# การผลิตปุ๋ยหมักจากเศษอาหาร เปลือกผลไม้และใบไม้แห้ง โดยใช้จุลินทรีย์สำหรับผลิตปุ๋ยหมัก

# PRODUCTION OF COMPOST FROM FOOD WASTE, FRUIT PEEL AND DRY LEAVE USING COMPOSTING MICROORGANISMS


นางสาวกนกวรรณ สิมประไพ

นางสาวกนกวรรณ หงษ์คำ

นางสาวพัชจิรา คดีพิศาล


โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเคมีสิ่งแวดล้อม

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

# การผลิตปุ๋ยหมักจากเศษอาหาร เปลือกผลไม้และใบไม้แห้ง โดยใช้จุลินทรีย์สำหรับผลิตปุ๋ยหมัก

# PRODUCTION OF COMPOST FROM FOOD WASTE, FRUIT PEEL AND DRY LEAVE USING COMPOSTING MICROORGANISMS


นางสาวกนกวรรณ สิมประไพ

นางสาวกนกวรรณ หงษ์คำ

นางสาวพัชจิรา คดีพิศาล


โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเคมีสิ่งแวดล้อม

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# PRODUCTION OF COMPOST FROM FOOD WASTE, FRUIT PEEL AND DRY LEAVE USING COMPOSTING MICROORGANISMS

MISS KANOKWAN SIMPRAPAI
MISS KANOKWAN HONGKUM
MISS PATJIRA KADEEPISAN

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE
DEPARTMENT OF CHEMISTRY, FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**หัวข้อโครงงานพิเศษ** การผลิตปุ๋ยหมักจากเศษอาหาร เปลือกผลไม้ และใบไม้แห้งโดยใช้จุลินทรีย์สำหรับผลิตปุ๋ยหมัก

Production of Compost from Food Waste, Fruit Peel and Dry Leave using Composting Microorganisms

**นักศึกษา** นางสาวกนกวรรณ สิมประไพ

นางสาวกนกวรรณ หงษ์คำ

นางสาวพัชจิรา คดีพิศาล

**ปริญญา** วิทยาศาสตรบัณฑิต

**สาขาวิชา** เคมีสิ่งแวดล้อม

**อาจารย์ที่ปรึกษา** ผศ.ดร.สุวรรณี จรรยาพูน

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมีสิ่งแวดล้อม ประจำปีการศึกษา 2556

| คณะกรรมการสอบ | ลายมือชื่อ |
|---|---|
| อ.กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ | |
| ดร.ธิปชัย วัฒนวิจารณ์ | |
| ผศ.ดร.สุวรรณี จรรยาพูน | |

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| **หัวข้อโครงงานพิเศษ** | การผลิตปุ๋ยหมักจากเศษอาหาร เปลือกผลไม้ และใบไม้แห้งโดยใช้จุลินทรีย์สำหรับผลิตปุ๋ยหมัก |
| **นักศึกษา** | นางสาวกนกวรรณ สิมประไพ |
| | นางสาวกนกวรรณ หงษ์คำ |
| | นางสาวพัชจิรา คดีพิศาล |
| **ปริญญา** | วิทยาศาสตรบัณฑิต |
| **สาขาวิชา** | เคมีสิ่งแวดล้อม |
| **ปีการศึกษา** | 2556 |
| **อาจารย์ที่ปรึกษา** | ผศ.ดร.สุวรรณี จรรยาพูน |

## บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษนี้เป็นการศึกษาการผลิตปุ๋ยหมักจากเศษอาหารร่วมกับเปลือกผลไม้และใบไม้แห้งโดยใช้สารเร่งจุลินทรีย์สำหรับผลิตปุ๋ยหมักแบบใช้ออกซิเจนเป็นระยะเวลา 1 เดือน ทำการศึกษาสภาวะการหมักปุ๋ยและคุณภาพของปุ๋ยหมักโดยเติมสารเร่งจุลินทรีย์ชนิดและปริมาณแตกต่างกัน ดังนี้ คือ 1) ถังควบคุม 2) ถังเติมสารเร่ง พ.ด.1 (0.1%) 3) ถังเติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.1%) 4) ถังเติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.5%) และ5) ถังเติมน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้ โดยเปรียบเทียบอัตราการยุบตัว อุณหภูมิในถังหมัก ปริมาณความชื้น ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณธาตุอาหารหลัก (N, P, K) และอัตราการย่อยสลายสมบูรณ์ จากการทดลองเตรียมวัสดุหมักปุ๋ยที่อัตราส่วนเศษอาหารร่วมกับเปลือกผลไม้ต่อใบไม้แห้ง เท่ากับ 4:1 โดยน้ำหนักเปียก ได้ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเริ่มต้นเท่ากับ 55.78/1 เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาสภาวะระหว่างการหมักปุ๋ยและคุณภาพของปุ๋ยหมักถังควบคุมและถังที่มีการเติมสารเร่งจุลินทรีย์พบว่ามีคุณภาพไม่ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 ปุ๋ยหมักที่ได้มีคุณภาพเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน สามารถนำไปใช้กับพืชโดยไม่มีความเป็นพิษ อย่างไรก็ตามอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนมีค่ามากกว่า 20/1 ซึ่งมีค่าสูงกว่ามาตรฐาน

**คำสำคัญ** : ปุ๋ยหมัก, สารเร่งจุลินทรีย์, เศษอาหาร, เปลือกผลไม้, ใบไม้แห้ง, ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| **Special Project Title** | Production of Compost from Food Waste, Fruit Peel and Dry Leave using Composting Microorganisms |
| **Students Name** | Miss Kanokwan Simprapai<br>Miss Kanokwan Homgkum<br>Miss Patjira Kadeepisan |
| **Degree** | Bachelor of Science |
| **Major** | Environmental Chemistry |
| **Academic Year** | 2013 |
| **Advisor** | Asst. Prof. Dr. Suwannee Junyapoon |


## ABSTRACT

This special project studied production of compost from food waste, fruit peel and dry leaf using composting microorganisms under aeration conditions for 1 month. Composting conditions and compost qualities were examined using different type and amount of microorganisms: 1) control, 2) adding 0.1% of microorganisms from Land Development Department, 3) adding 0.1% of commercial microorganisms, 4) adding 0.5% of commercial microorganisms and 5) adding bioextract of fruit peel. Decomposition rate, temperature, moisture content, pH, electrical conductivity, major nutrients (N, P, K) and germination index were investigated. The ratio of food waste, fruit peel and dry leaf was 4 : 1 by wet weight. Initial C/N ratio of raw material was 55.78/1. The results showed that there were no significantly different in Composting conditions and compost qualities between adding microorganisms and control.The compost quality was within the standard of Department of Agriculture of Thailand. Compost could be used for growing plant. There was no toxic found in the compost. However, C/N ratio of compost was higher than 20/1, which is exceeded the standard.



**Keywords:** compost, composting, microorganisms, food waste, fruit peel, dry leave, C/N ratio





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความร่วมมือจากบุคคลหลายท่าน คณะผู้จัดทำโครงงานพิเศษจึงใคร่ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.สุวรรณี จรรยาพูน อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษที่กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษาตลอดทั้งให้ความช่วยเหลือในการทำโครงงานพิเศษมาโดยตลอดการดำเนินโครงงาน

ขอขอบพระคุณ อ.กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ และดร.ธิปชัย วัฒนวิจารณ์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่กรุณาเสนอแนะและแก้ไขเพิ่มเติมในโครงการพิเศษ

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเคมี และห้องเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่คอยช่วยเหลือเกี่ยวกับเครื่องมือ อุปกรณ์ สารเคมีในการทำโครงงานพิเศษ

ขอขอบพระคุณบริษัท เบสแคร์ อินเตอร์เนชั่นแนล ไทยแลนด์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้าเพื่อทำโครงงานพิเศษ

นอกเหนือจากบุคคลที่กล่าวมาแล้วยังมีอีกหลายท่านที่ให้ความอนุเคราะห์และให้กำลังใจทางคณะผู้จัดทำโครงงานพิเศษใคร่ขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

นางสาวกนกวรรณ สิมประไพ
นางสาวกนกวรรณ หงษ์คำ
นางสาวพัชจิรา คดีพิศาล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อภาษาไทย | I |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | II |
| กิตติกรรมประกาศ | III |
| สารบัญ | IV |
| สารบัญตาราง | VIII |
| สารบัญรูป | XII |
| คำย่อและสัญลักษณ์ | XIII |
| **บทที่ 1 บทนำ** | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาของโครงงาน | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ | 2 |
| 1.3 ขอบเขตงานวิจัย | 2 |
| 1.4 ประโยชน์คาดว่าจะได้รับ | 2 |
| **บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง** | 3 |
| 2.1 ขยะมูลฝอย | 3 |
| 2.1.1 แหล่งกำเนิดของขยะมูลฝอย | 3 |
| 2.1.2 องค์ประกอบของขยะมูลฝอย | 3 |
| 2.1.3 ประเภทของขยะมูลฝอย | 3 |
| 2.1.4 ปริมาณขยะมูลฝอย | 4 |




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)


| | หน้า |
|---|---|
| 2.1.5 การขนส่งขยะมูลฝอย | 5 |
| 2.1.6 การกำจัดขยะมูลฝอย | 5 |
| 2.2 ปุ๋ยหมัก | 7 |
| 2.2.1 หลักการในการทำปุ๋ยหมัก | 7 |
| 2.2.2 วิธีการหมักปุ๋ย | 9 |
| 2.3 จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการหมักปุ๋ย | 11 |
| 2.4 สารเร่งจุลินทรีย์สำหรับปุ๋ยหมัก | 16 |
| 2.4.1 สารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พด. 1 | 16 |
| 2.4.2 สารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า | 17 |
| 2.4.3 น้ำหมักชีวภาพ | 18 |
| 2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำปุ๋ยหมักจากมูลฝอย | 20 |
| 2.6 การวิเคราะห์คุณลักษณะของปุ๋ยหมัก | 23 |
| 2.7 การใช้ประโยชน์จากปุ๋ยหมัก | 25 |
| 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 27 |
| **บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย** | 32 |
| 3.1 อุปกรณ์และสารเคมี | 32 |
| 3.1.1 อุปกรณ์ | 32 |
| 3.1.2 สารเคมี | 33 |




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)


หน้า

3.1.3 วัสดุหมักเริ่มต้นที่ใช้ในการทดลอง 33

3.2 การหาอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่เหมาะสมและสัดส่วนของวัสดุที่ใช้ในการหมัก 33

3.3 การเตรียมถังหมักปุ๋ย 35

3.4 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง 36

3.4.1 การเตรียมวัสดุหมักและการหมักปุ๋ย 36

3.4.2 หาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นของสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พด. 1, สารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า และน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้ 36

3.4.3 ศึกษาสภาวะในระหว่างการหมักปุ๋ยจากเศษอาหาร เปลือกผลไม้และใบไม้แห้ง โดยมีการเติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พด.1, สารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า และน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้ 36

3.4.4 ศึกษาการย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์ของปุ๋ย 40

**บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล** 41

4.1 ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัสดุที่ใช้หมัก 41

4.2 ผลการศึกษาสภาวะในระหว่างการหมักปุ๋ยโดยใช้สารเร่งต่างๆ 43

4.2.1 อุณหภูมิ 43

4.2.2 อัตราการยุบตัว 45

4.2.3 ค่าความเป็นกรด-ด่าง 46




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)


| | หน้า |
|---|---|
| 4.2.4 ค่าการนำไฟฟ้า | 47 |
| 4.2.5 ความชื้น | 48 |
| 4.2.6 อัตราส่วนปริมาณคาร์บอนต่อไนโตรเจน | 49 |
| 4.3 ผลการศึกษาการย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์ของปุ๋ยหมัก | 51 |
| 4.4 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะของปุ๋ยหมักที่เติมสารเร่งจุลินทรีย์ต่างชนิดและปริมาณกันกับปุ๋ยหมักที่ไม่เติมสารเร่งจุลินทรีย์ | 53 |
| **บทที่ 5 สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ** | 55 |
| 5.1 สรุปผลการวิจัย | 55 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ | 55 |
| **เอกสารอ้างอิง** | 56 |
| **ภาคผนวก ก** | 61 |
| **ภาคผนวก ข** | 68 |
| **ภาคผนวก ค** | 112 |
| **ภาคผนวก ง** | 131 |
| **ภาคผนวก จ** | 139 |




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

หน้า


ตารางที่ 2.1 ประเภทของจุลินทรีย์ในธรรมชาติจำแนกตามอุณหภูมิที่เจริญได้ดี 11

ตารางที่ 2.2 ชนิดของเชื้อราที่แยกได้จากกองปุ๋ยหมัก 14

ตารางที่ 2.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ N, P, K และ C/N ratio ของวัสดุอินทรีย์บางชนิด 23

ตารางที่ 2.4 มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ 24

ตารางที่ 2.5 การเปรียบเทียบผลของปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพที่มีต่อดิน 27

ตารางที่ 3.1 พารามิเตอร์และความถี่การวิเคราะห์ 40

ตารางที่ 4.1 คุณลักษณะของวัสดุที่ใช้ในการหมักเริ่มต้น 42

ตารางที่ 4.2 คุณลักษณะเริ่มต้นของปุ๋ยหมัก 42

ตารางที่ 4.3 จำนวนเมล็ดที่งอกและความยาวราก (cm) ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของตัวอย่างปุ๋ยหมัก และดัชนีการงอกของเมล็ดถั่วเขียว 52

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบคุณลักษณะของปุ๋ยหมักเติมสารเร่งจุลินทรีย์ต่างชนิดและปริมาณกับปุ๋ยหมักที่ไม่เติมสารเร่งจุลินทรีย์ 53

ตารางที่ ก-1 ลักษณะของวัสดุที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมัก 62

ตารางที่ ก-2 ปริมาณของเชื้อที่พบในสารเร่งจุลินทรีย์ 65

ตารางที่ ข1-1 อุณหภูมิของปุ๋ยหมักถังที่ 1ชุดควบคุม 69

ตารางที่ ข1-2 อุณหภูมิของปุ๋ยหมักถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พด.1 (0.1%) 71

ตารางที่ ข1-3 อุณหภูมิของปุ๋ยหมักถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.1%) 73

ตารางที่ ข1-4 อุณหภูมิของปุ๋ยหมักถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.5%) 75

ตารางที่ ข1-5 อุณหภูมิของปุ๋ยหมักถังที่ 5 เติมน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้ 77

ตารางที่ ข-2 อุณหภูมิและความดันของบรรยากาศระหว่างวันที่ 7 ส.ค. 56 – 7 ก.ย. 56 79

ตารางที่ ข 3-1 การศึกษาความสูงและการยุบตัวตลอดระยะเวลาของการผลิตปุ๋ยหมักถังที่ 1 ชุดควบคุม 80

ตารางที่ ข 3-2 การศึกษาความสูงและการยุบตัวตลอดระยะเวลาของการผลิตปุ๋ยหมักถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พด.1 (0.1%) 82

ตารางที่ ข 3-3 การศึกษาความสูงและการยุบตัวตลอดระยะเวลาของการผลิตปุ๋ยหมักถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.1%) 84




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า


ตารางที่ ข 3-4 การศึกษาความสูงและการยุบตัวตลอดระยะเวลาของการผลิตปุ๋ยหมัก ถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.5%) 86

ตารางที่ ข 3-5 การศึกษาความสูงและการยุบตัวตลอดระยะเวลาของการผลิตปุ๋ยหมัก ถังที่ 5 เติม น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้ 88

ตารางที่ ข 4-1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 1 ชุดควบคุม 90

ตารางที่ ข 4-2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์พด.1 (0.1%) 92

ตารางที่ ข 4-3 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.1%) 94

ตารางที่ ข 4-4 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.5%) 96

ตารางที่ ข 4-5ค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 5 เติมน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้ 98

ตารางที่ ข 5-1 ค่าการนำไฟฟ้า ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 1 ชุดควบคุม 100

ตารางที่ ข 5-2 ค่าการนำไฟฟ้า ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พด.1 (0.1%) 102

ตารางที่ ข 5-3 ค่าการนำไฟฟ้า ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.1%) 104

ตารางที่ ข 5-4 ค่าการนำไฟฟ้า ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.5%) 106

ตารางที่ ข 5-5 ค่าการนำไฟฟ้า ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 5 เติมน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้ 108

ตารางที่ ข-6 ค่าความชื้นระหว่างการหมักของปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถัง 110

ตารางที่ ค-1 ปริมาณคาร์บอนทั้งหมดในปุ๋ยหมัก 113

ตารางที่ ค-2 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยหมัก 117

ตารางที่ ค-3 อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน 121

ตารางที่ ค-4 ปริมาณเถ้าในปุ๋ยหมัก 125

ตารางที่ ค 5-1 ข้อมูลค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส 126




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า


ตารางที่ ค 5-2 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในปุ๋ยหมัก 128

ตารางที่ ค-6 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยหมัก 130

ตารางที่ ง-1 จำนวนเมล็ดที่งอกในจานเพาะเชื้อ 132

ตารางที่ ง-2 ความยาวของลำต้นและรากของเมล็ดถั่วเขียว (เซนติเมตร) ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง 133

ตารางที่ ง-3 ความยาวของลำต้นและรากของเมล็ดถั่วเขียว (เซนติเมตร) ที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง 135

ตารางที่ ง-4 ดัชนีการงอกของเมล็ด (%) 137

ตารางที่ จ-1 ANOVA; ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิของปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถัง 140

ตารางที่ จ-2 ANOVA; ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการยุบตัวของปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถัง 140

ตารางที่ จ-3 ANOVA; ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเป็นกรด-ด่างของปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถัง 141

ตารางที่ จ-4 ANOVA; ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการนำไฟฟ้าของปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถัง 142

ตารางที่ จ-5 ANOVA; ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความชื้นของปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถัง 142

ตารางที่ จ-6 ANOVA; ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณคาร์บอนทั้งหมดของปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถัง 143

ตารางที่ จ-7 ANOVA; ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถัง 143

ตารางที่ จ-8 ANOVA; ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถัง 144

ตารางที่ จ-9 ANOVA; ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณเถ้าของปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถัง 145

ตารางที่ จ-10 ANOVA; ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณฟอสฟอรัสของปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถัง 146




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ จ-11 ANOVA; ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณโพแทสเซียม ของปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถัง 146

ตารางที่ จ-12 ANOVA; ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการย่อยสลายสมบูรณ์ ของปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถัง 147



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป

หน้า


รูปที่ 2.1 ปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในปี 2545 – 2553 5

รูปที่ 2.2 หลักการในการทำปุ๋ยหมัก 8

รูปที่ 2.3 สายใยอาหารในกองปุ๋ยหมัก 9

รูปที่ 2.4 การหมักแบบอาศัยการดูดอากาศผ่านกองปุ๋ย (Active composting) 10

รูปที่ 2.5 แสดงการหมักในภาชนะ (In-Vessel system) 11

รูปที่ 2.6 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามเวลาของการหมักปุ๋ย 12

รูปที่ 2.7 ชนิดของเชื้อราที่พบได้จากกองปุ๋ยหมัก 14

(ก) *Geotrichumcandidum* (ข) *Aspergillusfumigatus*

รูปที่ 2.8 ชนิดของแบคทีเรียที่พบได้จากกองปุ๋ยหมัก 15

(ก) *Pseudomonas* sp. (ข) *Micrococcus* sp.

รูปที่ 3.1วัสดุหมักเริ่มต้น (ก) ใบไม้แห้งที่บดตัดแล้ว 34

(ข) เปลือกผลไม้ (ค) เศษอาหารจากโรงอาหาร

รูปที่ 3.2 ถังหมักขนาด 100 ลิตร (ก) ภายในถังหมักที่ติดสายวัด 35

(ข) ด้านล่างสุดของถังหมักและช่องระบายน้ำชะ

รูปที่ 4.1 (ก) ที่ระยะ 30 เซนติเมตรจากก้นถัง (ข) ที่ระยะ 15 เซนติเมตรจากก้นถัง 44

(ค) อุณหภูมิเฉลี่ย ภายในถังปุ๋ยหมัก

รูปที่ 4.2 อัตราการยุบตัวของปุ๋ยหมัก 45

รูปที่ 4.3 ค่าความเป็นกรด-ด่างของปุ๋ยหมัก 46

รูปที่ 4.4 ค่าการนำไฟฟ้าของปุ๋ยหมัก 47

รูปที่ 4.5 ปริมาณความชื้นในถังปุ๋ยหมัก 49

รูปที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงค่า C/N ratio 50

รูปที่ ค-6 กราฟมาตรฐานฟอสฟอรัส 126




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# คำย่อและสัญลักษณ์

| | | |
|---|---|---|
| C/N ratio | = | อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน |
| pH | = | ค่าความเป็นกรด-ด่าง |
| °C | = | องศาเซลเซียส |
| % | = | ร้อยละ |
| mS/cm | = | มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร |
| cm | = | เซนติเมตร |
| ชม. | = | ชั่วโมง |
| %C | = | เปอร์เซ็นต์คาร์บอน |
| kg | = | กิโลกรัม |
| g | = | กรัม |
| ว/ด/ป | = | วัน/เดือน/ปี |
| S.D. | = | ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน |
| hPa | = | เฮกโตปาสกาล |
| mg/L | = | มิลลิกรัมต่อลิตร |
| mL | = | มิลลิลิตร |
| mg | = | มิลลิกรัม |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาของโครงงาน

ปัจจุบันปัญหาขยะมูลฝอยเป็นปัญหาเร่งด่วนที่ต้องการแก้ไขและจัดการ เนื่องจากการขยายตัวทางเศรษฐกิจและสังคมทำให้ปริมาณขยะเพิ่มขึ้นจากการดำเนินกิจกรรมของมนุษย์ ได้แก่ โรงงานอุตสาหกรรม แหล่งเกษตรกรรมและแหล่งชุมชน ก่อให้เกิดปัญหาขยะมูลฝอยต่างๆ เช่น ปัญหาขยะมูลฝอยตกค้าง ปัญหาการจัดการขยะอย่างไม่ถูกวิธี เช่น การเผาขยะกลางแจ้ง และการกองขยะทิ้งกลางแจ้งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและอันตรายต่อสุขภาพมนุษย์ ขยะมูลฝอยชุมชนมีองค์ประกอบหลัก 4 ประเภท คือ ขยะอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ 46% ขยะรีไซเคิล 42% ขยะอันตราย 3% และขยะทั่วไป 9% (กรมควบคุมมลพิษ, 2555) พบว่าในขยะมูลฝอยมีองค์ประกอบของขยะอินทรีย์ เช่น เศษอาหาร เศษใบไม้ เศษหญ้าที่สามารถย่อยสลายได้ จากคุณสมบัติดังกล่าวพบว่าขยะอินทรีย์เหล่านี้สามารถนำมาผลิตปุ๋ยหมักซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดและกำจัดขยะอินทรีย์

การผลิตปุ๋ยหมักเป็นการย่อยสลายอินทรียสาร โดยกระบวนการทางชีวภาพของจุลินทรีย์ในการแปรสภาพเป็นแร่ธาตุที่มีลักษณะค่อนข้างคงรูป มีสีดำค่อนข้างแห้ง(กรมควบคุมมลพิษ, 2555) อย่างไรก็ตาม การผลิตปุ๋ยหมักนั้นใช้ระยะเวลาตั้งแต่ 3 เดือนไปจนถึง 4 ปี ขึ้นกับวิธีการในการผลิตปุ๋ยหมัก หากมีการบดตัดวัสดุเริ่มต้นให้มีขนาดเล็กและมีการหมักปุ๋ยโดยมีการเติมอากาศให้แก่ปุ๋ยระหว่างการหมักก็จะช่วยลดระยะเวลาการผลิตปุ๋ยหมักลงได้ หรืออาจมีการเติมสารเร่งจุลินทรีย์สำหรับผลิตปุ๋ยหมักในการผลิตปุ๋ยหมักตอนเริ่มต้น วัสดุเริ่มต้นที่ใช้ผลิตปุ๋ยหมักนั้นมีจุลินทรีย์ตามธรรมชาติของวัสดุอยู่แล้ว เพียงแต่สารเร่งจุลินทรีย์จะช่วยเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ที่สำคัญในการย่อยสลายอินทรียสารในปุ๋ยหมักเพิ่มมากขึ้นเพื่อที่จะผลิตปุ๋ยหมักโดยใช้ระยะเวลาสั้นลง อีกทั้งยังต้องคำนึงถึงปัจจัยในการผลิตปุ๋ยหมักอื่นอีก เช่น อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ความชื้น อุณหภูมิ การระบายอากาศในปุ๋ยหมัก

โครงงานวิจัยได้ทำการศึกษาสภาวะในระหว่างการหมักปุ๋ยหมักและประสิทธิภาพปุ๋ยหมักโดยใช้วัสดุเริ่มต้นคือ ใบไม้แห้ง เศษอาหาร และเปลือกผลไม้ ขนาดของวัสดุเริ่มต้นหมักนั้นมีการตัดหรือบดให้มีขนาดเล็กลง เติมสารเร่งจุลินทรีย์สำหรับปุ๋ยหมักแตกต่างชนิดกัน ได้แก่ สารเร่งซุปเปอร์ พ.ด.1 สารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า และน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้ เพื่อลดระยะเวลาในการหมักปุ๋ยซึ่งจะเป็นทางเลือกในการผลิตปุ๋ยหมักและพัฒนาคุณภาพปุ๋ยหมักต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาสภาวะในระหว่างการหมักปุ๋ยจากเศษอาหาร เปลือกผลไม้ และใบไม้แห้ง โดยมีการเติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พ.ด.1 สารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า และน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้

2. เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการหมักปุ๋ยจากเศษอาหาร เปลือกผลไม้ และใบไม้แห้ง ที่มีการเติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พ.ด.1 สารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า และน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้

## 1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1. ศึกษาสภาวะในระหว่างการหมักปุ๋ยจากเศษอาหาร เปลือกผลไม้และใบไม้แห้ง โดยมีการเติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พ.ด.1 สารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า และน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้ในถังหมักขนาด 50 ลิตร เจาะช่องเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 12 มิลลิเมตร โดยศึกษาปัจจัยดังนี้

- อัตราส่วนใบไม้แห้ง เศษอาหาร และเปลือกผลไม้ในการหมักปุ๋ย
- ความชื้นปุ๋ยหมัก
- อุณหภูมิปุ๋ยหมัก
- อัตราการยุบตัวของปุ๋ยหมัก

2. เปรียบเทียบประสิทธิภาพและคุณภาพของปุ๋ยหมักจากเศษอาหาร เปลือกผลไม้และใบไม้แห้ง ที่มีการเติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พ.ด.1 สารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า และน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้ โดยศึกษาปัจจัย ดังนี้

- คุณภาพปุ๋ยหมัก ค่า C/N ratio, ธาตุอาหาร N P K, ความเป็นกรดด่าง, ค่าการนำไฟฟ้า
- ระยะเวลาที่ใช้ในการหมักปุ๋ย
- กลิ่น สี ความชื้นของปุ๋ยหมัก
- ดัชนีการงอกของเมล็ดพืช

## 1.4 ประโยชน์คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบคุณภาพและประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักจากการผลิตปุ๋ยหมักโดยใช้สารเร่งจุลินทรีย์สำหรับผลิตปุ๋ยหมักที่ต่างชนิดกัน

2. แปรสภาพขยะอินทรีย์กลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์

3. สามารถช่วยลดและกำจัดขยะอินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 ขยะมูลฝอย

มูลฝอย (Solid Wastes) คือ ของเสียที่เกิดขึ้นจากการกระทำหรือกิจกรรมของมนุษย์หรือสัตว์ ซึ่งโดยปกติจะเป็นของแข็ง (Solid) หรือกึ่งของแข็ง (Semisolid) และจะถูกทิ้งหลังจากมีการใช้ประโยชน์ไปแล้วหรือเมื่อไม่มีความต้องการ (กรมควบคุมมลพิษ, 2555)

มูลฝอย หมายถึง เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร เศษสินค้า ถุงพลาสติก ภาชนะที่ใช้ใส่อาหาร เถ้า มูลสัตว์หรือซากสัตว์ รวมตลอดถึงสิ่งอื่นใดที่เก็บจากถนนตลาดที่เลี้ยงสัตว์หรือที่อื่น ๆ (พระราชบัญญัติรักษาความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมือง พ.ศ. 2535)

**2.1.1 แหล่งกำเนิดของขยะมูลฝอย** (กรมควบคุมมลพิษ, 2555)

แหล่งกำเนิดของขยะมูลฝอย เกิดจากกิจกรรมต่างๆในครัวเรือนและสถานประกอบการต่าง ๆ ในชุมชน สามารถเก็บรวบรวมได้จากสถานที่ต่างๆ ได้แก่ ที่อยู่อาศัย ธุรกิจร้านค้า สถานที่ราชการ สถานที่ก่อสร้าง สถานที่สาธารณะ สถานที่ตั้งระบบสาธารณูปโภคต่าง ๆ โรงงานอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม ซึ่งปริมาณและลักษณะขยะมูลฝอยจากแหล่งกำเนิดต่างๆ เหล่านี้ จะมีความแตกต่างกันไปตามลักษณะของกิจกรรม

**2.1.2 องค์ประกอบของขยะมูลฝอย** (กรมควบคุมมลพิษ, 2555)

องค์ประกอบของขยะจะเปลี่ยนไปตามสภาพของภูมิอากาศ ฤดูกาล และพฤติกรรมทางเศรษฐกิจสังคม วิถีชีวิตตลอดจนอุปนิสัยและแบบแผนในการบริโภคของแต่ละชุมชน โดยทั่วไปมีองค์ประกอบแตกต่างกันไป อย่างไรก็ตาม ขยะมูลฝอยที่มีแหล่งกำเนิดมาจากชุมชนมีองค์ประกอบหลัก 4 ประเภท คือ

1) ขยะอินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายได้ เช่น เศษอาหาร เศษใบไม้ เศษหญ้า มีประมาณ 46 %

2) ขยะรีไซเคิล เช่น แก้ว กระดาษ โลหะ พลาสติก อะลูมิเนียม และยาง มีประมาณ 42 %

3) ขยะอันตรายหรือของเสียอันตรายชุมชน เช่น ถ่านไฟฉาย หลอดไฟฟ้า มีประมาณ 3%

4) ขยะทั่วไป เช่น เศษผ้า เศษไม้ เศษวัสดุก่อสร้าง เถ้าจากการเผาไหม้และอื่นๆมีประมาณ 9% นอกจากนี้ ยังมีขยะติดเชื้อที่เกิดจากโรงพยาบาลและสถานบริการสาธารณสุขต่างๆ

**2.1.3 ประเภทของขยะมูลฝอย** (กรมควบคุมมลพิษ, 2555)

1. จำแนกตามพิษภัยที่เกิดขึ้นกับมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มี 2 ประเภท คือ

1) ขยะทั่วไป (General waste) หมายถึง ขยะมูลฝอยที่มีอันตรายน้อย ได้แก่ พวกเศษอาหาร เศษกระดาษ เศษผ้า พลาสติก เศษหญ้าและใบไม้ ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ขยะอันตราย (Hazardous waste) เป็นขยะที่มีภัยต่อคนและสิ่งแวดล้อม อาจมีสารพิษติดไฟหรือระเบิดง่าย ปนเปื้อนเชื้อโรค เช่น ไฟแช็กแก๊ส กระป๋องสเปรย์ ถ่านไฟฉาย แบตเตอรี่

2. จำแนกตามลักษณะของขยะ มี 2 ประเภท คือ

1) ขยะเปียกหรือขยะสด (Garbage) มีความชื้นปนอยู่มากกว่าร้อยละ 50 จึงติดไฟได้ยาก ส่วนใหญ่ ได้แก่ เศษอาหาร เศษเนื้อ เศษผัก และผลไม้จากบ้านเรือน ร้านจำหน่ายอาหารและตลาดสด รวมทั้งซากพืชและสัตว์ที่ยังไม่เน่าเปื่อย ขยะประเภทนี้จะทำให้เกิดกลิ่นเน่าเหม็น เนื่องจากแบคทีเรียย่อยสลายอินทรียสาร นอกจากนี้ ยังเป็นแหล่งเพาะเชื้อโรคและพาหะนำโรค ได้แก่ แมลง หนู และสัตว์อื่นที่มาตอมหรือกินเป็นอาหาร

2) ขยะแห้ง (Rubbish) คือ สิ่งเหลือใช้ที่มีความชื้นอยู่น้อยจึงไม่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็น จำแนกได้ 2 ชนิด คือ

- ขยะที่เป็นเชื้อเพลิง เป็นพวกที่ติดไฟได้ เช่น เศษผ้า เศษกระดาษ หญ้า ใบไม้ กิ่งไม้แห้ง

