



รายงานผลงานวิจัย

เรื่อง เครื่องย่อยมูลฝอยติดเชื้อ
Infectious Wastes Shredder

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย ประจำปี 2555
จำนวน 349,200 บาท

หัวหน้าโครงการ นายบัณฑิต หิรัญสถิตย์พร

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์
วันที่ 12 มิถุนายน 2556

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ดำเนินการโครงการวิจัยเรื่อง เครื่องย่อยมูลฝอยติดเชื้อ(Infectious Wastes Shredder) ขอขอบคุณสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยประจำปี 2555 พร้อมทั้งให้ความอนุเคราะห์ในเรื่องการเบิกจ่ายเงินอุดหนุนและงานเอกสารต่างๆ เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ใช้สถานที่และอุปกรณ์ในการดำเนินการวิจัยจนงานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยแม่โจ้	
B :	เลขเรียกหนังสือ
I :	
16 ก.ย 2555	
วันที่	

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
สารบัญ	๗
สารบัญตาราง	ง
สารบัญภาพ	จ
บทคัดย่อ	1
Abstract	1
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	2
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	3
1.3 ขอบเขตของโครงการ	3
1.4 วัน เวลา และสถานที่ทำการวิจัย	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	
2.1 มุลฝอย	5
2.2 มุลฝอยคิดเชื้อ	7
2.3 เทคโนโลยีการกำจัดมุลฝอยคิดเชื้อ	7
2.4 แรงที่ทำให้วัสดุแตกหรือขาดออกจากกัน	12
2.5 ประเภทของเครื่องย่อยวัสดุ	13
2.6 การเลือกอุปกรณ์ให้เหมาะสมกับวัตถุคิบ	14
2.7 ความหมายและชนิดของการตัด	14
2.8 เครื่องสับพืชอาหารสัตว์สด	15
2.9 เครื่องย่อยแบบค้อน	17
2.10 เครื่องหันย่อย	18
2.11 เครื่องย่อยวัสดุประเภทแรงเฉือน	19
2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	19

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 อุปกรณ์	22
3.2 เครื่องข่อยมูลฝอยติดเชื้อ	22
3.3 วิธีการ	24
3.4 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์	24

บทที่ 4 ผลการทดสอบและวิจารณ์

4.1 ผลการทดสอบการทำงานของเครื่องข่อยมูลฝอยติดเชื้อ	26
4.2 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์	28

บทที่ 5 สรุป

5.1 สรุปผลการวิจัย	29
5.2 ข้อเสนอแนะ	29

เอกสารอ้างอิง

31

ภาคผนวก ก ประมวลภาพการทดสอบ

33

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของวัสดุและชนิดของวิธีการทำให้วัสดุแตกหรือขาดออกจากกัน	14
ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบการทำงาน	27



สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1 ส่วนประกอบพื้นฐานและการเคลื่อนที่ในการตัด	16
ภาพที่ 2.2 หัวสับ	17
ภาพที่ 2.3 เครื่องสับพีชอนกประสงค์	18
ภาพที่ 2.4 เครื่องบดขยี้ชอนกประสงค์	19
ภาพที่ 2.5 เครื่องหั่นขยี้ชอนกประสงค์	19
ภาพที่ 2.6 เครื่องขยี้วัสดุประเภทแรงเฉือน	20
ภาพที่ 3.1 เครื่องขยี้มูลฝอยคืดเชื้อ	24
ภาพที่ ก1 มูลฝอยคืดเชื้อที่เก็บรวบรวมมาจากแผนกต่างๆ ในโรงพยาบาลเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่	35
ภาพที่ ก2 นำมูลฝอยคืดเชื้อเข้าสู่เครื่องอบไอน้ำด้วยความดัน	36
ภาพที่ ก3 มูลฝอยคืดเชื้อที่อบไอน้ำด้วยความดันแล้วเสร็จ	36
ภาพที่ ก4 มูลฝอยคืดเชื้อที่ใช้เป็นวัสดุทดสอบ	37
ภาพที่ ก5 ใส่มูลฝอยคืดเชื้อที่ช่องป้อน	38
ภาพที่ ก6 มูลฝอยคืดเชื้อขณะถูกขยี้โดยเครื่องขยี้หยาบ	38
ภาพที่ ก7 มูลฝอยคืดเชื้อขณะถูกบรรจุใส่ถุง	39
ภาพที่ ก8 มูลฝอยคืดเชื้อที่ผ่านเครื่องขยี้ละเอียด	40
ภาพที่ ก9 มูลฝอยคืดเชื้อ ที่บรรจุใส่ถุงรอขนไปทิ้ง	40

เครื่องย่อยมูลฝอยติดเชื้อ

Infectious Wastes Shredder

บัณฑิต หิรัญสถิตย์พร¹

Bandit Hirunstitporn¹

¹ คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

เครื่องย่อยมูลฝอยติดเชื้อ มีมิติภายนอก (กว้าง x ยาว x สูง) 2.44 x 1.81 x 2.03 เมตร มีส่วนประกอบสำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นเครื่องย่อยหยาบ และเครื่องย่อยละเอียด โดยเครื่องย่อยหยาบวางอยู่บนเครื่องย่อยละเอียด โดยเครื่องย่อยหยาบ ใช้มอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 5 แรงม้า จำนวน 2 ตัว เป็นต้นกำลัง มีชุดความคุมการทำงานมอเตอร์ไฟฟ้าให้หมุนกลับทิศทางได้ โดยมีเพลลาของหัวสับ 2 เพลลา โดยเพลลาอันหนึ่งใช้ความเร็วรอบ 36 รอบต่อนาที เพลลาอีกอันหนึ่งใช้ความเร็วรอบ 48 รอบต่อนาที ส่วนเครื่องย่อยละเอียด ใช้มอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 10 แรงม้า จำนวน 1 ตัว เป็นต้นกำลัง มีเพลลาของหัวสับ 1 เพลลา โดยเพลลาของหัวสับมีความเร็วรอบ 800 รอบต่อนาที

จากการทดสอบ พบว่า เครื่องย่อยมูลฝอยติดเชื้อมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ยเท่ากับ 113.22 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และมีต้นทุนในการย่อยเท่ากับ 2.19 บาทต่อกิโลกรัม

Abstract

The exterior dimension of infectious wastes shredder is 2.11 x 1.81 x 2.03 metre. There are two main parts: coarse shredder and fine shredder where the former is placed on top of the latter. The coarse shredder is power-driven by two 5 horsepower electric motors. The control set consists of two cutter shaft with rotational speed 36 rpm and 48 rpm respectively. However, the fine shredder power-driven by one 10 horsepower electric motor and one cutter shaft with rotational speed 800 rpm.

According to the test, it is found that the average working capacity of infectious wastes shredder is 113.22 kilogram per hour , and the cost of shredding is 2.19 per kilogram.

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ความหมายของ "ขยะมูลฝอย" ตามพระราชบัญญัติ รักษาความสะอาด และความเป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมือง พ.ศ.2535 คือ เศษกระดาษ, เศษผ้า, เศษอาหาร, เศษสินค้า, ถุงพลาสติก, ภาชนะที่ใส่อาหาร, แก้ว, มุลสัตว์ หรือ ซากสัตว์ รวมตลอดถึงสิ่งอื่นใดที่เก็บกวาดจากถนน, ตลาด, ที่เลี้ยงสัตว์ หรือที่อื่น คำว่า "ขยะ" หรือ "มูลฝอย" หรือ "ขยะมูลฝอย" เป็นคำที่มีความหมายเหมือนกัน คำว่า "มูลฝอย" (Solid wastes) มีความหมายครอบคลุมกว้างขวาง ซึ่งอาจหมายถึงและรวมถึงของเสียหรือวัสดุเหลือใช้ที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ หรือกระบวนการผลิตทางเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม เช่น มูลฝอยในชุมชน (Municipal solid wastes; MSW) มูลฝอยหรือของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม (Industrial wastes), มูลฝอยติดเชื้อ (Infectious wastes) จากโรงพยาบาลหรือสถานพยาบาล เป็นต้น

จากข้อมูลการศึกษาของกรมควบคุมมลพิษคาดการณ์ว่าในปี 2549 มีปริมาณมูลฝอยติดเชื้อจากสถานพยาบาลทั้งของรัฐและเอกชน ที่มีเตียงสำหรับผู้ป่วยประมาณ 23,725 เตียง หรือวันละ 65 เตียง เป็นมูลฝอยติดเชื้อที่เกิดขึ้นในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ประมาณวันละ 20 เตียง ที่เหลือเกิดขึ้นในสถานพยาบาลในส่วนภูมิภาคอีกประมาณ 45 เตียง อัตราการเกิดมูลฝอยติดเชื้อเฉลี่ย 0.54 กิโลกรัมต่อเตียงต่อวัน ปริมาณมูลฝอยติดเชื้อมีแนวโน้มว่าจะมีอัตราเพิ่มขึ้นปีละประมาณร้อยละ 5.5

วิธีการทำลายมูลฝอยติดเชื้อมัน โดยหลักการแล้ว ก่อนอื่นก็ต้องฆ่าเชื้อเสียก่อน เพื่อไม่ให้เชื้อแพร่กระจายไปสู่แหล่งชุมชนในบริเวณแหล่งกำจัดมูลฝอย วิธีการกำจัดเชื้อมันมี 3-4 วิธี ขึ้นอยู่กับอันตรายของมูลฝอยนั้น ได้แก่ การเผาเพื่อเป็นการทำลายเชื้อให้หมดไป เมื่อเผาเสร็จแล้วถ้ามีเถ้าเหลือก็ต้องเอาเถ้าไปกำจัดต่อ การอบไอน้ำเป็นการฆ่าเชื้อโรคด้วยการนึ่ง วิธีนี้จะมีมูลฝอยเหลือในปริมาณเท่าเดิมหรือมากกว่า เนื่องจากได้รับความชื้นจากไอน้ำ การใช้สารเคมี และการใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า หรือไมโครเวฟ

การใช้เตาเผามูลฝอยติดเชื้อของสถานพยาบาลต่างๆ ที่ใช้อยู่ในขณะนี้ยังไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร เนื่องจากมีขนาดไม่เพียงพอ การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ มีการชำรุดหรือใช้งานไม่ได้บ่อยครั้ง มีการร้องเรียนของประชาชนเนื่องจากมีกลิ่นและควันรบกวนจากเตาเผา สำหรับการทำลายเชื้อของมูลฝอยติดเชื้อด้วยไอน้ำ เป็นการใช้ไอน้ำร้อนภายในถังแรงดัน (มักเรียกว่า Steam sterilizer

หรือ Autoclave หรือ Retort) ซึ่งเป็นวิธีการใหม่ที่มีเริ่มมีการนำมาใช้ในประเทศไทยเพราะไม่เกิดมลพิษทางอากาศ แต่มูลฝอยติดเชื้อที่ผ่านการทำลายเชื้อแล้วควรนำไปทำการย่อย

เหตุผลหลักที่ต้องทำการย่อยมูลฝอยติดเชื้อ ได้แก่ ต้องการแปรสภาพมูลฝอยติดเชื้อไม่ให้เป็นที่น่ารังเกียจต่อผู้พบเห็น ลดอันตรายจากมูลฝอยติดเชื้อ และลดปริมาณของมูลฝอยติดเชื้อ แต่อย่างไรก็ตามเครื่องย่อยมูลฝอยที่นำเข้าจากต่างประเทศมีราคาสูงมาก และในการซ่อมบำรุงต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงเนื่องจากต้องนำเข้าอะไหล่บางส่วนมาทำการซ่อมบำรุง นอกจากนี้ยังเสียเวลาการจัดการจัดส่งอะไหล่อีกด้วย ทำให้เป็นอุปสรรคต่อการลงทุนสำหรับโรงพยาบาลที่ต้องการจัดการมูลฝอยติดเชื้อด้วยตนเอง

