นซีเมนต์ อิฐและอื่น ๆ	320 - 960	480

ที่มา: พัชรี หอวิจิตร, 2543

2.1.3 ความชื้น (Moisture Content)

หมายถึง ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในขยะโดย ทัวไปปริมาณน้ำที่มีอยู่ในขยะมีทั้งน้ำที่มีอยู่ในตัวของขยะเอง เช่นน้ำที่มีอยู่ในพืชผัก เศษอาหาร ซึ่งมีประมาณ 1/2 ถึง 2/3 ของปริมาณน้ำทั้งหมด และที่มีในภายนอก เช่นน้ำฝน (อดิศักดิ์ ทองไข่มุกต์, 2545) ต่ต่อไปเป็นตาราง 3 แสดงความชื้น

ตาราง 3 แสดงปริมาณความชื้นของส่วนประกอบของขยะจากชุมชน

ส่วนประกอบ	ความชื้น (%)	
	ช่วงค่า	ค่าเฉลี่ยทัวไป
เศษอาหาร	50 - 80	70
กระดาษ	4 - 10	6
กระดาษแข็ง	4 - 8	5
พลาสติก	1 - 4	2
ยาง	1 - 4	2
เศษผ้า	6 - 15	10
หนัง	8 - 12	10
กิ่งไม้ใบหญ้า	30 - 80	60
ไม้	15 - 40	20
แก้ว	1 - 4	2
กระป๋องอาหาร	2 - 4	3
โลหะเหล็ก	2 - 6	3
โลหะที่ไม่ใช่เหล็ก	2 - 4	2
ฝุ่นซีเมนต์ อิฐและอื่น ๆ	6 - 12	8
ขยะมูลฝอยจากชุมชน	15 - 40	20

ที่มา: พัชรี หอวิจิตร, 2543

2.2 ลักษณะทางเคมี (Chemical Characteristics)

2.2.1 ค่าความร้อน (Heating value)

หมายถึง ความร้อนที่เกิดขึ้นจากการเผาขยะในพื้นที่จำกัดและให้สันดาปกับออกซิเจนบริสุทธิ์ ค่าความร้อนของขยะยังใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบเตาเผาและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องอีกด้วย ดังแสดงในตาราง 4

ตาราง 4 แสดงค่าเฉลี่ยทั่วไปของพลังงานความร้อนที่หลงเหลืออยู่หลังการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์

ส่วนประกอบ	พลังงาน (กิโลจูล / กก.)	
	ช่วงค่า	ค่าเฉลี่ยทั่วไป
เศษอาหาร	3,500 - 7,000	4,700
กระดาษ	11,600 - 18,600	16,800
กระดาษแข็ง	14,000 - 17,500	16,300
พลาสติก	27,900 - 37,200	32,600
ยาง	20,900 - 27,900	23,300
เศษผ้า	15,100 - 18,600	17,500
หนัง	15,101 - 19,800	17,500
กิ่งไม้ใบหญ้า	2,300 - 18,600	6,500
ไม้	17,000 - 19,800	18,600
แก้ว	120 - 1,200	140
กระป๋องอาหาร	230 - 1,200	700
โลหะเหล็ก	230 - 1,200	700
โลหะที่ไม่ใช่เหล็ก	-	-
ฝุ่นซีเมนต์ อิฐและอื่น ๆ	2,300-11,600	7,000
ขยะมูลฝอยจากชุมชน	9,300-12,800	10,500

2.2.2 ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

ในระยะแรกจุลินทรีย์ย่อยง่ายอย่างรวดเร็วและผลิตรกรดอินทรีย์บางชนิด โดยกรดเหล่านี้จะถูกย่อยสลายต่อไปในวันหลัง หาก pH ของวัสดุสูงเกินกว่า 8.5 อาจเกิดปัญหา การสูญเสียไนโตรเจนในรูปการระเหยของก๊าซแอมโมเนีย คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้หมักโดย pH อยู่ใน ช่วง 3-11 อาจนำมาทำปุ๋ยหมักได้ แต่ pH ที่เหมาะสมของวัสดุอยู่ประมาณ 5.5 – 8 (กรมพัฒนา ที่ดิน, 2540)

2.2.3 ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ (Volatile Solids)

หมายถึง ส่วนของขยะที่สามารถติดไฟหรือเผาไหม้ที่ความร้อนสูงให้หมด ไปโดยแปลงสภาพเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และไอน้ำ (อดิศักดิ์ ทองไข่มุกต์, 2545)

2.2.4 ปริมาณสารอินทรีย์วัตถุ (Organic Matter)

สารอินทรีย์ได้จากการสลายตัวของสิ่งมีชีวิตที่เน่าเปื่อยผุพังสลายตัวทับถมกันอยู่ของซากพืช ซากสัตว์ และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก เช่น ไล้เดียน แมลง จุลินทรีย์ สิ่งมีชีวิตเหล่านี้ช่วยให้ดินมีลักษณะร่วนซุย มีสีดำหรือสีน้ำตาล ที่เรียกว่า ฮิวมัส (Humus) การวัดปริมาณสารอินทรีย์ที่อยู่ในขยะสามารถบ่งบอกถึงอัตราการย่อยสลายของขยะได้เมื่อปริมาณที่วิเคราะห์ออกมาปริมาณน้อยและคงที่แสดงว่าอัตราการย่อยสลายของขยะคงที่

2.2.5 สารปนเปื้อนอื่น ๆ

เช่น โลหะหนักต่าง ๆ ซึ่งใช้เป็นข้อมูลในการประเมินขอบเขตความรุนแรงของการปนเปื้อนของของเสียที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำโลหะไปทำปุ๋ย โดยการทำการวิเคราะห์โลหะหนัก อลูมิเนียม (Al) สารหนู (As) ปรอท (Hg) นิกเกิล (Ni) โครเมียม (Cr) เหล็ก (Fe) ทองแดง (Cu) แมงกานีส (Mn) แคดเมียม (Cd) และตะกั่ว (Pb) เป็นต้น

2.3 ลักษณะทางชีววิทยา (Biological Characteristics)

ได้แก่ ปริมาณและชนิดของจุลินทรีย์ (Micro Organisms) ที่ปนเปื้อนอยู่ในขยะ เช่น แบคทีเรีย เชื้อราและไวรัส ซึ่งบางชนิดอาจทำให้เกิดโรคได้ (Pathogenic) บางชนิดไม่ทำให้เกิดโรค บางชนิดเป็นตัวช่วยให้ขยะเกิดการย่อยดี เช่น Decomposition Bacteria เป็นต้น (อดิศักดิ์ ทองไข่มุกต์, 2545)

3. การจัดการและกำจัดขยะ (Method of Refuse Disposal)

วิธีการกำจัดขยะ มีหลายวิธีด้วยกันเป็นวิธีที่ถูกสุขลักษณะบ้าง และไม่ถูกสุขลักษณะบ้าง เช่น นำไปกองไว้บนพื้นดิน นำไปทิ้งทะเล นำไปฝังกลบ ให้อบรมพื้นที่ การเผา หมักทำปุ๋ย ใช้เลี้ยงสัตว์ เป็นต้น การพิจารณาว่าจะเลือกใช้วิธีใดต้องคำนึงถึงองค์ประกอบดังนี้คือ ปริมาณขยะที่เกิดขึ้น รูปแบบการบริหารท้องถิ่น งบประมาณ ชนิด ลักษณะสมบัติของขยะ ขนาด สภาพ

ภูมิประเทศของพื้นที่ที่จะใช้กำจัดขยะ เครื่องมือเครื่องใช้ อาคารสถานที่ ความร่วมมือของประชาชน ประโยชน์ที่ควรจะได้รับ คุณสมบัติของขยะ เช่น ปริมาณของอินทรีย์ อินทรีย์สาร การปนเปื้อนของสารเคมีที่มีพิษและเชื้อโรค ปริมาณของแข็งชนิดต่าง ๆ ความหนาแน่น ความชื้น โดยการจัดการและกำจัดขยะที่ใช้กันอยู่มีวิธีต่าง ๆ ดังนี้

3.1 การนำขยะไปเทกองกลางแจ้ง (Open Dump)

การกำจัดโดยวิธีนี้เห็นทั่วไปในประเทศไทย เนื่องจากเป็นวิธีที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการฝังกลบ แต่วิธีนี้มีปัญหาด้านกลิ่นรบกวนที่รุนแรง และด้านทัศนียภาพ การแพร่กระจายของเชื้อโรค สัตว์แมลงต่าง ๆ เช่น แมลงวัน แมลงหวี่ และยังพบปัญหาน้ำชะจากกองขยะ เกิดการเน่าเสียของน้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน เป็นการกำจัดขยะที่ง่ายและลงทุนน้อย แต่ในปัจจุบันที่ดินราคาแพงมาก ที่สาธารณะ หรือที่รกร้างว่างเปล่าก็เกือบไม่หลงเหลืออยู่เลยวิธีนี้ต้องใช้เนื้อที่จำนวนมากยิ่งชุมชนเมืองยิ่งขยายตัวมากขึ้นการนำขยะไปทิ้งไว้ในพื้นที่กว้างขวางเช่นนี้จึงไม่เหมาะสม

แต่วิธีนี้ใช้ได้ผลดีต่อเมื่อชุมชนมีผู้ผลิตขยะน้อยเท่านั้น นอกจากนี้แล้วขยะต้องเป็นวัตถุที่เน่าเปื่อยไปตามธรรมชาติได้ง่าย

3.2 การนำขยะไปทิ้งทะเล (Dumping at Sea)

ตามปกติ ผิวดินของพื้นน้ำแหล่งต่าง ๆ โดยเฉพาะทะเล มหาสมุทร เป็นที่ทับถมสิ่งปฏิภูลตามธรรมชาติได้อย่างกว้างขวางอยู่แล้ว แต่เมื่อในปัจจุบัน พื้นผิวโลกที่เป็นพื้นดินนับวันจะม่น้อยลงและมีค่า มากขึ้น การนำขยะไปทิ้งทะเล จึงนิยมทำกันในประเทศที่พัฒนาแล้ว เช่นในสหรัฐอเมริกาที่นำขยะไปทิ้งได้แก่ สิ่งปฏิภูลจากโรงงานอุตสาหกรรม สารพิษต่าง ๆ กากสารกัมมันตรังสี และวัสดุแข็งอื่น ๆ ข้อดีคือเป็นวิธีที่ง่าย ทะเลกว้างใหญ่รับขยะได้มาก แต่ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ทางทะเลสารพิษเข้าสู่องค์ประกอบต่าง ๆ และแพร่กระจายไปทั่ว

3.3 การนำขยะกลับไปใช้ประโยชน์ใหม่ (Re-cycle and Re-use)

ขยะบางประเภทสามารถนำกลับไปใช้ประโยชน์ได้ใหม่ เช่น แก้ว กระดาษ พลาสติก โลหะต่าง ๆ วิธีนี้ช่วยลดขยะและลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ การนำกลับไปใช้ใหม่ (Re-cycle and Re-use) การคัดแยกขยะนำมาใช้ประโยชน์ใหม่ โดยอาจแยกด้วยมือ หรือเครื่องจักรกล การคัดแยกขยะสามารถดำเนินการได้ตั้งแต่แหล่งกำเนิด โดยจัดวางภาชนะที่เหมาะสม ตลอดจนการวางระบบการเก็บรวบรวมขยะอย่างมีประสิทธิภาพ