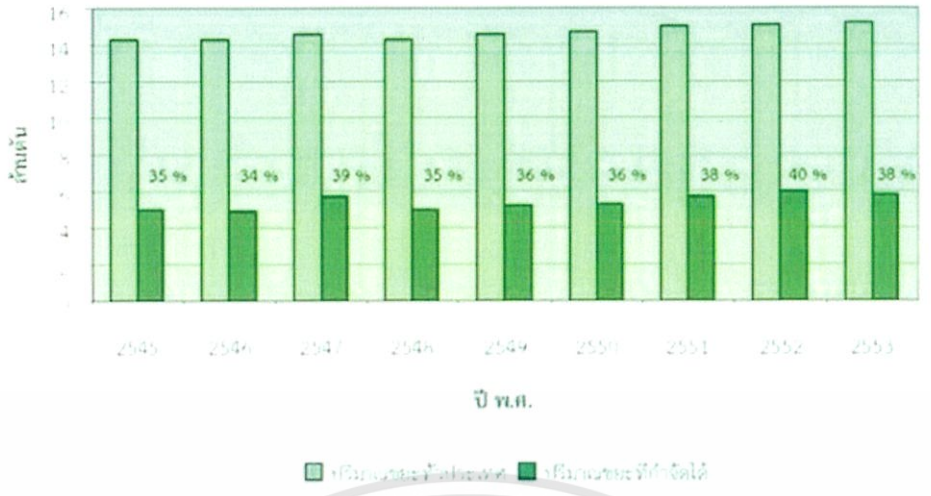
-ขยะที่ไม่เป็นเชื้อเพลิง ได้แก่ เศษโลหะ เศษแก้ว และเศษก้อนอิฐ

**2.1.4 ปริมาณขยะมูลฝอย** (กรมควบคุมมลพิษ, 2555)

สถานการณ์ขยะของประเทศไทยตามรายงานของกรมควบคุมมลพิษระบุว่าช่วง 10 ปีที่ผ่านมา ประเทศไทยมีปริมาณขยะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะขยะมูลฝอยชุมชนเป็นขยะที่มีปริมาณมากที่สุดของประเทศไทย ในปี 2555 มีขยะมูลฝอยประมาณ 16 ล้านตัน ซึ่งเป็นขยะที่เกิดขึ้นในกรุงเทพฯ ร้อยละ 22 หรือเฉลี่ย 9,800 ตันต่อวัน สำหรับขยะกลุ่มนี้กำจัดอย่างถูกวิธีตามหลักวิชาการเพียง 5.8 ล้านตัน (ร้อยละ 36) ที่เหลืออีกกว่า 10 ล้านตัน กำจัดโดยการเผาทิ้ง กองทิ้งในบ่อดินเก่าหรือพื้นที่รกร้างซึ่งแนวโน้มปริมาณขยะมูลฝอยนั้นได้เพิ่มขึ้นทุกปี ดังแสดงในรูปที่ 2.1

อย่างไรก็ตาม มีการนำขยะมูลฝอยบางส่วนทั้งที่มาจากชุมชนและภาคอุตสาหกรรมมาคัดแยกเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ เช่น ขวดแก้ว ขวดพลาสติก หรือกระดาษ ก็นำไปรีไซเคิล ส่วนขยะจากชุมชนส่วนอื่นๆ เช่น ขยะอินทรีย์ก็ทำเป็นปุ๋ยหรือผลิตก๊าซชีวภาพ และนำไปผลิตพลังงานทดแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.1** ปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ.2545 – 2553 (กรมควบคุมมลพิษ, 2555)

**2.1.5 การขนส่งขยะมูลฝอย** (กรมควบคุมมลพิษ, 2555)

การขนส่งขยะมูลฝอย เป็นการนำขยะมูลฝอยที่เก็บรวบรวมได้จากแหล่งชุมชนต่างๆ ใส่ในรถบรรทุกขยะเพื่อนำไปยังสถานที่กำจัด ซึ่งอาจเป็นการขนส่งโดยตรงจากแหล่งกำเนิดขยะมูลฝอยไปยังสถานกำจัด หรืออาจขนขยะมูลฝอยไปพักที่ใดที่หนึ่ง ซึ่งเรียกว่า สถานีขนถ่ายขยะก่อนจะนำไปยังแหล่งกำจัด

**2.1.6 การกำจัดขยะมูลฝอย** (กรมควบคุมมลพิษ, 2555)

วิธีการกำจัดขยะมูลฝอยที่ใช้ต่อเนื่องกันมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน มีหลายวิธี เช่น นำไปกองทิ้งบนพื้นดิน นำไปทิ้งลงทะเล ทำปุ๋ยหมัก เผากลางแจ้ง เผาในเตาเผาขยะ และฝังกลบอย่างถูกหลักวิชาการ เป็นต้น การกำจัดขยะมูลฝอยดังกล่าวนั้น บางวิธีก็เป็นการกำจัดที่ไม่ถูกต้องทำให้เกิดความเป็นพิษต่อสภาพแวดล้อม และมีผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ด้วยวิธีการกำจัดขยะมูลฝอยที่ถูกหลักวิชาการ (กรมควบคุมมลพิษ, 2555) ควรมีลักษณะดังต่อไปนี้

1. ไม่ทำให้บริเวณที่กำจัดขยะเป็นแหล่งอาหาร แหล่งเพาะพันธุ์สัตว์และแมลงนำโรค เช่น แมลงวัน ยุง และแมลงสาบ เป็นต้น
2. ไม่ทำให้เกิดการปนเปื้อนแก่แหล่งน้ำและพื้นดิน
3. ไม่ทำให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม
4. ไม่เป็นเหตุรำคาญ อันเนื่องมาจาก เสียง กลิ่น ควัน ผงและฝุ่นละออง

วิธีการกองทิ้งบนดิน การนำไปทิ้งทะเลรวมทั้งการเผากลางแจ้ง ถือว่าเป็นวิธีการกำจัดขยะมูลฝอยที่ไม่ถูกต้อง เพราะทำให้เกิดปัญหาภาวะมลพิษต่อสภาพแวดล้อม สำหรับวิธีที่ยอมรับทั่วไปว่าเป็นวิธีกำจัดที่ถูกต้อง คือ การเผาในเตาเผา การฝังกลบ และการทำปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**วิธีการกำจัดขยะมูลฝอยที่ถูกหลักวิชาการ**

1. การกำจัดขยะมูลฝอยโดยใช้เตาเผาขยะ

การเผาขยะมูลฝอยในเตาเผา เป็นการเผาไหม้ทั้งส่วนที่เป็นของแข็ง ของเหลว และก๊าซ ซึ่งต้องใช้ความร้อนระหว่าง 1,300-1,800 องศาฟาเรนไฮต์ จึงจะทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์ เนื่องจากความแตกต่างขององค์ประกอบของขยะมูลฝอยในแต่ละแห่ง ดังนั้นรูปแบบของเตาเผาจึงแตกต่างกันไปด้วย เช่น ถ้าชุมชนที่มีขยะมูลฝอยส่วนใหญ่เป็นชนิดที่เผาไหม้ได้ง่าย เตาเผาขยะอาจใช้ชนิดที่ไม่ต้องใช้เชื้อเพลิงอย่างอื่นช่วยในการเผาไหม้ แต่ถ้าองค์ประกอบของขยะมูลฝอยมีส่วนที่เผาไหม้ได้ง่ายต่ำกว่าร้อยละ 30 (โดยน้ำหนัก) หรือมีความชื้นมากกว่าร้อยละ 50 เตาเผาที่ใช้ต้องเป็นชนิดที่ต้องมีเชื้อเพลิงช่วยในการเผาไหม้

นอกจากนี้ เตาเผาขยะมูลฝอยทุกแบบ จะต้องมีกระบวนการควบคุมอุณหภูมิ ควัน ไอเสีย ผงและขี้เถ้าที่อาจปนออกไปกับควันและปลิวออกมาทางปล่องระบายอากาศเสีย เตาเผาที่มีประสิทธิภาพจะต้องลดปริมาณขยะมูลฝอยลงไปจากเดิมให้เหลือน้อยที่สุด และส่วนที่เหลือจากการเผาไหม้นั้นก็จะต้องมีลักษณะคงรูป ไม่มีการย่อยสลายได้อีกต่อไป และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างปลอดภัย

ข้อดี

1) ใช้พื้นที่น้อย เมื่อเทียบกับวิธีฝังกลบ

2) สามารถกำจัดขยะมูลฝอยได้เกือบทุกชนิด

3) สามารถสร้างเตาเผาในพื้นที่ที่ไม่ห่างไกลจากแหล่งกำเนิดขยะ ทำให้ประหยัดค่าขนส่ง

4) ไม่ค่อยกระทบกระเทือนเมื่อสภาพแวดล้อมของลมฟ้าอากาศเปลี่ยนแปลง

5) ส่วนที่เหลือจากการเผาไหม้ (ขี้เถ้า) สามารถนำไปถมที่ดินได้ หรือทำวัสดุก่อสร้างได้

ข้อเสีย

ค่าลงทุนในการก่อสร้างและค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซม บำรุงรักษาค่อนข้างสูง และอาจจะเกิดปัญหาภาวะมลพิษทางอากาศได้

2. การกำจัดขยะมูลฝอยโดยวิธีการฝังกลบ

วิธีการฝังกลบที่ถูกสุขลักษณะนั้น จะต้องไม่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษต่อสภาพแวดล้อม รวมทั้งเหตุรำคาญอื่นๆ เช่น กลิ่นเหม็น ควัน ฝุ่นละออง และการปลิวของกระดาษ พลาสติกและอื่นๆ ซึ่งจะต้องควบคุมให้อยู่ภายในขอบเขตจำกัด ไม่ทำให้เกิดทัศนียภาพไม่ชวนมองของพื้นที่และบริเวณใกล้เคียง นอกจากนี้ยังจะต้องมีมาตรการในการควบคุมดูแลดังนี้

1) ต้องควบคุมไม่ให้มีการนำของเสียอันตรายมากำจัดรวมกับขยะมูลฝอยทั่วไปในบริเวณที่ฝังกลบขยะ นอกจากจะมีมาตรการการกำจัดโดยวิธีการพิเศษตามลักษณะของของเสียนั้นๆ

2) ต้องควบคุมให้ขยะที่ฝังกลบถูกกำจัดอยู่เฉพาะภายในขอบเขตที่กำหนดไว้ ทั้งบนพื้นผิวดินและใต้ดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ต้องกำจัดน้ำเสียจากกองขยะอย่างถูกต้อง

4) ต้องตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอ เช่นตรวจสอบการปนเปื้อนของแหล่งน้ำใต้ดินบริเวณใกล้เคียง

5) ต้องคำนึงถึงทัศนียภาพของพื้นที่และบริเวณใกล้เคียง เช่น การจัดให้มีสิ่งป้องกันการปลิวของขยะหรืออาจปลูกต้นไม้ล้อมรอบ เป็นต้น

การฝังกลบเป็นวิธีการที่ใช้ในการกำจัดขยะมูลฝอยอย่างถูกต้องตามหลักสุขาภิบาล ไม่ก่อให้เกิดเหตุรำคาญและเป็นอันตรายต่อสุขภาพและสภาพแวดล้อม โดยมีการปรับสภาพหลุมฝังกลบ ปูทับด้วย HDPE เทขยะมูลฝอยลงไปแล้วเกลี่ยให้กระจาย บดทับให้แน่น แล้วใช้ดินหรือวัสดุอื่นที่มีดินปนอยู่ไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 ปิดทับแล้วบดทับให้แน่นอีกครั้งหนึ่ง

3. การกำจัดขยะโดยวิธีการทำปุ๋ยหมัก

เป็นวิธีการเปลี่ยนอินทรียสารในขยะให้เป็นวัสดุบำรุงดินที่มีประโยชน์สำหรับพืชดังจะกล่าวรายละเอียดต่อไป

## 2.2 ปุ๋ยหมัก (Composting) (ยงยุทธและคณะ, 2554)

ปุ๋ยหมัก คือ ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่เกิดจากสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายด้วยกระบวนการทางชีวภาพโดยกลุ่มจุลินทรีย์หลากหลายชนิด สารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายจะแปรสภาพไปเป็นสารอนินทรีย์ในรูปของธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์และพืชสามารถนำไปใช้ได้ โดยกระบวนการย่อยสลายเกิดขึ้นได้ดีและรวดเร็วเมื่ออยู่ในสภาวะที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ ปุ๋ยหมักที่ย่อยสลายสมบูรณ์มีลักษณะเนื้อปุ๋ยเปื่อย นุ่ม ยุ่ย ขาดจากกันได้ง่าย มีความคงตัว เสถียร ไม่มีกลิ่น มีสีน้ำตาลปนดำ เมื่อทำการวิเคราะห์พบว่า มีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำ และมีปริมาณธาตุอาหารหลักของพืชครบถ้วนในชุมชนเมืองมีขยะมูลฝอย(municipal solid waste) ปริมาณมากซึ่งต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงในการกำจัด ขยะที่รวบรวมได้นั้นกว่าร้อยละ 60 เป็นอินทรียสาร เช่นเศษอาหาร เศษพืชต่างๆ รวมทั้งเศษกระดาษ ดังนั้นหากมีกระบวนการแยกขยะที่เหมาะสม แล้วนำอินทรียสารเหล่านั้นมาผลิตปุ๋ยหมักจะเกิดประโยชน์คือประหยัดค่าใช้จ่ายในการกำจัดหลายประเทศใช้ขยะชุมชนมาทำปุ๋ยหมักประมาณร้อยละ 50 ส่วนที่เหลือนำไปกำจัดด้วยวิธีการฝังกลบและได้หมุนเวียนอินทรียสารต่างๆ ที่เหลือทิ้งของชุมชนเมือง มาเป็นวัสดุบำรุงดินซึ่งเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรรม

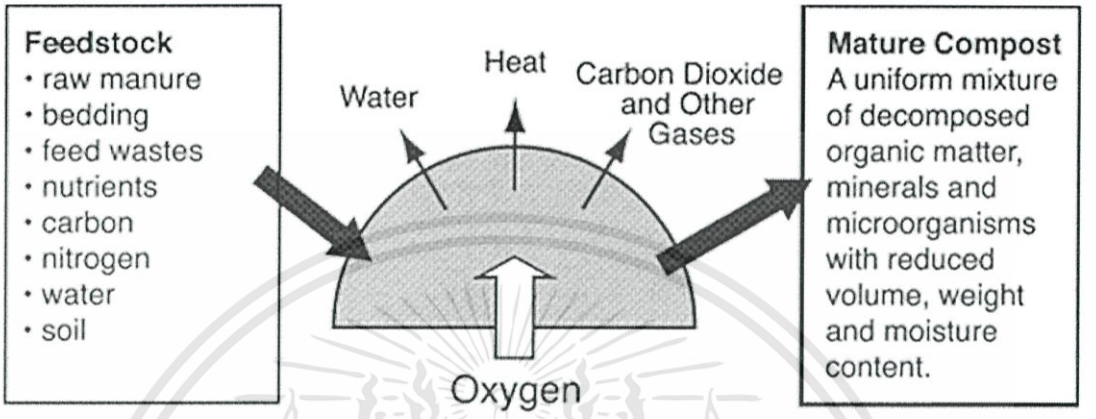
### 2.2.1 หลักการในการทำปุ๋ยหมัก

เมื่อนำวัสดุอินทรีย์มากองหมักรวมกันและรดน้ำให้มีความชื้นเพียงพอกับความต้องการของจุลินทรีย์ หากวัสดุมีการระบายอากาศที่ดีพอ กระบวนการที่จุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ในกองแปรสภาพวัสดุอินทรีย์จะเป็นแบบใช้ออกซิเจน(aerobic decomposition) กระบวนการนี้ทำให้เกิดการแปรสภาพเกิดขึ้นได้รวดเร็วกว่าแบบไม่ใช้อากาศ วัสดุอินทรีย์ส่วนมากย่อยสลายกลายเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คาร์บอนไดออกไซด์ แต่ก็มีอีกส่วนหนึ่งที่แปรสภาพไปเป็นสารประกอบประเภทเดียวกันกับฮิวมัสในดิน มีสีดำหรือน้ำตาลดำย่อยสลายช้าดังรูปที่ 2.2 อาจเขียนสมการทั่วไปของการสลายตัวของอินทรียสารโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินที่ใช้ออกซิเจน (Tate, 2000) ดังสมการที่ 2.1

อินทรียสาร + $O_2$ + จุลินทรีย์ใช้ออกซิเจน $\rightarrow$ $CO_2 + NH_3 +$ พลังงาน + สารฮิวมัส (2.1)




**รูปที่ 2.2** หลักการในการทำปุ๋ยหมัก (Ministry of Agriculture and Food, 2005)

การย่อยสลายสารอินทรีย์แบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ

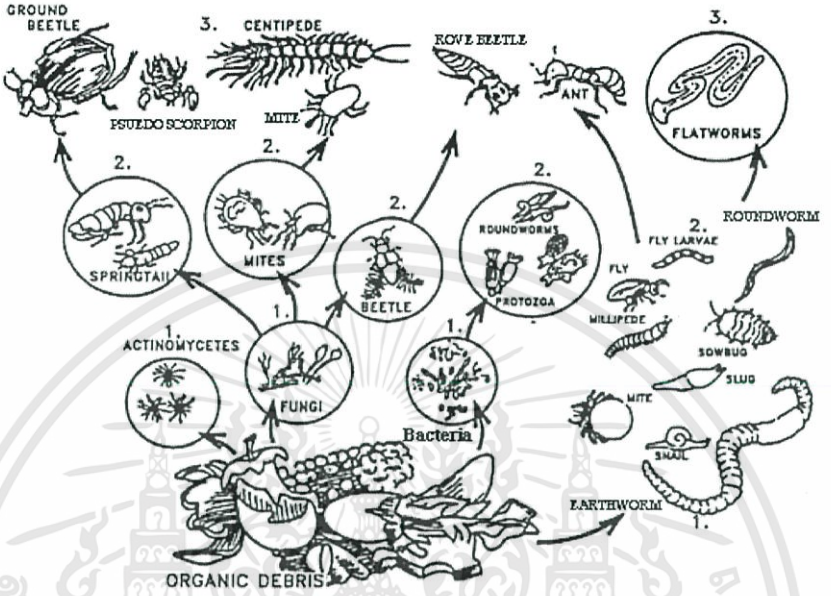
1. การย่อยสลายที่เกิดจากแมลงหรือสิ่งมีชีวิตขนาดใหญ่ (Macroorganisms) ได้แก่ Nematodes, mites, sow bugs และไส้เดือนเข้าไปกัดกินสารอินทรีย์ที่เตรียมไว้ทำปุ๋ย โดยกลุ่มสัตว์เหล่านี้ทำหน้าที่ย่อยสลายให้สารอินทรีย์รวมทั้งกากที่ผ่านการย่อยแล้วให้มีขนาดเล็กลง ดังแสดงในรูปที่ 2.3

2. การย่อยสลายโดยกลุ่มจุลินทรีย์ในดิน (Microorganisms) ได้แก่ พวกเชื้อราและแบคทีเรียที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีขนาดเล็กที่ผ่านการย่อยเบื้องต้น ซึ่งการย่อยช่วงนี้เรียกว่า Mesophilic stageโดยปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นทำให้สารอินทรีย์ถูกย่อยสลายมากขึ้นและได้พลังงานความร้อนเพิ่มขึ้นตามปริมาณสารอินทรีย์ ระยะนี้อุณหภูมิในการหมักปุ๋ยจะอยู่ที่ 25-45 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นสภาวะที่แบคทีเรียกลุ่ม Mesophiles เจริญเติบโตได้ดี

3. เมื่อการย่อยสลายเกิดขึ้นไปเรื่อย ๆ อุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักจะสูงขึ้นจนแบคทีเรียกลุ่ม Mesophilesตายหรือไม่สามารถทำการย่อยได้อีก จึงเป็นช่วงที่กลุ่มแบคทีเรียอีกกลุ่มหนึ่งที่เรียกว่ากลุ่ม Thermophiles ทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ต่อไป ช่วงนี้เรียกว่าเป็นระยะ Thermophilic stageที่มีอุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักประมาณ 45-70 องศาเซลเซียส การย่อยสลายจะเกิดสมบูรณ์มากและสารอินทรีย์จะเริ่มลดลงในเวลาต่อมา แบคทีเรียกลุ่ม Thermophiles เริ่มหยุดทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิในกองหมักจะลดลงมาอยู่ที่ 25-30 องศาเซลเซียส อันเป็นระยะของ Mesophilesที่แบคทีเรียกลุ่มนี้จะเริ่มทำงานแทน ช่วงที่อุณหภูมิในกองหมักสูงนี้เป็นผลดีกับการทำลายไข่พยาธิต่างๆ เมล็ดวัชพืชให้ฝ่อลง ทั้ง 3 ระยะของการหมักปุ๋ย ใช้เวลาการเกิดไม่น้อยกว่า 10-12 สัปดาห์ จึงเกิดปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์ ผลผลิตที่ได้มีสีดำหรือน้ำตาลดำ เนื้อร่วนซุย ซึ่งถือว่าการหมักปุ๋ยสิ้นสุด




**รูปที่ 2.3** สายใยอาหารในกองปุ๋ยหมัก (Dalzell, 1987)

**2.2.2 วิธีการหมักปุ๋ย**

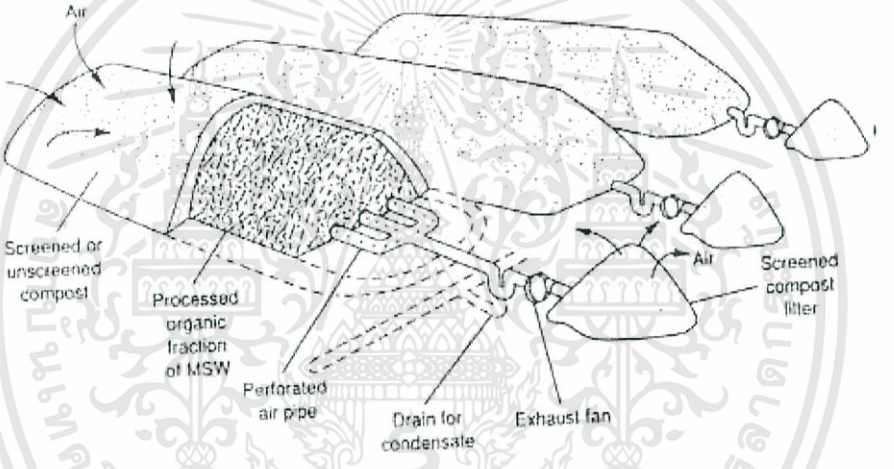
การหมักปุ๋ยมีหลายแนวทางในการดำเนินการ ซึ่งผู้ออกแบบเลือกวิธีการที่เหมาะสมกับปริมาณมูลฝอยที่ทำการหมัก งบประมาณในการลงทุน นอกจากนั้นยังต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพในการหมักปุ๋ยที่ดีที่สุด ให้ได้ผลผลิตตามความต้องการภายในเวลาที่กำหนด และปุ๋ยที่ได้ต้องเป็นปุ๋ยที่ผ่านการย่อยสลายสมบูรณ์แล้ว (Mature) การหมักต้องคำนึงการเติมอากาศ ($O_2$) ให้กองปุ๋ยหมักได้ในปริมาณพอเหมาะ หลีกเลี่ยงการเกิดการย่อยสลายแบบไร้อากาศ (Anaerobic digestion) เพราะทำให้เกิดกลิ่นเหม็นได้ Finstein and Hogan (1991) ได้แนะนำว่าหากต้องการให้เกิดการหมักได้สมบูรณ์ควรรักษาอุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักได้สูงถึง66 องศาเซลเซียส จะช่วยลดเวลาในการหมักปุ๋ย วิธีการหมักปุ๋ยมีดังต่อไปนี้

1. การหมักแบบไม่เติมอากาศ (Passive composting) เช่น การกองปุ๋ยหมักที่มีขนาดไม่สูงและไม่หนามากเกินไป อาศัยที่ตัวเนื้อของเศษมูลฝอยมีขนาดชิ้นใหญ่ มีช่องว่างให้อากาศเข้าไปผสมโดยธรรมชาติ กองมีความพรุนสูง โปร่ง ลมพัดผ่านได้ดี และไม่มีการกดมูลฝอยให้แน่นจนเกินไป วิธีการนี้อาจไม่เหมาะกับมูลฝอยชุมชนเพราะมีเศษอาหารมากทำให้เกิดจุดอับอากาศได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น จึงเหมาะสมกับการทำปุ๋ยหมักอินทรีย์จากเศษพืชผักต่าง ๆ ที่ผสมด้วยขี้เลื่อยหรือเศษไม้มากกว่า

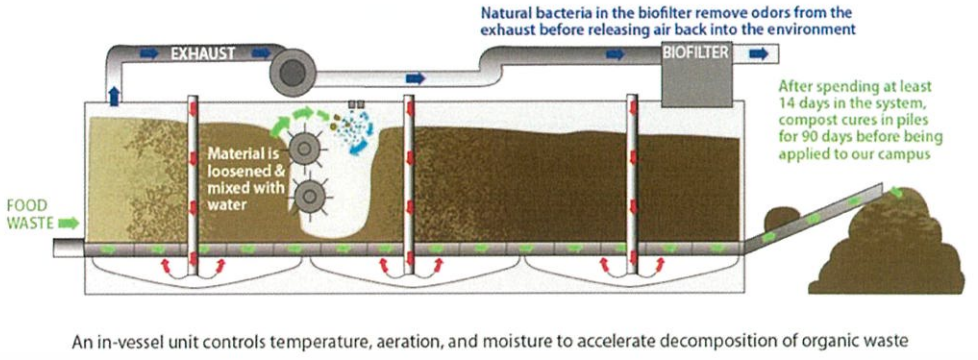
2. การหมักแบบอาศัยการดูดอากาศผ่านกองปุ๋ย (Active composting) เป็นการหมักปุ๋ยแบบที่ต้องเติมอากาศเข้าช่วยเพราะว่าเนื้อมูลฝอยชิ้นเล็กและไม่โปร่ง ทำให้อากาศแทรกตัวเข้าไปเองตามธรรมชาติไม่ได้ และลักษณะการกองปุ๋ยสูง รวมทั้งมีปริมาณมูลฝอยจำนวนมากที่ต้องหมัก ดังนั้น จึงต้องทำการเร่งปฏิกิริยาให้เกิดขึ้นโดยเร็ว ซึ่งต้องคำนวณปริมาณความต้องการอากาศของการหมักที่เหมาะสม หากเติมมากเกินไปจะเกิดการระบายกลิ่นออกไปมากเกิน รวมทั้งทำให้อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักไปไม่ถึง Thermophilic stage ได้ แต่หากเติมอากาศน้อยเกินไปทำให้เกิดจุดอับอากาศและส่งกลิ่นเหม็นจากกองปุ๋ยหมักได้ โดยลักษณะการเติมอากาศเป็นแบบดูดอากาศผ่านกองมูลฝอย ดังแสดงในรูปที่ 2.4




**รูปที่ 2.4** การหมักแบบอาศัยการดูดอากาศผ่านกองปุ๋ย (Active composting) (Tchobanoglous *et al.*, 1993)

3. การหมักในภาชนะ (In-Vessel system) เป็นการหมักในภาชนะทรงกระบอกที่หมุนได้รอบตัวในแนวนอน (Rotating drum composter) และมีการป้อนอากาศเข้าไปช่วยในการหมัก ซึ่งปฏิกิริยาในการหมักจะเกิดตั้งแต่ Mesophilic stage และ Thermophilic stage ภายในภาชนะทรงกระบอกและเมื่อสิ้นสุดการหมัก จะต้องนำปุ๋ยหมักไปบ่มต่อข้างนอกโดยการกองไว้แบบเติมอากาศ (Active composting) อีกประมาณ 3 เดือนหรือมากกว่า สำหรับช่วงเวลาในการหมักในภาชนะทรงกระบอกนี้จะมีเวลาหมักตั้งแต่ 1-3 วัน ขึ้นอยู่กับการออกแบบของถังหมักดังแสดงในรูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.5** การหมักในภาชนะ (In-Vessel system) (Ohio University, 2013)

## 2.3 จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการหมักปุ๋ย

โดยทั่วไปจุลินทรีย์ในธรรมชาติ สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ตามอุณหภูมิที่เจริญได้ดี ดังแสดงในตารางที่ 2.1

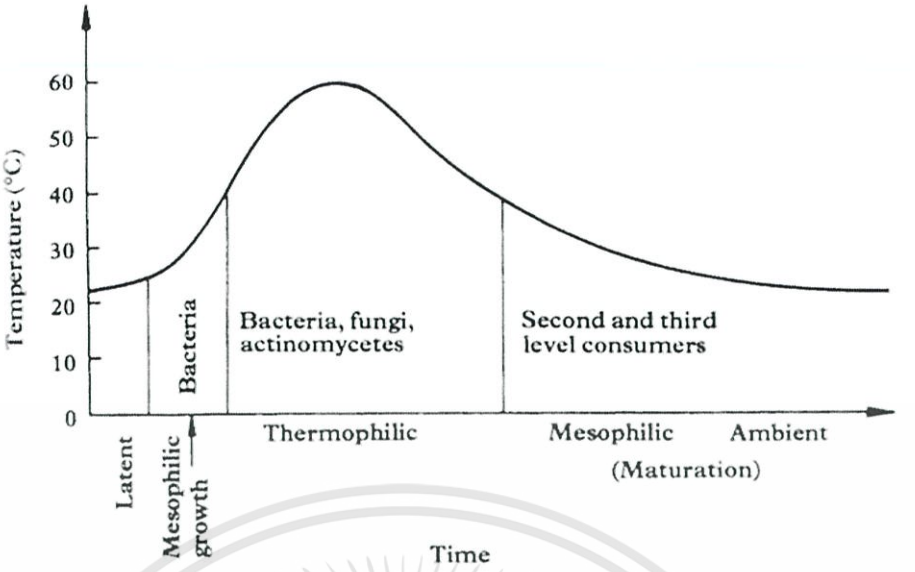
**ตารางที่ 2.1** ประเภทของจุลินทรีย์ในธรรมชาติจำแนกตามอุณหภูมิที่เจริญได้ดี

| ประเภทจุลินทรีย์ | จุลินทรีย์อุณหภูมิที่เจริญได้ดี |
|---|---|
| ชอบอุณหภูมิต่ำหรือไซโครไฟล์ (psychrophiles) | 0-25 องศาเซลเซียส |
| ชอบอุณหภูมิปานกลางหรือมีโซไฟล์ (mesophiles) | 25-45 องศาเซลเซียส |
| ชอบอุณหภูมิสูงหรือเทอร์โมไฟล์ (thermophiles) | > 45 องศาเซลเซียส |

ที่มา: ยงยุทธและคณะ (2554)

สำหรับจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตปุ๋ยหมักมีเพียง 2 ประเภทคือ จุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิปานกลางและชอบอุณภูมิสูง ซึ่งแต่ละประเภทมีบทบาทสำคัญต่อการสลายตัวของอินทรียสารในแต่ละช่วงเวลา จึงแบ่งระยะของการหมักออกเป็น 3 ระยะ ตามอุณหภูมิของวัสดุหมักดังแสดงในรูปที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.6** การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามเวลาของการหมักปุ๋ย (Polprasert, 1996)

1) ระยะแรกอุณหภูมิปานกลาง (initial mesophilic stage) จุลินทรีย์ใช้น้ำตาลและสารอาหารที่ย่อยสลายง่ายอย่างรวดเร็ว เป็นเหตุให้อุณหภูมิของกองวัสดุเพิ่มสูงกว่า 40 องศาเซลเซียส ในระยะนี้แบคทีเรียที่ชอบอุณหภูมิปานกลางจะมีมากที่สุด แต่เมื่ออุณหภูมิของกองวัสดุสูงกว่า 45 องศาเซลเซียสก็จะพัฒนาเข้าสู่ระยะที่ 2

2) ระยะอุณหภูมิสูง(thermophilic stage) เกิดขึ้นภายในไม่กี่วันต่อมา ช่วงเวลานี้อุณหภูมิของกองวัสดุอยู่ระหว่าง 50-75 องศาเซลเซียส ในสภาพดังกล่าวจุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิสูงจะย่อยสารที่ย่อยสลายยาก จึงควรกลับกองเป็นครั้งคราว เพื่อเพิ่มการถ่ายเทอากาศและทำให้กองวัสดุมีความร้อนกระจายสม่ำเสมอควรกลับเอาวัสดุที่อยู่ภายนอกเข้ามารับความร้อนภายในกอง ระยะนี้มีการสังเคราะห์สารคล้ายฮิวมัส