ดังนั้นถ้ามีการออกแบบและสร้างเครื่องย่อยมูลฝอยติดเชื้อที่มีราคาที่โรงพยาบาลสามารถลงทุนได้ก็จะทำให้โรงพยาบาลหันมากำจัดมูลฝอยติดเชื้อ โดยการทำลายเชื้อด้วยไอน้ำแทนการเผา โดยใช้เตาเผาซึ่งก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 เพื่อออกแบบ และสร้าง เครื่องย่อยมูลฝอยติดเชื้อ
- 1.2.2 เพื่อศึกษาความเร็วรอบที่เหมาะสมของเครื่องย่อยมูลฝอยติดเชื้อ
- 1.2.3 เพื่อศึกษาความสามารถในการทำงานของเครื่องย่อยมูลฝอยติดเชื้อ
- 1.2.4 เพื่อสร้างเครื่องย่อยมูลฝอยติดเชื้อที่สามารถนำไปใช้งานในเชิงพาณิชย์ได้

1.3 ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้มูลฝอยติดเชื้อจากโรงพยาบาลเชียงใหม่รามา เป็นวัสดุในการทดสอบ และเครื่องย่อยมูลฝอยติดเชื้อต้องมีความสามารถในการทำงานไม่ต่ำกว่า 50 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

1.4 วัน เวลา และสถานที่ทำการวิจัย

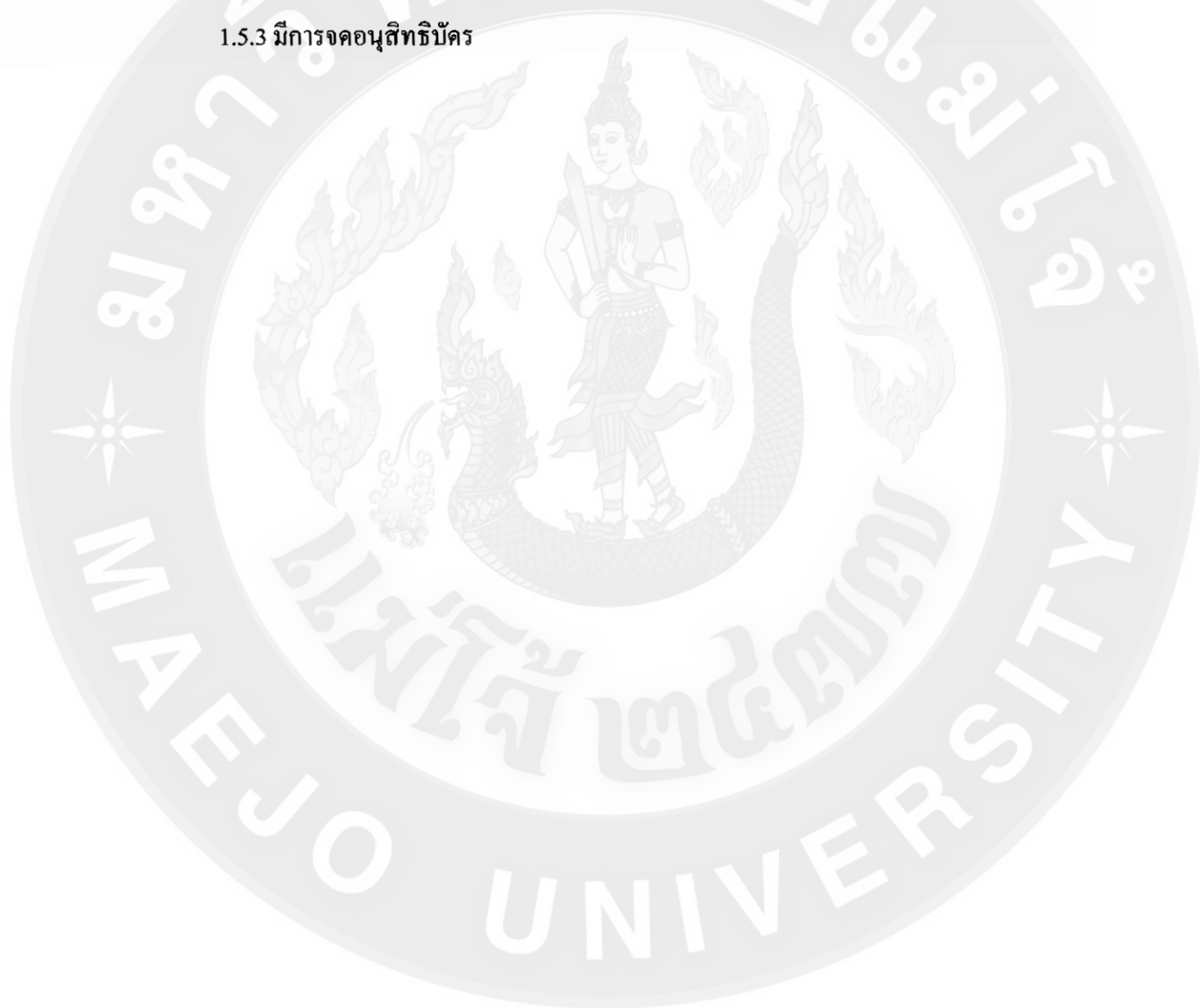
เวลาในการทำวิจัยตั้งแต่ ตุลาคม 2554 ถึง มิถุนายน 2556 สถานที่ที่ใช้ในการทำวิจัย คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้เครื่องข่อยมูลฝอยติดเชื้อที่มีประสิทธิภาพสูง แต่ราคาไม่แพง เพื่อเป็นต้นแบบในการผลิตและจำหน่ายในเชิงพาณิชย์

1.5.2 โรงพยาบาลสามารถลงทุนการจัดการมูลฝอยติดเชื้อภายในโรงพยาบาลทดแทนการเผาที่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม

1.5.3 มีการจดอนุสิทธิบัตร



บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

2.1 มูลฝอย

ขยะหรือมูลฝอย (Solid Waste) หมายถึง ของเสียที่อยู่ในรูปของแข็ง ซึ่งอาจจะมีกลิ่นขึ้นปะปนมาด้วยจำนวนหนึ่ง มูลฝอยที่เกิดขึ้นจากอาคารที่พักอาศัย สถานที่ทำการ โรงงานอุตสาหกรรม หรือตลาดสดก็ตามจะมีปริมาณและลักษณะแตกต่างกันออกไป โดยปกติแล้ววัตถุต่างๆ ที่ถูกทิ้งมาในรูปของมูลฝอยนั้น จะมีทั้งอินทรีย์สารและอนินทรีย์สาร สารวัตถุต่างๆ เหล่านี้บางชนิดก็สามารถย่อยสลายได้ด้วยจุลินทรีย์ในเวลาอันรวดเร็ว โดยเฉพาะพวกเศษอาหาร เศษพืชผัก แต่บางชนิดก็ไม่อาจจะย่อยสลายได้เลย เช่น พลาสติก เศษแก้ว เป็น

2.1.1 ประเภทของมูลฝอย

มูลฝอยสามารถจำแนกตามพิษภัยที่เกิดขึ้นกับมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มี 2 ประเภท คือ

1. มูลฝอยทั่วไป (General waste) หมายถึง มูลฝอยที่มีอันตรายน้อย ได้แก่ พวกเศษอาหาร เศษกระดาษ เศษผ้า พลาสติก เศษหญ้า และใบไม้ ฯลฯ
2. มูลฝอยอันตราย (Hazardous waste) เป็นมูลฝอยที่มีภัยต่อคนและสิ่งแวดล้อม อาจมีสารพิษ ติดไฟ หรือระเบิดง่าย ปนเปื้อนเชื้อโรค เช่น ไฟแช็กแก๊ส กระป๋องสเปรย์ ถ่านไฟฉาย แบตเตอรี่ หรืออาจเป็นพวกสائلและผ้าพันแผลจากสถานพยาบาลที่มีเชื้อโรค

2.1.2 ชนิดมูลฝอย

ชนิดมูลฝอยแยกตามชนิดและแหล่งกำเนิด ได้ดังนี้

1. มูลฝอยเปียก (Garbage) เป็นมูลฝอยที่เกิดขึ้นจากการเตรียมอาหาร, การปรุงอาหาร, มูลฝอยจากตลาดสด เช่นเศษพืช ผัก, เปลือกผลไม้ ซึ่งมีความชื้นสูง นำมาเกิดกลิ่นเหม็นได้ง่าย
2. มูลฝอยแห้ง (Rubbish) เป็นมูลฝอยที่เผาไหม้ได้ ได้แก่ กระดาษในสำนักงาน, กระดาษหนังสือพิมพ์, หนังสือวารสาร นิตยสาร, เศษไม้, ถังกระดาษ, เฟอร์นิเจอร์ที่เสื่อมคุณภาพและไม่ใช้แล้ว เป็นต้น
3. เถ้าเหลือจากการเผา (Ashes) ได้แก่ กากที่เหลือจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง, ถ่านหิน, ถ่านไม้ และวัสดุอื่นที่เผาได้

4. ซากสัตว์ (Dead animals) ซากสัตว์ที่ตายแล้ว ได้แก่ เช่น สุนัข, แมว, ม้า และสัตว์อื่น ๆ เป็นต้น ซากสัตว์เหล่านี้จะส่งกลิ่นเหม็นเป็นเหตุรำคาญ ซากสัตว์บางชนิดยังเป็นแหล่งของโรคติดต่อ สามารถแพร่เชื้อโรคมายังมนุษย์ได้อีกด้วย

5. ซากหรือเศษชิ้นส่วนจากยานพาหนะ (Abandoned vehicles) ได้แก่ ซากรถยนต์ที่ไม่มีเจ้าของ, ซากรถที่ถูกทิ้งไว้ตามที่สาธารณะหรือขวางเส้นทางการจราจรทำให้สิ้นเปลืองเนื้อที่

6. มูลฝอยจากโรงงานอุตสาหกรรม (Industrial wastes) ได้แก่ มูลฝอยจากกระบวนการผลิตสินค้า มีลักษณะที่แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับกิจกรรมของโรงงาน

7. มูลฝอยจากการก่อสร้างหรือจากการรื้อถอน (Construction and demolition wastes) ได้แก่ เศษอิฐ, เศษไม้, เศษโลหะ และชิ้นส่วนของคอนกรีต, ท่อน้ำ และวัสดุก่อสร้างอื่น ๆ ถ้าปล่อยทิ้งไว้จะเกิดการกีดขวาง

8. มูลฝอยพิเศษ (Special wastes) เป็นมูลฝอยที่มีอันตรายอาจเป็นทั้งของแข็งและของเหลว ได้แก่ มูลฝอยจากโรงพยาบาลที่ปนเปื้อนด้วยเชื้อโรค, สารเคมี, สารกัมมันตภาพรังสี

9. มูลฝอยที่เป็นกากจากการบำบัดน้ำเสีย (Sewage treatment residual) เป็นมูลฝอยซึ่งผ่านขั้นตอนการบำบัดโดยแปลงสภาพจากของเหลวมาเป็นของแข็ง ได้แก่ ตะกอนจากบ่อบำบัดและถูกรีดเป็นแผ่นตะกอน ถือว่าเป็นมูลฝอยชนิดหนึ่ง อาจมีเชื้อโรคหรือสารเคมีที่มีพิษปะปนออกมาด้วย