การนำวัสดุที่ทิ้งเป็นขยะกลับไปใช้นับว่าเป็นผลดีทั้งในแง่เศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม แต่วิธีการคัดเลือกสิ่งของที่จะนำกลับไปใช้ได้ใหม่ ได้ก่อให้เกิดความล่าช้าในการขนถ่ายขยะ เกิดความสกปรกในบริเวณที่มีการคัดเลือกสิ่งของจากขยะ และผู้คัดเลือกขยะก็มักได้รับเชื้อโรคจากกองขยะ

3.4 การกำจัดขยะโดยใช้เตาเผา

เป็นการกำจัดขยะมูลฝอยโดยวิธีการเผาทำลายในเตาเผาที่ได้รับการออกแบบก่อสร้างที่ถูกต้องและเหมาะสมโดยต้องมีอุณหภูมิในการเผาที่ 850 – 1,200 องศาเซลเซียส เพื่อให้การทำลายสมบูรณ์ที่สุด แต่การเผานั้นมักก่อให้เกิดมลพิษในอากาศได้แก่ ฝุ่นขนาดเล็ก ก๊าซพิษต่าง ๆ เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide: SO₂) เป็นต้น นอกจากนี้แล้วยังอาจเกิดไดออกซิน (Dioxins) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งและเป็นสารที่อยู่ในความสนใจของประชาชน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีระบบควบคุมมลพิษทางอากาศ และดักอากาศที่ผ่านปล่องออกสู่บรรยากาศไม่ให้มีค่าเกินกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศจากเตาเผาที่กำหนด

ข้อดีของเตาเผาขยะสามารถลดปริมาณขยะได้ถึงร้อยละ 60 – 65 สามารถฆ่าเชื้อโรคได้ร้อยละ 100 ใช้เนื้อที่น้อย ได้พลังงานความร้อนจากการเผา

ข้อด้อยของเตาเผาต้องใช้เจ้าหน้าที่ควบคุมที่มีความชำนาญสูง หากเกิดปัญหาเครื่องจักรกลชำรุดไม่สามารถปฏิบัติงานได้ ขยะที่กำจัดต้องเป็นสารที่เผาใหม่ได้มีค่าความร้อนไม่ต่ำกว่า 4,500 kJ/kg และความชื้นไม่มากกว่าร้อยละ 40 เงินลงทุน และค่าดำเนินการสูงมาก (กรมควบคุมมลพิษ, 2547)

3.5 การฝังกลบอย่างถูกสุขอนามัยหรือถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill)

การกำจัดขยะโดยการทิ้งขยะในลักษณะเทกองเปิด (Open Dump) ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยรวม จึงมีการพัฒนาวิธีการเพื่อลดผลกระทบดังกล่าว ปัจจุบันใช้การฝังกลบขยะที่ถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfilling) ซึ่งหมายถึงการวิธีการกำจัดขยะบนพื้นดินโดยไม่ก่อให้เกิดเหตุรำคาญหรือส่งผลกระทบที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยและความปลอดภัยของประชาชน อาศัยหลักการวิศวกรรมในการกำจัดขอบเขตขยะในพื้นที่ขนาดจำกัด เพื่อลดปริมาตรของขยะให้เหลือน้อยที่สุด และฝังกลบด้วยดินหรือวัสดุที่เหมาะสมหลังเสร็จสิ้นการปฏิบัติงานในแต่ละวันหรือตามระยะเวลาที่เหมาะสม

3.5.1 หลุมฝังกลบขยะ

หลุมฝังกลบขยะหมายถึง บริเวณที่เป็นที่ทิ้งขยะบนพื้นดิน แบ่งได้เป็น

1) หลุมฝังกลบขยะที่ถูกสุขลักษณะ (Sanitary Landfilling) ควรมีลักษณะดังนี้

1.1) ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์และสัตว์ โดยไม่เป็นแหล่งอาหารหรือแหล่งเพาะพันธุ์ของสัตว์ และแมลงที่เป็นพาหะของโรค

1.2) ไม่เป็นสาเหตุให้เกิดการปนเปื้อนต่อดินและแหล่งน้ำ

1.3) ไม่เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญ อันเนื่องมาจาก เสียง กลิ่น คิว้น ผง และ ฝุ่นละออง

1.4) ไม่ทำให้สิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรมหรือทำให้สิ่งแวดล้อมเสียหาย

น้อยที่สุด

2) Secure landfills เป็นหลุมฝังกลบสำหรับทิ้งขยะและของเสีย

อันตราย

3.5.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการย่อยสลายขยะในพื้นที่ฝังกลบ

1) สภาพพื้นที่

2) สมบัติของขยะ

3) ปริมาณความชื้นในขยะ

4) อุณหภูมิ

5) ความเป็นกรด – เบส

6) อายุของพื้นที่ฝังกลบ

3.5.3 ปฏิกริยาในหลุมฝังกลบ

1) การเกิดก๊าซจากการย่อยสลายทางชีววิทยา และที่มีการใช้ และไม่ใช้ออกซิเจน ทำให้เกิดก๊าซ และการหลุดตัวของพื้นที่ฝังกลบ ระยะแรกของการย่อยสลายเป็นการย่อยสลายโดยกระบวนการใช้ออกซิเจน หลังจากนั้นประมาณ 1 เดือน เป็นการย่อยสลายโดยกระบวนการไม่ใช้ออกซิเจน กระบวนการย่อยสลายก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งช่วงแรกจะเกิดสูง และค่อย ๆ ลดปริมาณลง ในทางกลับกันก๊าซมีเทนจะเกิดขึ้นในช่วงแรกน้อย และค่อย ๆ เพิ่มสูงขึ้น เพราะออกซิเจนหมดไป ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นหากรวมตัวกลับน้ำทำให้ได้สารละลายที่เป็นกรด การระบายก๊าซออกจากหลุมฝังกลบ



2) การเกิดน้ำชะขยะ เป็นน้ำที่มีปริมาณน้อยแต่มีความเข้มข้นสูง การจัดการทำได้โดยการวางท่อไว้ด้านล่าง และทำการสูบน้ำกลับขึ้นมาเพื่อทำการบำบัด

ข้อดีของบ่อฝังกลบคือ ใช้เทคโนโลยีไม่สูงนัก เจ้าหน้าที่ควบคุมระดับความรู้ธรรมดา สามารถกำจัดขยะได้ร้อยละ 100 มีความยืดหยุ่นสูง รับผิดชอบได้เกือบทุกประเภท ยกเว้นมูลฝอยติดเชื้อ หรือสารพิษ เงินลงทุน และค่าดำเนินการค่อนข้างต่ำ ได้ก๊าซมีเทนเป็นเชื้อเพลิง ปรับพื้นที่เป็นสวนสาธารณะได้ภายหลังบ่อมีความเสถียรภาพแล้ว

ข้อเสียของบ่อฝังกลบคือ ใช้เนื้อที่มากในการกำจัดขยะ และมีความเป็นไปได้สูงที่เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

3.6 การทำปุ๋ยหมักจากขยะ

การหมักขยะเพื่อทำปุ๋ยต้องแยกขยะอันตราย ขยะติดเชื้อออกไปกำจัดเป็นพิเศษเสียก่อนจากองค์ประกอบของขยะส่วนใหญ่ในประเทศไทย เป็นสารอินทรีย์ซึ่งจะถูกย่อยสลายได้โดย จุลินทรีย์ ทั้งแบบใช้ออกซิเจน และแบบไม่ใช้ออกซิเจน หลักการและทฤษฎีในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในขยะมูลฝอยโดยจุลินทรีย์จะเป็นเช่นเดียวกับการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ซึ่งจะไม่กล่าวในที่นี้ เนื่องจากกระบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนต้องใช้เวลาในการย่อยสลายนาน และให้กลิ่นเหม็นซึ่งควบคุมได้ยาก การหมักขยะมูลฝอยจึงนิยมแบบใช้อากาศมากกว่า

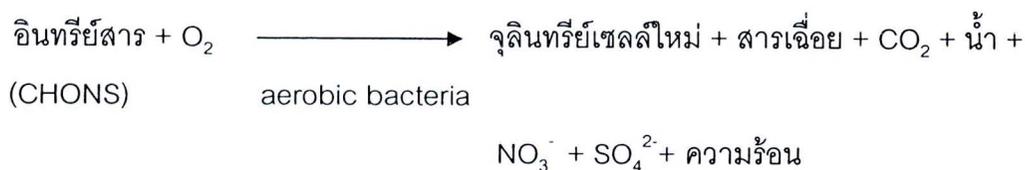
3.6.1 การหมักขยะมูลฝอยประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก คือ

- 1) เตรียมขยะมูลฝอย
- 2) การย่อยสลายของขยะมูลฝอย
- 3) การบรรจุหีบห่อและส่งขาย

ในขั้นตอนแรกขยะมูลฝอยจะถูกแยกส่วนที่เป็นสารอินทรีย์ชิ้นใหญ่ออก จากนั้นบดและเติมน้ำและสารอาหารเพื่อให้การย่อยสลายดีขึ้น และอีกส่วนสำคัญคือการเติม bulking agents ได้แก่ พืชเศษไม้ ฟางข้าว เป็นต้นเป็นส่วนผสม เพราะมีช่องว่างของอากาศนั่นเอง เพื่อให้มีการย่อยสลายที่สมบูรณ์ เพราะสัมผัสอากาศอย่างทั่วถึง สำหรับขั้นตอนการย่อยสลาย อาจทำได้หลายวิธี คือวิธีฝังลม (window) โดยกองขยะพลิกกองขยะขึ้นสัปดาห์ละครั้ง หรือสองครั้งเพื่อให้อากาศและวิธีการเติมอากาศ โดยมีท่อที่เจาะรูไว้อยู่ในกองขยะแล้วต่อเข้าเครื่องอัดอากาศเข้าไป

ขบวนการหมักแบบใช้อากาศโดยใช้หลักการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุโดยจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนจากอากาศ การเปลี่ยนรูปของอินทรีย์วัตถุอธิบายโดยสมการ ดังนี้

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่..... 18 ต.ค. 2555
เลขทะเบียน..... 256037
เลขเรียกหนังสือ.....