3) ระยะอุณหภูมิปานกลางครั้งที่สอง (second mesophilic stage) หรือระยะบ่ม (curing stage) เมื่อผ่านระยะอุณหภูมิสูงไปแล้ว แหล่งอาหารที่ใช้ได้ง่ายสำหรับจุลินทรีย์เหลือน้อย เป็นเหตุให้กิจกรรมโดยรวมของจุลินทรีย์ลดต่ำลง อุณหภูมิจึงลดลงมาใกล้เคียงกับอุณหภูมิของอากาศรอบกองจุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิระดับนี้จะมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นอีกครั้งหนึ่ง ระยะนี้อาจใช้เวลาตั้งแต่ 3-5 สัปดาห์ หรือหลายเดือน ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่ใช้และสภาพแวดล้อมในกองปุ๋ย

เมื่ออินทรียสารในกองถูกแปรสภาพเป็นฮิวมัส ปริมาณของกรดฮิวมิกก็เพิ่มขึ้นสำหรับสัดส่วนระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจนหรือ C/N ratio ของอินทรียสารก็ลดลง จนกระทั่งคงที่อยู่ในช่วง 14:1 – 20:1 และความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของปุ๋ยหมักอายุประมาณ 3 เดือนมีค่าประมาณ 50-70 cmol/kg ในกระบวนการหมักดังกล่าวคาร์บอนที่เคยมีในอินทรียสารกว่าร้อยละ 50 ได้เปลี่ยนไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ แต่ธาตุอาหารส่วนมากยังคงอยู่ ดังนั้นปุ๋ยหมักจึงมีความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้มข้นของธาตุอาหารต่างๆ สูงกว่าซากพืชที่ใช้ในการผลิตปุ๋ยหมัก นอกจากนี้อุณหภูมิที่สูงมากในระยะที่สองได้ทำลายเมล็ดวัชพืชและไข่แมลง รวมทั้งเชื้อโรคต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นเชื้อโรคของคนหรือเชื้อโรคของพืชก็ถูกทำลายด้วยโดยทั่วไปเชื้อโรคของคนมักถูกทำลายไปตั้งแต่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ส่วนเชื้อราสาเหตุโรคพืชจะถูกทำลายเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 60 องศาเซลเซียสขึ้นไป (ยงยุทธและคณะ, 2554) เนื่องจากการหมักเป็นกระบวนการที่สลับซับซ้อนและมีจุลินทรีย์หลายชนิดเข้ามามีบทบาทในการย่อยสลายอินทรียสาร เมื่อนำวัสดุอินทรีย์มาตั้งกองทำปุ๋ยหมัก มีการรดน้ำให้ความชื้นแก่เศษวัสดุจุลินทรีย์ที่ติดมากับวัสดุเหล่านั้นหรือที่มีอยู่ในปุ๋ยคอกที่เติมลงไปในกองวัสดุจะเจริญเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็ว กลุ่มจุลินทรีย์หลักที่เจริญขึ้นมาและมีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายและแปรสภาพของวัสดุอินทรีย์เหล่านั้นไปเป็นปุ๋ยหมัก ได้แก่ แบคทีเรีย เชื้อรา และแอคทิโนไมซีต จุลินทรีย์ในแต่ละกลุ่มมีอยู่มากมายหลายชนิด แต่ละชนิดก็มีบทบาทในช่วงเวลาที่แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณสารอาหารที่มีอยู่ในกองวัสดุและภายในกอง (ยงยุทธและคณะ, 2554)

**จุลินทรีย์เร่งปุ๋ยหมัก**

เชื้อจุลินทรีย์เร่งปุ๋ยหมักหรืออาจเรียกสั้นๆ ว่าเชื้อเร่งปุ๋ยหมักหรือเชื้อปุ๋ยหมัก มีหลายประเภทอาจเป็นเชื้อเดี่ยวหรือเชื้อรวมกันหลายเชื้อ ประกอบด้วยเชื้อรา แบคทีเรีย และแอคติโนไมซีต ชนิดที่มีประสิทธิภาพสูงในการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ โดยหลักการทั่วไปแล้วหลังจากการผลิตเชื้อจุลินทรีย์แต่ละชนิดในอาหารที่เหมาะสมจนได้เชื้อปริมาณมากพอแล้ว จะปรับความชื้นให้ลดลง หรือผสมในสารผสมชนิดต่างๆที่เหมาะสม โดยปรับความชื้นให้ได้ 30 ถึง 40 เปอร์เซ็นต์ก็จะทำให้เชื้อจุลินทรีย์อยู่ในสภาพที่สด และเริ่มกิจกรรมได้ทันทีเมื่อใส่ลงในกองปุ๋ยหมัก แต่ถ้าปรับความชื้นให้ต่ำลง คืออยู่ในสภาพแห้ง หรือทำให้เซลล์แข็งและแห้ง (Freeze-dried หรือ lypophilized) ก็จะสะดวกต่อการเก็บรักษา หรือเก็บรักษาได้นาน แต่เมื่อนำมาใช้ เชื้อจะเริ่มกิจกรรมได้ช้ากว่า สำหรับชนิดของเชื้อรา แบคทีเรีย และแอคติโนไมซีต ที่สำคัญในการย่อยสลายมีดังนี้ (พิทยากร, 2540)

1) เชื้อรา (fungi)ในกองปุ๋ยหมักจะตรวจพบเชื้อราอยู่เสมอชนิดและปริมาณของเชื้อราจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับวัสดุที่นำมาทำปุ๋ยหมัก ความชื้น และอุณหภูมิของสภาพแวดล้อม การที่อุณหภูมิของกองปุ๋ยหมักเพิ่มขึ้นและมีความชื้นสูง เป็นสภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียมากกว่าเชื้อรา ดังนั้นจึงมักตรวจพบเชื้อราเจริญอยู่บริเวณผิวนอกของกองปุ๋ยหมักซึ่งมีอุณหภูมิและความชื้นต่ำกว่าในกองปุ๋ย ในช่วงอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส สามารถพบเชื้อราได้ แต่ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นถึง 65 องศาเซลเซียส จะไม่พบเชื้อราเลย และเมื่ออยู่ในสภาพที่แห้งจะพบอุณหภูมิสูง 62 ถึง 65 องศาเซลเซียส ยังสามารถตรวจพบเชื้อราได้ เชื้อราที่พบเสมอๆ แสดงดังตารางที่ 2.2 ปัจจัยต่างๆ ของสภาพแวดล้อมจะเป็นตัวควบคุม และคัดเลือกเชื้อราที่มีความสามารถในการเจริญดำเนินกิจกรรมในกองปุ๋ยหมัก ในระยะแรกซึ่งอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักเพิ่มสูงขึ้นมักจะตรวจพบ

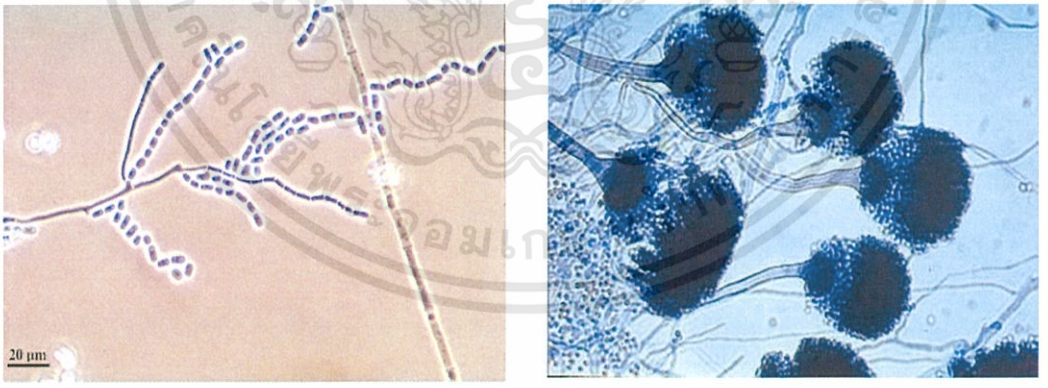
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื้อราพวก *Geotrichum candidum* และ *Aspergillus fumigatus* ดังรูปที่ 2.7 และเมื่ออุณหภูมิสูงถึงระดับ 45 ถึง 55 องศาเซลเซียส มักจะตรวจพบ *Cladosporium* sp., *Aspergillus* sp. และ *Mucor* sp. เมื่ออุณหภูมิสูงกว่านี้อาจจะพบพวก *Penicillium duponti* อย่างไรก็ตาม ชนิดของเชื้อราดังกล่าวนี้จะแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและวัสดุที่ใช้ (พิทยากร, 2540)

**ตารางที่ 2.2** ชนิดของเชื้อราที่แยกได้จากกองปุ๋ยหมัก

| อุณหภูมิปานกลาง | อุณหภูมิสูง |
|---|---|
| *Alternaria tenuis* | *Aspergillus fumigatus* |
| *Aspergillus amstellodami* | *Chaetomium thermophilum* |
| *Cephalospolium* sp. | *Humicola insolens* |
| *Cladosporium herbarum* | *Humicola lanuginosa* |
| *Coprinus cinereus* | *Mucor pusillus* |
| *Geotrichum candidum* | *Penicillium duponti* |
| *Paecilomyces* sp. | *Sporotrichum thermophile* |
| *Polyporus versicolor* | *Talaromyces thermophilis* |
| *Scopulariopsis brevicantis* | *Thermoascus aurantiacus* |
| *Trichoderma viridae* | |

ที่มา: ยงยุทธ และคณะ (2554)




**(ก)** **(ข)**

**รูปที่ 2.7** ชนิดของเชื้อราที่พบได้จากกองปุ๋ยหมัก

(ก) *Geotrichumcandidum* (ข) *Aspergillusfumigatus*

(Caltex mold serviceslibrary, 2013)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) แบคทีเรีย (bacteria) เป็นจุลินทรีย์ที่มีมากที่สุดในกองปุ๋ยหมัก ประมาณ 80 ถึง 90 เปอร์เซ็นต์ของจุลินทรีย์ที่พบว่าในช่วงการย่อยสลายจะเป็นแบคทีเรีย ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดที่พบในกองปุ๋ยหมักมีค่าประมาณ 2.3 x $10^8$ เซลล์ต่อกรัม ปริมาณดังกล่าวนี้ไม่แน่นอนอาจมีการผันแปรไปจากนี้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและวัสดุที่นำมาใช้ทำปุ๋ยหมัก แบคทีเรียค่อนข้างจะมีบทบาทสำคัญในกระบวนการย่อยสลายและเกิดความร้อนในกองปุ๋ยหมัก ในระยะแรกของการหมักปุ๋ยจะมีอุณหภูมิภายในกองไม่สูงมากนัก แบคทีเรียส่วนใหญ่จะเป็นพวกที่พบได้ทั่วไปในดิน เช่น *Pseudomonas* sp., *Cellulomonas* sp., *Achromobacter* sp., *Flavobacterium* sp., *Micrococcus* sp., และ *Bacillus* sp., *Bacillus* sp. ค่อนข้างจะพบในปริมาณมากกว่าพวกอื่นๆดังแสดงในรูปที่ 2.8

โดยเฉพาะอย่างยิ่งพวกที่ชอบอุณหภูมิสูง ได้แก่*B. subtilis* และ *B. stearothermophilus* ซึ่งเจริญได้ดีในช่วง 50 ถึง 55 องศาเซลเซียส ในบางกรณีอาจถึง 65 องศาเซลเซียส เชื้อแบคทีเรียที่ตรวจพบว่าเจริญได้ที่อุณหภูมิสูงในระดับนี้ได้แก่ *Thermus* sp. มีบทบาทสำคัญในช่วงที่อุณภูมิภายในกองปุ๋ยหมักสูง บางครั้งจะพบว่าสามารถทนต่อความร้อนได้สูง *Thermus aquaticus* เจริญได้ในช่วงอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส พวก *Bacillus* sp. เป็นแบคทีเรียที่สามารถสร้างสปอร์ได้ สปอร์จะเพิ่มมากขึ้นตั้งแต่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังพบ *Clostridium* sp. ซึ่งสามารถสร้างสปอร์ได้เช่นกัน แต่เจริญในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน (ธงชัย, 2550)

(ก) (ข)

**รูปที่ 2.8** ชนิดของแบคทีเรียที่พบได้จากกองปุ๋ยหมัก

(ก) *Pseudomonas* sp. (ข) *Micrococcus* sp.

(Aguskrisnoblog, 2011)

3) แอคติโนไมซีต (actinomycetes) โดยทั่วไป แอคติโนไมซีตมีอัตราการเจริญช้ากว่าแบคทีเรียและเชื้อรา แอคติโนไมซีตเจริญได้ไม่ดีเมื่ออยู่ในสภาพอากาศไม่พอเพียง เนื่องจากจุลินทรีย์พวกนี้ต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโต ลักษณะของเชื้อแอคติโนไมซีตเมื่อเจริญเป็นกลุ่มบนวัสดุที่ใช้ทำปุ๋ยหมักจะเห็นเป็นจุดสีขาวๆคล้ายผงปูนหลังจากอุณหภูมิขึ้นถึงจุดสูงมาก เชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอคติโนไมซีตสามารถเจริญได้ดีในช่วงอุณหภูมิสูงถึง 65 องศาเซลเซียส การเจริญเติบโตจะลดลงหรือหยุดชะงัก เมื่ออุณหภูมิสูงเกินกว่า 75 องศาเซลเซียส เชื้อแอคติโนไมซีตที่มักพบเสมอในกองปุ๋ยหมักได้แก่พวก *Thermoactinomyces* sp. และ *Thermomonospora* sp. เป็นพวกที่สามารถผลิตเอ็นไซม์เซลลูเลสออกมาย่อยเซลลูโลสได้อย่างมีประสิทธิภาพ อาจพบพวก *Streptomyces* sp. และ *Micropolyspora* sp. ในกองปุ๋ยเช่นกัน เชื้อจุลินทรีย์เหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายสารอินทรีย์ เช่น เซลลูโลส ลิกนิน ไคติน และโปรตีนที่มีอยู่ในกองปุ๋ยหมักขณะที่มีอุณหภูมิสูง (ธงชัย, 2550)

## 2.4 สารเร่งจุลินทรีย์สำหรับปุ๋ยหมัก

ปัจจุบันมีการผลิตสารเร่งจุลินทรีย์สำหรับการผลิตสารเร่งจุลินทรีย์สำหรับผลิตปุ๋ยหมักขึ้นมากมายเพื่อใช้ลดระยะเวลาในการหมัก สารเร่งจุลินทรีย์ที่มีใช้อยู่ทั่วไป ได้แก่

**- สารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์พ.ด.1** (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

ในปี พ.ศ. 2524 กรมพัฒนาที่ดินได้รับมอบหมายดำเนินโครงการเร่งรัดปรับปรุงบำรุงดินด้วยอินทรียวัตถุ ศึกษาวิจัยเทคนิคการผลิตปุ๋ยหมักที่มีต้นทุนต่ำและลดระยะเวลาการทำปุ๋ยหมักให้สั้นลง ทำให้เกษตรกรสามารถนำปุ๋ยหมักที่ได้ไปใช้ประโยชน์ปรับปรุงดินได้ทันในช่วงฤดูกาลเพาะปลูก จึงได้ศึกษาวิจัยคัดเลือกกลุ่มจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุการเกษตรที่มีประสิทธิภาพสูง หรือจุลินทรีย์ที่มีความสามารถผลิตเอนไซม์เซลลูเลสได้สูง ซึ่งเป็นที่มาของการเริ่มต้นการพัฒนาสารเร่งจุลินทรีย์ชนิดแรกของกรมพัฒนาที่ดินซึ่งมีชื่อว่า "สารเร่ง พด.1" สำหรับผลิตปุ๋ยหมัก เพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับดิน และได้มีการแนะนำส่งเสริมการใช้สารเร่ง พด.1 ประชาสัมพันธ์เผยแพร่สู่เกษตรกร เมื่อปี พ.ศ. 2529 โดยในสารเร่ง พด.1 จำนวน 1 ซอง (100 กรัม) จะมีปริมาณจุลินทรีย์ย่อยสลายเซลลูโลสทั้งหมดไม่ต่ำกว่า $10^{10}$ เซลล์ สามารถผลิตปุ๋ยหมักได้ 1 ตัน

**2.4.1 สารเร่ง พ.ด.1**

สารเร่งพด.1 เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีความสามารถสูงในการย่อยสลายวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร เพื่อผลิตปุ๋ยหมักในช่วงระยะเวลาอันสั้นประกอบด้วยเชื้อ แบคทีเรีย แอคติโนมัยซีต และรา ซึ่งมีความสามารถในการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสได้ สูงประกอบด้วย จุลินทรีย์ 8 สายพันธุ์ ดังนี้

- แบคทีเรีย 2 สายพันธุ์ อยู่ในสกุล *Bacillus* sp.
- แอคติโนมัยซีต 2 สายพันธุ์ อยู่ในสกุล *Streptomyces* sp.
- รา 4 สายพันธุ์ ได้แก่ *Scopulariopsis* sp., *Helicomyces* sp., *Chaetomium* sp. และ *Trichoderma* sp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**แหล่งที่มาของเชื้อจุลินทรีย์ในสารเร่ง พ.ด.1**

อินทรียวัตถุเป็นองค์ประกอบสำคัญในการควบคุมความสมดุลและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินทั้งในด้านสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของดิน ในสภาพป่าธรรมชาติจะเป็นแหล่งของอินทรียวัตถุที่สำคัญ ซึ่งได้จากการร่วงหล่นของใบไม้ทับถมกัน และเกิดการย่อยสลายโดยกลุ่มจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสซึ่งจะผลิตเอนไซม์เซลลูเลสย่อยสลายวัสดุอินทรีย์และแปรสภาพให้เป็นปุ๋ยอินทรีย์สำหรับนำไปใช้ประโยชน์ เพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดินต่อไป

**คุณสมบัติของเชื้อจุลินทรีย์ในสารเร่ง พด.1**

1. เป็นจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสเพื่อย่อยสลายเซลลูโลสที่เป็นองค์ประกอบหลักในเศษพืชได้ดี สามารถเจริญได้ดีในสภาพดินที่มีอินทรียวัตถุสูง มีความสามารถในการใช้อาหารจากอินทรียวัตถุ และเพิ่มจำนวนเซลล์ในดินได้ดีกว่า ทำให้จุลินทรีย์ที่เป็นโทษต่อพืชซึ่งมีอยู่ในดิน ไม่สามารถเจริญแข่งขันได้

2. เป็นจุลินทรีย์ที่ต้องการแสง อากาศ และเจริญได้ดีที่อุณหภูมิสูง 45 องศาเซลเซียส

3. เป็นจุลินทรีย์ที่มีความต้องการความชื้นสูง 50 เปอร์เซ็นต์

**2.4.2 สารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า**

บทบาทของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์สารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า

กลุ่มจุลินทรีย์ ประกอบด้วย แบคทีเรียและยีสต์ โดยมีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์และเกิดปฏิกิริยาทางชีวเคมีต่างๆดังนี้

1. แบคทีเรีย สามารถย่อยวัสดุอินทรีย์ที่มาจากสิ่งมีชีวิตทั้งจากพืชและสัตว์ ย่อยสลายสารประกอบโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ๆ ให้เล็กลง และปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ประกอบด้วย

- แบคทีเรียในสกุลบาซิลัส (*Bacillus* sp.)
- แบคทีเรียผลิตกรดแลคติก (Lactic acid bacteria) ได้แก่ *Lactobacillus* sp.
- แบคทีเรียผลิตกรดอะซิติก (Acetic acid bacteria)

2. ยีสต์และเชื้อราเส้นใย

- ยีสต์ (Yeasts) ยีสต์มีความเกี่ยวข้องในกระบวนการหมักจะมีการสร้าง Ascosporesแบบอาศัยเพศอยู่ใน Asci ได้แก่ยีสต์สกุล *Saccharomyces* sp. และ *Candida* sp. เนื่องจากยีสต์มีคุณสมบัติในการหมักน้ำตาลได้ดี ดังนั้นในกระบวนการหมักผักและผลไม้หรือปลาสดร่วมกับกากน้ำตาล (อาจใช้น้ำตาลทรายแดง น้ำตาลอ้อย) ยีสต์จะทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หลังจากการหมักวัสดุอินทรีย์ด้วยน้ำตาล ยีสต์ในธรรมชาติจะเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนเซลล์ เนื่องจากได้แหล่งอาหารจากน้ำตาล โดยจะปรากฏอยู่ที่บริเวณผิวหน้าของวัสดุหมักเป็นฟองที่ลอยเป็นฝ้าอยู่ที่ผิวของน้ำหมักอาจจะเรียกว่า Top Yeasts

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ราเส้นใยเป็นจุลินทรีย์พวกที่ต้องการอากาศ พบเห็นได้บริเวณผิวด้านบนของน้ำหมักชีวภาพ ดังนั้นในลักษณะของการทำน้ำหมักชีวภาพ ซึ่งเป็นการหมักที่มีออกซิเจนน้อยสภาพดังกล่าวไม่เหมาะสำหรับการเจริญเติบโตของราเส้นใย จึงมักพบอยู่บนบริเวณผิวหน้าของน้ำหมักชีวภาพ หรือบนพื้นผิวภาชนะมีน้ำตาลติดอยู่ ส่วนใหญ่ที่มีบทบาทในกระบวนการหมักน้ำหมักชีวภาพจะอยู่ในกลุ่มรา Phycomycetes ได้แก่ ราในสกุล Mucor และอื่นๆ

**2.4.3 น้ำหมักชีวภาพ**

จุลินทรีย์ที่มีในน้ำหมักชีวภาพมีปลายประเภท แต่จุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญในกระบวนการหมักน้ำหมักชีวภาพ ได้แก่ แบคทีเรีย เชื้อรา โดยมีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ และเกิดปฏิกิริยาทางชีวภาพเคมีต่างๆ ในการผลิตน้ำหมักชีวภาพ บทบาทของจุลินทรีย์ในกระบวนการหมักน้ำหมักชีวภาพมีดังนี้

1.) แบคทีเรีย แบคทีเรียที่พบในน้ำหมักชีวภาพหลายสายพันธุ์มีบทบาทในการย่อยสลายวัสดุที่ใช้ในการผลิต วัสดุที่ใช้ในการผลิตน้ำหมักชีวภาพเป็นวัสดุอินทรีย์มาจากสิ่งที่มีชีวิตทั้งจากพืชและสัตว์ แบคทีเรียย่อยสลายวัสดอินทรีย์ทำให้สารประกอบโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ๆ เล็กลง และปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ แบคทีเรียที่พบและมีบทบาทมากในน้ำหมักชีวภาพมีดังนี้

ก. แบคทีเรียในสกุลบาซิลัส (*Bacillus* sp.) บทบาทของจุลินทรีย์สกุลนี้ในกระบวนการหมักคือจัดเป็นพวก Ammonifiers เกี่ยวข้องกับการแปรสภาพอินทีย์ไนโตรเจนให้เป็นอนินทรีย์ไนโตรเจน ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการดังกล่าวส่วนใหญ่จะแอมโมเนีย และแบคทีเรียในสกุลบาซิลัส สามารถผลิตเอนไซม์โพรเทส (Protease) ทำหน้าที่ย่อยโปรตีนให้มีขนาดโมเลกุลเล็กลง โดยมีน้ำเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทางชีวเคมี (Hydrolysis) แปรสภาพโปรตีนให้เป็นโพลีเปบไทด์ (Phlypeptides) และแปรสภาพโอลิโกเปบไทด์ (Oligopeptides) ให้เป็นกรดอะมิโน (Amino acids) เอนไซม์นี้ถ้าย่อยโปรตีนในสภาพที่มีอากาศเพียงพอ (Aerobic Proteolysis) จะได้รับคาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนีย ซัลเฟต และน้ำ แต่ถ้าย่อยสลายโปรตีนในสภาพที่ปราศจากอากาศจะได้แอมโมเนียอะมีน คาร์บอนไดออกไซด์ กรดอินทรีย์ Indole Skatole Mercaptans และไฮโดรเจนซัลไฟด์ สารต่างๆ เหล่านี้ก่อให้เกอดกลิ่นเหม็นเน่า (Foul Smelling) นอกจากนี้แบคทีเรียสกุลบาซิลัส ยังสามารถสังเคราะห์ฮอร์โมนพืชกลุ่มออกซิน จิบเบอเรลลิน และไซโตไคนิน ได้

ข. กลุ่มแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก (Lactic Acid Bacteria) ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของแบคทีเรียกลุ่มนี้เป็น Gram Phositive Asporogenous Rod-Shaped Bacteria อยู่ใน Family Lactobacillaceae จะไม่มีการสร้างสปอร์ (Endospore) รูปร่างของเซลล์มีลักษณะเป็นท่อน แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกจะมีส่วนเกี่ยวข้องอย่างมากในการผลิตน้ำหมักชีวภาพ ที่กระบวนการผลิตมีน้ำตาลมาเกี่ยวข้อง แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกอาศัยอยู่ในธรรมชาติมากมายหลายแหล่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยเฉพาะอย่างยิ่งในที่ที่มีน้ำตาลชนิดต่างๆ แบคทีเรียกลุ่มนี้สามารถสร้างกรดแลคติก กรดฟอร์มิค เอทานอล และคาร์บอนไดออกไซด์

แบคทีเรียชนิดนี้ในพวก Anaerobic หรือ Facultative bacteria ได้แก่ แบคทีเรียในสกุล *Lactobacillus* sp. มีความต้องการสารอาหารพวกสารประกอบอินทรีย์มีโครงสร้างซับซ้อนพบในกระบวนการหมักมีการเจริญได้ดีในสภาพที่ไม่ออกซิเจน แต่ก็มีความสามารถเจริญเพิ่มจำนวนเซลล์ได้ดีในสภาพที่มีออกซิเจนด้วย น้ำตาลเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของแบคทีเรียชนิดนี้ กลุ่ม Lactic acid bacteria แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่หนึ่งเรียกว่า Homofermentative จุลินทรีย์กลุ่มนี้จะให้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นกรดแลคติก (Lactic Acid) เท่านั้น สำหรับกลุ่มที่สองเรียกว่า Heterofermentative หลังจากกระบวนการหมักจะได้กรดแลคติก กรดอะซิติก กรดฟอร์มิก กลีเซอรอล แอลกอฮอล์ และคาร์บอนไดออกไซด์ โดยทั่วไปแล้วแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกจะมีอยู่ในสภาพธรรมชาติทั้งในพืชผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ และผลิตภัณฑ์นม กรดแลคติกที่ได้นี้มีบทบาทสำคัญในการถนอมอาหารหลายชนิด น ผักดองต่างๆ ผลิตภัณฑ์นมพวกทำเนยแข็ง จุลินทรีย์ดังกล่าวมีความสามารถทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปได้ดี ทนต่อสภาพความเป็นกรดสูง สภาวะความเป็นกรดสูงนี้จะมีผลกระทบต่อการยับยั้งการเพิ่มจำนวนเซลล์หรือกำจัดกลุ่มจุลินทรีย์ที่ก่อนให้เกิดการเน่าเสียของอาหาร ปฏิกิริยาโดยสรุปของการสร้างกรดแลคติกจากน้ำตาลโดยกลุ่มแบคทีเรีย Lactic Acid Bacteria

ค. กลุ่มแบคทีเรียผลิตกรดอะซิติก (Acetic Acid Bacteria) ลักษณะพื้นฐานทางวิทยาของแบคทีเรียกลุ่มนี้เป็นแบคทีเรียรูปแท่ง (Rod) และกลม (Cocci) แกรมลบ (Gram negative aerobic) อยู่ใน Family Pseudomonadaceae รูปร่างเป็นท่อนแต่มีลักษณะ เช่น รูปรีหรือไม้กระบองโค้งมี Flagella เคลื่อนที่ได้เป็นพวกที่ต้องการออกซิเจน (Aerobic Bacteria) ทนทานต่อสภาพความเป็นกรดได้ดีในสภาพที่มีค่า pH ของสารละลายต่ำกว่า 5.0 และเจริญอยู่ได้ในที่ที่มีค่า pH ต่ำระหว่าง 3.0-3.5 ได้แก่ แบคทีเรียในสกุล *Acetobacter* sp. บทบาทสำคัญของแบคทีเรียชนิดนี้จะทำหน้าที่แปรสภาพหรือเปลี่ยนแอลกอฮอล์ เอทานอล (Ethanol) ให้เป็นกรดอะซิติก โดยปฏิกิริยา Oxidation ในสภาพที่มีออกซิเจน มีปฏิกิริยาโดยสรุปดังนี้คือ

2) เชื้อรา ราที่มีบทบาทในกระบวนการหมักในน้ำหมักชีวภาพส่วนใหญ่จะเป็นยีสต์และราที่มีรูปร่างเป็นเส้นใย

ก. ยีสต์ (Yeasts) เป็นราเซลล์เดี่ยว มักมีรูปร่างกลมหรือรี สามารถสืบพันธุ์ได้โดยการแตกหน่อ (Budding) ซึ่งเป็นแบบไม่อาศัยเพศ อยู่ใน Family Saccharomycetaceae เมื่ออายุยังน้อยจะมีรูปร่างค่อนข้างกลม แต่เมื่ออายุมากจะมีรูปร่างรียาวยีสต์จะทำให้เกิดกระบวนการหมักโดยเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นเอททิลแอลกอฮอล์และคาร์บอนไดออกไซด์

ยีสต์มีความเกี่ยวข้องในกระบวนการหมักจะมีการสร้าง Ascospores แบบอาศัยเพศอยู่ใน Asci ได้แก่ ยีสต์สกุล *Saccharomyces* sp. และ *Candida* sp. เนื่องจากยีสต์มีคุณสมบัติในการหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำตาลได้ดี ดังนั้นในกระบวนการหมักผักและผลไม้หรือปลาสดร่วมกับกากน้ำตาล (อาจใช้น้ำตาลทรายแดง น้ำตาลอ้อย) ยีสต์จะทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หลังจากการหมักวัสดุอินทรีย์ด้วยน้ำตาล (1-2 วัน จะได้กลิ่นแอลกอฮอล์) ยีสต์ในธรรมชาติจะเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนเซลล์ เนื่องจากได้แหล่งอาหารจากน้ำตาล โดยจะปรากฏอยู่ที่บริเวณผิวหน้าของวัสดุหมักเป็นฟองที่ลอกเป็นฝ้าอยู่ที่ผิวของน้ำหมักอาจจะเรียกว่า Top Yeasts เมื่อการหมักลดลงจะตกตะกอนลงนอกจากนี้จะมีผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นออกมาในปริมาณเล็กน้อย ได้แก่ Glyceral, Acetic Acid, Organic Acid, Amino Acid, Purines, Pyrimidines และ Alcohol นอกจากนี้ยีสต์จะผลิตวิตามินและฮอร์โมนในระหว่างกระบวนการหมักด้วย ในกระบวนการหมักนั้นจะมีค่าความเป็นกรดด่างต่ำมาก แต่ยีสต์สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่เป็นกรดสูงระหว่าง 4.0-6.5 และดำรงชีพอยู่ได้ในสภาพที่มีค่าความเป็นกรดด่างของน้ำหมักระหว่าง 1.5-3.5 จะมีจุลินทรีย์กลุ่มอื่นร่วมทำปฏิกิริยาอยู่ด้วยซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นกรดอินทรีย์เกิดขึ้นมาก ทำให้ค่าความเป็นกรดด่างของน้ำหมักมีความเป็นกรดสูง สภาวะที่ค่าความเป็นกรดด่างของน้ำหมักมีค่าต่ำนั้นมีผลดีต่อการควบคุมจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียได้ และขณะเดียวกันแอลกอฮอล์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักเป็นปัจจัยหนึ่งที่ควบคุมคุณภาพของน้ำหมักหรือปุ๋ยอินทรีย์น้ำด้วย

ข. ราเส้นใย เป็นจุลินทรีย์พวกที่ต้องการอากาศ พบเห็นได้บริเวณผิวด้านบนของน้ำหมักชีวภาพ ดังนั้นในลักษณะของการทำน้ำหมักชีวภาพ ซึ่งเป็นการหมักที่มีออกซิเจนน้อยสภาพดังกล่าวไม่เหมาะสำหรับการเจริญเติบโตของราเส้นใย จึงมักพบอยู่บนบริเวณผิวหน้าของน้ำหมักชีวภาพ หรือบนพื้นผิวภาชนะมีน้ำตาลติดอยู่ ส่วนใหญ่ที่มีบทบาทในกระบวนการหมักน้ำหมักชีวภาพจะอยู่ในกลุ่มรา Phycomycetes ได้แก่ ราในสกุล Mucor และอื่นๆ

## 2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำปุ๋ยหมักจากมูลฝอย (ธเรศ, 2553)

ในการหมักปุ๋ยจะประสบความสำเร็จได้ปุ๋ยมีคุณภาพและเป็นปุ๋ยเร็ว ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ อันได้แก่