10. มูลฝอยอันตรายที่เกิดจากบ้านเรือน (Household hazardous wastes) เป็นมูลฝอย ที่เกิดจากผลิตภัณฑ์ที่นำมาใช้งานหรือนำมาใช้ในครัวเรือนเมื่อเสื่อมสภาพหรือเลิกใช้แล้วหรือใช้หมดแล้วเหลือแต่ภาชนะจึงกลายสภาพเป็นมูลฝอยอันตราย ได้แก่ หลอดไฟ, หลอดฟลูออเรสเซนต์, สีสเปรย์, ถ่านไฟฉาย, เครื่องสำอาง, กระป๋องยาฆ่าแมลง และยารักษาโรคที่หมดอายุแล้ว เป็นต้น

11. มูลฝอยติดเชื้อ (Infectious wastes) เป็นสารหรือวัตถุใด ๆ ที่ไม่ต้องการและถูกทิ้งเนื่องจากมีส่วนประกอบหรือถูกปนเปื้อนด้วยสิ่งทำให้เกิดโรคหรือทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ได้แก่ เนื้อเยื่อจากการผ่าตัด, เลือด, สิ่งขับถ่าย, น้ำมูก, น้ำเหลือง, เข็มฉีดยา, อาหารเลี้ยงเชื้อ, วัคซีนที่เสื่อมสภาพ เป็นต้น เป็นมูลฝอยที่เกิดขึ้นจากโรงพยาบาล หรือสถานประกอบการทางการแพทย์ หรือสถานอนามัย

2.2 มูลฝอยติดเชื้อ (Infectious wastes)

มูลฝอยติดเชื้อ หมายถึง มูลฝอยที่มีเชื้อโรคปะปนอยู่ในปริมาณหรือมีความเข้มข้น ซึ่งถ้ามีการสัมผัสใกล้ชิดกับมูลฝอยนั้นแล้วสามารถทำให้เกิดโรคได้ มูลฝอยติดเชื้อจากโรงพยาบาลสามารถจำแนกได้ดังนี้

1. วัสดุ ชาก หรือชิ้นส่วนของมนุษย์และสัตว์ ที่ได้หรือเป็นผลมาจากการผ่าตัด การตรวจชันสูตรศพ การใช้สัตว์ทดลองที่ทดลองเกี่ยวกับโรคติดต่อ รวมทั้งวัสดุ ที่สัมผัสในการดำเนินการนั้นๆ
2. วัสดุที่ใช้ในการให้บริการทางการแพทย์ เช่น สำลี ผ้ากอซ ผ้าต่างๆ ท่อยาง ฯลฯ ซึ่งสัมผัสหรือสงสัยว่าจะสัมผัสกับเลือด ส่วนประกอบของเลือด เช่น น้ำเหลือง เม็ดเลือดต่างๆ และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเลือด สารน้ำจากร่างกาย เช่น ปัสสาวะ เสมหะ น้ำลาย น้ำเหลือง หนอง เป็นต้น
3. ของมีคมที่ใช้ในกิจกรรมต่างๆ เช่น เข็ม ใบมีด กระบอกฉีดยา หลอดแก้ว ภาชนะที่ทำด้วยแก้ว สไลด์ แผ่นกระจกปิดสไลด์ ทั้งที่ใช้ในการบริการ การวิจัย และในห้องปฏิบัติการ
4. เชื้อ และอาหารเลี้ยงเชื้อ และวัสดุที่ใช้ในห้องปฏิบัติการหรือใช้ในการตรวจวินิจฉัย ที่สัมผัสกับเชื้อทั้งทางตรงและทางอ้อม ได้แก่ เชื้อโรคและชีววัตถุต่างๆ อาหารเลี้ยงเชื้อ จานเลี้ยงเชื้อที่ใช้แล้ว ตลอดจนเครื่องมือที่ใช้ในการถ่ายเชื้อหรือกวนเชื้อ
5. วัคซีนที่ทำจากเชื้อโรคที่มีชีวิตและภาชนะบรรจุ ได้แก่ วัคซีนป้องกันวัณโรค โปลิโอ หัด หัดเยอรมัน โรคคางทูม วัคซีนโรคไข้รากสาดน้อยชนิดรับประทาน เป็นต้น
6. มูลฝอยทุกประเภทที่มาจากห้องติดเชื้อร้ายแรง เช่น ห้องแยกผู้ป่วยติดเชื้อร้ายแรง ที่ต้องระมัดระวังเป็นพิเศษห้องปฏิบัติการเชื้ออันตรายสูง เป็นต้น

2.3 เทคโนโลยีการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ

ปัจจุบันเทคโนโลยีการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อที่มีการปฏิบัติจริงทั้งในและต่างประเทศ มีอยู่ด้วยกันหลายวิธี ได้แก่

1. การทำลายเชื้อด้วยสารเคมี (Chemical disinfection)
2. เตาเผา (Incineration)
3. การทำลายเชื้อด้วยไอน้ำ (Steam sterilization หรือ Autoclaving)
4. การทำลายเชื้อด้วยความร้อน (Thermal inactivation)
5. การทำลายเชื้อด้วยก๊าซ (Gas vapor sterilization)
6. การทำลายเชื้อด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Microwave)
7. การทำลายเชื้อด้วยรังสี (Sterilization by irradiation)

2.3.1 การทำลายเชื้อด้วยสารเคมี (Chemical disinfection)

การทำลายเชื้อด้วยสารเคมีเป็นการบำบัดเบื้องต้น เป็นวิธีการที่สถานพยาบาลทั้งรัฐและเอกชนใช้มาก่อนวิธีอื่น ส่วนใหญ่จะใช้น้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรด์ (Sodium hypochloride) ความเข้มข้น 0.1-0.5% การทำลายเชื้อด้วยสารเคมี เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับมูลฝอยที่เป็นของเหลวแต่ก็ใช้กับมูลฝอยที่เป็นของแข็งได้ด้วย การทำลายเชื้อด้วยสารเคมีให้ได้ผลดีต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ดังนี้

1. ชนิดของเชื้อโรค
2. ปริมาณเชื้อที่ปนเปื้อน
3. ปริมาณวัสดุจำพวกโปรตีน
4. ชนิดของสารฆ่าเชื้อโรค
5. ความเข้มข้นและปริมาณสารฆ่าเชื้อโรค
6. ระยะเวลาสัมผัส
7. ปัจจัยอื่นๆ เช่น อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) เป็นต้น

มูลฝอยที่ทำลายเชื้อด้วยวิธีนี้จะมีสารเคมีเจือปนอยู่ ดังนั้นการนำไปกำจัดต่อไป จะต้องคำนึงถึงกฎหมายของท้องถิ่นด้วย

2.3.2 เตาเผา (Incineration)

การเผาในเตาเผาเป็นกระบวนการที่เปลี่ยนสารที่เผาไหม้ได้ให้เป็นสารที่เผาไหม้ไม่ได้ หรือถ้าผลพลอยได้จากการเผาไหม้ได้ก๊าซซึ่งจะระบายออกจากปล่องสู่บรรยากาศทั่วไป ส่วนกากเถ้าที่เหลือกำจัดโดยการฝังกลบแบบถูกหลักสุขาภิบาล การใช้เตาเผาที่มีข้อดีซึ่งสามารถลดปริมาณมูลฝอยได้มาก ไม่ต่ำกว่า 90-95 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณมูลฝอยก่อนเผา กากเถ้าที่เหลือน้อยนี้ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการขนส่งและกำจัด ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการเผาไหม้ ได้แก่ องค์ประกอบของมูลฝอย อัตราการป้อนมูลฝอยเข้าเตาเผา และอุณหภูมิในการเผาไหม้

องค์ประกอบของมูลฝอย มีผลต่อการเผาไหม้โดยเฉพาะความชื้น และค่าความร้อนของมูลฝอย (Heat value) นอกจากนี้อัตราและความถี่ของการป้อนมูลฝอยมีความสำคัญต่อการเผาไหม้ด้วย เมื่อคำนึงถึงการเผาไหม้ให้เป็นไปอย่างสมบูรณ์

อัตราการป้อนมูลฝอย มีผลต่อประสิทธิภาพของเตาเผา ต้องไม่ป้อนมูลฝอยเข้าเตาเผามากเกินไป เนื่องจากจะทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ และเกิดการคงสภาพของมูลฝอยติดเชื้อได้ อุณหภูมิการเผาไหม้ในเตาเผาทำได้โดยการปรับปริมาณอากาศและเชื้อเพลิง การอุ่นเตาเพื่อให้

อุณหภูมิในเตาเผาสูงขึ้นและพร้อมที่จะเผาที่มีความสำคัญก่อนการป้อนมูลฝอย รวมทั้งการปรับอุณหภูมิในเตาเผาระหว่างการเผาไหม้มีความจำเป็นเช่นกัน

มูลฝอยติดเชื้อจะต้องเผาที่อุณหภูมิสูงและมีระยะเวลาในการเผาเหมาะสมเพียงพอในการทำลายชิ้นเนื้ออวัยวะและมูลฝอยติดเชื้อ โดยมีความร้อนหรืออุณหภูมิในการเผาไหม้อยู่ระหว่าง 600-1,000 องศาเซลเซียส จึงจะทำให้การเผาไหม้เป็นไปอย่างสมบูรณ์

นอกจากนี้การใช้งานและบำรุงรักษาที่ถูกวิธีก็มีความสำคัญด้วย การมีอุปกรณ์ควบคุมและมีส่วนประกอบเฉพาะของเตาเผาที่ช่วยให้การใช้งานสะดวกและมีระบบควบคุมการทำงานเพื่อให้การเผาไหม้เป็นไปอย่างสมบูรณ์ เช่น การมีอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิในการเผาไหม้ อุปกรณ์ป้องกันการทำงานของระบบจุดไฟในห้องเผาไหม้ มูลฝอยซึ่งจะไม่ทำงานจนกว่าห้องเผาไหม้จะเดินเครื่องในการอุ่นเตาก่อน เป็นต้น รวมถึงระบบบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิการเผาไหม้ อัตราการป้อนมูลฝอย การใช้น้ำมันเชื้อเพลิง และปริมาณอากาศที่ป้อนเข้าเตาเผา

เนื่องจากเตาเผามีข้อเสีย ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง และค่าดำเนินการสูงประกอบกับต้องการบุคลากรที่มีความรู้ และทักษะเฉพาะด้านในการควบคุม ใช้งานและบำรุงรักษาที่ถูกวิธี ทั้งต้องหาพื้นที่สำหรับฝังกลบเถ้าในขั้นตอนสุดท้ายด้วย นอกจากนี้ในกรณีที่การเผาไหม้ในเตาเผาไม่สมบูรณ์ ทำให้เกิดปัญหามลภาวะอากาศรวมถึงก่อความรำคาญต่อประชาชนที่อยู่ใกล้เคียง จึงมีความพยายาม ในการหาเทคโนโลยีอื่นในการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อเพื่อทดแทนการใช้เตาเผา

2.3.3 การทำลายเชื้อด้วยไอน้ำ (Steam sterilization หรือ Autoclaving)

การทำลายเชื้อด้วยไอน้ำ สำหรับมูลฝอยติดเชื้อ ใช้ไอน้ำร้อนตัว ภายในถังแรงดัน (มักเรียกว่า Steam sterilizer หรือ Autoclave หรือ Retort) ณ อุณหภูมิสูงเพียงพอสำหรับทำลายเชื้อโรคในมูลฝอยได้