ที่มา: โชติรส อินทร์สิงห์, 2550

โดยขบวนการหมักแบบใช้อากาศโดยทั่วไปสามารถทำได้ 2 รูปแบบ ได้แก่ การหมักโดยให้ขยะสัมผัสกับออกซิเจนตามธรรมชาติ และการใช้เครื่องจักรกลในการช่วยเร่งปฏิกิริยาโดยการพลิกกลับหรือการเติมอากาศ ซึ่งรูปแบบการหมักสามารถแบ่งออกได้หลายประเภท เช่น

1) Windrow system เป็นการนำขยะมากองบนพื้นราบให้ได้ความสูงพอสมควรที่จะให้การระบายอากาศได้ดี เพื่อให้การย่อยสลายเกิดได้ดี อาจช่วยการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุได้โดยการพลิกกลับกองเพื่อให้อากาศเข้าได้ทั่วถึง เป็นการเร่งปฏิกิริยาและป้องกันสภาวะการย่อยแบบไม่ใช้อากาศด้วย

2) Static pile system วิธีนี้คล้ายแบบแรกแต่ฐานของกองหมักจะทำในลักษณะให้การระบายอากาศในกองได้ทั่วถึง เช่น ใช้ไม้ไผ่เจาะช่องระบายอากาศเรียงเป็นฐาน เป็นต้น

3) Round trip padding fermentator ขยะจะถูกโปรยจากเครื่องโปรยขยะสู่ชั้นหมักแบบลักษณะเคลื่อนกลับไปมา ขยะเหล่านี้จะถูกย่อยสลายในชั้นหมัก โดยรับอากาศตลอดเวลาประมาณ 8 วัน ก็นำออกพักลานตากเพื่อให้เกิดการย่อยสลายสมบูรณ์ต่อไป

4) Dynamic composting system ขยะที่สามารถย่อยสลายได้จะเคลื่อนตัวช้า ๆ ในถังหมัก (Drum) ที่หมุนตลอดเวลาประมาณ 1-2 วัน พวกเชื้อโรคจะถูกฆ่าตาย ขยะที่ย่อยแล้วจะถูกนำออกลานตากเพื่อให้อย่อยสลายสมบูรณ์ต่อไป

5) In vessel composting system การหมักวิธีนี้คล้าย Windrow และ Static composting แต่เป็นการหมักในภาชนะปิดที่ถูกทำให้เคลื่อนที่ตลอดเวลาด้วยเครื่องจักรจนกระทั่งสิ้นสุดการย่อยสลาย

6) Tunnel reactor composting system การหมักขยะแบบในท่อหมัก โดยเครื่องจักรต่าง ๆ อยู่ภายนอกถังหมัก ทำง่ายต่อการซ่อมแซม การระบายอากาศทั้งเข้าและออกควบคุมได้ทำให้การหมักขยะได้ผลดี

3.6.2 ข้อควรพิจารณาในการออกแบบระบบการหมักขยะมูลฝอยโดยใช้อากาศ

- 1) ขนาดของชั้นขยะ เพื่อให้ได้ผลดี ขนาดมูลฝอยควรถูกบดอย่างละเอียด (25 – 75 มม.)
- 2) การเติมเชื้อ (Seeding) เวลาที่ใช้ในการหมักจะลดลงไปในอัตราส่วน 1 ต่อ 5 โดยน้ำหนัก
- 3) ปริมาณอากาศที่ต้องใช้ ขยะมูลฝอยควรได้รับอากาศเพียงพอเพื่อให้การหมักไม่เป็นแบบไม่ใช้ออกซิเจน
- 4) ปริมาณความชื้น ปริมาณความชื้นที่พอเหมาะของขยะในระหว่างการหมักควรอยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 50 – 60
- 5) อุณหภูมิที่เหมาะสมเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งในกระบวนการย่อยสลาย ค่าสูงสุดไม่ควรเกิน 70 องศาเซลเซียส และไม่ควรเกิดต่อเนื่องเป็นเวลานานเกินไป อุณหภูมิที่สูงเกินไปมีผลระงับกิจกรรมของจุลินทรีย์ ปกติในการหมักพบว่าหลังจากหมักวัสดุได้ 2- 4 วัน อุณหภูมิภายในจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากกระบวนการย่อยสลายก่อให้เกิดพลังงานความร้อนสะสมในกองวัสดุเมื่ออุณหภูมิสูงมากจะมีผลยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์บางชนิดในกองวัสดุ ทำให้กระบวนการย่อยสลายเกิดขึ้นได้ช้าลงอุณหภูมิภายในจะค่อย ๆ ลดลงจนถึงระดับที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยจุลินทรีย์พวกที่ชอบอุณหภูมิสูง (Thermophile) จะเติบโตในช่วงอุณหภูมิ 40 – 60 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิต่ำลงจุลินทรีย์พวกที่ชอบอุณหภูมิต่ำ (Mesophile) จะเจริญเติบโตและย่อยสลายวัสดุให้กลายเป็นปุ๋ยหมักในที่สุด เชื้อโรคจะตายหมดหากอุณหภูมิที่ 60-70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง (Tchobanoglous, Theisen and Vigil, 1989 อ้างอิงใน ไชติรส อินทร์สิงห์, 2550)
- 6) อัตราส่วนของสารประกอบคาร์บอนต่อไนโตรเจนของวัสดุที่ใช้หมักเป็นค่าบ่งบอกความยากง่ายต่อการย่อยสลายของจุลินทรีย์ และเป็นตัวกำหนดระดับการเป็นปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์ที่อัตราส่วนไม่เกิน 20:1 ปกติอัตราส่วนนี้ในเซลล์จุลินทรีย์จะอยู่ประมาณ 10 – 15:1 หากอัตราส่วนนี้สูงมากจะเกิดความไม่สมดุลของสารทั้งสองอัตราส่วนการย่อยสลายจะต่ำ หากอัตราส่วนต่ำเกินไปจะทำให้เกิดการสูญเสียไนโตรเจนเนื่องจากการกลายเป็นก๊าซของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนีย (ammonia volatilization) การใช้วัสดุที่มีค่าอัตราส่วนประมาณ 20 – 50:1 ดังนั้นกรณีที่วัสดุที่มีอัตราส่วนสูงมาก ๆ อาจต้องมีการเติมสารประกอบไนโตรเจนในรูปของปุ๋ยเคมี หรืออินทรีย์วัตถุที่มีไนโตรเจนในปริมาณสูง เช่น มูลสัตว์ กากเลือดป่น หรือเศษซากพืชตระกูลถั่ว ซึ่งทำให้อัตราส่วนของวัสดุผสมเหมาะแก่การย่อยสลาย จึงแบ่งวัสดุออกเป็น 2 ประเภท โดยพิจารณา

จากอัตราส่วนสารประกอบคาร์บอนต่อไนโตรเจน โดยวัสดุที่มีอัตราส่วนนี้ต่ำกว่า 100:1 จัดว่าเป็น วัสดุย่อยสลายง่ายหากอัตราส่วนสูงกว่านี้จัดเป็นวัสดุย่อยสลายยาก

7) ค่าพีเอชไม่ควรสูงกว่า 8.5 มิฉะนั้นจะสูญเสียไนโตรเจนในรูป ก๊าซไนโตรเจน

8) ระดับของการย่อยสลาย วัดโดยใช้ COD เป็นค่าบ่งชี้

9) การควบคุมเชื้อโรค ทั้งนี้จะต้องควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ระหว่าง 60 - 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (พัชรี หอวิจิตร, 2543)

3.6.3 หลักในการพิจารณาปุ๋ยหมักที่เสร็จสมบูรณ์

กรมพัฒนาที่ดิน (2540) กล่าวว่า ข้อกำหนดในการบ่งบอกว่าเป็นปุ๋ย หมักที่สมบูรณ์คือ อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ไม่มากกว่า 20:1 เมื่อนำมาใส่ดินแล้วจะไม่เกิด อันตรายต่อพืช โดยหลักทั่วไปในการพิจารณาในภาค สนามมีดังนี้

1) สีของวัสดุ ปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์จะมีสีน้ำตาลเข้มจนถึงสีดำ หากใช้เศษ พืชเป็นวัสดุในการหมักจะเห็นความแตกต่างของสีชัดเจน

2) ลักษณะของวัสดุ ปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์จะมีลักษณะอ่อนนุ่ม ยุ่ย และ ขาดออกจากกันง่ายไม่กระด้างเหมือนวัสดุเริ่มแรก

3) กลิ่นของวัสดุ ปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์จะมีกลิ่นเหมือนดินธรรมชาติ ไม่เหม็น กรณีที่กลิ่นเหม็นแสดงว่าการย่อยสลายในกองปุ๋ยยังไม่สมบูรณ์

4) ความร้อนในกองวัสดุ หลังจากหมักวัสดุประมาณ 2-3 วัน อุณหภูมิ ในกองวัสดุจะสูงขึ้นระยะหนึ่งจึงค่อย ๆ ลดลงจนใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอกจึงเป็นปุ๋ยสมบูรณ์ ทั้งนี้อุณหภูมิจะขึ้นกับปริมาณความชื้นในกองวัสดุและการระบายอากาศด้วย

5) ลักษณะของพืชที่เจริญบนกองวัสดุ เมื่อหมักวัสดุจนเกือบใช้ได้แล้ว บางครั้งอาจมีพืชเจริญเติบโตบนกองปุ๋ย แสดงว่าปุ๋ยนั้นสามารถนำไปใช้โดยไม่เป็นอันตรายต่อพืช

6) ปริมาตรของกองปุ๋ย ปุ๋ยหมักที่ใช้ได้แล้วจะยุบตัวลงเหลือประมาณ 1/3 ถึง 1/4 ของขนาดกองปุ๋ยเดิม

7) ช่วยปรับสภาพแวดล้อม เช่น กำจัดขยะและวัชพืชน้ำทั้งหลายให้ หมดไป

ยงยุทธ โอสถสภา (2528) ได้กล่าวถึง ลักษณะของปุ๋ยหมักซึ่งได้ที่แล้ว (Well matured compost) หมายถึง ลักษณะของปุ๋ยหมักที่แสดงว่าเหมาะสำหรับการใช้ในไร่นา สำหรับลักษณะที่ชี้ว่าปุ๋ยนั้นหมักได้ที่แล้วมี 2 แบบ คือ ลักษณะภายนอก และสมบัติทางเคมี

1. ลักษณะภายนอก คือ ซากพืชสลายเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อย เปื่อยยุ่ย และมีสีดำหรือน้ำตาลเข้ม ซึ่งเป็นหลักที่ใช้พิจารณาได้ดี และกลิ่นทั้งหลายก็เกณฑ์เหล่านี้ทั้งนั้น

2. สมบัติทางเคมี นักวิจัยถือว่าปุ๋ยหมักจากฟางข้าวซึ่งได้ที่แล้วจะต้องมี C: N ratio ต่ำกว่า 20 ไนโตรเจนทั้งหมดมากกว่า 2% (โดยน้ำหนักแห้ง) reducing sugar ratio (RSR)* ต่ำกว่า 35% และ CEC สูงกว่า 100 มิลลิกรัมสมมูลย์ (me) ต่อน้ำหนักปุ๋ยแห้ง 100 กรัม

หมายเหตุ: * RSR = $\frac{\text{hemicellulose content}(\%) + \text{cellulose content}(\%)}{\text{total carbon}(\%)} \times .04 \times 100$



ภาพ 1 แสดงการกองหมักของปุ๋ยจากขยะโดยผสมกับกิ่งไม้ และกาบมะพร้าวเป็น bulking agents และวางบนแท่นไม้ Pallets เพื่อให้มีการระบายอากาศที่ดีขึ้น

ที่มา: ศูนย์วิจัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2552

3.7 กระบวนการบำบัดขยะมูลฝอยแบบเชิงกล – ชีวภาพ (Mechanical - Biological Treatment: MBT)