1. ขนาดของชิ้นส่วนมูลฝอย (Particle size) ขนาดของชิ้นส่วนมูลฝอยที่เริ่มทำการหมักต้องมีขนาดเล็กเพื่อจุลินทรีย์สามารถทำการย่อยสลายได้ง่ายและรวดเร็ว ควรมีขนาดอยู่ระหว่าง 1-5 เซนติเมตร หากมีขนาดใหญ่กว่านี้การย่อยสลายจะเป็นไปได้ช้า แต่ถ้าขนาดเล็กกว่า 1.0 เซนติเมตร จะทำให้อากาศ (ออกซิเจน) ลงไปในกองปุ๋ยหมักลำบาก มีผลต่อการหมักปุ๋ยเช่นกัน ดังนั้น ในการออกแบบทำปุ๋ยหมักจากมูลฝอยจะมีการติดตั้งเครื่องตัดหรือเครื่องฉีกมูลฝอยให้เป็นชิ้นเล็กๆ ก่อนเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ความชื้น (Moisture content) ความชื้นเป็นสิ่งที่จุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักต้องการเพื่อใช้ในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ ดังนั้น ความชื้นในกองปุ๋ยหมักควรควบคุมไว้ให้อยู่ในช่วง 40-50 % จึงเกิดการย่อยสลายได้ดี แต่หากความชื้นน้อยกว่า 20 % จะทำให้จุลินทรีย์ที่ทำการย่อยสลายตายและการหมักปุ๋ยล้มเหลว เช่นเดียวกัน หากความชื้นในกองปุ๋ยหมักสูงเกินไปจะเกิดการหมักแบบไม่ใช้อากาศส่งกลิ่นเหม็นรบกวนผู้อยู่ใกล้เคียง ดังนั้นในระหว่างการหมักต้องตรวจสอบค่าความชื้นในกองปุ๋ยหมัก หากพบว่าค่าความชื้นในกองปุ๋ยหมักมีค่าสูงเกินไปควรแก้ไขดังนี้

- ใช้วัตถุดิบที่มีความชื้นต่ำ ๆ มาผสม
- ใช้ขี้เลื่อยแห้งมาผสม
- กลับพลิกกองให้กระจายความชื้นออก

ทั้ง 3 วิธีการนี้จะช่วยให้สามารถลดความชื้นในกองปุ๋ยหมักได้ แต่หากพบว่ากองปุ๋ยหมักมีความชื้นต่ำเกินไปให้พรมน้ำลงไปในกองปุ๋ย

3. อุณหภูมิ (Temperature) อุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักจะต้องควบคุมให้อยู่ในทั้ง 2 ระยะ คือ Mesophilic stageที่อุณหภูมิ 25-45 องศาเซลเซียส และ Thermophilic stage ที่อุณหภูมิ 45-70 องศาเซลเซียส และลดลงมาที่ 25-30 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมถือว่าการหมักสิ้นสุด แต่หากพบว่าอุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักไม่สามารถทำให้สูงผ่านระยะของ Mesophilic stageได้ คือ ไม่เกิน 45 องศาเซลเซียส จะต้องเติมสารอาหารลงไปให้จุลินทรีย์อีกจึงจะสามารถเพิ่มอุณหภูมิและขยับปฏิกิริยาไปที่ Thermophilic stage จึงถือว่าเป็นการหมักที่สมบูรณ์ การที่อุณหภูมิสูงขึ้นแต่ไม่ถึง 70 องศาเซลเซียส อาจเกิดจากปัจจัยอื่นๆ เช่น มีความชื้นสูงหรือขนาดของชิ้นส่วนมูลฝอยมีขนาดใหญ่เกินที่จุลินทรีย์จะย่อยสลายในเวลาอันสั้น เป็นต้น ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักมีหลายปัจจัย อาทิ สภาพแวดล้อม ชนิดและลักษณะของวัตถุดิบหมักและขนาดของกองปุ๋ยหมัก ซึ่งเป็นการบ่งบอกถึงการเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยสลาย และมีความสอดคล้องกับการลดลงของค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนในกองปุ๋ยหมัก

4. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ตลอดเวลาของการหมักปุ๋ยค่า pH จะต้องไม่ต่ำกว่า 5.5 และไม่เกิน 9 ซึ่งเป็นช่วงที่แบคทีเรียและราสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ดี แต่ในช่วงแรกของการหมัก ค่า pH อาจจะลดลงไปอยู่ที่ 5.5 จากนั้นอาจจะเพิ่มขึ้นเป็น 7 และ 8 ในช่วงของ Thermophilic stage จากนั้นอาจลดลงไปที่ 6-7 ซึ่งเป็นช่วงที่ปุ๋ยหมักเกิดการหมักสมบูรณ์แล้ว จากการรายงานของ U.S. EPA. ใน ค.ศ. 1994 พบว่าการเพิ่มขึ้นของ pH แสดงถึงการหมักปุ๋ยเข้าใกล้สมบูรณ์แล้ว เมื่อสิ้นสุดการหมักปุ๋ยแล้วค่า pH จะอยู่ที่ 6.5-7.5 ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมจะนำไปใช้กับพืช แต่มีข้อสังเกตว่า ปุ๋ยหมักที่จะให้ผลดีกับพืชควรมีค่า pH อยู่ที่ 6.0-6.5 เพราะเป็นสภาวะที่พืชดึงสารอาหารจากปุ๋ยไปใช้ได้ดีกว่า มีข้อแนะนำเกี่ยวกับการปรับค่า pH ในกองปุ๋ยหมัก หากพบว่าค่า pH สูงกว่า 8 ควรเติมเศษผลไม้ที่มีรสเปรี้ยวเข้าไปเพื่อลดค่า pH ของกองปุ๋ยหมักลง และหากพบว่ากองปุ๋ยหมักมีค่า pH เป็นกรดหรือต่ำกว่า 5 ควรเติมปูนขาว ($CaCO_3$) เพื่อช่วยเพิ่มค่า pH คำแนะนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งหมดเป็นการแก้ไขค่า pH ในช่วงค่าที่ควรจะเป็นเท่านั้น หากไม่เป็นไปตามทฤษฎีควรมีการปรับแก้

5. ระดับของอาหาร (Nutrient levels) ปริมาณอาหารที่จุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักต้องการได้แก่ คาร์บอน (C) ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) ซึ่งมีความจำเป็นในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ นอกจากนี้จุลินทรีย์ยังต้องการสารอาหารรอง เช่น โบรอน (Br) แคลเซียม (Ca) คลอไรด์(Cl) โคบอลต์ (Co) ทองแดง (Cu) เหล็ก (Fe) โมลิบดีนัม (Mo) สังกะสี (Zn) และธาตุอื่นๆ ซึ่งอาจมีปะปนอยู่ในมูลฝอยชุมชนอยู่แล้ว หากต้องการทราบค่าระดับต้องทำการวิเคราะห์หาปริมาณสัดส่วนซึ่งจะช่วยให้มั่นใจว่า การหมักปุ๋ยทำได้สมบูรณ์โดยจุลินทรีย์ได้ทำการย่อยสลายอย่างเต็มที่ ในบางครั้งสารอาหารในกองปุ๋ยหมักที่มีปริมาณมากเกินไปอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อจุลินทรีย์ได้โดยเฉพาะไนโตรเจนจะทำให้เกิดแอมโมเนียซึ่งมีความเป็นพิษต่อจุลินทรีย์อย่างมาก

6. สัดส่วนระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจนหรือ C/N ratio องค์ประกอบของธาตุอาหารในปุ๋ยหมักที่ผลิตได้ ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของอินทรียสารที่นำมาหมัก สำหรับคาร์บอนที่มีอยู่ในสารอินทรีย์ หรือ อินทรีย์คาร์บอน และไนโตรเจนทั้งหมดในวัสดุ มีความสำคัญต่อกระบวนการหมักอย่างยิ่ง กล่าวคือ สารอินทรีย์คาร์บอนเป็นทั้งแหล่งพลังงานและแหล่งของคาร์บอนที่จุลินทรีย์ใช้ในการเจริญเติบโต ส่วนไนโตรเจนก็เป็นธาตุอาหารที่จุลินทรีย์ต้องการในปริมาณมาก เนื่องจากส่วนประกอบของเซลล์จุลินทรีย์ส่วนใหญ่เป็นพวกโปรตีนและกรดนิวคลีอิกซึ่งมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ

วัสดุอินทรีย์แต่ละชนิดมีสัดส่วนระหว่างอินทรียคาร์บอนกับไนโตรเจนแตกต่างกันตั้งแต่ต่ำกว่า 20ไปจนถึงสูงกว่า 200 ดังแสดงในตารางที่ 2.3 เศษพืชโดยทั่วไปมีอินทรียคาร์บอนเป็นองค์ประกอบอยู่ใกล้เคียงคืออยู่ในช่วงประมาณ 40-50% แต่จะมีปริมาณไนโตรเจนแตกต่างกันค่อนข้างมากดังนั้นเศษพืชที่มีไนโตรเจนอยู่มาก เช่นพวกพืชตระกูลถั่วจะมีค่า C/N ratio ต่ำ เศษพืชตระกูลหญ้าที่มีไนโตรเจนน้อยก็จะมีค่า C/N ratio สูงเป็นต้น การย่อยสลายของจุลินทรีย์ของวัตถุดิบที่มีไนโตรเจนสูง เช่น ต้นถั่ว จุลินทรีย์จะได้ไนโตรเจนมากพอ ทำให้มีการย่อยสลายสารอินทรียคาร์บอนอย่างทั่วถึงและรวดเร็ว อย่างไรก็ตามจะเกิดการสูญเสียไนโตรเจนโดยการระเหยออกไปของแอมโมเนีย แต่ถ้าวัตถุดิบมีไนโตรเจนต่ำเช่น ซังข้าวโพด จุลินทรีย์จะได้รับไนโตรเจนไม่เพียงพอ การย่อยสารอินทรีย์คาร์บอนจะเกิดขึ้นไม่ทั่วถึง โดยจุลินทรีย์จะค่อยๆย่อยสารอินทรียคาร์บอนตามปริมาณของไนโตรเจนที่มี ทำให้เกิดการย่อยสลายอินทรียคาร์บอนช้า C/N ratio ของเศษพืชโดยทั่วไปเหมาะสมสำหรับทำปุ๋ยหมัก อยู่ในช่วงประมาณ 25 ถึง 35 ในทางปฏิบัติอาจยอมให้อยู่ในช่วง 35 ถึง 45 ได้ เนื่องจากการย่อยสลายในช่วงแรกเกิดขึ้นรวดเร็วเพราะมีสารที่ย่อยสลายง่ายอยู่มาก เป็นเหตุให้ค่า C/N ratio ลดต่ำกว่า 35 อย่างรวดเร็ว สำหรับกระบวนการหมักนั้นอินทรียสารที่ย่อยสลายได้ (biodegradable materials) จะแปรสภาพเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นเมื่อเวลาของการหมักเพิ่มขึ้น ปริมาณคาร์บอนในวัสดุจะลดลง แต่ความเข้มข้นของไนโตรเจนจะสูงขึ้น ส่งผลให้ C/N ratio ลดลง

**ตารางที่ 2.3** ผลการวิเคราะห์ปริมาณ N, P, K และ C/N ratio ของวัสดุอินทรีย์บางชนิด

| วัสดุอินทรีย์ | N(%) | P(%) | K(%) | C(%) | C:N | C:P |
|---|---|---|---|---|---|---|
| เปลือกสับปะรด | 1.43 | 0.22 | 1.86 | 44.23 | 33.93 | 200.0 |
| ทะลายปาล์ม | 1.28 | 0.16 | 0.90 | 47.76 | 37.31 | 298.5 |
| ฟางข้าว | 0.87 | 0.14 | 1.05 | 44.00 | 50.57 | 314.3 |
| ใบอ้อย | 1.07 | 0.26 | 1.28 | 48.87 | 45.67 | 187.9 |
| เปลือกไม้ยูคาลิปตัส | 0.57 | 0.10 | 0.62 | 44.94 | 78.84 | 449.4 |
| กากอ้อย | 0.13 | 0.36 | 0.11 | 50.33 | 387.15 | 139.8 |
| ซังข้าวโพด | 0.43 | 0.13 | 0.59 | 49.38 | 114.83 | 379.8 |

ที่มา:ยงยุทธ (2554)

7. เวลา (Time) เวลาในการหมักปุ๋ยมีตั้งแต่ 3 เดือนไปจนถึง 4 ปี ขึ้นอยู่กับวิธีการทำปุ๋ย ซึ่งหากมีการตัดชิ้นส่วนของมูลฝอยให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ และมีการหมักด้วยการเติมอากาศ ($O_2$) เข้าไปในกองปุ๋ยหมักและมีการพลิกกลับทุก ๆ สัปดาห์จะใช้เวลาประมาณ 10-12 สัปดาห์ แต่หากปล่อยไปตามธรรมชาติกองไว้ในที่ร่มมีลมพัดผ่านได้สะดวกอาจต้องใช้เวลา 2-4 ปี ผู้ออกแบบจะกำหนดเวลาหมัก เช่น 3-4 เดือน แต่หากหมักนานกว่านี้จะก่อปัญหาคือที่เก็บกองปุ๋ยไม่เพียงพอ

8. ปริมาณออกซิเจน ($O_2$) ที่เพียงพอ ซึ่งในการหมักปุ๋ยจะเป็นการย่อยสลายแบบใช้อากาศ (Aerobic digestion) ที่จุลินทรีย์ต้องการ $O_2$ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ดังนั้น ในการหมักปุ๋ยต้องมีการเติมอากาศเข้าไป หากไม่มีอากาศเข้าไปปฏิกิริยาการหมักปุ๋ยจะเป็นแบบไม่ใช้อากาศ (Anaerobic digestion) ซึ่งทำให้เกิดกลิ่นเหม็นของ $H_2S$ จึงต้องระวังไม่ให้เกิดปฏิกิริยานี้

## 2.6 การวิเคราะห์คุณลักษณะของปุ๋ยหมัก (ธเรศ, 2553)

เป็นกิจกรรมขั้นสุดท้ายของการหมักปุ๋ย อันได้แก่ การบ่มปุ๋ยให้อยู่ในสภาพการหมักที่สมบูรณ์ เพื่อลดกลิ่น ลดความชื้น เป็นต้น นอกจากนั้นยังรวมไปถึงการบรรจุใส่ถุงเพื่อนำไปใช้กับพืช การวิเคราะห์คุณลักษณะของปุ๋ยหมักประกอบด้วย

1. การตรวจสอบคุณภาพ (Quality control) เป็นการทดสอบการหมักที่สมบูรณ์ ทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจว่าปุ๋ยหมักที่ได้ผ่านการย่อยกลายเป็นปุ๋ยอย่างสมบูรณ์ (Maturity) โดยต้องทดสอบการงอกของปุ๋ยก่อน หากการหมักไม่สมบูรณ์ปุ๋ยที่ได้จะเป็นพิษต่อการงอกของเมล็ดพืช ซึ่งจะต้องทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช. 9503-2548) เรื่อง ปุ๋ยหมัก ดังนั้น หากผลการทดสอบผ่านเกณฑ์และยืนยันว่าได้ปุ๋ยหมักสมบูรณ์แล้ว ถือว่าเป็นการควบคุมคุณภาพของปุ๋ยหมักที่ได้

2. การทดสอบคุณสมบัติของปุ๋ย (Product specification) เป็นขั้นตอนการวิเคราะห์คุณสมบัติของปุ๋ยหมักที่ได้ เพื่อยืนยันถึงคุณภาพของปุ๋ยหมักว่าเป็นไปตามประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่อง มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ. ศ. 2548 แสดงดังตารางที่ 2.4

**ตารางที่ 2.4** มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ กำหนดโดยกรมวิชาการเกษตร

| ลักษณะ | เกณฑ์ที่กำหนด |
|---|---|
| ปริมาณอินทรียวัตถุ(Organic Matter) | ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 30 ของน้ำหนัก |
| อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio) | ไม่เกิน 20:1 |
| ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity) | ไม่เกิน 10 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร |
| ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) | อยู่ระหว่าง 5.5-8.5 |
| ปริมาณโซเดียม (Na) | ไม่เกินร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก |
| ปริมาณธาตุอาหารหลัก | |
| - ไนโตรเจนทั้งหมด (Tatal N) | ไม่น้อยกว่าร้อยละ 1.00 ของน้ำหนัก |
| - ฟอสเฟตทั้งหมด (Total $P_2O_5$) | ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.50 ของน้ำหนัก |
| - โพแทสเซียมทั้งหมด (Total $K_2O$) | ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.50 ของน้ำหนัก |
| ความชื้น | ไม่เกินร้อยละ 30 ของน้ำหนัก |
| ขนาดของปุ๋ย | ไม่เกิน 12.5x12.5 มิลลิเมตร |
| ปริมาณหินและกรวด ขนาดตั้งแต่ 5 มิลลิเมตรขึ้นไป | ไม่เกินร้อยละ 2 ของน้ำหนัก |
| พลาสติก แก้ว วัสดุมีคม และโลหะอื่น ๆ | ต้องไม่มี |
| ปริมาณธาตุโลหะหนัก | |
| - Arsenic (As) | ไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม |
| - Cadmium (Cd) | ไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม |
| - Chromium (Cr) | ไม่เกิน 300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม |
| - Copper (Cu) | ไม่เกิน 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม |
| - Lead (Pb) | ไม่เกิน 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม |

ที่มา : กรมวิชาการเกษตร (2551)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**การพิจารณาปุ๋ยหมักเสร็จสมบูรณ์**

ในการพิจารณาปุ๋ยหมักที่มีการย่อยสลายที่สมบูรณ์แล้ว สังเกตได้ดังนี้

1) สีของวัตถุดิบหมัก ลักษณะเนื้อของปุ๋ยหมักจะมีสีน้ำตาลเข้มจนถึงสีดำ โดยปกติเมื่อใช้เศษพืชในการทำปุ๋ยหมักจะเห็นความแตกต่างของสีอย่างชัดเจน

2) ลักษณะของวัตถุดิบที่ใช้หมัก ปุ๋ยหมักที่ย่อยสลายสมบูรณ์พร้อมนำไปใช้กับพืช มีลักษณะอ่อนนุ่ม ยุ่ย และขาดจากกันได้ง่าย ไม่แข็งกระด้างเหมือนวัตถุดิบเริ่มแรกในการหมัก

3) กลิ่นของปุ๋ยหมักที่เสร็จสมบูรณ์ จะไม่มีกลิ่น ในกรณีที่มีกลิ่นเหม็นเน่าหรือเหม็นฉุน แสดงว่ากระบวนการย่อยสลายภายในกองปุ๋ยยังไม่เสร็จสมบูรณ์

4) ความร้อนในกองปุ๋ยหมัก เมื่อทำการหมักได้ประมาณ 2-3 วัน อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว มีค่าอยู่ในช่วง 50-60 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิจะสูงอยู่ระยะหนึ่งหลังจากนั้นจึงค่อย ๆ ลดลงจนกระทั่งใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอกกองปุ๋ย และอุณหภูมิจะไม่เพิ่มสูงขึ้นอีก จึงถือว่าปุ๋ยหมักย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์ แต่ควรพิจารณาปัจจัยอื่นประกอบด้วย เพราะในกรณีที่มีความชื้นน้อยหรือมากเกินไปอาจทำให้ระดับอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักลดลงได้เช่นกัน

5) ลักษณะพืชที่เจริญบนกองปุ๋ยหมัก เมื่อปุ๋ยหมักย่อยสลายเกือบเสร็จสมบูรณ์บางครั้งอาจมีพืชเจริญบนกองปุ๋ยหมักได้ นั่นแสดงว่า ปุ๋ยหมักนั้นสามารถนำไปใส่ในดินโดยไม่เป็นอันตรายต่อพืช

## 2.7 การใช้ประโยชน์จากปุ๋ยหมัก (มุกดา, 2545)

การใช้ปุ๋ยหมักควรพิจารณาถึงชนิดดินและชนิดพืชเช่น ดินที่มีระดับความชื้นต่ำ ดินเสื่อมโทรมจะต้องใส่ปุ๋ยหมักในปริมาณมากดังนั้นจึงมีวิธีการใส่ปุ๋ยหมักหลายวิธีด้วยกัน คือ

1. การใช้ปุ๋ยหมักในการเตรียมแปลงในการปลูกผักพืชไร่และไม้ดอกมีดังนี้คือ ในการเตรียมแปลง ใช้ปุ๋ยหมักโรยให้กระจายทั่วหนาประมาณ 2-4 เซนติเมตรแล้วคลุกเคล้าผสมให้เข้ากับเนื้อดินโดยใช้ในอัตรา 3 ตันต่อไร่ ใช้ร่วมกันกับปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 ในอัตรา 15-20 กิโลกรัมต่อไร่สำหรับการใช้ปุ๋ยหมักในการเตรียมแปลงเพาะกล้าผัก ควรใช้ในอัตรา 2-4 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

2. ใช้เป็นปุ๋ยแต่งหน้า เมื่อพืชเจริญเติบโตในระยะหนึ่งแล้ว โดยใช้ปุ๋ยหมักร่วมกับปุ๋ยเคมีโรยเป็นแถวในแปลงพืชผักและพืชไร่ เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมีให้เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช ใช้ในอัตรา 3 ตันต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร16-20-0 หรือ 18-22-0 อัตรา 25-50 กิโลกรัมต่อไร่

3. การใช้ปุ๋ยหมักกับการปลูกพืชผักและไม้ดอกไม้ประดับในภาชนะปลูก การปลูกพืชผักและไม้ดอกไม้ประดับหรือพืชผักในกระถางมีวิธีการให้ปุ๋ยหมักดังนี้ คือ ในการผสมดินเป็นวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปลูกจะใช้ปุ๋ยหมักผสมกับดินร่วนในอัตราส่วน 1: 3 รดน้ำให้ชุ่มและคลุกเคล้าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ประมาณ 1 สัปดาห์ จึงนำวัสดุปลูกที่เตรียมไว้นี้บรรจุในกระถางหรือถุงพลาสติกหรือภาชนะอื่นๆ แล้วปลูกไม้ดอกไม้ประดับหรือพืชผักได้ตามต้องการ และควรมีการคลุมหน้าดินด้วยเศษพืช เช่น ฟางข้าว หญ้าแห้ง และใบไม้ เป็นต้น

4. การใช้ปุ๋ยหมักกับไม้ผล สามารถทำได้ 3 ระยะ คือ

1) การใช้ปุ๋ยหมักกับการเตรียมหลุมปลูกไม้ผลก่อนปลูก สามารถทำได้โดยผสมปุ๋ยหมักลงในหลุมปลูก ถ้าเป็นไม้ผลยืนต้นขนาดใหญ่ โดยใช้อัตรา 25-50 กิโลกรัมต่อหลุม ที่มีขนาดความกว้าง ยาว และลึก ด้านละ 75 เซนติเมตร และควรผสมปุ๋ยหินฟอสเฟต 500 กรัมต่อหลุม คลุกเคล้าให้เข้ากันดีแล้วจึงนำกิ่งพันธุ์ไม้ผลลงปลูก เมื่อปลูกแล้วควรคลุมดินบริเวณโคนต้นด้วยฟางหรือหญ้าแห้ง ส่วนในไม้ผลขนาดเล็กจะใช้ปุ๋ยหมักในอัตรา 15-25 กิโลกรัมต่อหลุมที่มีขนาดด้านกว้าง ยาว และลึก ด้านละ 50 เซนติเมตร และควรผสมกับปุ๋ยหินฟอสเฟต 300 กรัมต่อหลุม คลุกเคล้าให้เข้ากันดีแล้วจึงนำกิ่งพันธุ์ไม้ผลลงปลูกเมื่อปลูกแล้วควรคลุมดินบริเวณโคนต้นด้วยฟางหรือหญ้าแห้งเช่นกัน

2) การใช้ปุ๋ยหมักในระยะที่ไม้ผลกำลังเจริญเติบโตแต่ยังไม่ให้ผลผลิตคือหลังจากปลูกไม้ผลแล้วควรใส่ปุ๋ยหมักให้ไม้ผลปีละ 1 ครั้ง วิธีการใส่ปุ๋ยทำได้โดยแบ่งปุ๋ยหมักออกเป็น 4 ส่วน ส่วนที่ 1 ใช้หว่านบางๆบริเวณทรงพุ่ม เพื่อเป็นอาหารของรากที่อยู่บริเวณทรงพุ่ม สำหรับอีก 3 ส่วนที่เหลือจะใส่ลงไปในร่องรอบๆ ทรงพุ่มที่ขุดลึกประมาณ 30 เซนติเมตร แล้วกลบดินซึ่งจะเป็นคันดินกั้นรอบๆทรงพุ่ม เพื่อป้องกันมิให้น้ำไหลออกมานอกทรงพุ่มเมื่อมีการให้น้ำ

3) การใส่ปุ๋ยในไม้ผลที่ให้ผลผลิตแล้วจะปฏิบัติเช่นเดียวกับการใส่ในระยะที่กำลังเจริญเติบโต และควรใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามอัตราที่ได้รับการแนะนำการใช้ปุ๋ยเคมีของพืชแต่ละชนิด

การเปรียบเทียบผลของปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพที่มีต่อดินแสดงในตารางที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.5** การเปรียบเทียบผลของปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพที่มีต่อดิน

| ลักษณะ | ปุ๋ยเคมี | ปุ๋ยอินทรีย์/ชีวภาพ |
|---|---|---|
| 1. การดูดซับธาตุอาหาร | ไม่มี | ดูดซับได้ดี |
| 2. การอุ้มน้ำ | ไม่มี | ทำให้ดินอุ้มน้ำได้ดีขึ้น |
| 3. ความร่วนซุยของดิน | ทำให้ดินอัดตัวเป็นก้อนแข็งในระยะยาว | ดินร่วนซุยดี |
| 4. ระดับความเป็นกรด | เพิ่มขึ้น | ช่วยรักษาสมดุลของความเป็นกรดด่าง |
| 5. ระยะเวลาที่มีผลในดิน | ระยะสั้นแต่จะหายไปเร็วจากการชะล้าง เปลี่ยนรูป | คงอยู่ในดินนาน |
| 6. การเจริญเติบโต | เติบโตดีแต่เพียงระยะสั้นแต่ในระยะยาวเติบโตไม่ดี | เติบโตดีและนาน |
| 7. การขยายพันธุ์ของแมลงศัตรูพืช | ขยายพันธุ์รวดเร็ว | ไม่มีผล |
| 8. การป้องกันโรคพืช | ไม่ช่วยป้องกัน | ช่วยป้องกัน |

ที่มา: มุกดา (2545)

## 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พรสุดา และคณะ (2549) ศึกษาการผลิตปุ๋ยหมักโดยใช้กากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชนเป็นวัสดุหมักและใช้หญ้าขนเป็นตัวเพิ่มคาร์บอนโดยวิธีการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชัน โดยศึกษาสภาวะในการหมักปุ๋ยและศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักเปรียบเทียบกับปุ๋ยหมักที่ผลิตโดยวิธีทั่วไป (แบบกลับกอง) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุด คือชุดทดลองที่มีการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชัน และวิธีควบคุมที่ใช้วิธีหมักปุ๋ยทั่วไป จากผลการทดลองพบว่า สภาวะในการหมักปุ๋ยโดยวิธีการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชันมีค่าใกล้เคียงกับการหมักปุ๋ยทั่วไป แต่ปริมาณความชื้นสูงกว่า และการศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักโดยเปรียบเทียบปริมาณอินทรียวัตถุ อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน ความเป็นกรด-ด่าง ความเค็มและปริมาณธาตุอาหารหลัก (N:P:K) พบว่าปุ๋ยหมักโดยวิธีการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชันมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับปุ๋ยหมักโดยวิธีทั่วไป ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานปุ๋ยหมักโดยมีปริมาณอินทรียวัตถุ 41.34 % อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน 12.4/1 ความเป็นกรด-ด่าง 7.13 ความเค็ม 3.17 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตรและปริมาณธาตุอาหารหลัก (N: P: K) 1 : 3 : 3.9 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับปุ๋ยหมักที่ได้โดยวิธีทั่วไป อย่างไรก็ตาม วิธีหมักปุ๋ยทั่วไปโดยการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชัน มีความสะดวกและ รวดเร็วกว่า นั่นคือ ไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องกลับกองเพื่อเติมอากาศ ลดจำนวนครั้งการรดน้ำเพื่อเพิ่มความชื้น และปุ๋ยหมักสมบูรณ์ในระยะเวลาเร็วขึ้น ส่วนการทดสอบความเป็นพิษของปุ๋ยหมัก พบว่า ปุ๋ยหมักที่ทำจากกากตะกอนโรงบำบัดน้ำเสียชุมชนไม่เป็นพิษต่อการเจริญเติบโตของพืช

ไผทรัตน์ และคณะ (2549) ศึกษาประสิทธิภาพการผลิตปุ๋ยหมักจากเศษอาหารครัวเรือนโดยวิธีการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชันเปรียบเทียบกับวิธีการหมักแบบดั้งเดิม โดยใช้เศษอาหารเป็นวัสดุหมักและเศษใบไม้เป็นตัวเพิ่มค่าไนโตรเจน โดยศึกษาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมระหว่างเศษอาหารกับเศษใบไม้ ศึกษาสภาวะในระหว่างการหมักปุ๋ย และคุณภาพของปุ๋ยหมัก ได้แก่ อัตราการยุบตัว อุณหภูมิในกองปุ๋ย ปริมาณความชื้น ค่าความเป็นกรด–ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า และปริมาณธาตุอาหารพืช ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด ปริมาณไนเทรต-ไนโตรเจน ปริมาณอินทรียคาร์บอน และค่าอัตราส่วนของสารประกอบคาร์บอนต่อไนโตรเจน ผลการทดลองพบว่า ในการเตรียมวัสดุหมักต้องใช้อัตราส่วนระหว่างเศษอาหารต่อเศษใบไม้ เท่ากับ 4:1 โดยน้ำหนักเปียก จะได้ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน เท่ากับ 27:1 พบว่าการหมักโดยวิธีการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชัน จะใช้เวลาในการหมักเสร็จสมบูรณ์สั้นกว่าวิธีการหมักแบบดั้งเดิม คือ ใช้เวลาในการหมักเพียง 1 เดือน และผลการศึกษาคุณภาพของปุ๋ยหมักที่ได้จากการหมักทั้งสองวิธีมีคุณภาพใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ปุ๋ยหมักที่ได้ยังไม่มีความเป็นพิษต่อการเจริญเติบโตของพืช สรุปได้ว่าการผลิตปุ๋ยหมักโดยวิธีการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชัน สามารถผลิตปุ๋ยที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับวิธีดั้งเดิม แต่การผลิตปุ๋ยหมักโดยวิธีชิมนีย์คอนเวคชันสะดวกและรวดเร็วกว่าวิธีหมักแบบดั้งเดิม นั่นคือ ไม่ต้องกลับกองปุ๋ย ลดความถี่ในการลดน้ำเพื่อเพิ่มความชื้น และปุ๋ยเสร็จสมบูรณ์ได้เร็วกว่า นอกจากนี้ยังเกิดกลิ่นเหม็นในขณะหมักน้อยกว่าด้วย

นิติ และคณะ (2552) พัฒนาถังหมักมูลฝอยขนาดเล็กสำหรับบ้านเรือนเพื่อลดปริมาณมูลฝอยอินทรีย์ที่ต้องไปกำจัด โดยในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกใช้ลังโฟมเนื่องจากเป็นวัสดุที่หาง่ายและเป็นฉนวนความร้อนซึ่งจำเป็นต่อการย่อยสลายในการหมักมูลฝอยอินทรีย์จากบ้านเรือนหมักร่วมกับใบไม้แห้ง และหาคุณภาพปุ๋ยหมักที่ได้ จากการทดลองพบว่าปุ๋ยหมักที่ได้มีค่า C/N ratio พีเอช ค่าการนำไฟฟ้า อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยทั่วไปของกรมวิชาการเกษตร อุณหภูมิในถังหมักช่วง 5-6 วันแรกเข้าสู่สภาวะเทอร์โมฟิลิค (45-75 °C) ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญต่อการย่อยสลายนอกจากนี้กระบวนการหมักใช้เวลาในการหมักเพียง 30 วัน จากการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างปุ๋ย ไม่พบเชื้อโรคที่เป็นพาหะของโรคในปุ๋ยหมักที่ได้เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักปุ๋ยที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นวัสดุปรับปรุงคุณภาพดินได้ในสวนหรือเพื่อการเกษตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุทธีและคณะ (2553) ศึกษาคุณลักษณะของสารเร่งชีวภาพในการทำปุ๋ยหมักจากผักตบชวาผสมมูลวัว และเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ทำปุ๋ยหมักปริมาณธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม) สภาพความเป็นกรด-ด่าง และค่า C/N ratio ในปุ๋ยหมักที่ได้จากผักตบชวาผสมมูลวัวโดยใช้สารเร่งชีวภาพในอัตราส่วนที่แตกต่างกันการหมักใช้ผักตบชวาผสมมูลวัวในอัตราส่วน 3:1 ทำการหมักแบบใช้ออกซิเจน ซึ่งการเปรียบเทียบจะแบ่งเป็น 3 รูปแบบคือ บ่อที่ไม่ใส่สารเร่งชีวภาพ (A1) บ่อที่ใส่สารเร่งชีวภาพอัตราส่วน 1:100 (A2) และบ่อที่ใส่สารเร่งชีวภาพอัตราส่วน 1:50 (A3) แต่ละรูปแบบดำเนินการ3 ซ้ำ ควบคุมความชื้นให้อยู่ในช่วงร้อยละ 50-70 ทำการวัดอุณหภูมิและความชื้นทุกวัน และพลิกกลับกองปุ๋ยหมักทุก 10 วันผลการวิจัยพบว่า สารเร่งชีวภาพที่ได้มีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาล มีกลิ่นหอมหมักดองวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ได้เท่ากับ 3.5 เมื่อวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ย่อยเซลลูโลสได้เท่ากับ 1.2 x $10^7$ CFU/ml จากนั้นนำสารเร่งชีวภาพที่ได้ไปใช้เป็นสารเร่งปุ๋ยหมัก เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาการทำปุ๋ยหมักของทั้ง 3 รูปแบบพบว่า บ่อที่ใส่สารเร่งชีวภาพอัตราส่วน 1:50 (A3) ใช้เวลาหมักเร็วกว่าบ่อใส่สารเร่งชีวภาพอัตราส่วน 1:10 (A2) และบ่อที่ไม่ใส่สารเร่งชีวภาพ (A1) โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และมีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการหมักที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนปริมาณธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม) สภาพความเป็นกรด-ด่าง และค่า C/N ratio ของปุ๋ยหมักในบ่อ A1, A2 และ A3 ไม่มีความแตกต่างกัน