ระบบทำลายเชื้อด้วยไอน้ำ จะได้ผลดีขึ้นอยู่กับระยะเวลาและอุณหภูมิ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่มูลฝอยทุกส่วนจะต้องสัมผัสกับอุณหภูมิที่ต้องการตามระยะเวลาที่กำหนด กระบวนการทำลายเชื้อ เริ่มต้นด้วยการแทรกตัวของไอน้ำเข้าไปในมูลฝอย ทำให้เกิดการนำความร้อนที่ช่วยให้การถ่ายเทความร้อนดีขึ้น การทำลายเชื้อที่มีประสิทธิภาพจะเกิดขึ้นได้ตามอัตราการแทรกตัวของไอน้ำ ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่ง การทำให้ไอน้ำแทรกตัวเข้าได้ทั่วถึงทุกส่วน จะต้องไล่อากาศออกจากถังแรงดันให้หมด ไม่เช่นนั้นอากาศในถังแรงดันจะทำให้ประสิทธิภาพการทำลายเชื้อลดลง เนื่องจาก ทำให้อุณหภูมิของไอน้ำลดลง ทำให้แรงดันเปลี่ยนแปลงไป ทำให้อุณหภูมิแต่ละส่วนของระบบแตกต่างกัน ทำให้ใช้เวลานานในการเพิ่มอุณหภูมิ และทำให้ไอน้ำแทรกตัวเข้าไปในมูลฝอยไม่ทั่วถึง

ปัจจัยที่เป็นเหตุให้ได้อากาศออกไม่หมดอาจเกิดจาก การใช้ถุงพลาสติกกันความร้อนหรือการใช้ภาชนะที่ลึกลงไป หรือการป้อนมูลฝอยที่ไม่เหมาะสม ปัจจัยสำคัญที่ต้องคำนึงถึงในการทำลายเชื้อด้วยไอน้ำ คือ

1. องค์ประกอบของมูลฝอยติดเชื้อ การทำลายเชื้อด้วยไอน้ำใช้ได้ผลดีกับมูลฝอยติดเชื้อที่มีองค์ประกอบหลักเป็นมูลฝอยที่มีความหนาแน่นต่ำ เช่น พลาสติกต่างๆ แต่ไม่ได้ผลดีนักกับมูลฝอยที่มีความหนาแน่นสูง เช่น ชิ้นส่วนอวัยวะ ของเหลวต่างๆ

2. การบรรจุถุงและภาชนะรองรับมูลฝอย ชนิดและความหนาของถุงพลาสติกที่ใช้เป็นเรื่องสำคัญที่มักมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน ถุงพลาสติกที่ทนความร้อนได้รับการพิจารณาว่าไม่เหมาะสมที่จะใช้บรรจุมูลฝอยเข้าทำลายเชื้อด้วยไอน้ำ เพราะเหตุว่าไอน้ำและความร้อนจะไม่สามารถแทรกตัวเข้าสู่มูลฝอยภายในถุง ถุงพลาสติกที่เหมาะสมควรหลอมเหลวเมื่อได้รับความร้อน เพื่อให้มูลฝอยในถุงได้รับความร้อนอย่างทั่วถึง แต่การใช้ถุงประเภทนี้จะต้องมีภาชนะรองรับที่แข็งแรง ทนทานต่อความร้อนได้ดี ซึ่งมีลักษณะที่เอื้ออำนวยให้ไอน้ำแทรกตัวเข้าในถึงได้สะดวก เช่น ด้านบนเปิดกว้าง และไม่ลึกลงมากเกินไป นอกจากนี้เพื่อให้ไอน้ำแทรกตัวเข้าได้ทั่วถึงอย่างแท้จริง ถึงและจุดต่างๆ ที่จะส่งเข้าทำลายเชื้อควรเปิดฝาเสียก่อน

3. ปริมาตรของมูลฝอย เนื่องจากการควบคุมอุณหภูมิให้กระจายทั่วถึงในมูลฝอยปริมาณมากๆ นั้นเป็นไปได้ยาก หากมีมูลฝอยปริมาณมาก ควรแบ่งเข้าเครื่องครั้งละน้อยๆ จะได้ผลดีกว่า มูลฝอยที่เป็นพิษหรือสารเคมีที่อาจแตกตัวรุนแรงเมื่อได้รับความร้อนหรือมูลฝอยอันตรายไม่ควรนำเข้าทำลายเชื้อด้วยวิธีนี้เพราะจะเกิดอันตรายต่อบุคลากรที่ควบคุมเครื่อง บุคลากรเหล่านี้ควรได้รับการฝึกฝนเทคนิคในด้านความปลอดภัยจากสารเคมีหรือมูลฝอยอันตรายที่อาจปะปนมาในมูลฝอยติดเชืด้วย เช่น การใช้อุปกรณ์ป้องกันตัว การป้องกันการหกหล่นของมูลฝอยระหว่างป้อนเข้าเครื่อง การแก้ไขเมื่อเกิดการฟุ้งกระจายของสารเคมีต่างๆ เครื่องบันทึกอุณหภูมิ เป็นสิ่งจำเป็นในการควบคุมการทำงานของเครื่องทำลายเชื้อด้วยไอน้ำ เพื่อให้สามารถตรวจสอบได้ว่าเครื่องทำงานที่เหมาะสมเป็นระยะเวลาครบถ้วนตามต้องการ ขณะเดียวกันจะเป็นสิ่งเตือนเหตุบกพร่องของอุปกรณ์ต่างๆ ได้ด้วย หากไม่สามารถควบคุมได้ตามปกติ กระบวนการทำงานของเครื่องทำลายเชื้อด้วยไอน้ำ จำเป็นต้องมีการตรวจสอบและซ่อมบำรุงอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้แน่ใจว่าการทำลายเชื้อ ดำเนินการไปอย่างได้ผลตลอดเวลา นอกจากนี้ควรมีการประเมินผลทางด้านชีวภาพด้วย โดยใช้ดัชนีที่เหมาะสมกับอุณหภูมิและระยะเวลาที่ออกแบบไว้ เช่น *Bacillus Stearothermophilus* เป็นต้น

2.3.4 การทำลายเชื้อด้วยความร้อน (Thermal inactivation)

การทำลายเชื้อด้วยความร้อน เป็นวิธีที่อาศัยหลักการถ่ายเทความร้อน ทำให้เกิดสภาวะที่เชื้อโรคไม่สามารถดำรงอยู่ได้ในมูลฝอย โดยทั่วไปวิธีนี้เหมาะที่จะใช้กับมูลฝอยติดเชื้อปริมาณมาก เช่น มูลฝอยที่เกิดจากอุตสาหกรรม เป็นต้น

1. การทำลายเชื้อด้วยความร้อนสำหรับมูลฝอยติดเชื้อในรูปของเหลว ระบบนี้มีทั้งแบบทำงานไม่ต่อเนื่อง โดยใช้ถังบรรจุมูลฝอยเดี่ยว และแบบทำงานต่อเนื่องโดยใช้ถังบรรจุมูลฝอยคู่ ก่อนขั้นตอนทำลายเชื้อ อาจจำเป็นต้องอุ่นมูลฝอยให้ได้อุณหภูมิระดับหนึ่ง และอาจต้องกวนผสมให้มูลฝอยคลุกเคล้าเป็นเนื้อเดียวกัน และให้ความร้อนกระจายทั่วถึงอุณหภูมิที่ใช้และระยะเวลาเก็บกัก ขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อโรคที่คาดว่าจะพบในมูลฝอยติดเชื้อของแหล่งที่ต้องการกำจัด หลังจากทำลายเชื้อแล้ว มูลฝอยที่อยู่ในรูปของเหลวนี้สามารถทิ้งลงท่อระบายน้ำเพื่อไปบำบัด ณ ระบบบำบัดน้ำเสียต่อไป แต่ต้องคำนึงถึงมาตรฐานน้ำทิ้งของท้องถิ่นด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเรื่องอุณหภูมิซึ่งมักจะสูงกว่ามาตรฐาน ดังนั้นจึงอาจจำเป็นต้องมีเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อลดอุณหภูมิในมูลฝอยก่อนปล่อยทิ้ง องค์ประกอบของระบบประกอบด้วย ถังเก็บกักมูลฝอย ถังป้อนมูลฝอย เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนโดยใช้ไอน้ำ (Heat exchanger) ระบบท่อต่างๆ ระบบตรวจสอบและควบคุมระบบต่อเนื่องไม่จำเป็นต้องใช้ถังเก็บกักมูลฝอยขนาดใหญ่ ขั้นตอนการทำงานของระบบต่อเนื่อง เริ่มด้วยถังป้อนมูลฝอย ทำหน้าที่รองรับมูลฝอยต่างๆ แล้วสูบน้ำมูลฝอยผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยอัตราคงที่ จากนั้นหมุนเวียนกลับมาที่ถังป้อนมูลฝอยและส่วนอื่นๆ ของระบบจนกระทั่งได้อุณหภูมิตามต้องการ

2. การทำลายเชื้อความร้อน สำหรับมูลฝอยติดเชื้อในรูปของแข็ง ระบบนี้ใช้เทคนิคของความร้อนแห้ง (Dry heat) โดยมูลฝอยจะได้รับความร้อนจากเตาเผาไฟฟ้า เทคนิคนี้มีประสิทธิภาพต่ำกว่าระบบที่ใช้ไอน้ำ ดังนั้นจึงต้องใช้อุณหภูมิสูงกว่าและใช้เวลานานกว่า โดยทั่วไปใช้อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียสถึง 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 - 4 ชั่วโมง

2.3.5 การทำลายเชื้อด้วยก๊าซ (Gas/Vapor sterilization)

การทำลายเชื้อด้วยก๊าซเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่านำมาใช้ทำลายเชื้อในมูลฝอยติดเชื้อเฉพาะอย่าง วิธีนี้ตัวทำลายเชื้อเป็นก๊าซหรือไอสารเคมี สารเคมีที่นิยมใช้ คือ เอทิลีนออกไซด์ (Ethylene oxide) และฟอมัลดีไฮด์ (Formaldehyde) ซึ่งอาจเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ได้ การนำมาใช้จึงต้องมีมาตรการความปลอดภัยอย่างเคร่งครัด ดังนั้นหากจะพิจารณานำวิธีนี้มาใช้ จะต้องเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียให้แน่ชัด ในระยะหลังเอทิลีนออกไซด์ มักได้รับการแนะนำว่าไม่

ควรใช้กับมูลฝอยติดเชื้อ ส่วนฟอสฟอรัส ควรใช้กับบุคลากรที่ได้รับการฝึกฝนในการใช้งาน มาเป็นอย่างดี การทำลายเชื้อด้วยก๊าซเหล่านี้ มักจะมีก๊าซส่วนที่เหลือจากกระบวนการทำลายเชื้อ สะสมอยู่ในมูลฝอย ซึ่งจะระเหยออกมาในภายหลังได้

2.3.6 การทำลายเชื้อด้วยรังสี (Sterilization by irradiation)

การทำลายเชื้อด้วยรังสีเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่กำลังพัฒนาขึ้นมาใช้ในภายหลัง โดยอาศัย ประสิทธิภาพจากการใช้รังสีให้กับเครื่องมือแพทย์ อุปกรณ์ทางการแพทย์ อาหาร และสินค้า อุปโภคต่างๆ จึงมีการพัฒนาระบบนี้มาใช้กับมูลฝอยติดเชื้อ

2.3.7 การทำลายเชื้อด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Microwave treatment)