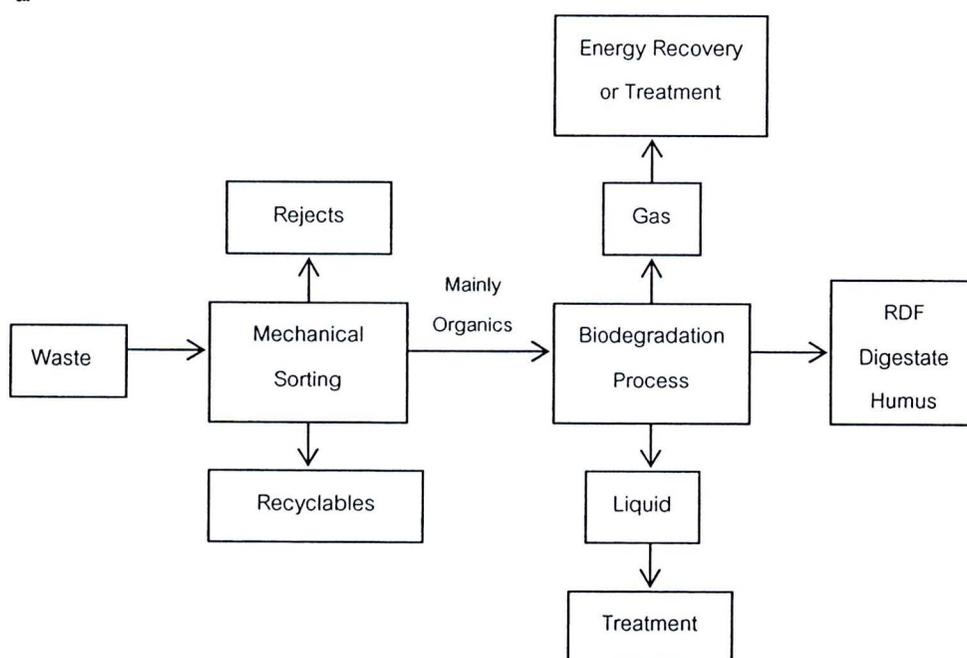
กระบวนการบำบัดขยะมูลฝอยแบบเชิงกล – ชีวภาพ (MBT) นั้นเป็นการผสมผสานเทคนิคทางการบำบัดขยะแบบเชิงกลและแบบชีวภาพ โดยการบำบัดแบบเชิงกลเป็นวิธีการที่ลดขนาดของขยะมูลฝอยได้ และลดปริมาณจากการคัดแยกขยะที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ส่วนการบำบัดแบบชีวภาพเป็นการย่อยสลายสารอินทรีย์ (organic matter) ที่อยู่ในขยะมูลฝอย โดยใช้กระบวนการคล้าย ๆ กับการทำปุ๋ยหมัก (compost) โดยใช้อากาศ (aerobic) หรือการย่อยสลายโดยไร้อากาศ (anaerobic) ส่วนอินทรีย์วัตถุที่เหลือจากการบำบัดโดยกรรมวิธี MBT

นั้นมีความเสถียรและเกิดปฏิกิริยาได้อีกน้อยมาก ดังนั้น เมื่อนำขยะที่ผ่านการบำบัดไปฝังกลบจะสามารถลดปริมาณสารพิษในน้ำชะขยะและลดปริมาณก๊าซมีเทนในหลุมฝังกลบได้มากกว่าการฝังกลบแบบเดิมทำให้สามารถลดปัญหาจากบ่อฝังกลบสู่สิ่งแวดล้อมได้ นอกจากนี้ขยะที่ผ่านกระบวนการ MBT ยังสามารถบดอัดได้มากขึ้น ทำให้มีความหนาแน่นสูงในการฝังกลบขยะซึ่งเป็นการยืดอายุการใช้งานของบ่อฝังกลบขยะได้อีกด้วย

โดยทั่วไปกรรมวิธี MBT ก่อนนำไปฝังกลบนั้นมี 2 กรรมวิธีหลัก ๆ คือ กรรมวิธี MBT (Mechanical - Biological Treatment) และ BMT (Biological - Mechanical Treatment) (Juniper, 2004)

3.7.1 กรรมวิธี MBT (Mechanical - Biological Treatment)

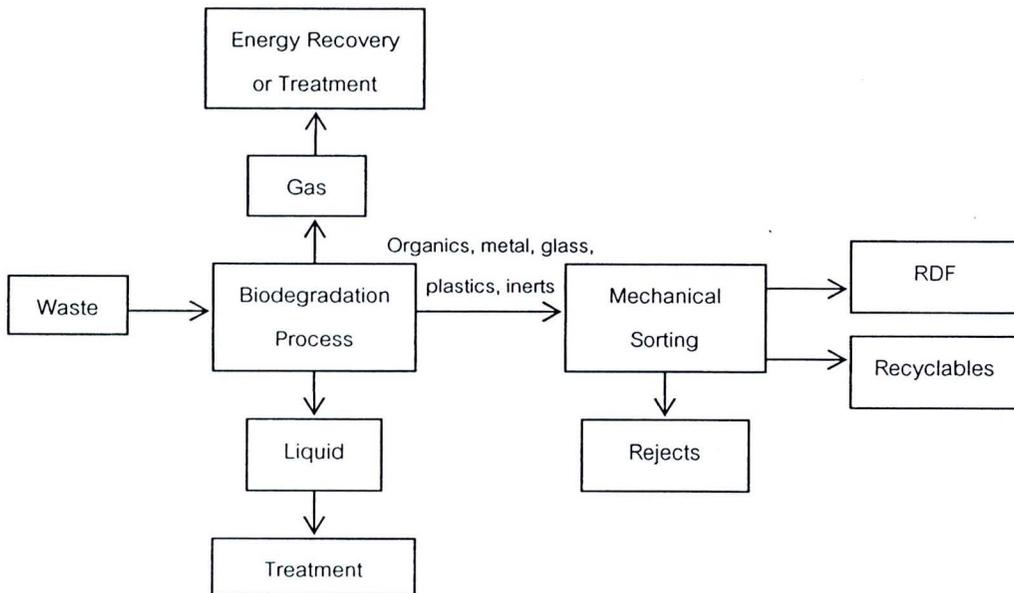
กระบวนการบำบัดโดยกรรมวิธี MBT (ภาพ 2) จะเริ่มจากการบำบัดแบบเชิงกล ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ทำการย่อยให้ขยะมีขนาดเล็กลง หลังจากนั้นเป็นขั้นตอนการย่อยสลายทางชีวภาพโดยการย่อยสลายแบบไร้อากาศ หรือใช้อากาศ เช่น การหมักทำปุ๋ยในระบบปิด ทำให้ได้ปุ๋ยอินทรีย์ไว้ใช้ในสถานีฝังกลบขยะหรือได้ผลผลิตเป็นเชื้อเพลิงขยะ (Refuse - Derived Fuel: RDF) เพื่อนำไปผลิตพลังงานได้ ซึ่งสารอินทรีย์ที่เหลือจากการบำบัดนั้นมีความเสถียรภาพและเกิดปฏิกิริยาได้น้อยมาก



ภาพ 2 แสดงกระบวนการบำบัดขยะโดยกรรมวิธี MBT

3.7.2 กรรมวิธี BMT (Biological - Mechanical Treatment)

การบำบัดขยะโดยกรรมวิธี BMT (ภาพ 3) นี้มีกรรมวิธีการบำบัดขยะคล้ายกับ MBT แต่เป็นนำการบำบัดขั้นชีวภาพเพื่อย่อยขยะอินทรีย์เริ่มต้นก่อน แล้วจึงเข้าสู่การบำบัดขั้นเชิงกลแยกขยะส่วนที่เป็นวัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ และสามารถเป็นพลังงานเชื้อเพลิงขยะได้



ภาพ 3 แสดงกระบวนการบำบัดขยะโดยกรรมวิธี BMT

ที่มา: Juniper, 2004 ; Smith, et al., 2001 อ้างอิงใน โชติรส อินทร์สิงห์, 2550

โดยทั่วไปกระบวนการบำบัดทั้ง MBT และ BMT หรือกระบวนการอื่นที่รวมการบำบัดทั้งชีวภาพและเชิงกลมีหลายรูปแบบ แต่ก็สามารถเรียกรวมกันได้ว่า การบำบัดขยะมูลฝอยแบบเชิงกล – ชีวภาพ (Mechanical – Biological Treatment: MBT)

ข้อได้เปรียบของการบำบัดขยะมูลฝอยแบบเชิงกล – ชีวภาพ (MBT) คือ

1. ลดปริมาณขยะที่จะนำไปฝังกลบ
2. เพิ่มความหนาแน่นขณะบดอัดขยะในการฝังกลบขยะ
3. ยืดอายุการใช้งานของบ่อฝังกลบขยะ
4. สามารถลดปริมาณสารเจือปนในน้ำชะขยะ
5. ลดปริมาณก๊าซมีเทนในหลุมฝังกลบได้มากกว่าการฝังกลบแบบเดิม

6. เพิ่มปริมาณขยะที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้

7. ลดการยุบตัวของบ่อฝังกลบขยะ

ข้อเสียเปรียบของการบำบัดขยะมูลฝอยแบบเชิงกล-ชีวภาพ (MBT) คือ

1. ปริมาณ RDF ที่ผลิตได้มีน้อย

2. ผลผลิตที่เกิดจากการหมักปุ๋ยหรือการย่อยสลายแบบไร้อากาศของขยะมูลฝอยนั้นมีข้อจำกัดความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ประโยชน์

3. ใช้พื้นที่ในการจัดการแบบ MBT มากกว่าการจัดการแบบใช้เตาเผา ลดปริมาณขยะได้น้อยกว่าการใช้เตาเผาเนื่องจาก ปริมาณขยะที่ลดลงของ MBT ขึ้นอยู่กับปริมาณองค์ประกอบขยะในส่วนสารอินทรีย์

3.8 ขั้นตอนการทำงานของกระบวนการบำบัดขยะโดยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ (MBT) ของเทศบาลนครพิษณุโลก