Jolanun and Towprayoon (2010) ได้ทำการทดสอบโดยใช้วัสดุเม็ดแบบใหม่จากกากดินเหนียวเป็นสารเพิ่มปริมาณในการผลิตปุ๋ยหมักเศษอาหาร อัตราส่วนผสมของวัสดุเม็ดจำนวน 5 อัตราส่วนโดยทำการทดลองในถังปฏิกิริยาทดลองที่มีการเติมอากาศต่ำ (0.051 L $min^{-1}$) การตรวจวัดอุณหภูมิและการเพิ่มปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะเป็นตัวชี้วัดผลการทดลอง การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมี การสูญเสียไนโตรเจน และทำการตรวจวัดปริมาณอินทรียสารที่ย่อยสลายของปุ๋ยหมัก การคัดเลือกวัสดุเม็ดที่มี 15% โดยปริมาตร (ช่องว่างในเม็ด 31.6%) จะปรับปรุงระยะเทอร์โมฟิลิกในการหมักปุ๋ยหมักและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนั้นกระบวนการที่มีสภาวะเหมาะสมต่อการหมักปุ๋ยจะช่วยลดปริมาณเชื้อก่อโรคลง เพิ่มอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้สูงสุด (k=0.005 $day^{-1}$) การใช้กากดินเหนียวเป็นวัสดุเพิ่มปริมาณสำหรับปุ๋ยหมักนั้นมีประโยชน์โดยจะช่วยเรื่องการเติมอากาศ การดูดซับความชื้นและเป็นการนำตัวกลางสำหรับให้จุลินทรีย์เติบโตมาใช้ใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chang and Chen (2010) ศึกษาผลของแกลบขี้เลื่อยและรำข้าวในขั้นตอนการทำปุ๋ยหมักจากเศษอาหารในห้องปฏิบัติการบนพื้นฐานของการออกแบบการทดลองแบบผสม รูปแบบเชิงเส้นและสมการกำลังสองของ7 ลักษณะกระบวนการสำคัญ (การทำปุ๋ยหมัก, สภาวะกรดในช่วงเวลาต่างๆของปุ๋ยหมัก, pH ต่ำสุด, ค่า pH สุดท้าย, อุณหภูมิสูงสุด, อินทรียคาร์บอนที่ละลายน้ำต่อสารอินทรีย์ในโตรเจนที่ละลายน้ำได้, อินทรียคาร์บอนทั้งหมดที่ละลายน้ำต่ออินทรีย์ในโตรเจนทั้งหมด) ผลการทดลองแสดงให้เห็นถึง คุณสมบัติทางกายภาพของการทำปุ๋ยหมักส่งผลกระทบต่อกระบวนการหมักอย่างมีนัยสำคัญ ความสามารถในการดูดซึมน้ำของส่วนผสมการทำปุ๋ยหมักคือคุณสมบัติทางกายภาพที่โดดเด่น ที่มีผลต่ออัตราการทำปุ๋ยหมักเพิ่มขึ้น ขี้เลื่อยผสมปุ๋ยหมักที่มีผลในการเพิ่มขึ้นของของความจุการดูดซึมน้ำ และระยะเวลาในการหมัก

นคร (2552) ศึกษารูปแบบของถังหมักขยะอินทรีย์ในครัวเรือนที่มีการเติมอากาศด้วยวิธีแพสซีฟแบบต่างๆ 5 ประเภทต่อสมรรถนะการหมักในถังหมักพลาสติกโพลีเอทีลีนขนาด 200 ลิตร โดยมีรายละเอียดของแต่ละถังดังนี้ ถังใบที่ 1 มีช่องเปิดขนาด 5x10 ซม. จำนวน8 ช่องโดยรอบบริเวณด้านล่างถัง ถังใบที่ 2 มีช่องเปิดขนาด 5x10 ซม. จำนวน 16 ช่องโดยรอบบริเวณด้านล่างถัง ถังใบที่ 3 และ 4 มีลักษณะเหมือนถังใบที่ 1 และ 2 ตามลำดับ แต่มีการเพิ่มท่อระบายความร้อนแบบปล่องต่อทำด้วยท่อพีวีซีต่อกับกรวยที่จุดกึ่งกลางของถัง ถังใบที่ 5 ทำการเจาะรูขนาด 40 มม. ข้างถังบริเวณด้านล่างของถังต่อกับท่อแอลดีพีอีขนาด 38 มม. ยาว 3 ม. เจาะรูตลอดความยาวท่อ และถังใบที่ 6 เป็นถังควบคุมไม่มีการเจาะช่องเติมอากาศ วัสดุในการหมัก ได้แก่ เศษอาหารและใบไม้แห้งผสมกันในอัตราส่วน 3.5:1 โดยน้ำหนักเปียก มีการเติมวัสดุหมักปริมาณ 1.76 กก. วันละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 30 วัน โดยปริมาณวัสดุหมักรวมทั้งสิ้น 52.8 กก./ถัง ทำการวัดอุณหภูมิตลอดช่วงการหมักในถังหมักวันละ 1 ครั้ง และทำการวิเคราะห์หาความชื้น เถ้า และของแข็งระเหยได้ พีเอช คาร์บอน ไนโตรเจน และดรรชนีการงอกของเมล็ดผักกาด สัปดาห์ละ 1 ครั้ง ตั้งแต่วัสดุหมักเต็มถังเป็นเวลา 120 วัน ผลการศึกษาพบว่าวัสดุหมักภายในถังหมักใบที่ 1-6 ใช้ระยะ เวลาในการหมักจนวัสดุหมักเข้าสู่สภาวะเสถียรที่อายุการหมักเท่ากับ 77, 77, 70, 56, 77 และ 91 วัน ตามลำดับ หลังวัสดุหมักเต็มถัง ถังหมักใบที่ 4 ใช้เวลาในการย่อยสลายขยะอินทรีย์สั้นที่สุด โดยใช้เวลาในการหมักประมาณ 56 วัน หลังจากวัสดุหมักเต็มถัง และมีการลดลงของมวลและสัดส่วนของปุ๋ยหมักที่มีขนาดเล็กกว่า 12.5 มิลลิเมตร สูงที่สุดที่ร้อยละ 61.5 และ 82.3 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปรมสุดา (2550) พบว่าแหล่งไนโตรเจนที่แตกต่างกันมีผลต่อการย่อยสลายสมบูรณ์ของปุ๋ยหมัก เมื่อพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในกระบวนการหมักทั้งทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ โดยเปรียบเทียบตามระยะเวลาที่ใช้ในการย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์ของปุ๋ยหมักยูเรีย เศษปลาหมักสด มูลสุกร และกากตะกอนระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานไก่สดแช่แข็ง พบว่า ความแตกต่างของแหล่งไนโตรเจนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีของปุ๋ยหมักเพราะช่วยกระตุ้นให้เกิดการย่อยสลายที่สมบูรณ์ได้เร็วขึ้น และให้ปริมาณสารอาหารหลักของพืชที่แตกต่างกน จากการทดลองนี้เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการย่อยสลายสมบูรณ์ของปุ๋ยหมัก พบว่า แหล่งไนโตรเจนในของเสียอินทรีย์ที่ดีที่สุดคือ เศษปลานิลสด รองลงมาได้แก่ กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานไก่สดแช่แข็ง และมูลสุกร ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3

# วิธีการดำเนินการวิจัย

## 3.1 อุปกรณ์และสารเคมี

### 3.1.1 อุปกรณ์

1. ถังพลาสติก ขนาด 50 ลิตร สูง 65 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางถัง 37 เซนติเมตร (รูปที่ 3.1)
2. ตาข่ายพลาสติก
3. เชือกฟาง
4. สายวัดความยาว
5. ตลับเมตร
6. เครื่องบดตัดกิ่งไม้
7. เทอร์โมมิเตอร์แบบแก้ว (Glass thermometer)
8. เครื่องวัดพีเอช (pH meter) รุ่น C860 ยี่ห้อ Consort ประเทศเบลเยียม
9. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง รุ่น AUX220 ยี่ห้อ SHIMADZU ประเทศญี่ปุ่น
10. ตู้อบ (Hot air oven)รุ่น Isotemp oven บริษัท FisherScientific ประเทศอังกฤษ
11. เตาเผา (furnace) รุ่น P320 ยี่ห้อ Norbertherm ประเทศเยอรมนี
12. เครื่อง TOC Analyzer และ TN Unit (option) รุ่น TOC-VCPH ยี่ห้อ SHIMADZU ประเทศญี่ปุ่น
13. เครื่องยูวี-สเปคโตรโฟโตมิเตอร์รุ่น Genesys 10UV-Vis ยี่ห้อ Thermo Scientific ประเทศสหรัฐอเมริกา
14. เครื่องเอ็กซเรย์ฟูออเรสเซนต์สเปคโตรมิเตอร์ รุ่น SRF3400 บริษัท BrukerAG ประเทศอังกฤษ
15. เครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) รุ่นCentur 2 ยี่ห้อ Sanyo ประเทศญี่ปุ่น
16. เครื่องเขย่า (Shaker) รุ่น Orbital Shaker ยี่ห้อ Gallenkamp ประเทศอังกฤษ
17. เตาให้ความร้อน (Hot plate)
18. ตู้ดูดควัน (Hood)
19. หม้อนึ่งความดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20. โถดูดความชื้น (Desicator)
21. จานเพาะเชื้อ (Petri dish)
22. เครื่องแก้วต่างๆ
23. กระดาษกรองเบอร์ 42
24. กระดาษกรองใยแก้วขนาด 4.7 เซนติเมตร
25. หัวกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร
26. อาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ Plate Count Agar
27. เมล็ดถั่วเขียว
28. น้ำกลั่น

**3.1.2 สารเคมี**

1. สารเร่งจุลินทรีย์ ซุปเปอร์ พ.ด.1 ผลิตโดย กรมพัฒนาที่ดิน
2. สารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า
3. น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้
4. กรดไนตริกเข้มข้น เกรดวิเคราะห์ บริษัท LOBA Chemie ประเทศอินเดีย
5. กรดเปอร์คลอริก 70-72% เกรดวิเคราะห์ บริษัท Merck ประเทศเยอรมนี
6. กรดบอริก เกรดวิเคราะห์ บริษัท Rankem ประเทศอินเดีย
7. โพแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี
8. น้ำยาแอมโมเนียมวานาโดโมลิบเดต (Ammonium vanadomolydate)

**3.1.3 วัสดุหมักเริ่มต้นที่ใช้ในการทดลอง** ดังแสดงในรูปที่ 3.1

1. เศษอาหาร จากโรงอาหารคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. เปลือกผลไม้ จากร้านขายผลไม้สด
3. ใบไม้แห้ง บริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

## 3.2 การหาอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่เหมาะสม และสัดส่วนของวัสดุที่ใช้ในการหมัก

วิเคราะห์อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ของวัสดุหมัก ได้แก่ ใบไม้แห้ง เศษอาหาร และเปลือกผลไม้ เพื่อหาสัดส่วน และปริมาณที่เหมาะสมของวัสดุหมักปุ๋ย ที่อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) เริ่มต้น 25:1 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก)

(ข)

(ค)

**รูปที่ 3.1** วัสดุหมักเริ่มต้น

(ก) ใบไม้แห้งที่บดตัดแล้ว (ข) เปลือกผลไม้ (ค) เศษอาหารจากโรงอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 การเตรียมถังหมักปุ๋ย

นำถังพลาสติกขนาด 50 ลิตร เจาะช่องระบายอากาศเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 12 มิลลิเมตร 7 แถว แถวละ 3 ช่อง อีก 1 แถว เจาะขนาด 3 เซนติเมตร จำนวน 3 ช่อง ตามแนวดิ่งรอบถังหมักปุ๋ย โดยวัดระยะจากก้นถังที่ 15, 30 และ 45 เซนติเมตรตามลำดับเพื่อทำการเก็บตัวอย่างปุ๋ยหมัก ส่วนด้านล่างของถัง เจาะช่องระบายน้ำชะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 12 มิลลิเมตร จำนวน 5 ช่อง แล้วทำการติดสายวัดภายในถังหมักในแนวดิ่ง เตรียมถังหมักจำนวน 5 ชุดการทดลอง โดยถังหมักเหมือนกันทุกถังดังแสดงในรูปที่ 3.2

**รูปที่ 3.2** ถังหมักขนาด 50 ลิตร

(ก) ภายในถังหมักที่ติดสายวัด (ข) ด้านล่างสุดของถังหมักและช่องระบายน้ำชะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.4 ขั้นตอนดำเนินการทดลอง

### 3.4.1 การเตรียมวัสดุหมักและการหมักปุ๋ย

1. ทำการบดและตัดวัสดุเริ่มต้นโดยบดตัดใบไม้แห้งด้วยเครื่องมือบดตัดกิ่งไม้ ตัดเปลือกผลไม้ให้มีขนาดดังนี้ ใบไม้แห้งขนาด 1-0.5 เซนติเมตร เปลือกผลไม้ขนาด 1-2 เซนติเมตร ทำการวัดขนาดโดยใช้เชือกทาบที่วัสดุหมักแล้วนำมาทาบวัดกับไม้บรรทัดอีกครั้ง และนำวัสดุเริ่มต้นวิเคราะห์คุณลักษณะ

2. ผสมใบไม้แห้ง 30 กิโลกรัม เปลือกผลไม้ที่บดตัดแล้ว 55 กิโลกรัมและเศษอาหาร 55 กิโลกรัมให้เข้ากัน ในอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) เริ่มต้น 25:1

3. ศึกษาคุณลักษณะของวัสดุหมักเริ่มต้นของปุ๋ยหมัก ดังแสดงในตารางที่ 3.1

### 3.4.2 หาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นของ สารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พ.ด. 1, สารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า และน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้

1. ชั่งสารเร่งจุลินทรีย์สำหรับผลิตปุ๋ยหมัก 1 กรัม ใส่หลอดทดลองที่ใส่น้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว แช่ทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2. เขย่าสารเร่งจุลินทรีย์จากข้อ 1 ให้เข้ากัน ปิเปตสารละลายมา 1 มิลลิลิตรใส่หลอดทดลองที่มีน้ำกลั่น 9 มิลลิลิตร จะได้สารละลายสารเร่งจุลินทรีย์ที่เจือจาง 1:10 หรือ $10^{-1}$

3. ทำการเจือจางสารละลายสารเร่งจุลินทรีย์ $10^{-2}$, $10^{-3}$, $10^{-4}$, $10^{-5}$, $10^{-6}$

4. ใช้ปิเปตดูดสารละลายตัวอย่างที่ระดับความเจือจางต่างๆ ลงในจานเพาะเชื้อ จานละ 1 มิลลิลิตร โดยในแต่ละระดับความเจือจางจะทำการทดลอง 2 ซ้ำ โดยเริ่มจากความเข้มข้นต่ำสุด

5. เทอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA ที่ยังเหลวอยู่ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 50- 60 องศาเซลเซียสลงในจานเพาะเชื้อที่มีสารละลายสารเร่งจุลินทรีย์ ปริมาณจานละ 15- 20 มิลลิลิตร ภายใน 1-5 นาที ผสมสารละลายสารเร่งจุลินทรีย์และอาหารให้เข้ากันดี วางทิ้งไว้ให้อาหารแข็งตัว จากนั้นคว่ำจานอาหารเลี้ยงเชื้อ บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

6. ตรวจนับโคโลนีและรายงานผลการทดลอง

### 3.4.3 สภาวะในระหว่างการหมักปุ๋ยจากเศษอาหาร เปลือกผลไม้และใบไม้แห้ง โดยมีการเติมเติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พ.ด.1 สารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า และน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้

1. นำปุ๋ยหมักที่ผสมกันในตอนเริ่มต้นใส่ถังหมักแต่ละถังขนาด 50 ลิตร ที่เตรียมไว้จำนวน 5 ถัง

2. ปุ๋ยหมักถังที่ 1 (ชุดควบคุม) เติมน้ำปริมาณ 1,000 มิลลิลิตรลงในกองปุ๋ยหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ปุ๋ยหมักถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พ.ด. 1 ปริมาณ 0.1% ปริมาณ 1,000 มิลลิลิตรลงในกองปุ๋ยหมัก

4. ปุ๋ยหมักถังที่ 3 และ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า ปริมาณ 0.1% และ 0.5% ปริมาณ 1,000 มิลลิลิตร ลงในกองปุ๋ยหมัก ตามลำดับ

5. ปุ๋ยหมักถังที่ 5 เติมน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้ปริมาณ 1,000 มิลลิลิตร (การผสมสารเร่งจุลินทรีย์และหมักชีวภาพ ดูรายละเอียดภาคผนวก ก-3)

6. ทำการคลุมถังหมักปุ๋ยด้วยตาข่ายพลาสติก หมักปุ๋ยเป็นระยะเวลา 1 เดือนลงในกองปุ๋ยหมัก

7. ทำการเก็บตัวอย่างจากถังหมักปุ๋ยที่ระยะ 15, 30, 45 เซนติเมตรของถังหมักแล้วทำการผสมตัวอย่างด้วยกันเพื่อทำการศึกษาวิเคราะห์

8.วัดอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า และอัตราการยุบตัวทุกวัน (ตารางที่ 3.1)

9. วัดความชื้น ปริมาณคาร์บอนทั้งหมด ไนโตรเจนทั้งหมด 1 ครั้งต่อสัปดาห์ (ตารางที่ 3.1)

10. วัดปริมาณเถ้า ฟอสฟอรัสทั้งหมด โพแทสเซียม อัตราการย่อยสลายสมบูรณ์เมื่อครบ 1 เดือน (ตารางที่ 3.1)

**วิธีวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ มีรายละเอียดดังนี้**

**1. วัดอุณหภูมิ** โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบแก้ว วัดที่ระยะ 15, 30, 45 เซนติเมตร

**2. วัดอัตราการยุบตัว** โดยติดสายวัดตามแนวดิ่งของถังหมักแล้วทำการอ่านค่าระยะยุบตัวของปุ๋ยหมักจากสายวัด โดยใช้ตลับเมตร วัดระยะจากด้านบนถังถึงระดับผิวหน้าปุ๋ยในถัง 4 จุด รอบถังหมักในทิศทางตรงข้ามกัน นำค่าที่ได้มาเฉลี่ยหาค่าอัตราการยุบตัวปุ๋ยหมัก

**3. วิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)**

3.1 ชั่งตัวอย่างปุ๋ยหมัก 5 กรัม เติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที จนสารละลายแยกชั้น

3.2 Calibrate เครื่อง pH ใช้สารละลาย Buffer มาตรฐาน pH 4 และ 7

3.3 นำตัวอย่างปุ๋ยหมักวัดค่า pH จนครบทุกตัวอย่าง

3.4 ล้างขั้ว glass electrode ให้สะอาดด้วยน้ำกลั่น แช่ในสารละลาย 3M KCl แล้วปิดเครื่อง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

**4. วิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity)**

4.1 ชั่งตัวอย่างปุ๋ยหมัก 5 กรัม เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร (อัตราส่วน 1:10) เขย่าด้วยเครื่องเขย่าประมาณ 30 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 กรองสารละลายตัวอย่างปุ๋ยผ่านกระดาษกรอง เบอร์ 42 แล้วนำสารละลายวัดค่าการนำไฟฟ้า

4.3 ล้างขั้ว glass electrode ให้สะอาดด้วยน้ำกลั่นแล้วปิดเครื่อง

(กรมวิชาการเกษตร, 2551)

**5. วิเคราะห์ความชื้นของปุ๋ยหมัก**

5.1 ชั่งตัวอย่างปุ๋ยหมักที่ยังไม่บด 5 กรัม บันทึกน้ำหนักปุ๋ยหมักก่อนนำไปอบ

5.2 นำไปอบในตู้อบอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส

5.3 นำตัวอย่างปุ๋ยหมักที่อบแล้วใส่โถดูดความชื้นทิ้งให้เย็นแล้วชั่งตัวอย่างปุ๋ยหมักหลังอบ

(กรมวิชาการเกษตร, 2551)

**6. วิเคราะห์ปริมาณเถ้า (Ash)** (AOAC, 2006)

6.1 ชั่งตัวอย่างปุ๋ยหมักที่อบแล้ว 3 กรัม ใส่ถ้วยระเหย

6.2 นำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 °C เวลา 2 ชั่วโมง

6.3 นำตัวอย่างถ้วยระเหยและปุ๋ยหมักที่เผาแล้ว ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น

6.4 ชั่งน้ำหนัก แล้วหาปริมาณเถ้า (ภาคผนวก ค-6)

**7. อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio)**

**การสกัดเตรียมสารละลายตัวอย่างปุ๋ยหมัก**

ชั่งตัวอย่างปุ๋ยหมักที่บดแล้ว 10 กรัม เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่า 125 รอบต่อนาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำตัวอย่างที่เขย่ามาปั่นเหวี่ยง 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที กรองสารละลายที่ได้ด้วยกระดาษกรองใยแก้วและหัวกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร เก็บสารละลายในตู้เย็นเพื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนทั้งหมดและไนโตรเจนทั้งหมด (Chang and Chen, 2010)

**วิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนทั้งหมด (Total carbon, TC)**

1) เตรียมกราฟมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์คาร์บอนทั้งหมด

2) ชั่งตัวอย่างปุ๋ยหมักที่บดละเอียดและอบให้แห้ง 70 – 80 มิลลิกรัม ใส่ในถ้วยสำหรับวิเคราะห์แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วย เครื่อง TOC analyzer sample solid

**วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total nitrogen, TN)**

1) เตรียมกราฟมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

2) นำสารละลายที่ผ่านการสกัดและกรองด้วยหัวกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร ใส่ขวดแก้ว (Vial) แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วย เครื่อง TOC analyzer ในส่วน TN unit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**8. วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม (N: P: K)**

**1) วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน**

1) เตรียมกราฟมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

2) นำสารละลายที่ผ่านการสกัดและกรองด้วยหัวกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร ใส่ขวดแก้ว (Vial) แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วย เครื่อง TOC analyzer ในส่วน TN unit

**2) วิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัส**

**การย่อยสลายตัวปุ๋ยหมักในรูปสารละลาย**

1) ชั่งตัวอย่างปุ๋ยหมักที่อบและบดแล้ว 1 กรัม ใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 50 มล.

2) เติมกรดไนตริกเข้มข้น 10 มล. และกรดเปอร์คลอริกเข้มข้น 5 มล.

3) ปิดขวดรูปชมพู่ด้วยกระจกนาฬิกา นำขึ้นตั้งบนเตาให้ความร้อนในตู้ดูดควัน ใช้เวลาในการย่อย 4-5 ชั่วโมง จนกระทั่งตัวอย่างสารละลายใสและมีตะกอนขุ่นขาวของซิลิกา

4) ปิดเตาจนควันหมด ใช้น้ำอุ่นฉีดล้างขวดรูปชมพู่และกระจกนาฬิกา ใส่ขวดวัดปริมาตร 100 มล. ผ่านกระดาษกรอง จนได้สารละลาย 80-90 มล. ปรับปริมาตรเป็น 100 มล. เก็บไว้สำหรับวิเคราะห์ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม

**วิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัส**

1) เตรียม working standard จากสารละลายฟอสฟอรัสมาตรฐาน 50 มก./ลิตร โดยปิเปตสารละลายฟอสฟอรัสมาตรฐานมา 0, 1, 2, 3, 4 มิลลิลิตร ใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 25 มล. เติมน้ำยา Vanadomolydate5 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 25 มล. เขย่าให้เข้ากัน จะได้สารละลายมาตรฐานเข้มข้น 0, 2, 4, 6, 8 มก./ลิตร

2) ดูดสารละลายตัวอย่างที่ผ่านการย่อยแล้ว 5 มล. ลงขวดรูปชมพู่ขนาด 25 มล. เติมน้ำยา Vanadomolydate 5 มล. ปรับปริมาตรเป็น 25 มล. ด้วยน้ำกลั่น ตั้งทิ้งให้เกิดสีอย่างสมบูรณ์ 30 นาที

3) ก่อนวัด อุ่นเครื่อง UV-spectrophotometer ประมาณ 30 นาทีตั้งความยาวคลื่น 420 nm ทำกราฟมาตรฐานจาก working standard 0, 2, 4, 6, 8 มก./ ลิตร แล้วทำการวัด blank พร้อมตัวอย่างอ้างอิงและตัวอย่างสารละลายปุ๋ยหมัก

4) วัดความเข้มข้นของสีในสารละลายตัวอย่างที่เตรียมด้วยเครื่อง UV-Spectrophotometer (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

**3) วิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียม**

1. ชั่งตัวอย่างปุ๋ยหมักที่บดและอบแล้ว 0.5 กรัม ชั่งผงกรดบอริก 4.5 กรัม ผสมให้เข้ากัน
2. นำตัวอย่างปุ๋ยหมักและผงกรดบอริกมาใส่ถ้วยทำการเขย่าผสมให้เข้ากัน
3. นำตัวอย่างปุ๋ยหมักที่ทำการเขย่าผสมกันแล้วไปอัดเป็นแผ่นโดยเครื่องอัด
4. นำตัวอย่างที่ผสมและอัดแล้ววิเคราะห์ด้วยเครื่องเอ็กซเรย์ฟูออเรสเซนต์สเปคโตรมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 3.1** พารามิเตอร์และความถี่การวิเคราะห์

| พารามิเตอร์ | วิธีวัด | ความถี่ในการวิเคราะห์ |
|---|---|---|
| 1. อุณหภูมิ | Glass thermometer | ทุกวัน |
| 2. อัตราการยุบตัว | สายวัดและตลับเมตร | ทุกวัน |
| 3.ความเป็นกรดด่าง | pH meter | ทุกวัน |
| 4.ค่าการนำไฟฟ้า | Conductivity | ทุกวัน |
| 5. ความชื้น | Evaporation ที่ 70-75 °C | 1 ครั้งต่อสัปดาห์ |
| 6. คาร์บอนทั้งหมด (TOC) | TOC Analyzer Sample solid | 1 ครั้งต่อสัปดาห์ |
| 7. ไนโตรเจนทั้งหมด (TN) | TOC Analyzer ,TN Unit | 1 ครั้งต่อสัปดาห์ |
| 8. ปริมาณเถ้า (ash) | เผาที่ 550 °C 2 ชั่วโมง | ครบ 1 เดือน |
| 9. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (P) | Spectrophotometer | ครบ 1 เดือน |
| 10. โพแทสเซียม (K) | X-ray fluorescence spectrometer | ครบ 1 เดือน |
| 11.อัตราการย่อยสลายสมบูรณ์ | ดัชนีการงอกของเมล็ดพืช | ครบ 1 เดือน |
| 12. อัตราส่วนคาร์บอนต่อ ไนโตรเจน (C/N ratio) | TOC Analyzer Sample solid<br>TOC Analyzer ,TN Unit | ครบ 1 เดือน |

**3.4.4 ศึกษาการย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์ของปุ๋ย** (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

1) สกัดสารละลายปุ๋ยหมักโดยชั่งตัวอย่างปุ๋ยหมัก 1 กรัม เติมน้ำกลั่น 10 มล. (1:10) เขย่าด้วยเครื่องเขย่า 1 ชั่วโมง

2) กรองน้ำสกัดปุ๋ยด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42

3) ตีตารางบนกระดาษกรองเบอร์ 42 จำนวน 10 ช่อง แล้ววางลงจานเพาะเชื้อ

4) วางเมล็ดถั่วเขียวลงในช่องที่แบ่งไว้ช่องละ 1 เมล็ด รวม 10 เมล็ด

5) ใส่น้ำสกัดจากปุ๋ยหมักจานละ 5 มล. สำหรับจานควบคุมใส่น้ำกลั่น 5 มล.