การทำลายเชื้อด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นเทคโนโลยีใหม่ที่กำลังพัฒนาขึ้นมาใช้กับมูลฝอย ติดเชื้อ เมื่อไม่นานมานี้ ประกอบด้วยส่วนย่อยมูลฝอย (Shredder) และส่วนทำลายเชื้อ ระบบนี้ ใช้ความร้อนเป็นตัวทำลายเชื้อ ความร้อนดังกล่าวนี้เกิดขึ้น โดยการฉีดละอองน้ำให้สัมผัสมูลฝอย อย่างทั่วถึง แล้วใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้เกิดความร้อนแก่ละอองน้ำเหล่านั้น

องค์ประกอบสำคัญที่ต้องควบคุมเพื่อให้การทำลายเชื้อด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ผลดี ได้แก่ การย่อยมูลฝอย อุณหภูมิ และระยะเวลาในการให้ความร้อน การย่อยมูลฝอยมีส่วนสำคัญมาก ซึ่งต้องย่อยมูลฝอยให้มีขนาดเล็ก และคลุกเคล้าให้ทั่วถึง เพื่อให้ละอองน้ำสัมผัสมูลฝอยได้ทุกจุด ไม่เช่นนั้น จะเกิดจุดบอด ซึ่งมูลฝอยบริเวณที่ไม่มีความร้อน จะไม่ได้รับความร้อนเพียงพอ (Cold Spot) โดยทั่วไประบบนี้ควรควบคุมให้ทำงานที่อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 95 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา ไม่น้อยกว่า 20 นาที

2.4 แรงที่ทำให้วัสดุแตกหรือขาดออกจากกัน

สุริยนต์ (2536) กล่าวว่า แรงที่ทำให้วัสดุแตกหรือขาดออกจากกัน อาจได้จาก

1. การทุบ หรือการดี เป็นการใช้อำนาจของอุปกรณ์หรือเครื่องมือทุบก่อนของแข็ง
2. การบีบ เป็นการกดบีบก่อนแข็งด้วยพื้นที่สองด้านของเครื่องมือ
3. การเฉือน อาศัยการเสียดสีระหว่างพื้นที่สองด้านของเครื่องมือ
4. การกระแทก เป็นการให้ก้อนของแข็งกระทบกับพื้นที่ใช้งานของเครื่องมือ
5. การตัด โดยอาศัยความคมจากใบมีดของเครื่องมือ

สุริยนต์ (2536) ได้แสดงถึงความเหมาะสมของแต่ละวิธีการที่จะนำมาใช้กับการลดขนาด ของวัสดุที่มีคุณสมบัติต่าง ๆ กัน ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของวัสดุและชนิดของวิธีการทำให้วัสดุแตกหรือขาดออกจากกัน

คุณสมบัติ	การทุบ	การบีบ	การเฉือน	การกระแทก	การตัด
แข็ง	++	-	-	-	-
เปราะ	++	++	-	++	-
แข็งปานกลาง	++	+	+	++	-
อ่อน	+	+	++	++	++
ยืดหยุ่น	-	-	-	+	++
เหนียว	-	-	-	++	++
เป็นเส้นใย	+	-	+	+	++
ไม่ทนความร้อน	-	-	-	++	+

หมายเหตุ : (++) เหมาะสมดี (+) พอใช้ได้ (-) ใช้ไม่ได้

ที่มา : สุริยันต์. 2536.

2.5 ประเภทของเครื่องย่อยวัสดุ

สมเกียรติ (2535) ได้แบ่งเครื่องย่อยวัสดุตามขนาดของวัสดุที่ป้อนเข้าไปและแบ่งตามลักษณะของการย่อย ได้ดังนี้

2.5.1 การแบ่งตามขนาดของวัสดุที่ป้อนเข้าไปและขนาดของผลผลิตที่ออกมา เครื่องย่อยแบบนี้ประกอบด้วยอุปกรณ์ลดขนาดประเภทหยาบ ปานกลาง ละเอียด และละเอียดมาก เครื่องย่อยแต่ละประเภทต่างมีขีดจำกัดในเครื่องของความละเอียดของผลผลิตที่ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ของเครื่อง ตัวอย่างเช่น เครื่องย่อยแบบค้อน ไม่สามารถผลิตผงวัสดุที่มีความละเอียดที่สูงมากได้ เครื่องย่อยขนาดหยาบและขนาดกลาง มักใช้สำหรับย่อยวัสดุขั้นต้นเพื่อให้ได้ขนาดที่เหมาะสมสำหรับป้อนให้กับเครื่องย่อยที่มีความละเอียดสูงต่อไป

2.5.2 การแบ่งตามลักษณะของการย่อย ซึ่งแบ่งได้เป็น 4 ประเภทหลักคือ การอัด การตัด การกระแทก และการขัดสี เครื่องย่อยที่ใช้หลักการอัด เช่น เครื่องย่อยแบบตะไบหรือแบบลูกกลิ้ง เหมาะสำหรับการย่อยอย่างหยาบสำหรับวัสดุที่มีขนาดเป็นก้อนใหญ่ เครื่องย่อยที่ใช้หลักการตัดโดยมีอุปกรณ์ใบมีดนั้นเหมาะสำหรับการย่อยขนาดกลาง เครื่องย่อยแบบกระแทก เช่น เครื่องย่อยแบบฉ้อนเป็นอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพ แต่ก็ยังไม่สามารถให้ผลผลิตที่มีความละเอียดสูงมากๆ ถ้าต้องการผลผลิตที่มีความละเอียดสูงต้องอาศัยหลักการย่อยแบบขัดสีเข้ามาช่วย

2.6 การเลือกอุปกรณ์ให้เหมาะสมกับวัตถุดิบ

พันทิพา (2539) ได้กล่าวถึงการเลือกอุปกรณ์ลดขนาด โดยคำนึงถึงลักษณะของวัตถุดิบที่จะลดขนาดดังนี้

2.6.1 ความแข็ง เนื่องจากวัตถุดิบมีคุณสมบัติด้านความแข็งต่างกัน การทำวัตถุดิบที่แข็งให้มีขนาดเล็กลงจะค่อนข้างยาก อาจต้องใช้เวลาและพลังงานมากขึ้นส่งผลให้ได้ผลผลิตออกมาช้ากว่าปกติและเครื่องมือต้องมีขนาดใหญ่กว่าเดิมหากต้องการได้ผลผลิตเร็ว วัตถุดิบที่แข็งมักทนต่อแรงเสียดสี ดังนั้น อุปกรณ์ที่จะใช้ลดขนาดวัตถุดิบประเภทนี้จะต้องเป็นโลหะที่ทนต่อการเสียดสี เช่น เหล็กผสมแมงกานีส และควรออกแบบให้เปลี่ยนได้ง่าย สะดวก รวดเร็ว นอกจากนี้ถ้าต้องการให้เครื่องมือทนต่อการใช้งานการทำวัตถุดิบที่แข็งให้มีขนาดเล็กลงต้องปรับให้เครื่องจักรหมุนช้าลง

2.6.2 ลักษณะโครงสร้างวัตถุดิบ หากวัตถุดิบมีโครงสร้างที่ไม่ยึดเหนี่ยวกันแน่น มีลักษณะร่วน เช่น แป้งของเมล็ดข้าวฟ่างจะร่วนกว่าของข้าวโพดเพราะขาดความเหนียวแบบ Stickiness การตีจะแตกตัวง่ายกว่า หรือลักษณะเป็นผลึกก็จะตีให้แตกได้ง่าย หรือพวกที่มีขนาดใหญ่จะตีให้แตกได้ง่ายกว่าขนาดเล็ก ลักษณะที่กล่าวมาแล้วนี้ควรใช้แรงอัดแบบบดอัด (Crushing) ก็เพียงพอแล้ว

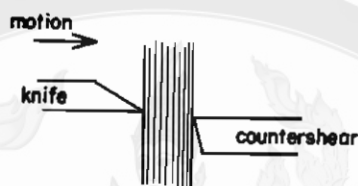
2.6.3 วัตถุดิบที่มีเยื่อใยสูง วัตถุดิบประเภทนี้จะแยกออกจากกันได้ยาก ควรใช้แรงแบบอัด (Compressive) หรือแบบกระแทก (Impact) ดังนั้นเครื่องมือต้องเป็นแบบตัด (Cutting) หรือฉีกออกตามแนวยาว (Shredding)

2.7 ความหมายและชนิดของการตัด

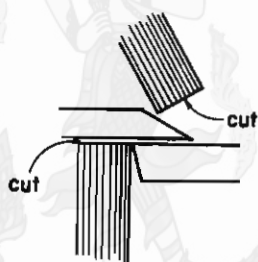
การตัดคือ ขบวนการทางกลที่แบ่งวัตถุคงรูป (Rigid body) ตามแนวเส้นที่กำหนดไว้แล้ว โดยใช้เครื่องตัด (Cutting tools) ซึ่งมีลักษณะเป็นขอบที่แน่นอนและเห็นได้ชัด ในกรณีทั่วไปวัตถุเดิมจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ทำให้มีผิวที่เกิดใหม่ซึ่งเรียกว่า ส่วนที่ถูกแบ่ง การตัดจะเกิดขึ้นได้ต้องประกอบด้วยส่วนประกอบพื้นฐาน 3 ประการ คือ วัตถุที่จะตัด ใบมีด แท่นรองรับการตัดหรือเชิง (ภาพที่ 2.1) โดยใบมีดเคลื่อนที่ผ่านวัตถุที่จะตัดซึ่งถูกยึดให้อยู่กับที่ด้วยแท่นรองรับการตัด การตัดสามารถแบ่งได้ 2 ลักษณะ คือ (กรต และคณะ, 2539)

2.7.1 การตัดแบบกรรไกร (Scissors cut) คือ การตัดที่ใบมีดและแท่นด้านทานการตัดหรือเจียง (Counter shear) เคลื่อนที่ผ่านเข้าไปในเนื้อวัตถุทั้งคู่

2.7.2 การตัดแบบมีด (Knife cut) คือ การตัดที่ขอบใด ๆ ที่มีคมหรือใบมีดเคลื่อนที่ผ่านเข้าไปในเนื้อวัตถุเพียงอย่างเดียว



(ก)



(ข)

ภาพที่ 2.1 ส่วนประกอบพื้นฐานและการเคลื่อนที่ในการตัด

ที่มา : Persson. 1987.