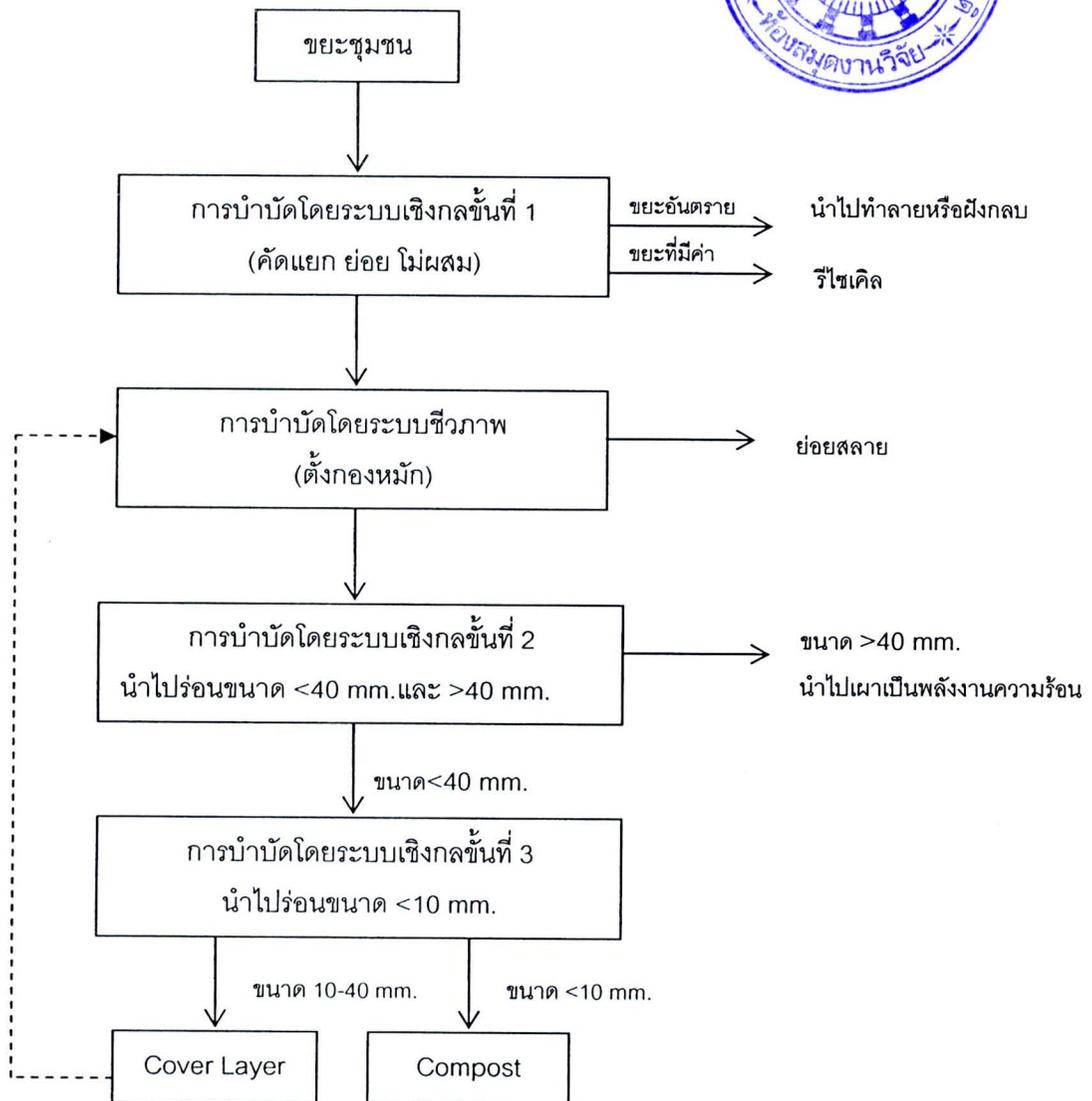
จากการศึกษาการจัดการขยะเทศบาลนครพิษณุโลกในอดีตนั้น ขยะที่เกิดขึ้นทางเทศบาลจะนำไปกำจัดโดยการฝังกลบแบบถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill) ที่บ่อฝังกลบมูลเทศบาลนครพิษณุโลก ถึงแม้ว่าการฝังกลบขยะแบบถูกหลักสุขาภิบาลนี้เป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางก็ตามแต่อินทรีย์วัตถุที่อยู่ในขยะจะถูกย่อยสลายแบบไร้อากาศ ก่อให้เกิดกลิ่นรบกวนโดยรอบบริเวณบ่อฝังกลบ เกิดก๊าซมีเทน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นผลเสียต่อชั้นบรรยากาศของโลกได้ (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2549) นอกจากนี้ น้ำชะขยะที่เกิดจากการฝังกลบยังมีอินทรีย์ วัตถุเจือปนอยู่มาก ซึ่งสามารถปนเปื้อนกับน้ำได้โดยง่าย ก่อให้เกิดมลภาวะไปสู่ น้ำผิวดิน และน้ำใต้ดินได้ จากปัญหาดังกล่าวทางเทศบาลนครพิษณุโลกได้ทำการแก้ไขปัญหาโดยปรับปรุงการจัดการขยะโดยนำกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ (MBT: Mechanical Biological Waste Treatment) มาบำบัดขยะเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว และกรรมวิธีนี้สามารถยืดอายุการใช้งานของบ่อฝังกลบได้อีกด้วย ปริมาณขยะที่เข้ามายังสถานฝังกลบเพื่อกำจัดมีปริมาณเฉลี่ยในปี 2549 ประมาณ 135 ตัน/วัน โดยสถานฝังกลบขยะแบ่งพื้นที่การฝังกลบออกเป็น 2 ระยะ คือพื้นที่ฝังกลบระยะที่ 1 และพื้นที่ฝังกลบระยะที่ 2 ขณะนี้ได้เปิดดำเนินการในส่วนในพื้นที่ระยะที่ 1 โดยมีการแบ่งพื้นที่ออกเป็น 4 ส่วน ซึ่งทำการเปิดใช้งานในส่วนที่ 2 แล้วและได้ดำเนินการบำบัดขยะโดยกรรมวิธี MBT ในส่วนที่ 3 ส่วนในส่วนที่ 4 เป็นพื้นที่สำหรับการเตรียมขยะเพื่อเข้าสู่กระบวนการบำบัดโดยกรรมวิธี MBT ดังภาพ 4 (โชติรส อินทสิงห์, 2550)



ภาพ 4 แสดงพื้นที่ฝังกลบระยะที่ 1 และตำแหน่งการแบ่งส่วนการใช้งาน

ที่มา: ไชติรส อินทร์สิงห์, 2550

การบำบัดขยะโดยกรรมวิธี MBT เป็นกระบวนการบำบัดขยะที่พัฒนามาจากการบำบัดขยะขั้นพื้นฐานนั้นคือการบำบัดแบบเชิงกลการบำบัดแบบชีวภาพการบำบัดด้วยความร้อน (การนำไปเผาเป็นพลังงานความร้อน) สามารถนำมาผสมผสานกันได้ โดยแต่ละขั้นตอนของกรรมวิธีก็จะมีจุดมุ่งหมายต่างกัน โดยกรรมวิธี MBT ของเทศบาลนครพิษณุโลกมีขั้นตอนการบำบัดขยะดังภาพ 5 โดยมีรายละเอียดดังนี้



ภาพ 5 แสดงระบบการบำบัดขยะโดยกรรมวิธี MBT ของเทศบาลนครพิษณุโลก

ที่มา: โชติรส อินทร์สิงห์, 2550

3.8.1 การบำบัดโดยระบบเชิงกลขั้นที่ 1

การบำบัดแบบเชิงกลขั้นที่ 1 คือการเตรียมงานของการบำบัดโดยมีวิธี ดังนี้

1) การคัดแยกขยะจะทำการคัดแยกขยะอันตราย

เมื่อขยะเข้ามายังสถานที่บำบัดก็จะทำการบำบัดโดยระบบเชิงกลขั้นที่ 1 โดยทำการคัดแยกขยะ โดยคัดวัตถุที่ยังใช้ได้รวบรวมถึงคัดแยกขยะอันตราย หรือวัตถุที่มีขนาดใหญ่ เช่น ยางรถยนต์ แบตเตอรี่รถยนต์ กระป๋องสเปรย์ ออกเนื่องจากวัตถุเหล่านี้ย่อยสลายได้ยาก และเป็นอันตรายต่อจุลินทรีย์ในกอง MBT ระหว่างการย่อยสลาย และนอกจากนี้การคัดแยกขยะที่สามารถนำกลับมาใช้ได้ (Recycle) มีส่วนช่วยลดปริมาณขยะก่อนนำมาบำบัดโดยกรรมวิธี MBT

2) การย่อย ไม่ผสมขยะ กระบวนการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

หลังจากนั้นจะใช้รถตักป้อนขยะเข้าไปในรถไม่ผสมขยะเพื่อฉีกเปิดถุงขยะ และคลุกเคล้าให้เข้ากัน เป็นเวลา 45 นาที

2.1) เป็นการทำให้ขยะที่นำมากำจัดคลุกเคล้าเข้ากัน

2.2) เพื่อเปิดปากถุงพลาสติกที่บรรจุขยะเช่น เศษอาหาร ที่ผูกมัด

ปิดปากถุงไว้

2.3) เป็นการกระจายความชื้นในขยะให้ทั่วเท่ากัน

2.4) เป็นการกระจายเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นตัวย่อยสลายให้ทั่วพื้นที่

กอง MBT

ในขั้นตอนนี้เป็นส่วนที่สำคัญมากในกระบวนการบำบัดขยะโดยกรรมวิธี MBT จากภาพ 6 เป็นรถไม่ผสมขยะจากบริษัท Faber ประเทศเยอรมนีสามารถไม่ผสมขยะได้ประมาณ 7 ตัน เมื่อขยะผ่านการไม่แล้วจะมีลักษณะขยะดังภาพ 7

3.8.2 การบำบัดโดยระบบชีวภาพ

ในการบำบัดขยะโดยกรรมวิธี MBT ชั้นชีวภาพเป็นการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในขยะแบบใช้อากาศ โดยอากาศและน้ำจะทำปฏิกิริยากับอินทรีย์วัตถุ หลังจากนั้นจะเปลี่ยนเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และพลังงานความร้อน นำขยะไปตั้งกองหมัก โดยมีขนาดกว้าง ยาวประมาณ 25-30 ม. สูงประมาณ 2.00 ม. โดยจะตั้งกองหมักขยะบนไม้ Pallets และมีท่อระบายอากาศ (Ventilation Pipes) วางระหว่างไม้ Pallets เพื่อเป็นตัวเติมอากาศให้แก่กอง MBT

โดยวางระหว่งไม้ Pallets เว้นระยะที่ระบายอากาศอยู่ประมาณ 4 ม. (โดยคำนวณคร่าว ๆ จาก $1 \text{ ม.}^2/\text{ตัน}$ ของขยะที่ผ่านการโม้) การวางไม้Pallet และที่ระบายอากาศ ดังภาพ 8 และ 9 โดยทำการโค้งท่อขึ้นตรงกลางกอง MBT เพื่อเป็นการเติมอากาศให้แก่กองขยะ MBT(ดังภาพ 10) (Gabriele Janikowski, GernodDilewski and JoachmStretz, 2003)