6) บ่มไว้ในที่มืดนาน 48 ชั่วโมง อุณหภูมิห้อง

7) บันทึกจำนวนเมล็ดที่งอกต่อจานและวัดความยาวรากของแต่ละเมล็ดทั้ง 10 เมล็ด เพื่อคำนวณดัชนีการงอกของเมล็ดถั่วเขียว (ดูรายละเอียดภาคผนวก ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4

# ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การศึกษาการผลิตปุ๋ยหมักจากเศษอาหารโรงอาหารคณะวิทยาศาสตร์ ร่วมกับเปลือกผลไม้และใบไม้แห้ง โดยเปรียบเทียบชนิดและปริมาณของสารเร่งจุลินทรีย์ที่เติมแตกต่างกัน ทำการหมักในถังพลาสติกโดยใช้วิธีการหมักแบบทั่วไป การทดลองแบ่งออกเป็น 5 ชุด ชุดที่ 1 ถังหมักควบคุม, ชุดที่ 2 ถังหมักเติมสารเร่งพด.1 (0.1%), ชุดที่ 3 ถังหมักเติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.1%), ชุดที่ 4 ถังหมักเติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.5%) และชุดที่ 5 ถังหมักเติมน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้ 1,000 มิลลิลิตร ในการทดลองแบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอน คือ 1) หาอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่เหมาะสม และสัดส่วนของวัสดุที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมัก 2) การเตรียมถังหมัก 3) การเตรียมวัสดุและการหมักปุ๋ย 4) วิเคราะห์คุณลักษณะเริ่มต้นของวัสดุหมัก 5) วิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพและเคมีในระหว่างการหมัก และ 6) ทดสอบการย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์ของปุ๋ยหมัก ได้ผลการทดลองดังนี้

## 4.1 ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัสดุที่ใช้หมัก

จากการทดลองทำการผสมวัสดุหมัก คือ เศษอาหารจากโรงอาหารคณะวิทยาศาสตร์ ร่วมกับเปลือกผลไม้ และใบไม้แห้งในอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ที่เหมาะสม คือ 25: 1 (Polprasert, 1996) โดยใช้ค่า C/N ratio ของเศษอาหาร เปลือกผลไม้ และใบไม้แห้งจากงานวิจัยในการคำนวณ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ก) ได้อัตราส่วนโดยน้ำหนักเปียกของเศษอาหารร่วมกับเปลือกผลไม้ต่อใบไม้แห้งเท่ากับ 4: 1 ในการทดลองใช้อัตราส่วนเศษอาหารร่วมกับเปลือกผลไม้ (1 + 1) : ใบไม้แห้งเท่ากับ 22: 6 กิโลกรัมโดยน้ำหนัก รวม 28 กิโลกรัม โดยมีขนาดของวัสดุ เปอร์เซ็นต์ความชื้น เปอร์เซ็นต์คาร์บอน และเปอร์เซ็นต์เถ้า ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และการหาจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นในการหมัก (ดูรายละเอียดตารางที่ ก-2, ภาคผนวก ก) ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะเริ่มต้นที่เตรียมโดยใช้อัตราส่วนของเศษอาหาร + เปลือกผลไม้ต่อใบไม้แห้งในสัดส่วน 4:1 โดยน้ำหนักเปียก แสดงดังตารางที่ 4.2 พบว่ามีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) เท่ากับ 55.78: 1 จะเห็นได้ว่าค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ที่วัดได้จากการทดลองมีค่าสูงกว่าค่าที่ได้จากการคำนวณ ทั้งนี้เนื่องจากองค์ประกอบของเศษอาหารที่นำมาใช้ในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.1** คุณลักษณะของวัสดุที่ใช้ในการหมักเริ่มต้น

| วัสดุหมัก | ขนาด (cm) | | ความชื้น (%) | ปริมาณคาร์บอน (%) | ปริมาณเถ้า (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| | กว้าง | ยาว | | | |
| 1. เศษอาหาร | 0.5-1 | 0.5-1 | 68.60 ± 3.06 | 44.22 ± 0.30 | 2.72 ± 0.17 |
| 2. เปลือกผลไม้ | 1-2 | 1-2 | 88.34 ± 0.20 | 51.76 ± 0.56 | 5.94 ± 0.05 |
| 3.ใบไม้แห้ง | 0.5-1 | 0.5-1 | 9.41 ± 0.36 | 53.61 ± 0.41 | 8.32 ± 0.34 |

**ตารางที่ 4.2** คุณลักษณะเริ่มต้นของปุ๋ยหมัก

| คุณลักษณะ | วัตถุดิบเริ่มต้น |
|---|---|
| 1. ความชื้น (%) | 68.02 ± 3.56 |
| 2. อุณหภูมิ (°C) | 30 ± 0.00 |
| 3. ค่าความเป็นกรดด่าง | 4.06 ± 0.01 |
| 4. ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm) | 2.2 ± 0.10 |
| 5. ปริมาณเถ้า (%) | 9.25 ± 0.05 |
| 6. ปริมาณคาร์บอน (%) | 57.98 ± 0.76 |
| 7. ปริมาณไนโตรเจน (%) | 0.96 ± 0.12 |
| 8. อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) | 55.78/1 |
| 9. ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (%) | 0.4174 |
| 10. ปริมาณโพแทสเซียม (%) | 4.04 |

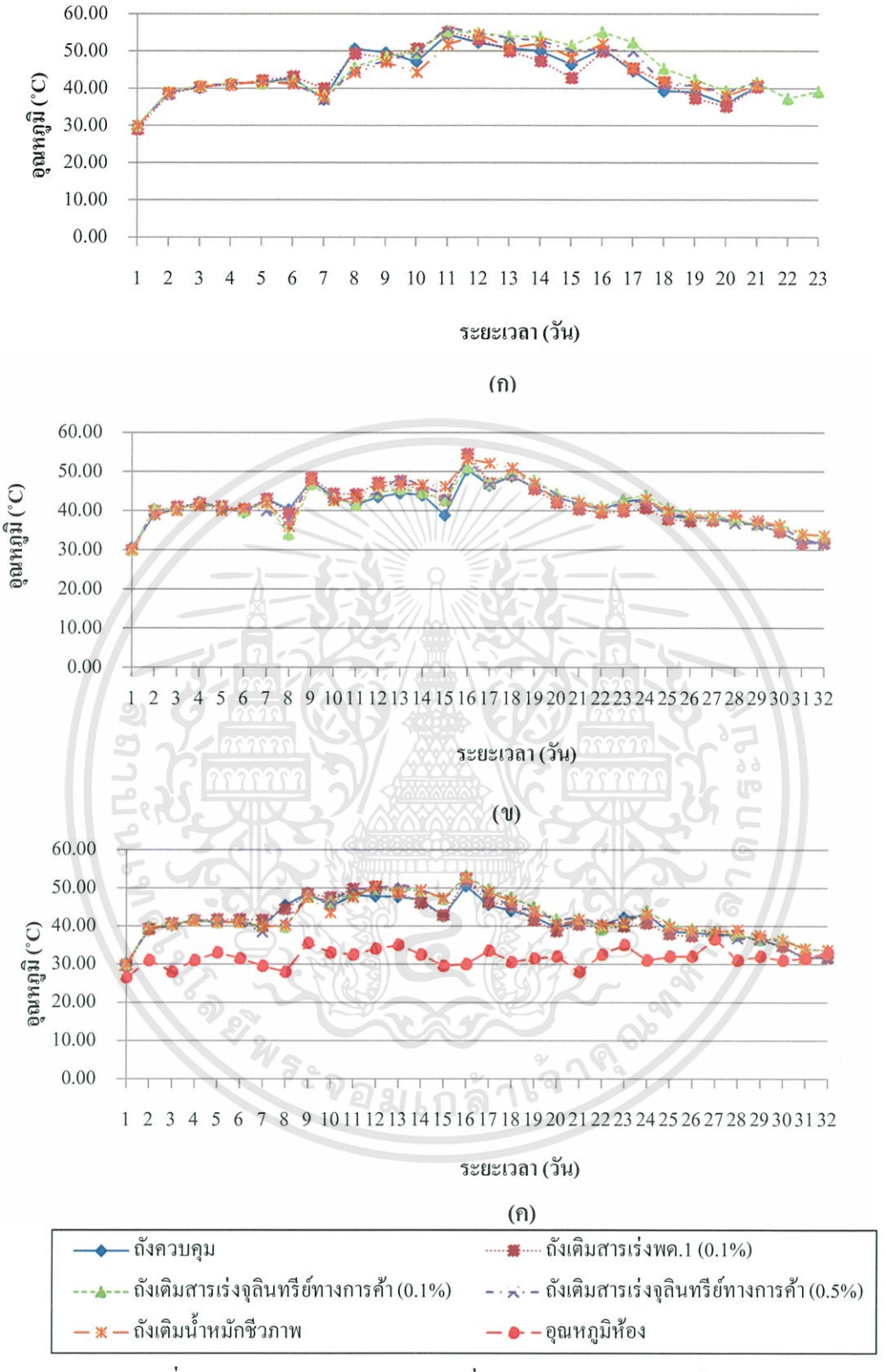
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 ผลการศึกษาสภาวะในระหว่างการหมักปุ๋ยโดยใช้สารเร่งต่าง ๆ

### 4.2.1 อุณหภูมิ

จากการทดลองทำการวัดอุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักทุกวันเป็นเวลา 1 เดือน โดยทำการวัดที่ระยะความสูง 15 และ 30 เซนติเมตรจากก้นถังแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิภายในถังปุ๋ยหมัก พบว่า 1 วัน หลังจากการหมักอุณหภูมิจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว และเมื่อผ่านไป 21 วันไม่สามารถวัดอุณหภูมิที่ระยะ 30 เซนติเมตรได้เนื่องจากการยุบตัวของปุ๋ยหมัก จากรูปที่ 4.1 พบว่าอุณหภูมิในถังปุ๋ยหมักอยู่ในระยะ Mesophilic ที่อุณหภูมิ 25-45 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 8 วัน จากนั้นอุณหภูมิค่อยสูงขึ้นจนเข้าสู่ระยะ Thermophilic อุณหภูมิจะอยู่ที่ประมาณ 45-60 องศาเซลเซียส ประมาณ 10 วัน หลังจากนั้นอุณหภูมิจะค่อยๆ ลดลงจนถึงอุณหภูมิห้อง เรียกว่า Maturation phase (Polprasert, 1996) ถังหมักที่อุณหภูมิสูงสุด คือ ถังหมักเติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.1%) โดยมีอุณหภูมิสูงถึง 53.17 องศาเซลเซียส ถังหมักควบคุม ถังหมักเติมสารเร่งพด.1 (0.1%) ถังหมักเติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.5%) และถังหมักเติมน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้มีอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 50.58, 52.25, 51.83, 52.28 องศาเซลเซียส (ดูรายละเอียดในตาราง ข 1-1 ถึง ข 1-5, ภาคผนวก ข) เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในแต่ละถังโดยใช้วิธีทางสถิติทดสอบ พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ดูรายละเอียดตาราง จ-1, ภาคผนวก จ) อุณหภูมิที่สูงขึ้นเกิดจากพลังงานความร้อนที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากกระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์และคุณสมบัติในการเก็บกักความร้อนของวัสดุที่เป็นสารอินทรีย์ (ทิพวรรณ, 2547) ระดับของอุณหภูมิที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม จากรูปที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักมีค่าขึ้น-ลงอาจเนื่องจากมีการกลับกองปุ๋ยทุก 1 สัปดาห์ และการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายนอก เนื่องจากในช่วงทำการหมักอยู่ในฤดูฝน ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำปุ๋ยหมักและขนาดของกองปุ๋ยหมัก โดยวัสดุที่มีขนาดใหญ่จะมีอุณหภูมิสูง 45-50 องศาเซลเซียส วัสดุขนาดเล็กจะมีอุณหภูมิประมาณ 40 องศาเซลเซียส (เสียงแจ๋ว และคณะ, 2540) สอดคล้องกับค่าที่ได้จากการทดลอง การที่อุณหภูมิสูงจะมีผลต่อเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคลดน้อยลงได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

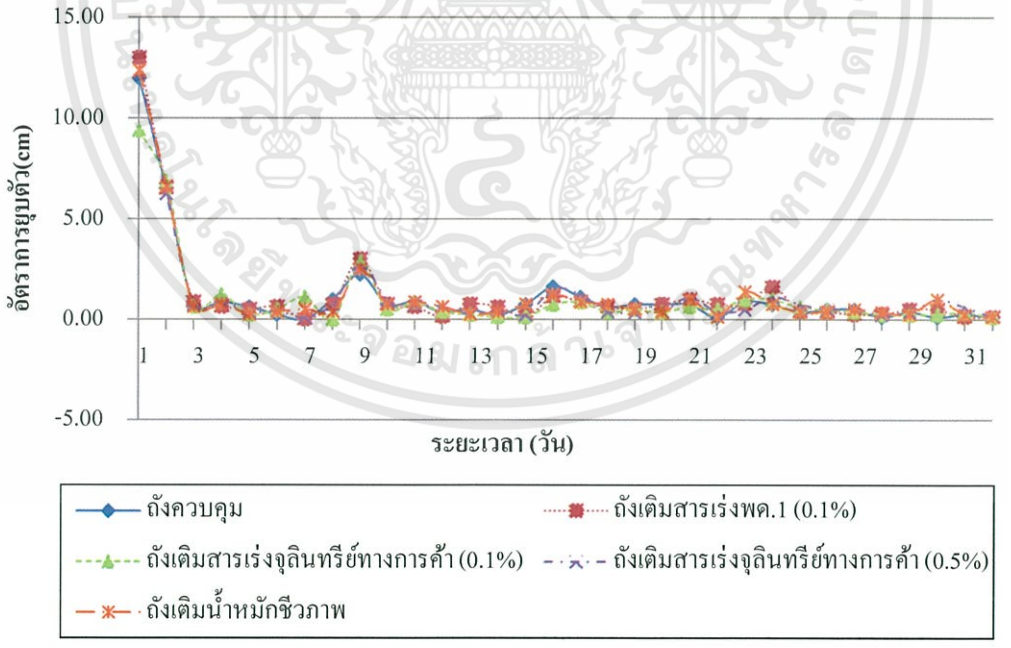



**รูปที่ 4.1** อุณหภูมิภายในถังหมัก (ก) ที่ระยะ 30 เซนติเมตรจากก้นถัง (ข) ที่ระยะ 15 เซนติเมตรจากก้นถัง (ค) อุณหภูมิเฉลี่ย ภายในถังปุ๋ยหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.2.2 อัตราการยุบตัว**

จากรูป 4.2 (ดูรายละเอียดตาราง ข 3-1 ถึง ข 3-5, ภาคผนวก ข) พบว่าอัตราการยุบตัวของปุ๋ยหมัก 1 วันหลังจากเริ่มทำการหมักจะมีอัตราการยุบตัวสูงสุด หลังจากนั้นอัตราการยุบตัวจะลดลง โดยที่อัตราการยุบตัวในแต่ละวันจะมีค่าใกล้เคียงกัน สาเหตุที่ทำให้อัตราการยุบตัวช่วงแรกมีอัตราการยุบตัวสูงเนื่องมาจากวัสดุเริ่มต้นมีการย่อยขนาดของวัสดุให้มีขนาดเล็กก่อนทำการหมักซึ่งจะทำให้พื้นที่ผิวสัมผัสมากกว่าขนาดใหญ่ จุลินทรีย์จึงสามารถใช้วัสดุได้ดีกว่า อีกทั้งหากวัสดุมีความหนาจุลินทรีย์ต้องใช้เวลาในการย่อยมากกว่าวัสดุที่มีขนาดเล็ก (ทิพวรรณ, 2547) โดยในการทดลองมีการกลับกองสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ทำให้ความสูงของอัตราการยุบตัวหลังจากการกลับกองเพิ่มขึ้นอีกครั้งและความสูงของอัตราการยุบตัวหลังจากนั้นก็จะคงที่ ทั้งนี้การที่ความสูงของอัตราการยุบตัวลดลงเกิดจากวัสดุที่ย่อยสลายได้ง่ายถูกย่อยจนหมด เหลือแต่วัสดุที่ย่อยสลายได้ยาก นอกจากนี้วัสดุมีการเน่าเปื่อยจากการย่อยสลายเกิดการทับถมกันช่องว่างภายในกองปุ๋ยหมักลดลง อัตราการยุบตัวจึงลดลงเมื่อเวลาผ่านไปเมื่อเปรียบเทียบอัตราการยุบตัวของแต่ละถังหมักโดยใช้สถิติทดสอบ พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ดูรายละเอียดตาราง จ-2, ภาคผนวก จ)

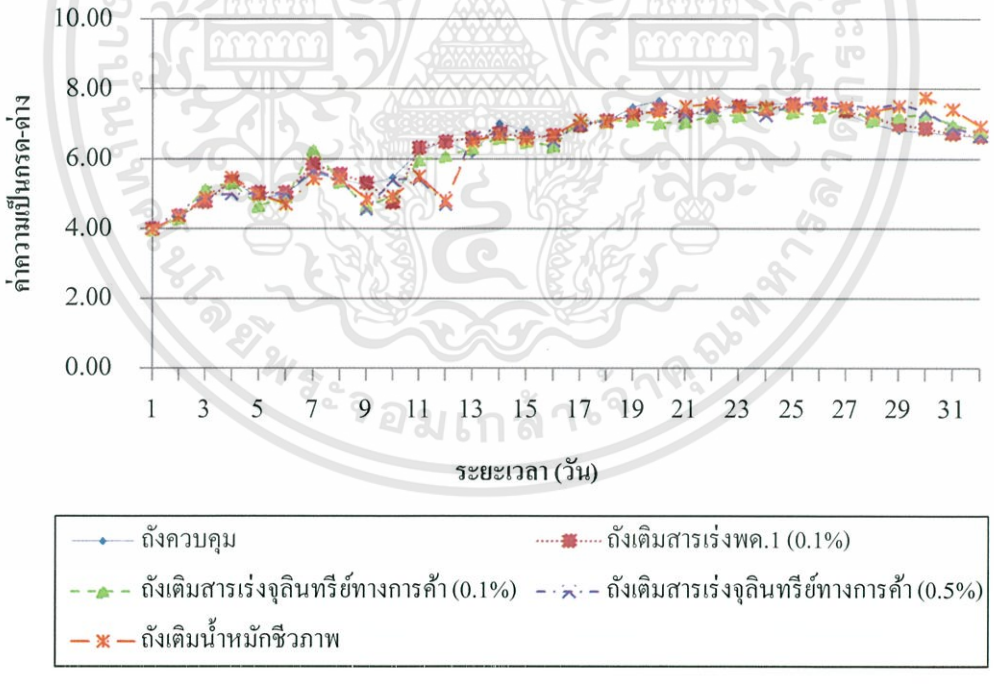



**รูปที่ 4.2** อัตราการยุบตัวของปุ๋ยหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.2.3 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)**

จากการทดลองทำการศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่างของปุ๋ยหมักพบว่าในช่วงเริ่มต้นของการหมักปุ๋ยทั้ง 5 ถังมีค่า pH เป็นกรดโดยมีค่า pH อยู่ในช่วง 3-4 เนื่องจากในช่วงแรกของการหมักจุลินทรีย์มีการย่อยอาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรตแล้วเกิดกรดอินทรีย์ จากรูป 4.3 (ดูรายละเอียดตาราง ข 4-1 ถึง ข 4-5, ภาคผนวก ข) ค่า pH ของปุ๋ยหมักจะค่อยๆ เพิ่มขึ้น ค่า pH เป็นตัวบ่งบอกว่าการหมักปุ๋ยเข้าใกล้สมบูรณ์แล้ว เมื่อครบ 1 เดือน ค่า pH ของถังควบคุมมีค่าเท่ากับ 6.63 ± 0.02 ถังหมักเติมสารเร่งพด.1 (0.1%) ถังหมักเติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.1%) ถังหมักเติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.5%) และถังหมักเติมน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้มีค่าเท่ากับ 6.64 ± 0.01, 6.78 ± 0.01, 6.68 ± 0.01, 6.92 ± 0.02 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของแต่ละถังโดยใช้วิธีทางสถิติทดสอบ พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ดูรายละเอียดตาราง จ-3, ภาคผนวก จ) ซึ่งจากมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กำหนดว่าค่าความเป็นกรดด่างควรอยู่ในช่วง 5.5-8.5 โดยที่ปุ๋ยหมักที่จะให้ผลดีกับพืชควรมีค่า pH อยู่ในช่วง 6.0-6.5 ซึ่งจะเห็นได้ว่าปุ๋ยหมักที่ได้จากการทดลองเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด

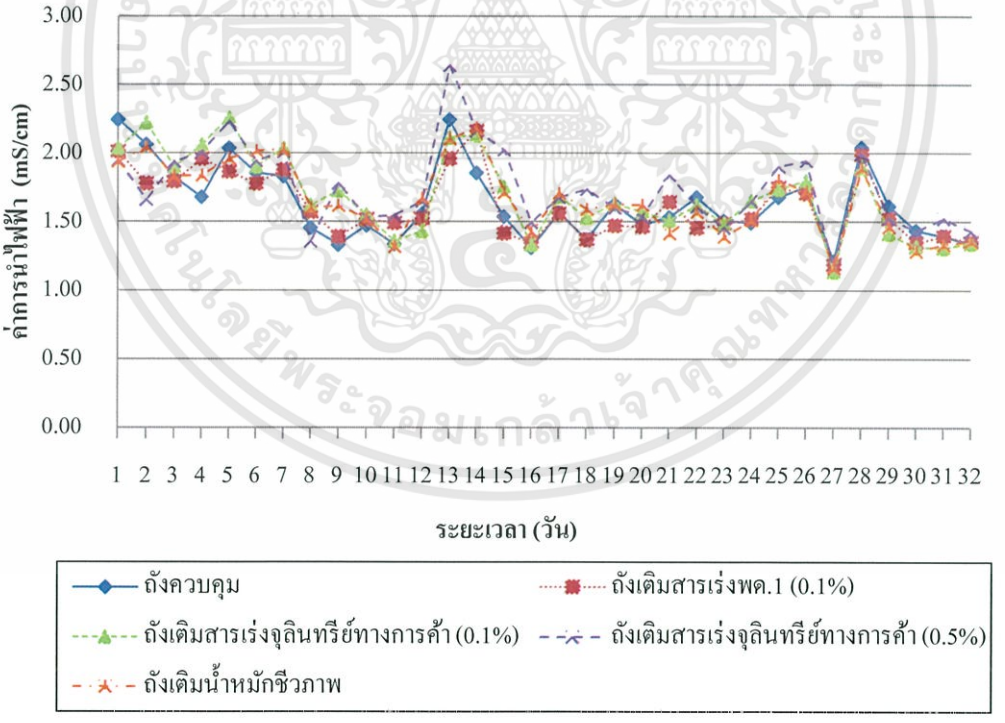



**รูปที่ 4.3** ค่าความเป็นกรด-ด่างของปุ๋ยหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.2.4 ค่าการนำไฟฟ้า

การวัดสภาพการนำไฟฟ้าเป็นการวัดปริมาณความเข้มข้นทั้งหมดของสารที่มีประจุที่ละลายอยู่ในสารละลายของปุ๋ยหมัก โดยที่ค่าการนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของเกลือในน้ำซึ่งจะเป็นดัชนีความเค็มที่บอกได้ว่าพืชจะเจริญเติบโตได้หรือไม่จากรูป 4.4 (ดูรายละเอียดตาราง ข 5-1 ถึง ข 5-5, ภาคผนวก ข) พบว่าค่าการนำไฟฟ้ามีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อครบ 1 เดือน ถังหมักควบคุมมีค่าการนำไฟฟ้าเท่ากับ 1.34 ± 0.021 mS/cm ถังหมักเติมสารเร่งพด.1 (0.1%) ถังหมักเติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.1%) ถังหมักเติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.5%) และถังหมักเติมน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้มีค่าเท่ากับ 1.35 ± 0.031 mS/cm, 1.35 ± 0.025 mS/cm, 1.43 ± 0.036 mS/cm, 1.36 ± 0.035 mS/cm ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าการนำไฟฟ้าแต่ละถังโดยใช้วิธีทางสถิติ พบว่าค่าการนำไฟฟ้าแต่ละถัง (ดูรายละเอียดตาราง จ-4, ภาคผนวก จ) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยถ้าค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง0.0 – 200 mS/cm (มุกดา, 2545) จะมีปริมาณเกลือเท่ากับ 0.0 – 0.1% ซึ่งเป็นปุ๋ยหมักมีคุณภาพดีมากเหมาะสมมากที่จะนำไปใช้ในการเกษตร



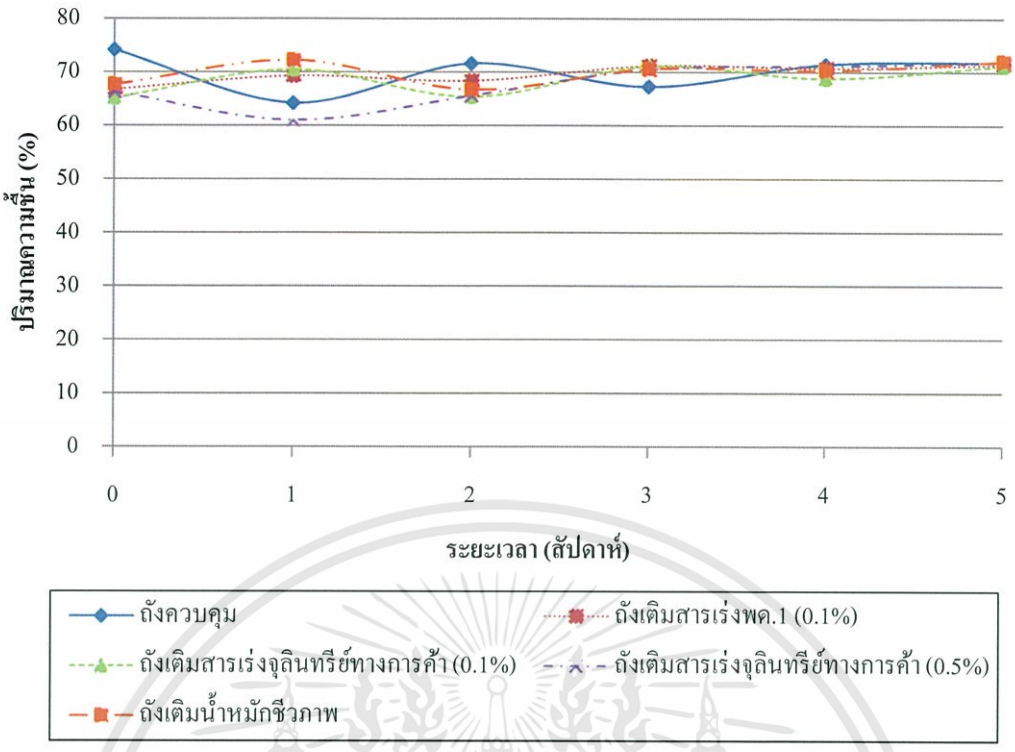

**รูปที่ 4.4** ค่าการนำไฟฟ้าของปุ๋ยหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.2.5 ความชื้น**

จากการทดลองความชื้นเฉลี่ยเริ่มต้นในถังปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถัง มีค่าประมาณ 68.02 ± 3.56 % โดยน้ำหนักซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน ระดับความชื้นในกองปุ๋ยหมักที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายประมาณ (50 – 60%โดยน้ำหนัก) (ทิพวรรณ, 2547) จากการทดลองทำการเก็บตัวอย่างหาความชื้นสัปดาห์ละ 1 ครั้ง โดยเก็บตัวอย่างที่ระยะ 15 และ 30 เซนติเมตร มาผสมกันแล้ววิเคราะห์ค่าความชื้น หลังจากวันที่ 21 ไม่สามารถเก็บตัวอย่างที่ระยะ 30 เซนติเมตรได้ เนื่องจากการยุบตัวของปุ๋ยหมัก จากรูปที่ 4.5 (ดูรายละเอียดตาราง ข-6, ภาคผนวก ข) พบว่าตลอดระยะเวลา 1 เดือนในการหมักปุ๋ย ค่าความชื้นมีค่าสม่ำเสมอตลอดการทดลอง คือ ประมาณ 60 – 70% ทั้ง 5 ถัง เมื่อเปรียบเทียบค่าความชื้นของแต่ละถังจากการใช้วิธีทางสถิติทดสอบ พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ดูรายละเอียดตาราง จ-5, ภาคผนวก จ) ในการทดลองจึงไม่จำเป็นต้องมีการเติมน้ำเพื่อเพิ่มปริมาณความชื้น สาเหตุที่ทำให้ความชื้นในถังหมักไม่ลดลงอาจเนื่องมาจากมีการปิดถังปุ๋ยหมักด้วยตาข่ายพลาสติก ภายในถังหมักมีอุณหภูมิสูงเมื่อเกิดการระเหยของน้ำออกจากปุ๋ยหมัก น้ำก็จะกระทบกับตาข่ายพลาสติกที่ปิดฝาถังไว้ควบแน่นตกกลับมาในถังปุ๋ยหมักไม่ได้ระเหยออกจากถัง นอกจากนี้หลังจากการหมักผ่านไป 1 สัปดาห์มีน้ำชะออกจากถังปุ๋ยหมัก แต่เนื่องจากขนาดของช่องระบายน้ำชะที่ก้นถังมีขนาดเล็กส่งผลทำให้การระบายน้ำชะออกได้ไม่ดีทำให้ปุ๋ยหมักที่ระยะ 15 เซนติเมตร มีความชื้นสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดของมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติซึ่งส่งผลต่อการระบายอากาศ และปริมาณความชื้นในกองปุ๋ยหมัก ปุ๋ยหมักที่ได้ควรมีค่าความชื้นน้อยกว่าเท่ากับ 35 % เพื่อป้องกันการกลับมาหมักอีกครั้งภายในถังปุ๋ยหมักเพราะมีความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ดังนั้นหลังจากทำการหมักปุ๋ยหมักครบ 1 เดือนจึงนำปุ๋ยหมักที่ได้มาผึ่งให้ความชื้นลดลงเหลือตามมาตรฐานก่อนนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



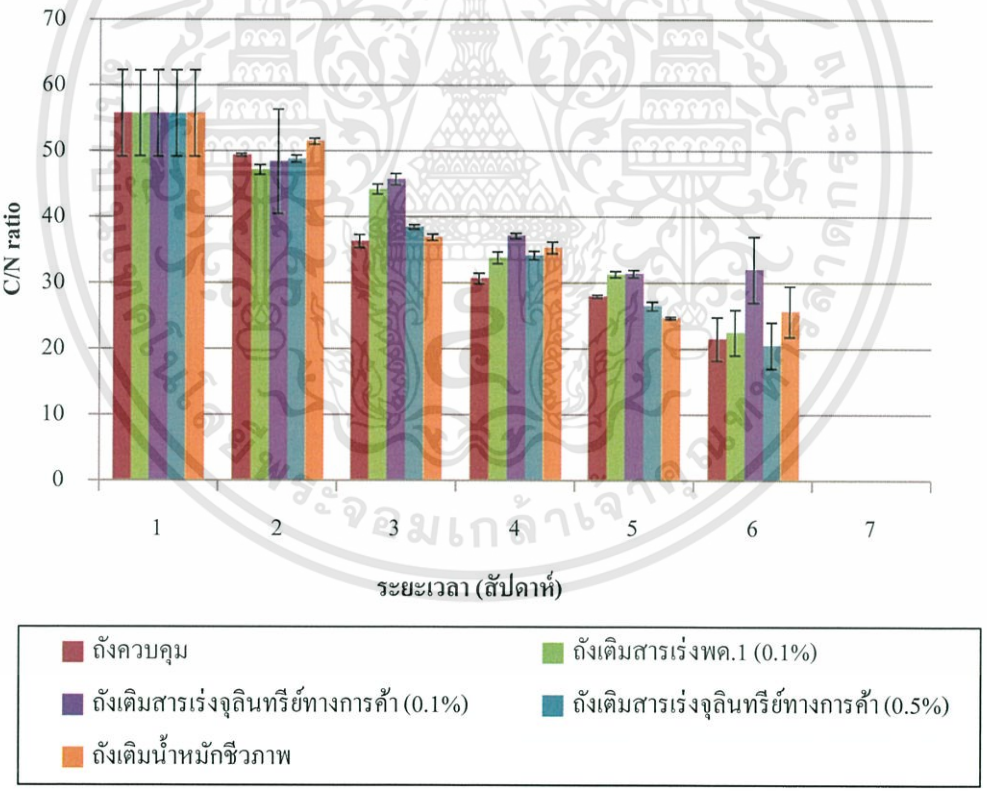

**รูปที่ 4.5** ปริมาณความชื้นในถังปุ๋ยหมัก

**4.2.6 อัตราส่วนปริมาณคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio)**

จากการทดลองวัสดุหมักเริ่มต้นมีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) เท่ากับ 55.78: 1 จากนั้นทำการวัดค่า C/N ratio ทุก 1 สัปดาห์จากกราฟรูปที่ 4.6 (ดูรายละเอียดตาราง ค-6, ภาคผนวก ค) แสดงอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนจะเห็นได้ว่าปริมาณคาร์บอนจะลดลงทุกสัปดาห์ ในทางตรงกันข้ามปริมาณไนโตรเจนจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากการย่อยสลายในช่วงแรกเกิดขึ้นรวดเร็วเพราะมีสารที่ย่อยสลายง่ายอยู่มาก เป็นเหตุให้ค่า C/N ratio ลดต่ำกว่า 35 อย่างรวดเร็ว สำหรับกระบวนการหมักนั้นอินทรียสารที่ย่อยสลายได้ (biodegradable materials) จะแปรสภาพเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ โดยจุลินทรีย์จะย่อยสลายสารอินทรียคาร์บอน จนได้โมเลกุลขนาดเล็กและนำเข้าเซลล์เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงาน และสร้างส่วนประกอบของเซลล์ ส่วนสารประกอบไนโตรเจนจะถูกย่อยสลายเช่นกัน เซลล์จุลินทรีย์จะนำไปใช้เป็นแหล่งไนโตรเจน เพื่อสร้างส่วนประกอบของเซลล์ส่งผลให้ C/N ratio ลดลงเมื่อครบ 1 เดือนได้ค่า C/N ratioในแต่ละถังหมักดังนี้ ถังหมักควบคุมมีค่าเท่ากับ 21.54/1 ถังหมักเติมสารเร่งพด.1 (0.1%) ถังหมักเติมสารเร่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุลินทรีย์ทางการค้า (0.1%) ถังหมักเติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.5%) และถังหมักเติมน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้มีค่าเท่ากับ 22.52/1, 32.04/1, 20.55/1, 25.67/1 ตามลำดับ โดยย่อยจากอัตราส่วนC/N ratio เริ่มต้น คือ 55.78:1 เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนในแต่ละถังโดยใช้วิธีทางสถิติทดสอบ พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ดูรายละเอียดตาราง จ-8, ภาคผนวก จ) มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติกำหนดว่าค่า C/N ratio ต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับ 20/1 ซึ่งปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถัง มีค่าสูงกว่ามาตรฐานกำหนดอาจจะทำให้มีการย่อยสลายต่อไปใหม่เมื่อใส่ลงไปในดิน จึงควรต้องใส่ปุ๋ยหมักก่อนปลูกพืชหรือหว่านเมล็ดประมาณ 2-3 อาทิตย์ และจะต้องไม่ใช้ดินที่มีการระบายน้ำไม่ดี เนื่องจากอาจทำให้เกิดการเน่าเปื่อยในสภาพที่ไม่มีอากาศ ทำให้เกิดกรดอินทรีย์ที่เป็นพิษ หรือก๊าซบางชนิดที่เป็นอันตรายต่อการเจริญเติบโตของพืช(มุกดา, 2545) ดังนั้นอาจต้องเพิ่มระยะเวลาในการหมักเพื่อให้เกิดการย่อยสลายสมบูรณ์ เนื่องจากอัตราส่วน C/N ratio เริ่มต้นมีค่าสูงต้องใช้ระยะเวลาในการย่อยสลายเพิ่มขึ้น




**รูปที่ 4.6** การเปลี่ยนแปลงค่า C/N ratio

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.3 ผลการศึกษาการย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์ของปุ๋ยหมัก