2.8 เครื่องสับพืชอาหารสัตว์สด

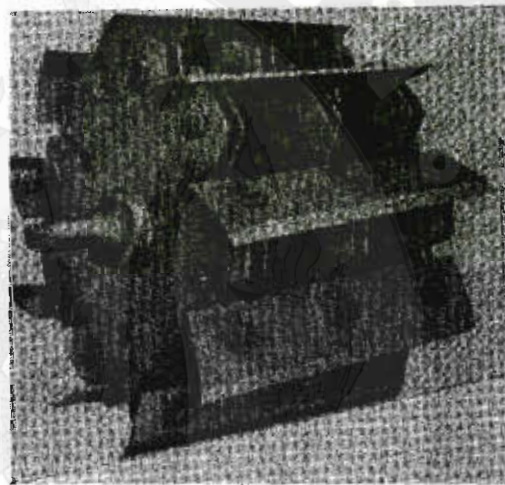
กลไกสำคัญที่ก่อให้เกิดการสับในเครื่องสับพืชอาหารสัตว์คือส่วนประกอบที่เรียกว่า หัวสับ (Cutter head) ซึ่งสามารถแบ่งหัวสับออกได้ 2 ประเภท (กรต และคณะ, 2539)

2.8.1 หัวสับชนิดจานกลม (Flywheel type) รูปร่างของหัวสับมีลักษณะเป็นจานกลมใบมีดติดอยู่ในแนวรัศมี โดยปกติจะมีใบมีดประมาณ 4-6 ใบ ดังแสดงในภาพที่ 2.2(ก) เส้นผ่านศูนย์กลางของหัวสับประเภทนี้ค่อนข้างใหญ่ อาจมีเส้นผ่านศูนย์กลางถึง 1.25 เมตร และมีจำนวนใบมีดได้ตั้งแต่ 2, 5 หรือ 10 ใบ สำหรับเครื่องเก็บเกี่ยวและสับหญ้าในแปลง (Forage harvester) บนหัวสับประเภทนี้มีใบพัดอยู่ 3 หรือ 4 ใบ ติดอยู่รอบเส้นรอบวงของหัวสับ โดยทำหน้าที่เหวี่ยงวัสดุที่ถูกสับขึ้นไปทางด้านบนตามท่อส่งและตกลงในรอกพ่วงสำหรับบรรทุก

2.8.2 หัวสับชนิดทรงกระบอก (Cylinder type) รูปร่างของหัวสับประเภทนี้มีลักษณะเป็นทรงกระบอก ดังแสดงในภาพที่ 2.2(ข) โดยปกติจะมีใบมีด 6 ใบ และมีเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 38-46 เซนติเมตร (15-16 นิ้ว) หรือหากมีใบมีด 9 ใบ จะมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 61 เซนติเมตร (24 นิ้ว) หัวสับชนิดทรงกระบอกนี้ทำงานในลักษณะสับและเหวี่ยง (Direct throw) โดยเครื่องสับที่มีการผลิตในเชิงพาณิชย์แสดงในภาพที่ 2.3



(ก) หัวสับชนิดจานกลม



(ข) หัวสับชนิดทรงกระบอก

ภาพที่ 2.2 หัวสับ

ที่มา : Persson. 1987.

หัวสับ (Cutter head) ไม่ว่าจะมียุทธศาสตร์แบบใดก็ตามจะมีคุณสมบัติที่เหมือนกัน ดังนี้

1. การติดตั้งใบมีดหรือรูปร่างใบมีด จะทำให้การตัดเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็นลำดับจากมุมใดมุมหนึ่งของใบมีดไปยังด้านตรงข้าม ทั้งนี้เพื่อลดแรงบิด
2. ใบมีดสามารถถอดออกได้ เพื่อเพิ่มความยาวในการสับ แต่ใบมีดที่เหลือจะต้องมีระยะห่างเท่าๆ กัน เพื่อให้เกิดความสมดุลของหัวสับ



ภาพที่ 2.3 เครื่องสับฟืนชอนเนกประสงค์
ที่มา : บัณฑิต. 2554.

2.9 เครื่องย่อยแบบค้อน (Hammer mill)

เครื่องย่อยแบบค้อน ใช้ในการลดขนาดวัสดุต่างๆ ใช้ในการบดละเอียดวัสดุที่ต้องการ ใช้ในการผลิตส่วนผสมของปุ๋ย หรือใช้งานในโรงงานต่างๆ มากมาย ส่วนประกอบหลักของเครื่องย่อยแบบค้อน ได้แก่

- ตะแกรงคัดขนาด(Screen) ตะแกรงจะติดตั้งอยู่ส่วนล่างของเครื่องย่อยแบบค้อน ทำหน้าที่กรองวัสดุให้ได้ตามขนาดที่ต้องการ

- ใบมีด(Beater) ตัวใบมีดของเครื่องย่อยแบบค้อนจะยึดติดกับแกนเพลลา ใบมีดทำหน้าที่ตีวัสดุให้แตกและถูกเกล็ด้าผลผลิตจนกว่าจะได้ขนาดที่เล็กลงตามต้องการแล้วรูดผ่านตะแกรงลงสู่ส่วนล่างของตัวเครื่อง

เครื่องย่อยประเภทนี้เป็นประเภทความเร็วสูงแรงบิดต่ำ(High speed- Low torque; HSLT) โดยทั่วไปจะมีความเร็วรอบที่เพลลาในช่วง 700 ถึง 1200 รอบต่อนาที โดยเครื่องย่อยแบบมือนที่มีการผลิตในเชิงพาณิชย์แสดงในภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 เครื่องบดข่อยขอนกประสงค์
ที่มา : บัณฑิต. 2554.

2.10 เครื่องหั่นย่อย (Chipper-Shredder)

เครื่องหั่นย่อยนี้มีลักษณะการทำงาน 2 ลักษณะ คือเมื่อต้องการย่อยใบไม้หรือปุยหมักให้นำวัสดุเหล่านี้ใส่ช่องด้านบน โดยมีหลักการทำงานแบบเครื่องย่อยแบบค้อน เมื่อต้องการย่อยกิ่งไม้ให้นำกิ่งไม้ใส่เข้าทางด้านข้างของตัวเครื่อง โดยมีหลักการทำงานแบบเครื่องสับโดยใช้หัวสับชนิดจานกลม แต่จะใช้ใบมีดเพียง 2-3 ใบ แล้วแต่การออกแบบ โดยเครื่องหั่นย่อยที่มีการผลิตในเชิงพาณิชย์แสดงในภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.5 เครื่องหั่นย่อยขอนกประสงค์
ที่มา : บัณฑิต. 2554.

2.11 เครื่องย่อยวัสดุประเภทแรงเฉือน

เป็นเครื่องย่อยที่มีชุดใบมีด 2 ชุด โดยใบมีดจะรื้อยเป็นชุดใบมีดอยู่บนเพลลา ขณะทำงานเพลลาที่มีชุดใบมีดจะหมุนเข้าหากัน ดังแสดงในภาพที่ 2.6 สามารถย่อยวัสดุได้หลายชนิด เช่น ขางรถยนต์ ไม้ กระดาษ พลาสติก เป็นต้น เครื่องย่อยประเภทนี้เป็นประเภทความเร็วต่ำแรงบิดสูง (Low speed-High torque; LSHT) โดยทั่วไปจะมีความเร็วรอบที่เพลลาในช่วง 10 ถึง 50 รอบต่อนาที



ภาพที่ 2.6 เครื่องย่อยวัสดุประเภทแรงเฉือน

ที่มา : SSI Shredder System, Inc. 2009.

2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ภรต และคณะ (2533) ได้พัฒนาเครื่องสับฟางข้าวที่ผ่านการนวดด้วยเครื่องนวดข้าว ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ ชุดป้อนฟาง ประกอบด้วยถาดและลูกกลิ้งทรงกระบอกตันสองอัน มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 76.2 มิลลิเมตร ยาว 255 มิลลิเมตร หมุนสวนทางกัน โดยมีระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งถึง 5.0 มิลลิเมตร เพื่อจับยึดฟางและดึงป้อนเข้าสู่เครื่อง หัวสับเป็นแบบทรงกระบอก (Cylinder type) ประกอบด้วยแท่นด้านทานการตัดหรือเฉียง (Counter shear) และใบมีด 6 ใบ ติดอยู่บนหัวสับ ใบมีดทำด้วยเหล็กคาร์บอน มีขนาด 68x295x10 มิลลิเมตร และเฉียงทำมุม 10 องศา ช่องทางออกของฟางที่ถูกสับแล้วเป็นช่องอยู่ข้างใต้หัวสับรองรับฟางที่ถูกสับแล้ว และไหลลงสู่ด้านล่างต่อไป เครื่องสับฟางนี้มีสมรรถนะสับฟางได้ 97–135 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ที่ความเร็วรอบ 200–300 รอบต่อนาที ฟางที่สับได้มีขนาดสั้นกว่า 5 มิลลิเมตร เฉลี่ย 80% ความต้องการกำลัง 0.8 กิโลวัตต์

ภรต (2533) ได้ปรับปรุงเครื่องสับฟางเพื่อใช้สำหรับสับพืชอาหารสัตว์สด โดยมี ส่วนประกอบที่แตกต่างไปจากเครื่องสับฟางเดิมคือ ชุดป้อนต้นพืชเป็นลูกกลิ้งเหล็กเจาะเป็นร่อง เล็กๆ ตามความยาว 2 อัน ลูกกลิ้งจะบีบอัดให้ลำต้นพืชแข็งแตก และมีใบมีดจำนวน 5 ใบ เครื่องสับ พืชอาหารสัตว์สดนี้มีความเร็วรอบของหัวสับ 300 รอบต่อนาที สามารถสับต้นข้าวโพด และ ผักตบชวาสดได้ 365 และ 91 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ และมีขนาดหลังการสับ 5.6 และ 5.7 มิลลิเมตร ตามลำดับ

จารุวัฒน์ (2538) ได้พัฒนาเครื่องหั่นย่อยซากพืชเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ โดยหัวสับเป็นชนิด จานกลม(Flywheel) มีกลไกสับเป็นใบมีดติดอยู่กับคุมใบพัด ใช้หัวหั่นหญ้าเนเปียร์ ต้นข้าวโพด ต้น อ้อย ผักตบชวาตากแห้งหนึ่งวัน ฟางข้าวมัดเรียงเป็นกำ ระบบป้อนสามารถปรับความเร็วของการ ป้อนได้ ทำให้ปรับความยาวของการตัดได้ สามารถตัดได้สั้นที่สุด 10 มิลลิเมตร ใบมีดจำนวน 3 ใบ ยาว 260 มิลลิเมตร ความเร็วรอบในการตัด 1,000 รอบต่อนาที ใช้ต้นกำลังมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 5 กำลังม้า สมรรถนะการตัด 1,800–2,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

ภรต และคณะ (2539) ได้พัฒนาและปรับปรุงเครื่องสับพืชอาหารสัตว์แห้งและสด เอนกประสงค์สำหรับปศุสัตว์ โดยใช้หัวสับชนิดทรงกระบอก ติดใบมีดจำนวน 6 ใบ ความกว้างใน การสับ 380 มิลลิเมตร มีสมรรถนะการสับฟาง(2.81% w.b.) มีค่ามากที่สุด 82.2 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และสมรรถนะการสับต้นข้าวโพด(57.29% w.b.) มีค่ามากที่สุด 159.8 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

บัณฑิต (2552) ได้ออกแบบ และสร้างเครื่องหั่นย่อยขนาดเล็ก และได้รับอนุสิทธิบัตรเลขที่ 5241 โดยเครื่องมีขนาดความกว้าง 0.87 เมตร ยาว 1.14 เมตร และสูง 1.11 เมตร มีน้ำหนักรวม ทั้งสิ้น 98 กิโลกรัม ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1.5 แรงม้า เป็นต้นกำลัง ผลการทดสอบการ ทำงานของเครื่อง พบว่า เครื่องหั่นย่อยขนาดเล็กนี้มีความเร็วรอบที่เหมาะสมที่ 857 รอบต่อนาที สามารถหั่นย่อยกิ่งไม้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 นิ้ว ได้ 252 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และย่อยใบไม้ แห้งได้ 48.52 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ต้นทุนในการหั่นย่อยกิ่งไม้เท่ากับ 0.03 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อไม่ จ้างแรงงาน และ 0.23 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อจ้างแรงงานวันละ 200 บาท ส่วนต้นทุนในการหั่น ย่อยใบไม้แห้งมีต้นทุน 0.16 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อไม่จ้างแรงงาน และ 1.19 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อ จ้างแรงงานวันละ 200 บาท