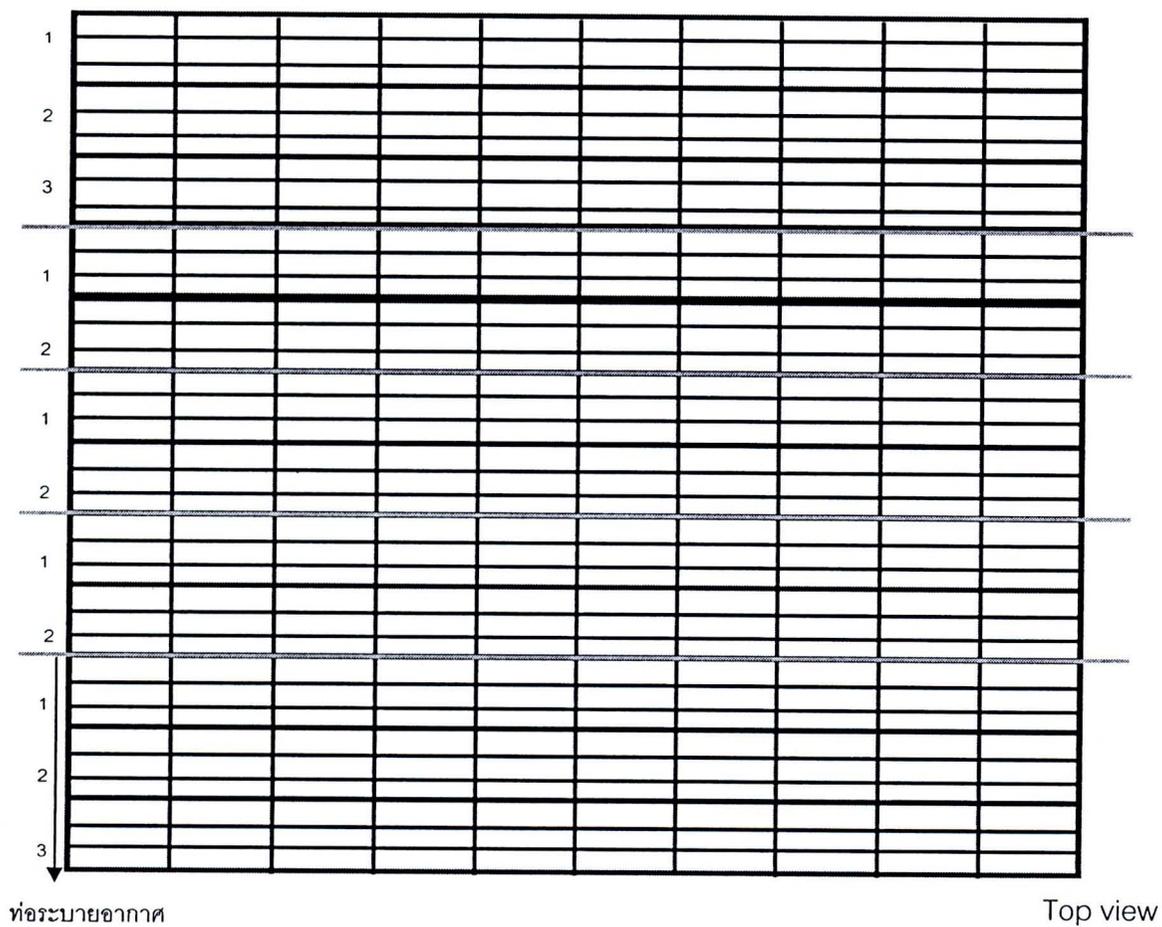
ภาพ 6 แสดงภาพรถโม้ผสมขยะจากบริษัท Faber ประเทศเยอรมนี

ที่มา: โชติรส อินทร์สิงห์, 2550



ภาพ 7 แสดงลักษณะขยะหลังผ่านการโม้ผสม

ที่มา: โชติรส อินทร์สิงห์, 2550



ภาพ 8 แสดงการวางเรียงไม้พาเลท

ที่มา: โชติรส อินทร์สิงห์, 2550



ภาพ 9 แสดงการวางไม้พาเลทวางคร่อมที่ระบายอากาศ (Top view)

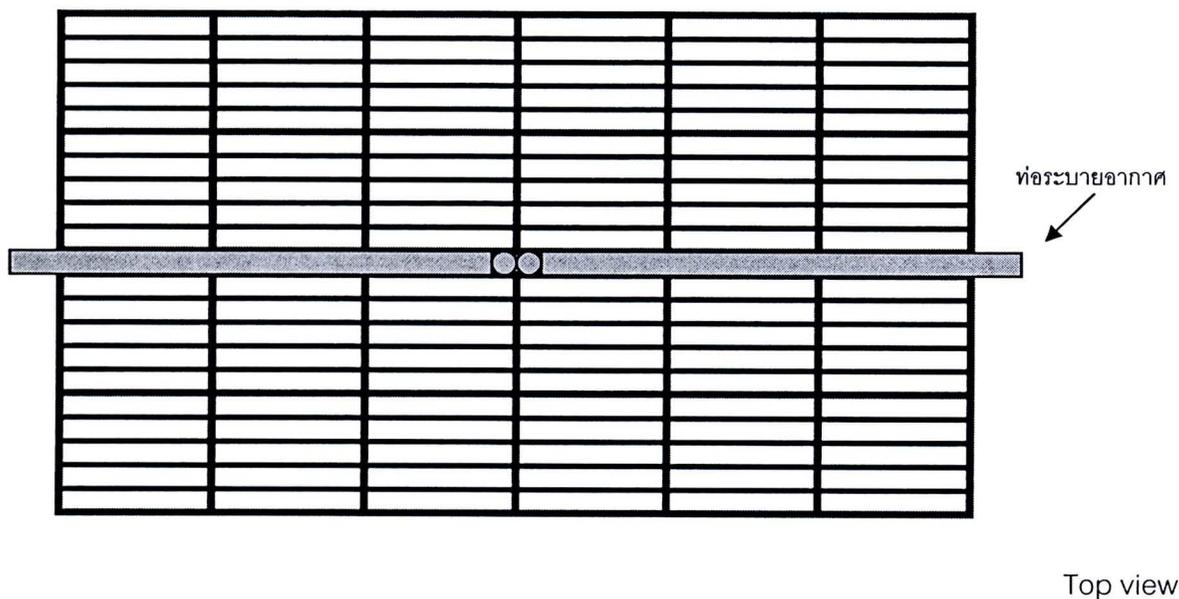
ที่มา: ไชติรส อินทร์สิงห์, 2550



ภาพ 10 แสดงการตั้งกอง MBT

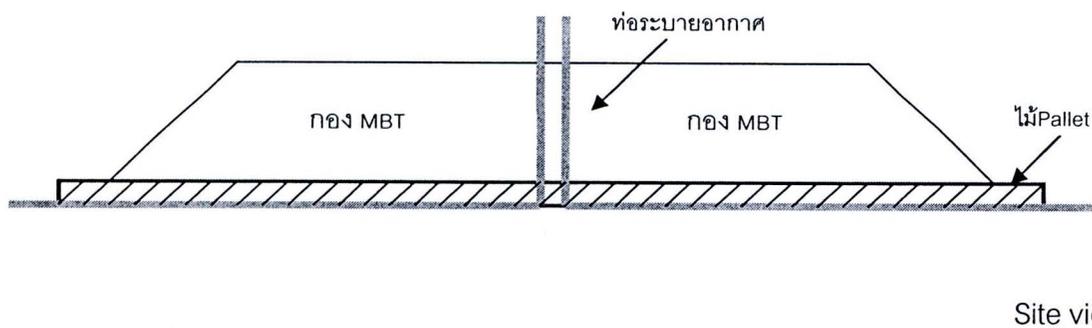
ที่มา: ไชติรส อินทร์สิงห์, 2550

โดยการนำที่ระบายอากาศงอขึ้นจากด้านล่างที่สอดคล้องจากไม้พาเลทชั้นกลางกองเพื่อเป็นการเติมอากาศให้แก่แบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ดังภาพ 11 และ 12



ภาพ 11 แสดงลักษณะการวางท่อระบายอากาศ (1)

ที่มา: โชติรส อินทร์สิงห์, 2550



ภาพ 12 แสดงลักษณะการวางท่อระบายอากาศ (2)

ที่มา: โชติรส อินทร์สิงห์, 2550

เมื่อตั้งกองขยะเรียบร้อยแล้วก็จะนำกากมะพร้าวซึ่งเป็นวัสดุรองก้นธรรมชาติมาปกคลุมกองขยะ โดยมีความหนาประมาณ 30 ซม. แสดงดังภาพ 13 โดยภาพ 14 เป็นการบำบัดชั้นชีวภาพซึ่งขั้นนี้ใช้ระยะเวลาในการหมัก 9 เดือน ระหว่างช่วงการหมักนี้จะทำการควบคุมความชื้นถ้าแห้งเกินไปจะทำการเติมน้ำ และทำการตรวจสอบวัดอุณหภูมิ และก๊าซในกองหมักเป็นประจำ

Gabriele Janikowski, GernodDilewski and JoachmStretz (2003)

ได้กล่าวว่าการปกคลุมกองขยะ MBT ด้วยวัสดุจากธรรมชาติ (Biofilter) มีวัตถุประสงค์คือ

1. ปรับทัศนียภาพของกองขยะให้น่ามอง
2. ช่วยลดกลิ่นแก๊สที่ระเหยจากกองขยะMBT
3. ป้องกันสัตว์ (เช่นหนู แมลงวัน นก เป็นต้น) ไม่ให้เข้าไปกองขยะ
4. เพื่อควบคุมอุณหภูมิในกองหมัก ซึ่งขึ้นกับวัสดุที่ใช้ปกคลุมกองหมัก
5. ช่วยการกระจายน้ำให้ทั่ว ๆ บริเวณกองขยะเมื่อมีการกระจายน้ำ
6. ช่วยลดสารประกอบอินทรีย์ที่เผาไหม้ได้บางส่วน

ขยะ

ให้กับกอง



ภาพ 13 แสดงการนำกากมะพร้าวมาเป็นวัสดุรองก้นธรรมชาติ

ที่มา: ไชติรส อินทร์สิงห์, 2550



ภาพ 14 แสดงการบำบัดขั้นชีวภาพนี้ใช้ระยะเวลาในการหมัก 9 เดือน

ที่มา: ไชติรส อินทร์สิงห์, 2550

3.8.3 การบำบัดโดยระบบเชิงกลขั้นที่ 2 และ 3

หลังผ่านการบำบัดครบ 9 เดือนจึงนำขยะมาผ่านการบำบัดขั้นเชิงกลที่ 2 คือ การนำขยะไปร่อนแยกขนาดที่มีขนาดเล็กกว่า 40 มม. และขนาดใหญ่กว่า 40 มม. เพื่อนำขยะขนาดใหญ่กว่า 40 มม. ไปเป็นเชื้อเพลิงขยะ (RDF: Refuse Derived Fuel) ซึ่งทางเทศบาลพิษณุโลกได้นำไปทดลองเผาพร้อมกับถ่านหินในอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ในเครือนครหลวงไทยจำกัด (มหาชน) ส่วนขยะที่มีขนาดเล็กกว่า 40 มม. นำไปร่อนแยกขนาดอีกครั้งซึ่งเป็นการบำบัดขั้นเชิงกลที่ 3 โดยร่อนแยกขนาดเล็กกว่า 10 มม. ซึ่งนำส่วนนี้ไปปรับปรุงเป็นวัสดุปรับปรุงคุณภาพดิน (Compost) ส่วนขยะขนาด 10-40 มม. นำไปเป็นวัสดุรองก้นแทนกากมะพร้าวที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าการบำบัดขยะโดยกรรมวิธี MBT สามารถลดปริมาณการนำขยะไปฝังกลบ ซึ่งเป็นการยืดอายุการใช้งานของบ่อฝังกลบหรือแทบไม่ต้องใช้หลุมฝังกลบขยะเลย (Zero-Landfill)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Bockreis, A. and Steinberg, I. (2005) ได้ทำการศึกษาการลดการกระจายตัวของก๊าซและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ในการบำบัดขยะขั้นต้นก่อนการนำขยะไปกำจัดของขยะเมื่อ 6 ปีที่ผ่านมา เป็นการทดลองต่อเนื่องโดยดำเนินการโดยองค์กร WAR (Industrial Material Flows and Environmental Planning) กับ TU Darmstadt สรุปในเรื่องการแผ่กระจายตัวของก๊าซจากการบำบัดขยะเบื้องต้น ได้รวบรวมความแตกต่างของกระบวนการบำบัดขยะที่มีการเพาะเชื้อในหลายถึงปฏิกิริยาและข้อมูลต่าง ๆ ประกอบขึ้นเป็นส่วนประกอบของก๊าซ และน้ำชะขยะ ในงานวิจัยได้