จากการทดลองทำโดยใช้วิธีการทดสอบดัชนีการงอกของเมล็ด (Germination index) โดยเป็นวิธีที่สามารถวัดสารที่เป็นพิษต่อพืชที่ตกค้างอยู่ในปุ๋ยหมักได้โดยตรง (กรมวิชาการเกษตร, 2551) สารสำคัญที่เป็นพิษต่อพืชได้แก่ แก๊สแอมโมเนีย และกรดอินทรีย์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการหมัก และปุ๋ยหมักที่ย่อยสลายยังไม่สมบูรณ์ โดยในการทดลองใช้เมล็ดถั่วเขียวในการทดสอบทำการนับจำนวนเมล็ดที่งอก และวัดความยาวรากที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมงและ 48 ชั่วโมง จากตารางที่ 4.3 พบว่าที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง จานควบคุมที่ใช้น้ำกลั่นกับจานที่ใช้น้ำสกัดจากปุ๋ยหมักมีจำนวนเมล็ดที่งอกและความยาวรากที่ใกล้เคียงกันแต่เมื่อเวลาผ่านไป 48 ชั่วโมง จานควบคุมที่ใช้น้ำกลั่นมีความยาวรากน้อยกว่าจานที่ใช้น้ำสกัดจากปุ๋ยหมัก เมื่อนำมาคำนวณหาดัชนีการงอกเพื่อหาการย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์พบว่า ปุ๋ยหมักถังที่เติมน้ำหมักชีวภาพจากผลไม้มีดัชนีการงอกสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับอีก 4 ถัง นอกจากนี้ยังมีการนำเอากากตะกอนจากเครื่องผลิตแก๊สชีวภาพมาทดสอบเปรียบเทียบกับปุ๋ยหมักพบว่ามีดัชนีการงอกต่ำสุดแต่ค่าที่ได้ไม่ต่ำกว่าที่มาตรฐานกำหนด คือ มากกว่าหรือเท่ากับ 80% (มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2548) เมื่อเปรียบเทียบการย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์แต่ละถังโดยใช้วิธีทางสถิติทดสอบ พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ดูรายละเอียดตาราง จ-8, ภาคผนวก จ) ดังนั้นปุ๋ยหมักที่ได้สามารถนำไปใช้ประโยชน์กับพืชได้โดยไม่เป็นอันตรายต่อพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.3** จำนวนเมล็ดที่งอกและความยาวราก (cm) ที่ระยะเวลาต่างๆของตัวอย่างปุ๋ยหมักและดัชนีการงอกของเมล็ดถั่วเขียว

| ตัวอย่าง | ลักษณะการงอก | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ระยะเวลา 24 ชม. | | ระยะเวลา 48 ชม. | | |
| | ค่าเฉลี่ยจำนวนเมล็ดที่งอก | ความยาวรากและลำต้นเฉลี่ย (cm) | ค่าเฉลี่ยจำนวนเมล็ดที่งอก | ความยาวรากและลำต้นเฉลี่ย (cm) | ดัชนีการงอกของเมล็ด (%) |
| แบลงค์ (น้ำกลั่น) | 9 | 1.52 | 10 | 3.99 | - |
| ถังควบคุม | 10 | 1.41 | 10 | 5.23 | 131.08 |
| ถังเติมสารเร่งพด.1 (0.1%) | 10 | 1.38 | 10 | 5.26 | 131.84 |
| ถังเติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.1%) | 10 | 1.36 | 10 | 5.25 | 131.58 |
| ถังเติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.5%) | 10 | 1.43 | 10 | 5.18 | 129.83 |
| ถังเติมน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้ | 10 | 1.61 | 10 | 5.96 | 149.37 |
| กากตะกอนจากเครื่องผลิตปุ๋ยหมัก และแก๊สชีวภาพ | 10 | 1.21 | 10 | 4.63 | 116.04 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.4 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะของปุ๋ยหมักที่เติมสารเร่งจุลินทรีย์ต่างชนิดและปริมาณกันกับปุ๋ยหมักที่ไม่เติมสารเร่งจุลินทรีย์

จากตารางพบว่า ปุ๋ยหมักที่มีการเติมสารเร่งจุลินทรีย์จะมีคุณภาพของปุ๋ยหมักใกล้เคียงกับปุ๋ยหมักที่ไม่เติมสารเร่งจุลินทรีย์ นอกจากนี้พบว่าค่า C/N ratio ของปุ๋ยหมักทั้งที่เติมและไม่เติมสารเร่งจุลินทรีย์ยังมีค่าสูงกว่ามาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ ดังนั้นอาจต้องเพิ่มระยะเวลาในการหมักเพื่อให้ค่า C/N ratio เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดเพื่อความเหมาะสมเมื่อมีการนำไปใช้กับพืช

**ตารางที่ 4.4** เปรียบเทียบคุณลักษณะของปุ๋ยหมักที่เติมสารเร่งจุลินทรีย์และปุ๋ยหมักที่ไม่เติมสารเร่งจุลินทรีย์

| ลำดับที่ | คุณลักษณะ | ถังควบคุม | ถังเติมสารเร่ง พด.1 (0.1%) | ถังเติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.1%) | ถังเติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.5%) | ถังเติมน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้ | มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | ระยะเวลาในการหมัก | 1 เดือน | 1 เดือน | 1 เดือน | 1 เดือน | 1 เดือน | 2 – 6 เดือน |
| 2. | ปริมาณความชื้นในระหว่างการหมัก (%) | 60 -70 | 60 -70 | 60 -70 | 60 -70 | 60 -70 | 50-60 |
| 3. | อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) | 21.54/1 | 22.52/1 | 32.04/1 | 20.55/1 | 25.67/1 | $\leq$ 20/1 |
| 4. | ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) | 6.63 | 6.64 | 6.78 | 6.68 | 6.92 | 5.5 – 8.5 |
| 5. | ค่าการนำไฟฟ้า | 1.34 | 1.35 | 1.35 | 1.43 | 1.36 | $\leq$ mS/cm |
| 6. | การย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์ (%) | 131.08 | 131.83 | 131.58 | 129.83 | 149.37 | $\geq$ 80 % |

**ตารางที่ 4.4** (ต่อ) เปรียบเทียบคุณลักษณะของปุ๋ยหมักที่เติมสารเร่งจุลินทรีย์และปุ๋ยหมักที่ไม่เติมสารเร่งจุลินทรีย์

| ลำดับที่ | คุณลักษณะ | ถังควบคุม | ถังเติมสารเร่ง พด.1 (0.1%) | ถังเติมสารเร่งทางการค้า (0.1%) | ถังเติมสารเร่งทางการค้า (0.5%) | ถังเติมน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้ | มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7. | ลักษณะทางกายภาพที่บอกว่าปุ๋ยหมักมีการย่อยสลายสมบูรณ์ | ในระหว่างการหมักมีหนอน เมื่อครบ 1 เดือน ไม่มีหนอน ปุ๋ยมีสีน้ำตาลเข้มถึงดำ ใบไม้ยังไม่เปื่อยยุ่ยแต่เปลี่ยนจากสีน้ำตาลเป็นสีดำ มีกลิ่นคล้ายดิน | ในระหว่างการหมักมีหนอน เมื่อครบ 1 เดือน ไม่มีหนอน ปุ๋ยมีสีน้ำตาลเข้มถึงดำ ใบไม้ยังไม่เปื่อยยุ่ยแต่เปลี่ยนจากสีน้ำตาลเป็นสีดำ มีกลิ่นคล้ายดิน | ในระหว่างการหมักมีหนอน เมื่อครบ 1 เดือน ไม่มีหนอน ปุ๋ยมีสีน้ำตาลเข้มถึงดำ ใบไม้ยังไม่เปื่อยยุ่ยแต่เปลี่ยนจากสีน้ำตาลเป็นสีดำ มีกลิ่นคล้ายดิน | ในระหว่างการหมักมีหนอน เมื่อครบ 1 เดือน ไม่มีหนอน ปุ๋ยมีสีน้ำตาลเข้มถึงดำ ใบไม้ยังไม่เปื่อยยุ่ยแต่เปลี่ยนจากสีน้ำตาลเป็นสีดำ มีกลิ่นคล้ายดิน | ในระหว่างการหมักมีหนอน เมื่อครบ 1 เดือน ไม่มีหนอน ปุ๋ยมีสีน้ำตาลเข้มถึงดำ ใบไม้ยังไม่เปื่อยยุ่ยแต่เปลี่ยนจากสีน้ำตาลเป็นสีดำ มีกลิ่นคล้ายดิน | เศษวัสดุเปื่อยยุ่ย สีของวัสดุเริ่มต้นเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลดำ มีกลิ่นหอมคล้ายกลิ่นดิน |
| 8. | ปริมาณธาตุอาหารหลัก | | | | | | |
| | - ไนโตรเจน (N) | 2.19 | 2.16 | 1.91 | 2.25 | 1.91 | $\geq$ 1.0 % โดยน้ำหนัก |
| | - ฟอสฟอรัส ( $P_2O_5$) | 0.6396 | 0.8487 | 0.5861 | 0.7274 | 0.7420 | $\geq$ 0.5 % โดยน้ำหนัก |
| | - โพแทสเซียม ($K_2O$) | 5.93 | 6.17 | 8.09 | 7.64 | 6.43 | $\geq$ 0.5 % โดยน้ำหนัก |

# บทที่ 5

# สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาการผลิตปุ๋ยหมักจากเศษอาหารโรงอาหารคณะวิทยาศาสตร์ร่วมกับเปลือกผลไม้ และใบไม้แห้ง โดยใช้สารเร่งจุลินทรีย์ที่มีชนิดและปริมาณต่างกันเปรียบเทียบกับแบบไม่เติมสารเร่งจุลินทรีย์ พบว่าสารเร่งจุลินทรีย์ที่มีชนิดและปริมาณต่างกันไม่มีผลต่อสภาวะในการหมัก ซึ่งจะเห็นได้จากพารามิเตอร์ที่ใช้ในการตรวจวัด ได้แก่ ความชื้น อัตราการยุบตัว ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า อุณหภูมิ อัตราส่วนปริมาณคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม) เมื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ของถังควบคุมที่ไม่เติมสารเร่งจุลินทรีย์กับถังที่มีการเติมสารเร่งจุลินทรีย์ พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน คุณภาพปุ๋ยหมักที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ แต่ค่า C/N ratio ยังมีค่าสูงกว่ามาตรฐาน ดังนั้นจึงควรเพิ่มระยะเวลาในการหมักเพื่อสามารถนำไปใช้ประโยชน์โดยไม่เป็นอันตรายต่อพืช สาเหตุอาจเกิดจากปุ๋ยหมักเริ่มต้นมีค่า C/N ratio สูงทำให้อัตราการย่อยสลายช้า

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรปรับสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนให้มีความเหมาะสม เพราะถ้าค่า C/N ratio เริ่มต้นมีค่าสูงจะทำให้อัตราการย่อยสลายช้าต้องใช้ระยะเวลาหมักเพิ่มขึ้น

2. ขนาดช่องระบายน้ำชะที่ก้นถัง ควรมีการเพิ่มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพื่อให้มีการระบายน้ำชะและอากาศที่ดี ป้องกันการหมักแบบสภาวะไม่ใช้ออกซิเจน

3. ปุ๋ยหมักที่ได้ยังมีความชื้นสูง ดังนั้นควรผึ่งให้มีความชื้นเหลือประมาณน้อยกว่าเท่ากับ 35 % เพื่อป้องกันการกลับมาหมักอีกครั้งภายในถังปุ๋ยหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เอกสารอ้างอิง


กรมควบคุมมลพิษ. 2547. **การจัดการขยะมูลฝอยชุมชน.**
[online]. Available: http://www.pcd.go.th/info_serv/waste_garbage.html
(วันที่สืบค้น : 10 กรกฎาคม 2556 )

กรมควบคุมมลพิษ. 2555. **สถานการณ์ขยะของไทย.**
[online]. Available: http://www.pcd.go.th/info_serv/waste_wastethai48_53.html
(วันที่สืบค้น : 10 กรกฎาคม 2556)

กรมพัฒนาที่ดิน. 2547. **คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุปรับปรุงดิน และการวิเคราะห์ เพื่อตรวจสอบรับรองมาตรฐานสินค้า**: สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2553. **คู่มือการปฏิบัติงานกระบวนการวิเคราะห์พืช ปุ๋ย และสิ่งปรับปรุงดิน (ปรับปรุงครั้งที่ 1)**: สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน, 53 หน้า

กรมพัฒนาที่ดิน. 2546. **สารเร่งจุลินทรีย์ประเภท พ.ด.1, พ.ด.2, พ.ด.3 สำหรับเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินและผลผลิตการเกษตร.**
[online]. Available: http://e-library.ldd.go.th/library/Ebook/bib32.pdf
(วันที่สืบค้น : 10 กรกฎาคม 2556 )

กรมพัฒนาที่ดิน. 2548. **มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์.**
[online]. Available: http://www.ldd.go.th/Fertilizer/Organic_Fertilizer.pdf
(วันที่สืบค้น : 10 กรกฎาคม 2556 )

กรมวิชาการเกษตร. 2551. **คู่มือวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์**: สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี, 50 หน้า

ชัยสิทธิ์ ชินวัตร. 2549. **การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพเพื่อลดต้นทุนและเพิ่มผลผลิต.**
กรุงเทพฯ : ก. พล (1996), 65 หน้า

ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน. 2551. **การประยุกต์ใช้ SPSS วิเคราะห์ข้อมูลงานวิจัย**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กาฬสินธุ์: ประสานการพิมพ์, 373 หน้า

ทิพวรรณ สิทธิรังสวรรศ. 2547. **ปุ๋ยหมัก ดินหมัก และปุ๋ยน้ำชีวภาพ.** พิมพ์ครั้งที่ 2.
กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์, 72 หน้า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

ธงชัย มาลา. 2550. **ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ เทคนิคการผลิตและการใช้ประโยชน์**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 300 หน้า

ธเรศศรี สถิตย์. 2553. **วิศวกรรมการจัดการมูลฝอยชุมชน**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 687 หน้า

นรีลักษณ์ ชูวรเวช. 2551. **เอกสารวิชาการเรื่องควรรู้เกี่ยวกับปุ๋ยอินทรีย์**: กลุ่มงานวิจัยปุ๋ยและสารปรับปรุงดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา, 57 หน้า

นิติเหมพัฒน์, จรีรัตน์ สกุลรัตน์ และ จรงค์พันธ์ มุสิกะวงศ์. 2552. การใช้ลังโฟมในการหมักมูลฝอยอินทรีย์จากบ้านเรือนและใบไม้แห้ง. หน้า 358-363 ใน**การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ครั้งที่ 7**. สงขลา: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. **บทบาทของจุลินทรีย์ในกระบวนการหมักน้ำหมักชีวภาพ**. 2551.
[online]. Available: http://www.oknation.net/blog/print.php?id=230977
(วันที่สืบค้น : 8 สิงหาคม 2556)

ประกายรัตน์ สุวรรณ. 2555. **การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 20**. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 434 หน้า

เปรมสุดา จิ๋วนอกและธเรศ ศรีสถิตย์. 2550. **ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของแหล่งไนโตรเจนกับเวลาการย่อยสลายสมบูรณ์ของปุ๋ยหมัก**. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิตวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขา), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไผทรัตน์ ทุเรียน, วรุณนภา ชัยงาม และวันทนีย์ บุญแจ้ง. 2549. **การผลิตปุ๋ยหมักจากเศษอาหารครัวเรือน โดยวิธีการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชัน**. วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

พรสุดา ท่าหิน, รติกร นุชนา และรุ่งรพี บุญมี. 2549. **การผลิตปุ๋ยหมักจากกากตะกอนของโรงบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยวิธีการเติมอากาศแบบซิมนีย์คอนเวคชัน**.วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

พิทยากร ลิ่มทอง และฉวีวรรณ เหลืองวุฒิโรจน์. 2540. **ระดับธาตุอาหารพืชในปุ๋ยหมัก**, หน้า 70-81. ในกลุ่มอินทรียวัตถุและวัสดุเหลือใช้. คู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐเรื่องการปรับปรุงบำรุงดินด้วยอินทรียวัตถุ. กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์: กรุงเทพฯ.

พิทยากร ลิ่มทอง และเสียงแจ๋ว พิริยพฤนต์. 2540. **จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายและประโยชน์บางประการในการกองปุ๋ยหมัก**, หน้า 59-69. ใน กลุ่มอินทรียวัตถุและวัสดุเหลือใช้. คู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐเรื่องการปรับปรุงบำรุงดินด้วยอินทรียวัตถุ. กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและ สหกรณ์: กรุงเทพฯ.

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2545. **ปุ๋ยอินทรีย์**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: บ้านและสวน, 215 หน้า

ยงยุทธ โอสถสภา และคณะ. 2554. **ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 519 หน้า

ราเชนทร์ วิสุทธิแพทย์ และคณะ. 2550. **ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยชีวภาพทางเลือกใหม่เพื่อการเกษตร**. ปทุมธานี : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.), 69 หน้า

สุทธี พลรักษา, จินดาวัลย์ วิบูลย์อุทัย และธวัชชัย เนียรวิฑูรย์. 2553. การทำปุ๋ยหมักจากผัตบชวาผสมมูลวัวโดยใช้สารเร่งชีวภาพ. **วารสารจัดการสิ่งแวดล้อม** 6(1): 97-108.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2548. ปุ๋ยหมัก มกษ.9503-2548: กรุงเทพฯ.

Aguskrisnoblog: ***Pseudomonas* and *Micrococcus***. [online]. Available: http://aguskrisnoblog.files.wordpress.com/2011 (วันที่สืบค้น : 1 กันยายน 2556 )

AOAC. 2006. **Official methods of analysis of AOAC International, Agricultural chemistry Technique**. 18th edition: Gaithersburg, MD, AOAC International.

AOAC. 2000. **Official methods of analysis of AOAC International**. 17th edition: AOAC International, U.S.A .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Chongrak Polprasert . 1996. **organic waste recycling technology and management**. Second edition: Wileypublishing, 357p.

Banjarata Jolanun, Sirintornthep Towprayoon. 2010. Novel bulking agent from clay residue for food waste composting.**Bioresource Technology**. 101 (2010): 4484–4490.

caltexmoldserviceslibrary: ***Geotrichum candidum*** **and** ***Aspergillus fumigatus***. [online]. Available: www.caltexmoldservices.comsectionmold_librarygeotrichum (วันที่สืบค้น : 1 กันยายน 2556 )

Dalzell H.W. *et al.* 1987. Soil Management: Compost Production and Use in Tropical and Subtropical Environments. **FAO Soils Bull**. 162(56): 22-27.

Finstein and Hogan. 1991. Composting of solid waste during extended human travel and habitation in space. **Waste Management & Research**. V.9. 453–463.

James I. Chang, Y.J. Chen. 2010. Effects of bulking agents on food waste composting. **Bioresource Technology**.101 (2010): 5917–5924.

Lin et.al. 2011. Effects of mixture ratio on anaerobic co-digestion with fruit and vegetable waste and food waste of China.**Journal of Environmental Sciences**.V.23. 1403-1408.

Ministry of Agriculture and Food.**Agricultural Composting Basics**. 2005. [online]. Available: http://www.omafra.gov.on.ca/english/engineer/facts/05-023.htm (วันที่สืบค้น : 25 กรกฎาคม 2556)

Nakorn Suriyanon. 2011. Household organic waste composting using bins with different types of passive aeration.**Resources Conservation and Recycling**. 55 (2011): 548–553

Ohio university.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

**Compost**.

[online]. Available: http://www.ohio.edu/sustainability/programs/compost.cfm

(วันที่สืบค้น : 25 กรกฎาคม 2556)

Tate lll, R.L. 2000. **Soil Microbiology**: John Wiley and sons, New York.

Tchobanoglous et.al. 1993. **Integrated Solid Waste Management**. Engineering Principlesand management Issues: McGraw-Hill, New York. 978p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ก

# การคำนวณอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio)

# การหาจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นสารเร่งจุลินทรีย์

# และการผสมสารเร่งจุลินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ก-1 การคำนวณหาค่าอัตราส่วนของสารประกอบคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio)

การคำนวณค่า C/N ratio เริ่มต้นของใบไม้แห้ง เปลือกผลไม้ และเศษอาหาร จากมาตรฐานปุ๋ยหมักกำหนดให้มีค่า C/N ratio เริ่มต้นของการหมักเท่ากับ 25: 1 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2540)

**ตารางที่ ก-1** ลักษณะของวัสดุที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมัก

| Materials | Moisture (%) | Ash (%) | Nitrogen (%) | C/N ratio | Reference |
|---|---|---|---|---|---|
| - Kitchen waste | 65 – 80 | 3 – 5 | 3 – 4 | 13 – 18 | Chang and Chen (2010) |
| - Fruit and vegetable waste | 92.6 | 0.9 | 2.8 | 15.6 | Jia *et al.* (2011) |
| - Dry leaf | 8.97 ± 1.24 | 30.08 ± 0.78 | 0.80 ± 0.02 | 53 ± 0.84 | Banjaratan and Sirintornthep (2010) |

1. คำนวณหา %C

สูตรการคำนวณ $\%C = \frac{100 - \%Ash}{1.8}$

1.1) Kitchen waste

แทนค่า $\%C = \frac{100 - 5}{1.8} = 52.78\%$

1.2) Fruit and vegetable waste

แทนค่า $\%C = \frac{100 - 0.9}{1.8} = 55.06\%$

$$\%C = \frac{\%C \text{ Kitchen waste} + \%C \text{ fruit and vegetable waste}}{2}$$

$$\%C = \frac{52.78\% + 55.06\%}{2} = 53.92\ \%$$

สมมติ ใช้ใบไม้แห้ง x kg ต่อ 1 kg Kitchen waste + Fruit and vegetable waste

Kitchen waste + Fruit and vegetable waste มี %C = 53.92 %

Kitchen waste + Fruit and vegetable waste 100 kg มี %C = 53.92 kg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

∴ Kitchen waste + Fruit and vegetable waste1 kg มี %C $= \frac{53.92 \times 1\text{kg}}{100\text{ kg}} = 0.5392$ kg

2. หา C/N ของ Kitchen waste + Fruit and vegetable waste

C/N Kitchen waste + C/N Fruit and vegetable waste

$= \frac{\text{C/N Kitchen waste + C/N Fruit and vegetable waste}}{2}$

ใช้ในอัตราส่วน 1: 1

$\frac{((\text{C Kitchen waste} \times \text{น้ำหนัก Kitchen waste(kg)}) + (\text{C Fruit and vegetable waste} \times \text{น้ำหนัก Fruit and vegetable waste(kg)}))}{((\text{N Kitchen waste} \times \text{น้ำหนัก Kitchen waste(kg)}) + (\text{N Fruit and vegetable waste} \times \text{น้ำหนัก Fruit and vegetable waste(kg)}))}$

$= \frac{(18 \times 1\text{ kg}) + (15.6 \times 1\text{ kg})}{(1 \times 1(\text{kg})) + (1 \times 1(\text{kg}))} = 16.8{:}\ 1 \sim 17{:}1$

∴ C/N ของ Fruit and vegetable waste + Kitchen waste = 17: 1

Fruit and vegetable waste + Kitchen waste มี C = 17 kg จะมี N = 1 kg

∴ Fruit and vegetable waste + Kitchen waste มี C = 0.5392 kg จะมี N $= \frac{1\text{ kg} \times 0.5392\text{ kg}}{17\text{ kg}}$

$= 0.0317$ kg

3. ใบไม้แห้งมี TKN (%) = 0.80

ใบไม้แห้ง 100 kg มี N = 0.80 kg

ถ้าใบไม้แห้ง X kg มี N $= \frac{0.80x}{100}$ kg

- หา C ใบไม้แห้ง

ใบไม้แห้งมี C/N ratio = 53:1

ใบไม้แห้งมี N = 1 kg จะมี C = 53 kg

∴ใบไม้แห้งมี N $= \frac{0.80x}{100}$ kg จะมี C $= 53 \times \frac{0.80x}{100}$ kg

ต้องการส่วนผสมที่มี C/N = 25:1

$\frac{\text{C (KFW)1 kg} + \text{C Dry leaf x kg}}{\text{N(KFW)1 kg} + \text{N Dry leaf x kg}} = \frac{25}{1}$

$\frac{0.5392\text{ kg} + 53 \times \frac{0.80x}{100}\text{ kg}}{0.0317\text{ kg} + \frac{0.80x}{100}\text{ kg}} = \frac{25}{1}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$0.5392\ \text{kg} + 53 \times \frac{0.80x}{100}\ \text{kg} = 25(0.0317\ \text{kg} + \frac{0.80x}{100}\ \text{kg})$$

$$0.5392\ \text{kg} + 0.424x = 0.7925 + 0.2x$$

$$0.424x - 0.2x = 0.7925 + 0.2x$$

$$x = \frac{0.2533}{0.224} = 1.1308\ \text{kg}$$

ถ้าใช้ Kitchen waste + Fruit and vegetable waste = 1 kg

ต้องใช้ ใบไม้แห้ง = 1.1308 kg

Kitchen waste + Fruit and vegetable waste มีความชื้น $= \frac{70\%+92.6\%}{2} = 81.30\ \%$

∴ Kitchen waste + Fruit and vegetable waste มีน้ำหนักแห้ง = 18.7 kg

KFW มีน้ำหนักแห้ง = 18.7 kg ต้องใช้ KFW ที่มีน้ำหนัก = 100 kg

ถ้าต้องการ KFW มีน้ำหนักแห้ง = 1 kg ต้องใช้ KFW ที่มีน้ำหนัก $= \frac{100\ \text{kg} \times 1\ \text{kg}}{18.7\ \text{kg}} = 5.3476\ \text{kg}$

∴ ต้องใช้ KFW = 5.3476 kg จึงจะได้ KFW = 1 kg dry weight

ใบไม้แห้งมีความชื้น 8.97%

∴ ใบไม้แห้งมีน้ำหนักแห้ง = 91.03 kg

ใบไม้แห้งที่มีน้ำหนักแห้ง = 91.03 kg ต้องใช้ใบไม้แห้งหนัก= 100 kg

ถ้าใบไม้แห้งที่มีน้ำหนักแห้ง = 1.1308 kg ต้องใช้ใบไม้แห้งหนัก $= \frac{100\ \text{kg} \times 1.1308\ \text{kg}}{91.03\ \text{kg}}$

$= 1.2422\ \text{kg}$

อัตราส่วน Kitchen waste + Fruit and vegetable waste: Dry leaf = 5.3476 : 1.2422

อัตราส่วน Kitchen waste + Fruit and vegetable waste : Dry leaf = 4 : 1

ในการทดลอง ใช้อัตราส่วน Kitchen waste : Fruit and vegetable waste: Dry leaf = 11:11:6 โดยน้ำหนักเปียก

น้ำหนักรวม 1 ถัง เท่ากับ 28 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ก-2 การหาจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นในสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พด.1, สารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า และน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้

**การคำนวณปริมาณจุลินทรีย์ในสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พด.1, สารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า และน้ำหมักชีวภาพ**

$$\text{จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ 1 มิลลิลิตร} = \frac{\text{จำนวนโคโลนีบนจานเพาะเชื้อ}}{\text{ความเจือจางของตัวอย่างที่นำมาทดสอบ}}$$

ตัวอย่างการคำนวณ

สารละลายสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พด.1 ครั้งที่ 1 ที่ความเจือจาง$10^{-6}$ พบ 65 โคโลนี

$$\text{จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ 1 มิลลิลิตร} = \frac{65}{1/10^{6}}$$

$\therefore$ จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ 1 มิลลิลิตร $= 6.5\times10^{7}$ CFU/ml

จากตัวอย่างการคำนวณข้างต้น นำไปคำนวณสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้าและน้ำหมักชีวภาพคำนวณทำให้ทราบปริมาณของเชื้อที่พบในสารเร่งจุลินทรีย์ที่ใช้ในการเติมลงในถังปุ๋ยหมัก ดังแสดงในตารางที่ ก-2

**ตารางที่ ก-2** ปริมาณของเชื้อที่พบในสารเร่งจุลินทรีย์

| ชนิดของสารเร่งจุลินทรีย์ | ระดับความเจือจาง | ครั้งที่ | จำนวนโคโลนี | ปริมาณเชื้อ |
|---|---|---|---|---|
| สารละลายสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พด.1 | $10^{-4}$ | 1 | ไม่พบ | - |
| | | 2 | 2 โคโลนี | - |
| | $10^{-5}$ | 1 | ไม่พบ | - |
| | | 2 | ไม่พบ | - |
| | $10^{-6}$ | 1 | 65 โคโลนี | $6.5\times10^{7}$ CFU/ml |
| | | 2 | 61 โคโลนี | $6.1\times10^{7}$ CFU/ml |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ก-2** (ต่อ) ปริมาณของเชื้อที่พบในสารเร่งจุลินทรีย์

| ชนิดของสารเร่งจุลินทรีย์ | ระดับความเจือจาง | ครั้งที่ | จำนวนโคโลนี | ปริมาณเชื้อ |
|---|---|---|---|---|
| สารละลายสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า | $10^{-4}$ | 1 | TNTC | - |
| | | 2 | | - |
| | $10^{-5}$ | 1 | 224 โคโลนี | $2.24\times10^{7}$ CFU/ml |
| | | 2 | 305 โคโลนี | $3.05\times10^{7}$ CFU/ml |
| | $10^{-6}$ | 1 | ไม่พบ | - |
| | | 2 | ไม่พบ | - |
| น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้ | $10^{-5}$ | 1 | 126 โคโลนี | $1.26\times10^{7}$ CFU/ml |

หมายเหตุ; TNTC คือToo numerous to count

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ก-3 การผสมสารเร่งจุลินทรีย์

**การคำนวณปริมาณการเติมสารเร่งจุลินทรีย์ในถังปุ๋ยหมัก**

ตัวอย่างการคำนวณ

การเติมสารเร่งซุปเปอร์ พด.1 0.1% ในถังที่มีวัสดุเริ่มต้นน้ำหนักรวม 28 kg

วัสดุเริ่มต้นในการหมัก 1000 kg ต้องเติมสารเร่งซุปเปอร์ พด.1 100 g

ถ้าวัสดุเริ่มต้นในการหมัก 28 kg ต้องเติมสารเร่งซุปเปอร์ พด.1 $= \frac{100\ \text{g} \times 28\ \text{kg}}{1000\ \text{kg}} = 2.8\ \text{g}$

ดังนั้นคิดเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักเท่ากับ $\frac{2.8\ \text{g}}{28\ \text{kg}} \times \frac{1\ \text{kg}}{1000\ \text{g}} \times 100 = 0.01\ \%$

การเติมสารเร่งซุปเปอร์ พด.1 0.01% ต้องชั่งมา 2.8 g

ถ้าต้องการเติมสารเร่งซุปเปอร์ พด.1 0.1%ต้องชั่งมา $= \frac{2.8 \times \frac{0.1}{100}}{\frac{0.01}{100}} = 28\ \text{g}$

จากตัวอย่างการคำนวณข้างต้น นำไปคำนวณกับถังหมักเติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.1%) และถังหมักเติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.5%) จากการคำนวณทำให้ทราบน้ำหนักของสารเร่งจุลินทรีย์ที่ใช้ในการเติมลงในถังปุ๋ยหมัก

**การทำน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด**

1. นำเปลือกสับปะรดมากองรวมกันแล้ว ทำการสุ่มตัวอย่างเปลือกสับปะรดจากกอง 3 จุด ให้ได้น้ำหนัก 15.7 กิโลกรัม และชั่งน้ำหนักหัวเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้า 12 กรัม

2. นำเปลือกสับปะรดที่ได้จากการสุ่มตัวอย่าง และหัวเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้า ใส่ลงในถังหมักพร้อมกับเติมน้ำประปา 30 ลิตร คนให้เข้ากัน ปิดฝาให้สนิท หมักเป็นเวลา 7 วัน และ ทำการคนทุกวันๆละ 1 ครั้ง

3. ทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพด้วยพารามิเตอร์ด้วยการตรวจนับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ ในวันที่ 0, 1, 3, 5 และ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ข

# การศึกษาสภาวะระหว่างการหมักปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ข-1 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถังที่ระยะ 15 และ 30 เซนติเมตรของถังหมัก