บัณฑิต (2552) ได้ทำการออกแบบ สร้าง และทดสอบเครื่องย่อยเปลือกทุเรียน โดยเครื่อง มีขนาดความกว้าง 1.02 เมตร ยาว 2.24 เมตร และสูง 1.51 เมตร ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 5 แรงม้า จำนวน 2 ตัว เป็นต้นกำลัง ผลการทดสอบ พบว่า เครื่องย่อยเปลือกทุเรียนมีความเร็วรอบที่ เหมาะสมเท่ากับ 120-120 รอบต่อนาที ความสามารถในการทำงานจริง 4,898 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

เปลือกทุเรียนมีปริมาตรลดลง 49.65 เปอร์เซ็นต์ และมีต้นทุนในการข่อยเปลือกทุเรียนเท่ากับ 113 บาทต่อตัน

บัณฑิต (2554) ได้ทำการพัฒนาเครื่องหั่นข่อยขนาดเล็กที่สามารถหั่นข่อยวัสดุเส้นใยขาว และได้รับอนุสิทธิบัตรเลขที่ 7271 โดยเครื่องมีขนาดความกว้าง 0.68 เมตร ยาว 1.03 เมตร และสูง 1.14 เมตร มีน้ำหนักรวมทั้งสิ้น 101 กิโลกรัม ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1.5 แรงม้า เป็นต้นกำลัง ผลการทดสอบการทำงาน พบว่า เครื่องมีความเร็วรอบที่เหมาะสมที่ 863 รอบต่อนาที สามารถหั่นข่อยใบสนได้ 94.74 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ต้นทุนในการหั่นข่อยใบสนเท่ากับ 0.11 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อไม่จ้างแรงงาน และ 0.38 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อจ้างแรงงานวันละ 200 บาท

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 อุปกรณ์

1. เครื่องย่อยมูลฝอยคืดเชื้อ
2. เครื่องชั่งน้ำหนัก
3. นาฬิกาจับเวลา
4. เครื่องวัดความเร็วรอบ(Digital tachometer)

3.2 เครื่องย่อยมูลฝอยคืดเชื้อ

ส่วนประกอบหลักของเครื่องย่อยมูลฝอยคืดเชื้อ มีดังนี้

1. เครื่องย่อยมูลฝอยคืดเชื้อ มีส่วนประกอบสำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นเครื่องย่อยหยาบ และเครื่องย่อยละเอียด โดยเครื่องย่อยหยาบวางอยู่บนเครื่องย่อยละเอียด
2. เครื่องย่อยมูลฝอยคืดเชื้อ มีขนาดความกว้าง 2.44 เมตร ยาว 1.81 เมตร และสูง 2.03 เมตร
3. เครื่องย่อยหยาบ มีขนาดความกว้าง 2.44 เมตร ยาว 1.00 เมตร และสูง 2.03 เมตร มีล้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 เมตร จำนวน 4 ล้อ สำหรับเคลื่อนย้าย ดันกำลังใช้มอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 5 แรงม้า จำนวน 2 ตัว มีชุดควบคุมการทำงานมอเตอร์ไฟฟ้าให้หมุนกลับทิศทางได้ โดยมีเพลลาของหัวสับ 2 เพลลา โดยเพลลาอันหนึ่งใช้ความเร็วรอบ 36 รอบต่อนาที ส่วนเพลลาอีกอันหนึ่งใช้ความเร็วรอบ 48 รอบต่อนาที
4. เครื่องย่อยละเอียด มีขนาดความกว้าง 0.80 เมตร ยาว 1.90 เมตร และสูง 1.28 เมตร มีล้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.20 เมตร จำนวน 4 ล้อ สำหรับเคลื่อนย้าย ดันกำลังใช้มอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 10 แรงม้า จำนวน 1 ตัว มีชุดควบคุมการทำงานมอเตอร์ไฟฟ้า โดยมีเพลลาของหัวสับ 1 เพลลา มีความเร็วรอบ 800 รอบต่อนาที
5. ตะแกรงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูเท่ากับ 25 มิลลิเมตร



ภาพที่ 3.1 เครื่องย่อยมูลฝอยคดเชื้อ

3.3 การทดสอบการทำงานของเครื่องย่อยมูลฝอยคืดเชื้อ

การทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบการทำงานของเครื่องในการย่อยมูลฝอยคืดเชื้อ ซึ่งมีวิธีการทดสอบ โดยสังเขปดังนี้

1. เดินเครื่องย่อยวัสดุคืดเชื้อ โดยส่วนของเครื่องย่อยหยาบโดยเพลลาอันหนึ่งใช้ความเร็วรอบ 36 รอบต่อนาที ส่วนเพลลาอีกอันหนึ่งใช้ความเร็วรอบ 48 รอบต่อนาที ส่วนเครื่องย่อยละเอียดใช้ความเร็วรอบ 800 รอบต่อนาที
2. นำมูลฝอยคืดเชื้อมาชั่งน้ำหนัก แล้วทำการป้อนเข้าทางช่องป้อน
3. จับเวลา
4. นำมูลฝอยคืดเชื้อที่ถูกย่อยแล้ว ที่อยู่ในช่องทางออกด้านล่าง ไปชั่งน้ำหนัก เพื่อนำไปคำนวณหาความสามารถในการทำงาน
5. บันทึกผลการทดสอบเพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ผล
6. ดำเนินการทดสอบเช่นเดียวกัน จนครบ 8 ชั่วโมง

3.4 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ ทำโดยการประเมินค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการย่อยมูลฝอยคืดเชื้อ โดยมีเงื่อนไขต่าง ๆ ที่ใช้ในการประเมินผล มีดังต่อไปนี้

- ใช้วิธีเส้นตรงในการคิดค่าเสื่อมราคา
- ไม่คิดค่าโรงเรือน ค่าภาษี และค่าประกัน
- ไม่คิดค่าใช้จ่ายปลีกย่อยอื่น ๆ
- ใช้ค่าใช้จ่ายในปี 2556 เป็นฐานในการคำนวณ

ตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ

1. ราคาเครื่องย่อยมูลฝอยคืดเชื้อ	440,000 บาท
2. อายุการใช้งาน	10 ปี
3. ราคาซาก	44,000 บาท
4. อัตราดอกเบี้ย	7.5 % ต่อปี
5. ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา (คิดจาก 1.5% ของราคาแรกซื้อต่อ 100 ชั่วโมงทำงาน)	66 บาทต่อชั่วโมง
6. อัตราค่าไฟฟ้า	4.00 บาทต่อหน่วย
7. อัตราการใช้ไฟฟ้า	14.92 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง
8. ค่าไฟฟ้า	59.68 บาทต่อชั่วโมง

9. เครื่องย่อยวัสดุติดเชือกทำงานวันละ	3 ชั่วโมง
10. ค่าจ้างแรงงาน	300 บาทต่อวันต่อคน
11. ใช้แรงงานทั้งสิ้น	2 คน
12. ความสามารถในการทำงาน	113.22 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

หมายเหตุ เครื่องย่อยมูลฝอยติดเชือกคิดการทำงาน 3 ชั่วโมงต่อวัน ส่วนแรงงานคิดค่าใช้จ่ายเต็มวัน หรือ 8 ชั่วโมงต่อวัน เนื่องจากต้องมีการจัดเตรียมวัสดุในการย่อย ขณะย่อยก็ต้องนำวัสดุออกจากเครื่อง และภายหลังการย่อยก็ต้องจัดเก็บวัสดุที่ย่อยแล้ว พร้อมทั้งยังต้องทำความสะอาดเครื่อง

บทที่ 4

ผลการทดสอบและวิจารณ์

4.1 ผลการทดสอบการทำงานของเครื่องย่อยมูลฝอยติดเชื้อ

ในการทดสอบเครื่องย่อยมูลฝอยติดเชื้อนี้ ได้นำมูลฝอยติดเชื้อที่ผ่านกระบวนการทำลายเชื้อด้วยไอน้ำจากโรงพยาบาลเชียงใหม่ราม โดยมูลฝอยติดเชื้อที่ใช้ในการทดสอบทั้งสิ้น 95.4 กิโลกรัม ในการทดสอบครั้งนี้เครื่องย่อยหยาบซึ่งมีเพลลาของหัวสับ 2 เพลลา โดยเพลลาอันหนึ่งใช้ความเร็วรอบ 36 รอบต่อนาที ส่วนเพลลาอีกอันหนึ่งใช้ความเร็วรอบ 48 รอบต่อนาที และเครื่องย่อยละเอียดซึ่งอยู่ด้านล่างใช้ความเร็วรอบ 800 รอบต่อนาที ใช้ตะแกรงที่มีรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร และที่ปลายของตะแกรงทำช่องเปิด 5 เซนติเมตร เพื่อช่วยในการระบายมูลฝอยที่ผ่านการย่อยแล้วให้ออกไป กรณีที่ตะแกรงเกิดการอุดตัน ผลการทดสอบการทำงานแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบการทำงาน

การทดสอบครั้งที่	มูลฝอยติดเชื้อ ที่ผ่านการย่อย (กิโลกรัม)	เวลาที่ใช้ ในการย่อย (วินาที)	ความสามารถ ในการทำงาน (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)
1	3.0	210	51.43
2	10.4	390	96.00
3	6.0	160	135.00
4	6.0	180	120.00
5	10.0	180	200.00
6	7.0	180	140.00
7	5.5	270	73.33
8	9.0	360	90.00
เฉลี่ย			113.22

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่า ความสามารถในการทำงานเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 113.22 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยในการทดสอบนี้จะเห็นได้ว่าในแต่ละการทดสอบนั้นมีความสามารถในการขยับที่แตกต่างกันไป เนื่องจากมูลฝอยติดเชื้อมีความหนาไม่มากนักและความหนาแน่นต่ำ เช่น กระดาษทิชชู ไม้พันสำลีเช็ดแผล ถุงมือยาง สายยาง กระบอกฉีดยา เป็นต้น แต่บางถุงนั้นบรรจุมูลฝอยติดเชื้อที่ทำการขยับค่อนข้างยากเนื่องจากมูลฝอยติดเชื้อมีความหนามากและมีความหนาแน่นสูง เช่น เสื้อผ้าถุงน้ำเกลือ ผ้าอ้อมสำเร็จรูป เป็นต้น จึงทำให้ระยะเวลาในการทำงานแตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาขนาดของมูลฝอยติดเชื้อที่ผ่านการขยับแล้ว โดยเจ้าหน้าที่จากกรมอนามัยได้ทำการตรวจสอบและลงความเห็นว่าเป็นขนาดที่สามารถนำไปทิ้งรวมกับมูลฝอยทั่วไปได้

จากการทดสอบการใช้เครื่องขยับมูลฝอยติดเชื้อ ผู้ใช้งานต้องทำความเข้าใจการควบคุมการทำงานของเครื่องไม่เช่นนั้นจะไม่สามารถดำเนินการขยับวัสดุได้ เนื่องจากในกรณีที่บรรจุมูลฝอยติดเชื้อที่มีขนาดใหญ่และมีมูลฝอยติดเชื้อที่ขยับได้ยากแล้ว ผู้ใช้งานจะต้องทำการหมุนให้หัวสับทำการขยับและหมุนกลับทิศทางของหัวสับเพื่อคายเศษมูลฝอยติดเชื้อเป็นระยะเพื่อป้องกันการติดขัดของหัวสับ