สรุปผลเบื้องต้นของผลผลิตที่เกิดจากก๊าซ และส่วนประกอบของก๊าซจากองค์ประกอบขยะที่แตกต่างกันใช้ช่วงเวลา 6 ปี

Munnich, K., et al. (2005) กล่าวว่าบ่อขยะชุมชนสามารถแก้ไขได้โดยใช้วิธีเชิงกล-ชีวภาพพบว่าหลังการบำบัดค่าอินทรีย์วัตถุ (COD และ BOD₅) ค่าอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด และค่าไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำชะขยะ และก๊าซที่เกิดขึ้นมีอัตราลดลงกว่าร้อยละ 90 ของขยะสดที่ยังไม่ได้บำบัด ปริมาตรของขยะในบ่อขยะมีแนวโน้มลดลงถึงร้อยละ 70 การพยายามก่อสร้างบ่อขยะปรับให้เข้ากับสภาวะแวดล้อม และลดปริมาณขยะให้น้อยและคงที่ ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้หลายทางนำไปฟื้นฟูป่า นำไปคลุมขยะในการทำให้เกิดความ BT ขนาดทดลองของ Rio de Janeiro ประเทศบราซิล และแสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยีนี้สามารถนำไปใช้พัฒนากับพื้นที่ชนบทได้สำเร็จ รวมถึงเศรษฐกิจ สังคมและ ความสำคัญต่อสิ่งแวดล้อม

Klaus Fricke, Heike Santen and Rainer Wallmann (2005) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการบำบัดขยะเบื้องต้นโดยกรรมวิธีเชิงกล – ชีวภาพ (MBT) แบบใช้อากาศ กับแบบไม่ใช้อากาศมีการศึกษาวิธีการบำบัดและผลการทดลองโดยทำตารางเปรียบเทียบ พบว่าการบำบัดทางชีวภาพแบบใช้อากาศหลัก คือ passively aerated piles under a roof (การบำบัด Low technical Level) เป็นการใช้อากาศแบบเปิดโดยตรง โดยให้อากาศผ่านท่อที่เจาะรู เข้าไปในกองขยะแต่เป็นกระบวนการที่ใช้ระยะเวลาการบำบัดนาน (16 – 20 สัปดาห์) เพราะฉะนั้นเป็นวิธีการที่ต้องใช้อากาศมากกระบวนการจัดการความชื้นต่าง ๆ ยากลำบากแต่มีความเป็นไปได้ที่ประสบความสำเร็จ และมีความเป็นไปได้ที่จะประสบความสำเร็จในการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ (ประมาณร้อยละ 80 ของที่ย่อยสลายได้ทั้งหมด) ภายใน 4-6 สัปดาห์ ภาวะที่ดีที่สุดในการควบคุมการย่อยสลาย คือ ค่าความชื้น อุณหภูมิ และอากาศและกระบวนการทางเครื่องกล ส่วนกระบวนการบำบัดแบบไม่ใช้อากาศ ช่วงระยะเฉลี่ยในการลดปริมาณอินทรีย์สารร้อยละ 50 – 55 ช่วงระยะเวลาการย่อยสลายประมาณ 4 – 6 สัปดาห์

Mark Griffith and Cristina Trois (2006) กล่าวว่า การบำบัดขยะโดยกรรมวิธีเชิงกล – ชีวภาพ (MBT) เป็นการลดการปล่อยมลพิษในระยะยาวของการฝังกลบขยะ ทำการศึกษา ณ เมือง Durban ประเทศแอฟริกาใต้ เป็นการบำบัดโดยกรรมวิธีเชิงกล – ชีวภาพ (MBT) แบบ the Dome Aeration Technology (DAT) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ใช้โครงสร้างและการปฏิบัติงานน้อย ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกระบวนการในระยะเวลาที่แตกต่างกัน (8 สัปดาห์และ 20 สัปดาห์) พบว่าอัตราการเกิดกระบวนการ methanogenesis เร็ว ค่าความเข้มข้น COD ในน้ำชะขยะสูงที่ 200 วัน แต่ถึงแม้ว่าระดับ COD สูง ค่าความเข้มข้น

แอมโมเนียไนโตรเจนต่ำหลังจาก 8 สัปดาห์ของกองหมัก จากผลการศึกษาในครั้งนี้สามารถใช้ในการกำจัดขยะในสภาพที่มีภูมิอากาศ แห้งที่มาและองค์ประกอบใกล้เคียงกับเมือง Durban

Outi K.Tolvanen, et al. (2006) กล่าวว่าจุดเด่นพิเศษในการจัดการขยะของประเทศฟินแลนด์มีจุดเด่นเรื่องการแยกจากแหล่งกำเนิดโดยแยกขยะจำพวกเศษอาหารในห้องครัว (จากการเตรียมอาหาร) โดยมากกว่า 2 ใน 3 ของประชากรชาวฟินแลนด์ โดยการนำมาตั้งกองหมักร้อยละ 5 ของขยะสดประชากรได้ทำ MBT โดยมีโครงบำบัดจำพวกขยะสดจากครัวอยู่ที่ Mustasaari เพียงแหล่งเดียวในประเทศฟินแลนด์ สำหรับการป้องกันของคณงานเจ้าหน้าที่ เจ้าของโครงการบำบัดได้รับมอบหมายให้ศึกษาปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม และที่เกี่ยวกับด้านสุขภาพในส่วนพื้นที่ของโรงบำบัด ระหว่างปี 1998-2000 ความเข้มข้นของปริมาณฝุ่น จุลินทรีย์เชื้อโรค ปริมาณสารพิษที่เกิดขึ้นมา และระดับเสียง ได้มีการตรวจสอบสิ่งที่เป็นปัญหาในโรงงานโดยทำการตรวจสอบพื้นที่ใช้งาน 3 ส่วนของกระบวนการบำบัดขั้นเบื้องต้นคือ ห้องไม่ ห้อง Bioreactor และห้อง Drying ความสัมพันธ์ระหว่างคณงานเจ้าหน้าที่กับปัญหาด้านสุขภาพ ตัวชี้ที่เป็นปัญหาด้านสุขภาพคือ ปริมาณของจุลินทรีย์เชื้อโรค และปริมาณสารพิษที่เกิดขึ้น บางที่มีระดับที่เพิ่มขึ้นเป็นอันตรายต่อสุขภาพระหว่างที่มีการกำจัด จัดเก็บขยะและในห้อง Bioreactor เพราะว่าคณงานเจ้าหน้าที่ได้มีการแสดงอาการ ไอแห้ง ๆ หรือเหมือนมีอาการคันระคายเคือง 1 หรือ 2 เดือน โดยขอแนะนำควรใช้หน้ากาก (เบอร์ P3) ในส่วนการทำงานที่เกี่ยวข้องกับฝุ่น ส่วนระดับเสียงในห้อง Drying เกินกว่ามาตรฐานประเทศฟินแลนด์กำหนดที่ 85 dBA. ดังนั้นสามารถสรุปส่วนที่เกี่ยวกับการบำบัดขั้นเชิงกลได้ดังนี้ ขยะส่วนหลังการบำบัดที่แห้งสำหรับการเผาไหม้ และส่วนที่เป็นขยะสดสำหรับการบำบัดโดยไม่ใช้อากาศ ส่วนทางด้านสุขภาพให้ความสำคัญแก่พนักงานมากกว่าหรือควบคู่กับการบำบัดโดยใช้อากาศ และการบำบัดแบบแห้ง

Soyez, K. and Plickert, S., (2002) การศึกษาความเป็นไปได้ของเทคโนโลยีในการบำบัดขยะเบื้องต้นโดยกรรมวิธีเชิงกล - ชีวภาพ (MBP) ประกอบด้วย ขั้นตอนของกระบวนการทางเครื่องกลและชีวภาพ ที่ทำงานร่วมกันสามารถประยุกต์ใช้โดยตรงอย่างเดียว หรือร่วมกับเทคโนโลยีอื่น ๆ โดยเฉพาะกับเตาเผาขั้นต้นทางเครื่องกลรวมทั้งการกำจัด สิ่งเจือปน และองค์ประกอบสิ่งกีดขวางกระบวนการเทคโนโลยีชีวภาพและแยกวัสดุนำกลับมาใช้ใหม่ การแยกขยะทั้งหมดเป็น 2 ส่วนหรือมากกว่า โดยขึ้นอยู่กับคุณภาพของวัสดุ การบำบัดทางกลประกอบด้วย การแยกวัสดุออกเพื่อลดของเสีย และแยกวัสดุที่ใช้เป็นพลังงานความร้อนสูงออก และนำกลับมาใช้ได้ เช่น พลาสติก กระดาษ ยาง และองค์ประกอบอื่น ๆ ขั้นตอนการบำบัดเบื้องต้นทางชีวภาพอาศัยการย่อยสลายโดยใช้อากาศ และการหมักแบบไม่ใช้อากาศ หรือกระบวนการร่วมกัน

โดยระบบใช้อากาศจะใช้กันอย่างกว้างขวางนี้เช่น ระบบกลับกอง (Windrow) กับการเติมอากาศ (aeration) ในกรณีของระบบ Windrow หลังช่วงระยะเวลาการบำบัด 10 สัปดาห์มวลพวกสารอินทรีย์ลดลงเหลือร้อยละ 40 ของช่วงแรกระหว่างนี้ยังคงมีกระบวนการย่อยสลายอีก 45 สัปดาห์ขึ้นไป ส่วนประกอบ non - cellulosic มีการลดลงเป็นลำดับสูงสุดร้อยละ 95 ในการลด TOC ร้อยละ 86 ของ non - cellulosic carbohydrate พบว่าสามารถลดแก๊ส และน้ำชะขยะในการแพร่สู่สิ่งแวดล้อมในบ่อฝังกลบถึงร้อยละ 95 และพบว่าในยุโรปมีขยะถึง 2 ล้านตันที่ใช้กระบวนการ MBP นี้ยังมีการพัฒนาในยุโรปต่อไปอีกเพื่อทำให้การใช้ประโยชน์ทั้งหมดกระบวนการของเทคโนโลยีชีวภาพ ส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมให้น้อยที่สุดหรือลดลงเรื่อย ๆ แสดงว่า MBT เป็นกระบวนการที่สามารถนำไปใช้ในการบำบัดขยะให้ประสบความสำเร็จได้