เมื่อพิจารณาตะแกรงของเครื่องขยับมูลฝอยติดเชื้อ ใช้ตะแกรงที่มีรูขนาด 25 มิลลิเมตร จากการทดสอบเห็นได้ว่า มูลฝอยติดเชื้อที่นำมาทดสอบนั้นมีความหลากหลายของวัสดุ เมื่อทำการทดสอบไปเรื่อยๆ มูลฝอยติดเชื้อซึ่งมีความชื้นสูงและมีลักษณะเป็นเส้นใย จะไปอุดตันที่รูตะแกรงจึงต้องทำช่องระบายโดยช่องระบายนี้มีความกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 52 เซนติเมตร

เมื่อพิจารณาถึงช่องทางออกของมูลฝอยติดเชื้อที่ขยับแล้ว จะเห็นได้ว่าสามารถรองรับมูลฝอยติดเชื้อที่ผ่านการขยับได้ประมาณ 20 กิโลกรัม ดังนั้นในการปฏิบัติงานผู้ใช้งานควรขยับมูลฝอยติดเชื้อประมาณ 20 กิโลกรัม แล้วจึงทำการหยุดเครื่องเพื่อนำมูลฝอยติดเชื้อที่ผ่านการขยับออกมาบรรจุถุง หลังจากนั้นจึงดำเนินการขยับต่อไป

เครื่องขยับมูลฝอยติดเชื้อมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 113.22 กิโลกรัมต่อชั่วโมง หากเครื่องขยับมูลฝอยติดเชื้อทำงานวันละ 3 ชั่วโมง (เนื่องจากต้องมีการจัดเตรียมวัสดุในการขยับ ขณะขยับก็ต้องนำวัสดุออกจากเครื่อง และภายหลังการขยับก็ต้องจัดเก็บวัสดุที่ขยับแล้วพร้อมยังต้องทำความสะอาดเครื่อง) คิดเป็นความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 339.66 กิโลกรัมต่อวัน จากข้อมูลการศึกษาของกรมควบคุมมลพิษ พบว่า อัตราการเกิดมูลฝอยติดเชื้อเฉลี่ย 0.54 กิโลกรัมต่อเตียงต่อวัน ดังนั้น เครื่องขยับมูลฝอยติดเชือนี้สามารถใช้ได้กับโรงพยาบาลที่มีเตียงผู้ป่วยไม่เกิน 629 เตียง หากโรงพยาบาลมีจำนวนเตียงมากกว่านั้นอาจต้องเพิ่มระยะเวลาการทำงานเครื่อง

4.2 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า ต้นทุนในการขอยืมลฟอยคิตเชื้อเท่ากับ 2.19 บาทต่อกิโลกรัม โดยใช้งานเครื่องขอยืมลฟอยคิตเชื้อวันละ 3 ชั่วโมง



บทที่ 5

สรุป

5.1 สรุปผลการวิจัย

1. เครื่องย่อยมูลฝอยติดเชื้อที่ออกแบบ มีมิติภายนอก (กว้าง x ยาว x สูง) $2.44 \times 1.81 \times 2.03$ เมตร มีส่วนประกอบสำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นเครื่องย่อยหยาบ และเครื่องย่อยละเอียด โดยเครื่องย่อยหยาบวางอยู่บนเครื่องย่อยละเอียด โดยเครื่องย่อยหยาบ ใช้ต้นกำลังใช้มอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 5 แรงม้า จำนวน 2 ตัว มีชุดความคุมการทำงานมอเตอร์ไฟฟ้าให้หมุนกลับทิศทางได้ โดยมีเพลลาของหัวสับ 2 เพลลา โดยเพลลาอันหนึ่งใช้ความเร็วรอบ 36 รอบต่อนาที ส่วนเพลลาอีกอันหนึ่งใช้ความเร็วรอบ 48 รอบต่อนาที ส่วนเครื่องย่อยละเอียด ใช้ต้นกำลังใช้มอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 10 แรงม้า จำนวน 1 ตัว มีเพลลาของหัวสับ 1 เพลลา ใช้ความเร็วรอบ 800 รอบต่อนาที
2. เครื่องย่อยมูลฝอยติดเชื้อมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ยเท่ากับ 113.22 กิโลกรัมต่อชั่วโมง
3. ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า ต้นทุนในการย่อยเท่ากับ 2.19 บาทต่อกิโลกรัม

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการทดสอบการทำงานจริงของเครื่องย่อยมูลฝอยติดเชื้อ มีข้อเสนอแนะ 2 ประเด็นคือ ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการนำผลการวิจัยไปใช้ และประเด็นในการวิจัยใหม่ดังนี้

5.2.1 การนำผลการวิจัยไปใช้

1. ในการนำเครื่องย่อยมูลฝอยติดเชื้อไปใช้นั้น ผู้ใช้งานต้องมีทักษะการใช้งาน เนื่องจากการมูลฝอยติดเชื้อมีความหลากหลายของวัสดุ ผู้ใช้งานจึงจำเป็นต้องเรียนรู้เทคนิคในการใช้เครื่องมือเช่นนั้นแล้วการใช้งานจะไม่บรรลุผล ดังนั้นจึงต้องมีการอบรมการใช้งานแก่ผู้ใช้งาน
2. มูลฝอยติดเชื้อที่ผ่านกระบวนการทำลายเชื้อด้วยไอน้ำแล้ว ควรทำการย่อยภายในวันนั้น ไม่ควรปล่อยไว้หลายวัน เพราะจะทำให้เกิดกลิ่นเหม็นได้ กรณีที่วัสดุนั้นมีเลือดหรือวัตถุอันตรายติดมาด้วย หากต้องการทิ้งไว้หลายวันควรจะมีการเปิดปากถุงเพื่อให้ไอน้ำที่ค้างอยู่ในถุงระเหยออกไป จะช่วยให้กลิ่นเหม็นลดลง นอกจากนี้การทิ้งมูลฝอยติดเชื้อไว้หลายวันโดยไม่เปิดปากถุงออกทำให้มูลฝอยติดเชื้อมีความชื้นเพิ่มขึ้นจึงเป็นสาเหตุที่ทำให้มูลฝอยติดเชื้อที่ย่อยแล้วคั่งเกาะงอกมากขึ้นในขณะทำการย่อย

3. ช่องทางออกสามารถรองรับมูลฝอยติดเชื้อที่ข่อยแล้วได้ประมาณ 20 กิโลกรัม ดังนั้นในการปฏิบัติงานผู้ใช้งานควรข่อยมูลฝอยติดเชื้อประมาณ 20 กิโลกรัม แล้วจึงทำการหยุดเครื่องเพื่อนำมูลฝอยติดเชื้อที่ผ่านการข่อยออกมาบรรจุถุง หลังจากนั้นจึงดำเนินการข่อยต่อไป

5.2.2 ประเด็นวิจัยใหม่

1. ควรพัฒนาส่วนเครื่องข่อยหยาบให้สามารถข่อยมูลฝอยติดเชื้อได้อย่างต่อเนื่อง
2. ควรออกแบบให้มีระบบควบคุมการกลับทิศทางของหัวสับโดยอัตโนมัติเมื่อเกิดการติดขัดที่หัวสับ ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้งานมีความสะดวกมากขึ้น
3. ควรออกแบบตะแกรงให้เปิดออกได้เพื่อระบายเศษมูลฝอยติดเชื้อออก โดยไม่ต้องทำการเปิดฝาช่องทางออก
4. ทำการศึกษาในกรณีใช้เฉพาะส่วนที่ข่อยละเอียดมาทำการข่อยมูลฝอยติดเชื้อ โดยทำการออกแบบช่องป้อนใหม่ให้สามารถข่อยมูลฝอยติดเชื้อได้ทั้งถุง
5. ทำการศึกษาการใช้งานกับวัสดุประเภทอื่น

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2553. **ข้อมูลการจัดการมูลฝอยติดเชื้อ.**

[ออนไลน์] แหล่งที่มา http://www.pcd.go.th/info_serv/waste_infectious.htm

จารุวัฒน์ มงคลธนทรศ. 2538. **เครื่องหั่นย่อยซากพืช.** ข่าวสารกองเกษตรวิศวกรรม
กรมวิชาการเกษตร. พฤษภาคม-ตุลาคม หน้า 2-3.

บัณฑิต หิรัญสถิตย์พร. 2552. **รายงานฉบับสมบูรณ์เครื่องหั่นย่อยขนาดเล็ก.**

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

บัณฑิต หิรัญสถิตย์พร. 2552. **รายงานฉบับสมบูรณ์เครื่องย่อยเปลือกทุเรียน.**

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

บัณฑิต หิรัญสถิตย์พร. 2554. **ฐานเรียนรู้และถ่ายทอดเทคโนโลยีเครื่องจักรกลเกษตร.**

[ออนไลน์] แหล่งที่มา <http://www.machinery.mju.ac.th>

บัณฑิต หิรัญสถิตย์พร. 2554. **รายงานฉบับสมบูรณ์เครื่องหั่นย่อยวัสดุเส้นใยยาว.**

คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

พันทิพา พงษ์เทียจันทร์. 2539. **การผลิตอาหาร.** ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ภรต ภูษธร ณ อุรุยา. 2533. **เครื่องสับพืชอาหารสด.** ข่าวสารศูนย์เครื่องจักรกลการเกษตรแห่งชาติ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. มีนาคม-เมษายน หน้า 7.

ภรต ภูษธร ณ อุรุยา, อดุล วรรณณา, ชัยรัตน์ รามแดง และมนตรี ศรีสุระ. 2533. **รายงานโครงการ
พัฒนาเครื่องจักรกลเกษตรสำหรับการผลิตโคมน.** คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

ภรต กุญชร ณ อยุธยา, สุวิทย์ บุญขวานิชกุล และอดุล วรรณจนา. 2539. รายงานวิจัยการพัฒนาและปรับปรุงเครื่องสับพืชอาหารสัตว์แห้งและสดเอนกประสงค์สำหรับปศุสัตว์. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

สมเกียรติ วิบูลย์ชัยเดช. 2535. 66 เรื่องน่ารู้เทคนิคเครื่องกล. นำอักษรการพิมพ์. กรุงเทพฯ.

สุริยันต์ เทียมเพชร. 2536. กำจัดวัสดุ. โอ. เอส. พรินติ้งเฮาส์. กรุงเทพฯ ฯ.

Persson, Sverker. 1987. **Mechanics of Cutting Plant Material**. American Society of Agricultural Engineers, U.S.A.

SSI Shredder System, Inc. 2009. **M55 Dual-Shaft Shredder**.

[Online] Available http://www.ssiworld.com/products/m55_photos.htm



ภาคผนวก ก
ประมวลภาพการทดสอบ



ภาพที่ ก1 มูลฝอยติดเชื้อที่เก็บรวบรวมมาจากแผนกต่างๆ
ในโรงพยาบาลเชียงใหม่ราม จังหวัดเชียงใหม่



ภาพที่ ก2 นำมูลฝอยติดเชื้อเข้าสู่เครื่องอบไอน้ำด้วยความดัน



ภาพที่ ก3 มูลฝอยติดเชื้อที่อบไอน้ำด้วยความดันแล้วเสร็จ



ภาพที่ ก4 มูลฝอยติคเชื้อที่ใช้เป็นวัตถุทดสอบ



ภาพที่ ก5 ใส่มูลฝอยติดเชื้อที่ช่องป้อน



ภาพที่ ก6 มูลฝอยติดเชื้อขณะถูกย่อยโดยเครื่องย่อยหยาบ



ภาพที่ ก7 มูลฝอยติดเชื้อขณะถูกบรรจุใส่ถุง



ภาพที่ ก8 มูลฝอยคัดเชื้อที่ผ่านเครื่องย่อยละเอียด



ภาพที่ ก9 มูลฝอยคัดเชื้อที่บรรจุใส่ถุงรอขนไปทิ้ง