Trankler, J., et al. (2003) ได้ศึกษาการบำบัดขยะเบื้องต้นกระบวนการเชิงกล-ชีวภาพในเขียตวันออกเฉียงใต้ ในแง่ทางทฤษฎี และการนำไปใช้ได้จริง ตั้งแต่กุมภาพันธ์ (2002) ทำการทดลองบำบัดเบื้องต้นที่บ่อฝังกลบ โดยกระบวนการประกอบได้ด้วย การทำให้เข้ากันและการทำให้เป็นชั้นย่อย แล้วจึงตั้งกองหมัก ส่วนความหนาแน่นได้ทำการศึกษาติดตามโดยควบคุมเนื้อหาโปรแกรมนิวเคลียอย่างกว้างขวาง สภาวะต่าง ๆ ด้านสภาพภูมิอากาศประกอบด้วยส่วนลักษณะเฉพาะของขยะมีผลต่อการลดการใช้ออกซิเจน การที่ฝนตกหนักทำให้เกิดการเปลี่ยนการคืนสภาพไม่ไ้เป็นการขัดขวางการลดลงทุกส่วนจากการใช้ออกซิเจน และการไม่ใช้ออกซิเจน การที่ไม่ได้มีการตั้งกองหมักหมุนวนเป็นระยะ ๆ ก่อให้เกิดความเสี่ยงในการเกิดก๊าซมีเทน ประเทศเยอรมนีได้มีการเสนอแนะวางแผน "Environmentally compatible landfilling of domestic methane waste" ให้เป็นกระบวนการที่มีประสิทธิภาพโดยให้มีการปรับกระบวนการให้อยู่ภายใน 300 วัน หลักประกันด้านการตั้งค่าให้มีความเสถียรคงที่ในเรื่องลักษณะเฉพาะด้านค่า TOCOxygen และในรูปก๊าซธรรมชาติที่ตกค้างอยู่

ธีระพงษ์ สว่างปัญญางกูร และคณะ (2546) จากรายงานวิจัยเรื่อง การหมักปุ๋ยระบบกองเติมอากาศเพื่อการผลิตปุ๋ยหมักในเชิงอุตสาหกรรมสำหรับชุมชน พบว่า การหมักปุ๋ยแบบอัตราเร่งเพื่อให้ได้ปุ๋ยหมักในเวลาอันสั้นประมาณ 30 วัน มีหลายวิธี ซึ่งจำเป็นต้องมีการควบคุมปัจจัยสิ่งแวดล้อมของกองปุ๋ย ให้เหมาะสมต่อการย่อยสลายโดย จุลินทรีย์ชนิดใช้ออกซิเจน ปัจจัยหลักที่สำคัญมีดังนี้

1. ความชื้น จุลินทรีย์ต้องการความชื้นที่เหมาะสม การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จะหยุดชะงัก ถ้าวัตถุดิบแห้งเกินไปหรือเปียกจนโชก ความชื้นที่เหมาะสมคือร้อยละ 45-60 มาตรฐานเปียก

2. แหล่งจุลินทรีย์ การย่อยสลายจะเกิดได้รวดเร็วถ้าในกองปุ๋ยมีจุลินทรีย์อยู่มาก แหล่งจุลินทรีย์ที่หาได้ง่าย ได้แก่ มูลสัตว์ทุกชนิด ปุ๋ยหมักที่เพิ่งหมักเสร็จ หรือหัวเชื้อตัวเร่ง เป็นต้น

3. ออกซิเจน เนื่องจากการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ชนิดใช้ออกซิเจน จะมีปฏิกิริยาที่รวดเร็วกว่าจุลินทรีย์ชนิดไม่ใช้ออกซิเจนหลายเท่า การหมักปุ๋ยแบบอัตราเร่งจึงมุ่งเน้นให้มีการเติมออกซิเจนแก่กองปุ๋ยอย่างเพียงพออยู่เสมอ วิธีที่นิยมกันคือ การพลิกกลับกองปุ๋ยในเวลาที่เหมาะสมด้วยเครื่องจักร และการเติมอากาศเข้ากองปุ๋ยด้วยพัดลม (Blower)

4. อุณหภูมิในกองปุ๋ย ปฏิกิริยาการย่อยสลายจะให้ความร้อนออกมา และถ้ามีการสะสมความร้อนภายในกองปุ๋ยจนมีอุณหภูมิที่สูงพอเหมาะประมาณ 50-60 องศาเซลเซียส ก็จะเป็นสภาวะที่จุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ดี ส่งผลให้การหมักปุ๋ยเสร็จเร็วขึ้น เงื่อนไขที่ทำให้เกิดการสะสมความร้อนภายในกองปุ๋ยได้ดีก็คือ กองปุ๋ยควรมีความสูง 1-2 เมตร ภาพที่ 2 แสดงค่าอุณหภูมิในภาคตัดขวางของกองปุ๋ยในการวิจัยการหมักปุ๋ยระบบกองเติมอากาศขนาด 9 ลูกบาศก์เมตรที่มีอายุ 5 วัน

คนอง ผลสงเคราะห์ (2549) ได้ทำการศึกษาแนวทางการจัดการขยะมหาวิทยาลัยนครสวรรค์เขตสารสนเทศพะเยา แนวทางที่เลือกใช้ คือนำเศษอาหารจากขยะซึ่งมีมากถึงร้อยละ 51.52 ของขยะทั้งหมดมาหมักทำปุ๋ย และขยะที่ขายได้ร้อยละ 36.33 ของขยะทั้งหมด เหลือขยะที่ไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้เพียงร้อยละ 21.15 ของขยะทั้งหมด ส่วนการทำปุ๋ยหมักได้ทำการศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างอินทรีย์ต่อเศษกิ่งไม้ แบ่งการทดลองเป็น 4 การทดลองซึ่งมีอัตราส่วนขยะอินทรีย์ต่อเศษกิ่งไม้แตกต่างกันคือ 1:1, 2:1, 4:1 และ 8:1 โดยน้ำหนัก โดยประกอบด้วยอินทรีย์กับเศษกิ่งไม้รวมน้ำหนัก 350 กิโลกรัม ระยะเวลาในการหมัก 90 วัน พบว่ากองปุ๋ยหมักอัตราส่วน 1:1, 2:1, 4:1 กระบวนการหมักเสร็จสิ้นในวันที่ 75, 85 และ 87 วัน ส่วน 8:1 ยังไม่เกิดความเสถียรภาพของกองปุ๋ยหมัก ลักษณะทางเคมี – กายภาพจากการทดลอง อัตราส่วน 2:1 และ 4:1 มีลักษณะใกล้เคียงกันส่วนการวัดค่าโลหะหนักประกอบด้วย ทองแดง ตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม และสังกะสีพบว่าไม่เกินค่ามาตรฐานดิน สามารถนำมาใช้ในการเกษตรได้

จักรวาล วัฒนากุล (2549) ได้ศึกษาการบำบัดขยะจากมหาวิทยาลัยนครสวรรค์เขตสารสนเทศพะเยา ด้วยการบำบัดขยะโดยกรรมวิธีเชิงกลชีวภาพ หรือ Mechanical – Biological Waste Treatment: MBT ใช้ปริมาณขยะประมาณ 300 กิโลกรัมต่อกอง จำนวน 11 กอง ซึ่งมีความหนาแน่นประมาณ 36.62 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตรระยะเวลาทดลอง 12 สัปดาห์ เมื่อสิ้นสุดการหมักจำนวนขยะลดลงร้อยละ 35.58 และความหนาแน่นเพิ่มขึ้นร้อยละ 72 นอกจากนี้จากการศึกษา

สมบัติทางกายภาพ และทางเคมีของขยะแต่ละสัปดาห์ในช่วงการบำบัดพบว่า อุณหภูมิเริ่มคงที่ในสัปดาห์ที่ 6 และปริมาณสารอินทรีย์เริ่มคงที่ในสัปดาห์ที่ 9 ดังนั้นการประยุกต์ใช้ท่อพีวีซีเจาะรูสามารถนำไปใช้แทนการใช้แบบเดิมตามกรรมวิธีของ FABER AMBRA® จากการทดลองโดยผลที่ได้ไม่แตกต่างกัน

โชติรส อินทร์สิงห์ (2550) ได้ศึกษาการบำบัดขยะของเทศบาลนครพิษณุโลกซึ่งเป็นการบำบัดขยะเบื้องต้นด้วยกรรมวิธีเชิงกล – ชีวภาพก่อนนำไปฝังกลบ ตั้งกองหมักระยะเวลา 9 เดือน ปริมาณขยะที่นำมาศึกษาปริมาณ 510 ตัน ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์สมบัติทางเคมี-กายภาพก่อนการบำบัดและหลังการบำบัด พบว่าหลังการบำบัดขยะมีปริมาณ และปริมาตรลดลงร้อยละ 72.5 และร้อยละ 41.95 ตามลำดับ หลังกระบวนการบำบัดครบ 9 เดือน นำขยะไปร่อนแยก พบว่า ร้อยละ 5 เป็นขยะขนาดเล็ก (<10 มิลลิเมตร) ร้อยละ 2.67 เป็นขยะขนาดกลาง (10 – 40 มิลลิเมตร) ร้อยละ 28.95 เป็นขยะขนาดใหญ่ (>40 มิลลิเมตร) และร้อยละ 63.38 เป็นส่วนที่หายไปในกระบวนการย่อยสลาย ความคิดเห็นของผู้วิจัยในการบำบัดขยะเบื้องต้นด้วยกรรมวิธีเชิงกล – ชีวภาพที่ระยะเวลาการหมักเวลา 4 เดือน เป็นระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการบำบัดขยะเทศบาลนครพิษณุโลกไม่จำเป็นต้องบำบัดถึง 9 เดือน พบว่าขยะขนาดเล็กสามารถนำไปเป็นวัสดุปรับปรุงดิน ขยะขนาดกลางนำไปเป็นวัสดุรองก้นแทนกาบมะพร้าว ส่วนขยะขนาดใหญ่พบว่ามีความร้อนใกล้เคียงกับน้ำมันดิบจึงสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงขยะได้

ชนารดี วิกาหะ (2554) ได้ศึกษาได้ศึกษาการบำบัดขยะของเทศบาลตำบลลานกระบือซึ่งเป็นการบำบัดขยะเบื้องต้นด้วยกรรมวิธีเชิงกล – ชีวภาพ โดยประยุกต์ใช้แรงงานคนแทนการใช้เครื่องจักร แล้วบำบัดขยะด้วยวิธี Passively Aerated Windrow จำนวน 4 กอง มีความสูง 1.60 เมตร 1.80 เมตร 2.00 เมตรและ 2.30 เมตร ทำการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของขยะระหว่างการทำบำบัดเป็นระยะเวลา 9 เดือน พบว่า ความสูงของกองหมักมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพโดยที่ ความสูงกองหมักมากมีอัตราการยุบตัวของกองหมักมากกว่าความสูงกองหมักน้อย ดังนั้นกระบวนการบำบัดขยะด้วยกรรมวิธีเชิงกล – ชีวภาพ (MBT) ที่ประยุกต์ใช้แรงงานคนแทนการใช้เครื่องจักรและกองหมักบำบัดขยะด้วยวิธี Passive Aerated Windrow สำหรับเทศบาลตำบลลานกระบือควรตั้งกองหมักสูง 2.00 เมตรและใช้ระยะเวลาในกระบวนการหมัก 5 เดือน เนื่องจากลักษณะสมบัติต่าง ๆ ของขยะกองหมักสูง 2.00 เมตรเหมาะสมที่สุด