**ตารางที่ ข 1-1** อุณหภูมิของปุ๋ยหมักถังที่ 1 ชุดควบคุม

| ว/ด/ป | อุณหภูมิที่ความสูงจากก้นถัง 15 เซนติเมตร (°C) | | | | | อุณหภูมิที่ความสูงจากก้นถัง 30 เซนติเมตร (°C) | | | | | อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งถัง (°C) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | จุดที่ 1 | จุดที่ 2 | จุดที่ 3 | เฉลี่ย | S.D. | จุดที่ 1 | จุดที่ 2 | จุดที่ 3 | เฉลี่ย | S.D. | |
| 7/ส.ค./56 | 30.5 | 30.5 | 30.5 | 30.50 | 0.00 | 30.0 | 30.0 | 30.0 | 30.00 | 0.00 | 30.25 |
| 8/ส.ค./56 | 39.0 | 39.0 | 39.0 | 39.00 | 0.00 | 39.0 | 39.0 | 39.0 | 39.00 | 0.00 | 39.00 |
| 9/ส.ค./56 | 39.5 | 40.5 | 41.0 | 40.33 | 0.76 | 39.5 | 40.0 | 41.0 | 40.17 | 0.76 | 40.25 |
| 10/ส.ค./56 | 42.5 | 42.0 | 42.0 | 42.17 | 0.29 | 41.5 | 40.5 | 42.0 | 41.33 | 0.76 | 41.75 |
| 11/ส.ค./56 | 39.5 | 41.5 | 41.0 | 40.67 | 1.04 | 40.7 | 41.5 | 42.0 | 41.39 | 0.67 | 41.03 |
| 12/ส.ค./56 | 39.5 | 39.0 | 40.5 | 39.67 | 0.76 | 43.0 | 43.0 | 42.5 | 42.83 | 0.29 | 41.25 |
| 13/ส.ค./56 | 43.0 | 42.5 | 43.5 | 43.00 | 0.50 | 37.0 | 37.5 | 36.5 | 37.00 | 0.50 | 40.00 |
| 14/ส.ค./56 | 38.0 | 42.0 | 41.0 | 40.33 | 2.08 | 48.0 | 51.0 | 53.0 | 50.67 | 2.52 | 45.50 |
| 15/ส.ค./56 | 47.5 | 47.5 | 48.5 | 47.83 | 0.58 | 49.0 | 49.5 | 50.5 | 49.67 | 0.76 | 48.75 |
| 16/ส.ค./56 | 41.5 | 43.0 | 46.0 | 43.50 | 2.29 | 52.5 | 43.0 | 46.0 | 47.17 | 4.86 | 45.33 |
| 17/ส.ค./56 | 41.0 | 40.0 | 44.0 | 41.67 | 2.08 | 53.0 | 54.5 | 56.0 | 54.50 | 1.50 | 48.08 |
| 18/ส.ค./56 | 42.5 | 43.0 | 45.0 | 43.50 | 1.32 | 51.5 | 54.5 | 51.0 | 52.33 | 1.89 | 47.92 |
| 19/ส.ค./56 | 45.0 | 42.5 | 46.0 | 44.50 | 1.80 | 52.0 | 51.5 | 49.0 | 50.83 | 1.61 | 47.67 |
| 20/ส.ค./56 | 44.0 | 45.0 | 43.0 | 44.00 | 1.00 | 52.0 | 47.0 | 51.0 | 50.00 | 2.65 | 47.00 |
| 21/ส.ค./56 | 38.5 | 39.0 | 39.0 | 38.83 | 0.29 | 47.0 | 46.5 | 46.0 | 46.50 | 0.50 | 42.67 |
| 22/ส.ค./56 | 50.0 | 51.0 | 50.5 | 50.50 | 0.50 | 48.0 | 50.0 | 54.0 | 50.67 | 3.06 | 50.58 |
| 23/ส.ค./56 | 48.0 | 45.5 | 46.0 | 46.50 | 1.32 | 43.5 | 43.5 | 47.0 | 44.67 | 2.02 | 45.58 |
| 24/ส.ค./56 | 48.5 | 48.5 | 49.5 | 48.83 | 0.58 | 41.0 | 38.0 | 39.0 | 39.33 | 1.53 | 44.08 |
| 25/ส.ค./56 | 46.0 | 45.0 | 47.0 | 46.00 | 1.00 | 40.5 | 36.5 | 40.0 | 39.00 | 2.18 | 42.50 |
| 26/ส.ค./56 | 43.5 | 43.0 | 44.0 | 43.50 | 0.50 | 36.5 | 36.0 | 35.0 | 35.83 | 0.76 | 39.67 |
| 27/ส.ค./56 | 41.5 | 42.0 | 42.0 | 41.83 | 0.29 | 40.0 | 41.5 | 40.0 | 40.50 | 0.87 | 41.17 |
| 28/ส.ค./56 | 40.0 | 41.0 | 40.0 | 40.33 | 0.58 | - | - | - | - | - | 40.33 |
| 29/ส.ค./56 | 42.0 | 42.5 | 42.5 | 42.33 | 0.29 | - | - | - | - | - | 42.33 |
| 30/ส.ค./56 | 43.0 | 43.0 | 43.0 | 43.00 | 0.00 | - | - | - | - | - | 43.00 |
| 31/ส.ค./56 | 38.0 | 39.0 | 39.0 | 38.67 | 0.58 | - | - | - | - | - | 38.67 |

หมายเหตุ ; - คือ ไม่มีการเก็บตัวอย่างเนื่องจากระดับความสูงของปุ๋ยลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข 1-1** (ต่อ) อุณหภูมิของปุ๋ยหมักถังที่ 1 ชุดควบคุม

| ว/ด/ป | อุณหภูมิที่ความสูงจากก้นถัง 15 เซนติเมตร (°C) | | | | | อุณหภูมิที่ความสูงจากก้นถัง 30 เซนติเมตร (°C) | | | | | อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งถัง (°C) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | จุดที่ 1 | จุดที่ 2 | จุดที่ 3 | เฉลี่ย | S.D. | จุดที่ 1 | จุดที่ 2 | จุดที่ 3 | เฉลี่ย | S.D. | |
| 1/ก.ย./56 | 38.0 | 38.5 | 38.5 | 38.33 | 0.29 | - | - | - | - | - | 38.33 |
| 2/ก.ย./56 | 38.0 | 38.0 | 38.0 | 38.00 | 0.00 | - | - | - | - | - | 38.00 |
| 3/ก.ย./56 | 37.0 | 38.0 | 38.0 | 37.67 | 0.58 | - | - | - | - | - | 37.67 |
| 4/ก.ย./56 | 36.0 | 37.0 | 36.5 | 36.50 | 0.50 | - | - | - | - | - | 36.50 |
| 5/ก.ย./56 | 35.0 | 35.0 | 34.0 | 34.67 | 0.58 | - | - | - | - | - | 34.67 |
| 6/ก.ย./56 | 31.0 | 32.0 | 32.0 | 31.67 | 0.58 | - | - | - | - | - | 31.67 |
| 7/ก.ย./56 | 32.0 | 31.5 | 33.0 | 32.17 | 0.76 | - | - | - | - | - | 32.17 |
| 8/ก.ย./56 | 31.0 | 32.0 | 31.5 | 31.50 | 0.50 | - | - | - | - | - | 31.50 |
| 9/ก.ย./ 56 | 29.0 | 30.0 | 30.0 | 29.67 | 0.58 | - | - | - | - | - | 29.67 |
| 10/ก.ย./56 | 30.0 | 31.0 | 31.0 | 30.67 | 0.58 | - | - | - | - | - | 30.67 |
| 11/ก.ย./56 | 29.0 | 30.5 | 30.0 | 29.83 | 0.76 | - | - | - | - | - | 29.83 |
| 12/ก.ย./56 | 29.5 | 30.0 | 29.0 | 29.50 | 0.50 | - | - | - | - | - | 29.50 |
| 13/ก.ย./56 | 29.0 | 29.0 | 29.0 | 29.00 | 0.00 | - | - | - | - | - | 29.00 |
| 14/ก.ย./56 | 29.5 | 30.0 | 29.5 | 29.67 | 0.29 | - | - | - | - | - | 29.67 |
| 15/ก.ย./56 | 29.0 | 30.5 | 30.0 | 29.83 | 0.76 | - | - | - | - | - | 29.83 |
| 16/ก.ย./56 | 29.5 | 30.0 | 29.0 | 29.50 | 0.50 | - | - | - | - | - | 29.50 |
| 17/ก.ย./56 | 30.0 | 30.5 | 29.0 | 29.83 | 0.76 | - | - | - | - | - | 29.83 |
| 18/ก.ย./56 | 30.0 | 29.5 | 30.0 | 29.83 | 0.29 | - | - | - | - | - | 29.83 |

หมายเหตุ ; - คือ ไม่มีการเก็บตัวอย่างเนื่องจากระดับความสูงของปุ๋ยลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข 1-2** อุณหภูมิของปุ๋ยหมักถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พด.1 (0.1%)

| ว/ด/ป | อุณหภูมิที่ความสูงจากก้นถัง 15 เซนติเมตร (°C) | | | | | อุณหภูมิที่ความสูงจากก้นถัง 30 เซนติเมตร (°C) | | | | | อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งถัง (°C) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | จุดที่ 1 | จุดที่ 2 | จุดที่ 3 | เฉลี่ย | S.D. | จุดที่ 1 | จุดที่ 2 | จุดที่ 3 | เฉลี่ย | S.D. | |
| 7/ส.ค./56 | 30.0 | 30.0 | 30.0 | 30.00 | 0.00 | 29.0 | 29.0 | 29.0 | 29.00 | 0.00 | 29.50 |
| 8/ส.ค./56 | 40.0 | 40.0 | 40.0 | 40.00 | 0.00 | 38.5 | 38.5 | 38.5 | 38.50 | 0.00 | 39.25 |
| 9/ส.ค./56 | 40.5 | 41.5 | 41.0 | 41.00 | 0.50 | 40.0 | 41.0 | 40.0 | 40.33 | 0.58 | 40.67 |
| 10/ส.ค./56 | 41.5 | 42.0 | 42.0 | 41.83 | 0.29 | 40.5 | 41.5 | 41.0 | 41.00 | 0.50 | 41.42 |
| 11/ส.ค./56 | 41.5 | 40.5 | 41.5 | 41.17 | 0.58 | 42.5 | 42.0 | 42.0 | 42.17 | 0.29 | 41.67 |
| 12/ส.ค./56 | 40.5 | 41.0 | 39.0 | 40.17 | 1.04 | 42.5 | 43.0 | 44.0 | 43.17 | 0.76 | 41.67 |
| 13/ส.ค./56 | 43.0 | 42.5 | 43.5 | 43.00 | 0.50 | 40.0 | 39.5 | 40.5 | 40.00 | 0.50 | 41.50 |
| 14/ส.ค./56 | 40.0 | 39.0 | 39.0 | 39.33 | 0.58 | 50.0 | 47.0 | 51.0 | 49.33 | 2.08 | 44.33 |
| 15/ส.ค./56 | 48.5 | 48.5 | 48.0 | 48.33 | 0.29 | 48.0 | 48.0 | 49.0 | 48.33 | 0.58 | 48.33 |
| 16/ส.ค./56 | 44.0 | 45.0 | 44.0 | 44.33 | 0.58 | 50.5 | 50.5 | 51.0 | 50.67 | 0.29 | 47.50 |
| 17/ส.ค./56 | 42.5 | 47.0 | 43.0 | 44.17 | 2.47 | 55.0 | 55.5 | 55.0 | 55.17 | 0.29 | 49.67 |
| 18/ส.ค./56 | 44.0 | 50.0 | 47.5 | 47.17 | 3.01 | 53.0 | 55.0 | 51.5 | 53.17 | 1.76 | 50.17 |
| 19/ส.ค./56 | 46.0 | 49.0 | 48.0 | 47.67 | 1.53 | 48.5 | 52.0 | 49.5 | 50.00 | 1.80 | 48.83 |
| 20/ส.ค./56 | 46.0 | 45.0 | 43.0 | 44.67 | 1.53 | 47.0 | 47.0 | 48.0 | 47.33 | 0.58 | 46.00 |
| 21/ส.ค./56 | 44.0 | 43.0 | 41.0 | 42.67 | 1.53 | 40.0 | 45.0 | 43.5 | 42.83 | 2.57 | 42.75 |
| 22/ส.ค./56 | 54.5 | 54.5 | 54.5 | 54.50 | 0.00 | 48.0 | 50.0 | 52.0 | 50.00 | 2.00 | 52.25 |
| 23/ส.ค./56 | 48.0 | 48.0 | 45.0 | 47.00 | 1.73 | 44.5 | 44.5 | 47.0 | 45.33 | 1.44 | 46.17 |
| 24/ส.ค./56 | 49.5 | 49.0 | 49.0 | 49.17 | 0.29 | 41.5 | 42.5 | 40.5 | 41.50 | 1.00 | 45.33 |
| 25/ส.ค./56 | 45.0 | 46.0 | 45.5 | 45.50 | 0.50 | 39.5 | 35.5 | 37.0 | 37.33 | 2.02 | 41.42 |
| 26/ส.ค./56 | 42.0 | 42.0 | 42.0 | 42.00 | 0.00 | 36.0 | 34.5 | 35.0 | 35.17 | 0.76 | 38.58 |
| 27/ส.ค./56 | 40.0 | 41.0 | 40.0 | 40.33 | 0.58 | 41.0 | 41.0 | 39.0 | 40.33 | 1.15 | 40.33 |
| 28/ส.ค./56 | 39.5 | 39.5 | 39.5 | 39.50 | 0.00 | - | - | - | - | - | 39.50 |
| 29/ส.ค./56 | 39.5 | 40.0 | 40.0 | 39.83 | 0.29 | - | - | - | - | - | 39.83 |
| 30/ส.ค./56 | 41.0 | 40.0 | 41.0 | 40.67 | 0.58 | - | - | - | - | - | 40.67 |
| 31/ส.ค./56 | 37.5 | 38.0 | 38.0 | 37.83 | 0.29 | - | - | - | - | - | 37.83 |
| 1/ก.ย./56 | 37.5 | 37.0 | 37.5 | 37.33 | 0.29 | - | - | - | - | - | 37.33 |
| 2/ก.ย./56 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.50 | 0.00 | - | - | - | - | - | 37.50 |
| 3/ก.ย./56 | 37.5 | 37.5 | 38.0 | 37.67 | 0.29 | - | - | - | - | - | 37.67 |

หมายเหตุ ; - คือ ไม่มีการเก็บตัวอย่างเนื่องจากระดับความสูงของปุ๋ยลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข 1-2** (ต่อ) อุณหภูมิของปุ๋ยหมักถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พด.1 (0.1%)

| ว/ด/ป | อุณหภูมิที่ความสูงจากก้นถัง 15 เซนติเมตร (°C) | | | | | อุณหภูมิที่ความสูงจากก้นถัง 30 เซนติเมตร (°C) | | | | | อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งถัง (°C) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | จุดที่ 1 | จุดที่ 2 | จุดที่ 3 | เฉลี่ย | S.D. | จุดที่ 1 | จุดที่ 2 | จุดที่ 3 | เฉลี่ย | S.D. | |
| 4/ก.ย./56 | 36.0 | 37.0 | 36.5 | 36.50 | 0.50 | - | - | - | - | - | 36.50 |
| 5/ก.ย./56 | 35.0 | 35.0 | 34.0 | 34.67 | 0.58 | - | - | - | - | - | 34.67 |
| 6/ก.ย./56 | 31.0 | 32.0 | 32.0 | 31.67 | 0.58 | - | - | - | - | - | 31.67 |
| 7/ก.ย./56 | 32.0 | 31.0 | 32.0 | 31.67 | 0.58 | - | - | - | - | - | 31.67 |
| 8/ก.ย./56 | 30.0 | 29.5 | 30.0 | 29.83 | 0.29 | - | - | - | - | - | 29.83 |
| 9/ก.ย./ 56 | 28.5 | 30.0 | 29.5 | 29.33 | 0.76 | - | - | - | - | - | 29.33 |
| 10/ก.ย./56 | 29.5 | 31.0 | 30.5 | 30.33 | 0.76 | - | - | - | - | - | 30.33 |
| 11/ก.ย./56 | 28.5 | 30.0 | 30.0 | 29.50 | 0.87 | - | - | - | - | - | 29.50 |
| 12/ก.ย./56 | 29.0 | 30.0 | 29.0 | 29.33 | 0.58 | - | - | - | - | - | 29.33 |
| 13/ก.ย./56 | 29.5 | 29.5 | 28.5 | 29.17 | 0.58 | - | - | - | - | - | 29.17 |
| 14/ก.ย./56 | 29.0 | 29.5 | 30.0 | 29.50 | 0.50 | - | - | - | - | - | 29.50 |
| 15/ก.ย./56 | 30.0 | 30.5 | 29.0 | 29.83 | 0.76 | - | - | - | - | - | 29.83 |
| 16/ก.ย./56 | 29.5 | 30.0 | 29.0 | 29.50 | 0.50 | - | - | - | - | - | 29.50 |
| 17/ก.ย./56 | 29.0 | 30.5 | 29.0 | 29.50 | 0.87 | - | - | - | - | - | 29.50 |
| 18/ก.ย./56 | 29.5 | 30.0 | 29.5 | 29.67 | 0.29 | - | - | - | - | - | 29.67 |

หมายเหตุ ; - คือ ไม่มีการเก็บตัวอย่างเนื่องจากระดับความสูงของปุ๋ยลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข 1-3** อุณหภูมิของปุ๋ยหมักถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.1%)

| ว/ด/ป | อุณหภูมิที่ความสูงจากก้นถัง 15 เซนติเมตร (°C) | | | | | อุณหภูมิที่ความสูงจากก้นถัง 30 เซนติเมตร (°C) | | | | | อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งถัง (°C) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | จุดที่ 1 | จุดที่ 2 | จุดที่ 3 | เฉลี่ย | S.D. | จุดที่ 1 | จุดที่ 2 | จุดที่ 3 | เฉลี่ย | S.D. | |
| 7/ส.ค./56 | 30.0 | 30.0 | 30.0 | 30.00 | 0.00 | 30.0 | 30.0 | 30.0 | 30.00 | 0.00 | 30.00 |
| 8/ส.ค./56 | 40.5 | 40.5 | 40.5 | 40.50 | 0.00 | 39.0 | 39.0 | 39.0 | 39.00 | 0.00 | 39.75 |
| 9/ส.ค./56 | 40.0 | 41.0 | 40.0 | 40.33 | 0.58 | 41.0 | 40.0 | 41.0 | 40.67 | 0.58 | 40.50 |
| 10/ส.ค./56 | 42.0 | 41.0 | 42.0 | 41.67 | 0.58 | 41.5 | 40.5 | 42.0 | 41.33 | 0.76 | 41.50 |
| 11/ส.ค./56 | 41.0 | 41.0 | 40.0 | 40.67 | 0.58 | 41.0 | 42.0 | 41.0 | 41.33 | 0.58 | 41.00 |
| 12/ส.ค./56 | 40.0 | 40.0 | 40.0 | 40.00 | 0.00 | 43.0 | 41.5 | 42.0 | 42.17 | 0.76 | 41.08 |
| 13/ส.ค./56 | 42.0 | 41.5 | 42.5 | 42.00 | 0.50 | 38.0 | 37.5 | 38.5 | 38.00 | 0.50 | 40.00 |
| 14/ส.ค./56 | 36.0 | 32.0 | 34.0 | 34.00 | 2.00 | 46.0 | 45.0 | 46.0 | 45.67 | 0.58 | 39.83 |
| 15/ส.ค./56 | 46.5 | 47.0 | 47.0 | 46.83 | 0.29 | 49.0 | 48.0 | 48.5 | 48.50 | 0.50 | 47.67 |
| 16/ส.ค./56 | 42.0 | 43.0 | 44.0 | 43.00 | 1.00 | 48.5 | 50.5 | 50.0 | 49.67 | 1.04 | 46.33 |
| 17/ส.ค./56 | 40.0 | 43.0 | 42.0 | 41.67 | 1.53 | 54.5 | 56.0 | 56.0 | 55.50 | 0.87 | 48.58 |
| 18/ส.ค./56 | 46.0 | 45.0 | 43.0 | 44.67 | 1.53 | 53.5 | 56.0 | 55.0 | 54.83 | 1.26 | 49.75 |
| 19/ส.ค./56 | 46.0 | 47.5 | 43.5 | 45.67 | 2.02 | 53.5 | 54.0 | 54.5 | 54.00 | 0.50 | 49.83 |
| 20/ส.ค./56 | 43.0 | 43.5 | 47.5 | 44.67 | 2.47 | 54.0 | 53.5 | 54.0 | 53.83 | 0.29 | 49.25 |
| 21/ส.ค./56 | 41.0 | 44.5 | 43.0 | 42.83 | 1.76 | 50.5 | 51.0 | 53.0 | 51.50 | 1.32 | 47.17 |
| 22/ส.ค./56 | 51.5 | 51.5 | 50.5 | 51.17 | 0.58 | 55.0 | 56.5 | 54.0 | 55.17 | 1.26 | 53.17 |
| 23/ส.ค./56 | 49.0 | 47.0 | 45.0 | 47.00 | 2.00 | 52.0 | 52.0 | 53.0 | 52.33 | 0.58 | 49.67 |
| 24/ส.ค./56 | 48.5 | 48.5 | 52.0 | 49.67 | 2.02 | 47.5 | 44.5 | 44.0 | 45.33 | 1.89 | 47.50 |
| 25/ส.ค./56 | 47.0 | 48.0 | 48.5 | 47.83 | 0.76 | 43.0 | 40.5 | 43.5 | 42.33 | 1.61 | 45.08 |
| 26/ส.ค./56 | 44.0 | 45.0 | 44.0 | 44.33 | 0.58 | 40.5 | 39.0 | 38.5 | 39.33 | 1.04 | 41.83 |
| 27/ส.ค./56 | 42.0 | 41.0 | 45.0 | 42.67 | 2.08 | 44.0 | 41.0 | 39.5 | 41.50 | 2.29 | 42.08 |
| 28/ส.ค./56 | 41.0 | 41.5 | 41.0 | 41.17 | 0.29 | 38.0 | 37.0 | 37.0 | 37.33 | 0.58 | 39.25 |
| 29/ส.ค./56 | 43.0 | 43.0 | 43.0 | 43.00 | 0.00 | 40.0 | 39.5 | 38.0 | 39.17 | 1.04 | 41.08 |
| 30/ส.ค./56 | 43.5 | 44.0 | 44.5 | 44.00 | 0.50 | - | - | - | - | - | 44.00 |
| 31/ส.ค./56 | 41.0 | 40.5 | 40.5 | 40.67 | 0.29 | - | - | - | - | - | 40.67 |
| 1/ก.ย./56 | 40.0 | 39.0 | 39.0 | 39.33 | 0.58 | - | - | - | - | - | 39.33 |
| 2/ก.ย./56 | 39.0 | 38.5 | 38.5 | 38.67 | 0.29 | - | - | - | - | - | 38.67 |
| 3/ก.ย./56 | 38.0 | 38.0 | 37.5 | 37.83 | 0.29 | - | - | - | - | - | 37.83 |

หมายเหตุ ; - คือ ไม่มีการเก็บตัวอย่างเนื่องจากระดับความสูงของปุ๋ยลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข 1-3** (ต่อ) อุณหภูมิของปุ๋ยหมักถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.1%)

| ว/ด/ป | อุณหภูมิที่ความสูงจากก้นถัง 15 เซนติเมตร (°C) | | | | | อุณหภูมิที่ความสูงจากก้นถัง 30 เซนติเมตร (°C) | | | | | อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งถัง (°C) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | จุดที่ 1 | จุดที่ 2 | จุดที่ 3 | เฉลี่ย | S.D. | จุดที่ 1 | จุดที่ 2 | จุดที่ 3 | เฉลี่ย | S.D. | |
| 4/ก.ย./56 | 36.0 | 36.5 | 37.0 | 36.50 | 0.50 | - | - | - | - | - | 36.50 |
| 5/ก.ย./56 | 37.0 | 37.0 | 36.0 | 36.67 | 0.58 | - | - | - | - | - | 36.67 |
| 6/ก.ย./56 | 33.5 | 34.5 | 34.5 | 34.17 | 0.58 | - | - | - | - | - | 34.17 |
| 7/ก.ย./56 | 34.0 | 33.0 | 34.0 | 33.67 | 0.58 | - | - | - | - | - | 33.67 |
| 8/ก.ย./56 | 32.0 | 31.0 | 32.0 | 31.67 | 0.58 | - | - | - | - | - | 31.67 |
| 9/ก.ย./ 56 | 29.0 | 30.0 | 30.0 | 29.67 | 0.58 | - | - | - | - | - | 29.67 |
| 10/ก.ย./56 | 29.5 | 31.0 | 30.5 | 30.33 | 0.76 | - | - | - | - | - | 30.33 |
| 11/ก.ย./56 | 29.0 | 30.0 | 30.0 | 29.67 | 0.58 | - | - | - | - | - | 29.67 |
| 12/ก.ย./56 | 30.0 | 29.0 | 29.5 | 29.50 | 0.50 | - | - | - | - | - | 29.50 |
| 13/ก.ย./56 | 30.0 | 30.0 | 30.0 | 30.00 | 0.00 | - | - | - | - | - | 30.00 |
| 14/ก.ย./56 | 30.0 | 29.5 | 30.0 | 29.83 | 0.29 | - | - | - | - | - | 29.83 |
| 15/ก.ย./56 | 29.5 | 30.0 | 30.5 | 30.00 | 0.50 | - | - | - | - | - | 30.00 |
| 16/ก.ย./56 | 30.0 | 29.5 | 29.5 | 29.67 | 0.29 | - | - | - | - | - | 29.67 |
| 17/ก.ย./56 | 29.5 | 30.0 | 29.5 | 29.67 | 0.29 | - | - | - | - | - | 29.67 |
| 18/ก.ย./56 | 29.0 | 30.0 | 29.5 | 29.50 | 0.50 | - | - | - | - | - | 29.50 |

หมายเหตุ ; - คือ ไม่มีการเก็บตัวอย่างเนื่องจากระดับความสูงของปุ๋ยลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข 1-4** อุณหภูมิของปุ๋ยหมักถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.5%)

| ว/ด/ป | อุณหภูมิที่ความสูงจากก้นถัง 15 เซนติเมตร (°C) | | | | | อุณหภูมิที่ความสูงจากก้นถัง 30 เซนติเมตร (°C) | | | | | อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งถัง (°C) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | จุดที่ 1 | จุดที่ 2 | จุดที่ 3 | เฉลี่ย | S.D. | จุดที่ 1 | จุดที่ 2 | จุดที่ 3 | เฉลี่ย | S.D. | |
| 7/ส.ค./56 | 30.0 | 30.0 | 30.0 | 30.00 | 0.00 | 30.0 | 30.0 | 30.0 | 30.00 | 0.00 | 30.00 |
| 8/ส.ค./56 | 40.0 | 40.0 | 40.0 | 40.00 | 0.00 | 38.5 | 38.5 | 38.5 | 38.50 | 0.00 | 39.25 |
| 9/ส.ค./56 | 40.0 | 40.5 | 39.5 | 40.00 | 0.50 | 40.5 | 41.0 | 40.0 | 40.50 | 0.50 | 40.25 |
| 10/ส.ค./56 | 41.0 | 42.0 | 40.5 | 41.17 | 0.76 | 41.0 | 42.0 | 41.0 | 41.33 | 0.58 | 41.25 |
| 11/ส.ค./56 | 41.0 | 41.0 | 41.0 | 41.00 | 0.00 | 41.5 | 42.0 | 42.0 | 41.83 | 0.29 | 41.42 |
| 12/ส.ค./56 | 40.0 | 41.0 | 40.5 | 40.50 | 0.50 | 40.5 | 41.5 | 42.5 | 41.50 | 1.00 | 41.00 |
| 13/ส.ค./56 | 40.0 | 39.5 | 30.5 | 36.67 | 5.35 | 37.0 | 38.0 | 37.5 | 37.50 | 0.50 | 37.08 |
| 14/ส.ค./56 | 38.0 | 40.0 | 35.0 | 37.67 | 2.52 | 43.0 | 48.0 | 45.0 | 45.33 | 2.52 | 41.50 |
| 15/ส.ค./56 | 47.0 | 48.0 | 48.0 | 47.67 | 0.58 | 47.5 | 47.5 | 47.0 | 47.33 | 0.29 | 47.50 |
| 16/ส.ค./56 | 43.5 | 42.5 | 44.5 | 43.50 | 1.00 | 50.0 | 48.0 | 51.0 | 49.67 | 1.53 | 46.58 |
| 17/ส.ค./56 | 41.0 | 45.5 | 43.0 | 43.17 | 2.25 | 56.5 | 56.0 | 56.5 | 56.33 | 0.29 | 49.75 |
| 18/ส.ค./56 | 44.5 | 44.5 | 45.0 | 44.67 | 0.29 | 55.0 | 54.5 | 55.5 | 55.00 | 0.50 | 49.83 |
| 19/ส.ค./56 | 46.0 | 49.0 | 51.0 | 48.67 | 2.52 | 52.5 | 55.0 | 53.0 | 53.50 | 1.32 | 51.08 |
| 20/ส.ค./56 | 46.0 | 48.0 | 45.0 | 46.33 | 1.53 | 51.5 | 54.0 | 53.0 | 52.83 | 1.26 | 49.58 |
| 21/ส.ค./56 | 44.0 | 45.0 | 43.0 | 44.00 | 1.00 | 50.0 | 48.5 | 52.5 | 50.33 | 2.02 | 47.17 |
| 22/ส.ค./56 | 53.5 | 53.0 | 53.0 | 53.17 | 0.29 | 49.5 | 52.0 | 50.0 | 50.50 | 1.32 | 51.83 |
| 23/ส.ค./56 | 48.0 | 49.5 | 43.0 | 46.83 | 3.40 | 49.0 | 52.0 | 49.0 | 50.00 | 1.73 | 48.42 |
| 24/ส.ค./56 | 49.0 | 49.5 | 49.0 | 49.17 | 0.29 | 35.5 | 43.0 | 44.5 | 41.00 | 4.82 | 45.08 |
| 25/ส.ค./56 | 47.5 | 47.5 | 47.0 | 47.33 | 0.29 | 42.5 | 41.0 | 39.0 | 40.83 | 1.76 | 44.08 |
| 26/ส.ค./56 | 44.0 | 44.0 | 44.5 | 44.17 | 0.29 | 40.0 | 38.0 | 38.5 | 38.83 | 1.04 | 41.50 |
| 27/ส.ค./56 | 43.0 | 42.5 | 43.0 | 42.83 | 0.29 | 43.5 | 43.0 | 39.5 | 42.00 | 2.18 | 42.42 |
| 28/ส.ค./56 | 41.0 | 40.0 | 40.0 | 40.33 | 0.58 | - | - | - | - | - | 40.33 |
| 29/ส.ค./56 | 41.5 | 42.0 | 42.0 | 41.83 | 0.29 | - | - | - | - | - | 41.83 |
| 30/ส.ค./56 | 42.0 | 43.0 | 43.0 | 42.67 | 0.58 | - | - | - | - | - | 42.67 |
| 31/ส.ค./56 | 39.0 | 39.5 | 40.0 | 39.50 | 0.50 | - | - | - | - | - | 39.50 |
| 1/ก.ย./56 | 38.0 | 38.5 | 38.5 | 38.33 | 0.29 | - | - | - | - | - | 38.33 |
| 2/ก.ย./56 | 38.0 | 38.0 | 38.0 | 38.00 | 0.00 | - | - | - | - | - | 38.00 |
| 3/ก.ย./56 | 37.0 | 37.0 | 36.5 | 36.83 | 0.29 | - | - | - | - | - | 36.83 |

หมายเหตุ ; - คือ ไม่มีการเก็บตัวอย่างเนื่องจากระดับความสูงของปุ๋ยลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข 1-4** (ต่อ) อุณหภูมิของปุ๋ยหมักถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.5%)

| ว/ด/ป | อุณหภูมิที่ความสูงจากก้นถัง 15 เซนติเมตร (°C) | | | | | อุณหภูมิที่ความสูงจากก้นถัง 30 เซนติเมตร (°C) | | | | | อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งถัง (°C) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | จุดที่ 1 | จุดที่ 2 | จุดที่ 3 | เฉลี่ย | S.D. | จุดที่ 1 | จุดที่ 2 | จุดที่ 3 | เฉลี่ย | S.D. | |
| 4/ก.ย./56 | 36.0 | 37.0 | 36.5 | 36.50 | 0.50 | - | - | - | - | - | 36.50 |
| 5/ก.ย./56 | 37.0 | 36.0 | 35.5 | 36.17 | 0.76 | - | - | - | - | - | 36.17 |
| 6/ก.ย./56 | 32.0 | 33.0 | 33.5 | 32.83 | 0.76 | - | - | - | - | - | 32.83 |
| 7/ก.ย./56 | 32.0 | 31.0 | 32.0 | 31.67 | 0.58 | - | - | - | - | - | 31.67 |
| 8/ก.ย./56 | 30.0 | 29.0 | 31.0 | 30.00 | 1.00 | - | - | - | - | - | 30.00 |
| 9/ก.ย./ 56 | 28.0 | 29.0 | 29.5 | 28.83 | 0.76 | - | - | - | - | - | 28.83 |
| 10/ก.ย./56 | 29.0 | 30.0 | 30.0 | 29.67 | 0.58 | - | - | - | - | - | 29.67 |
| 11/ก.ย./56 | 29.0 | 29.5 | 30.0 | 29.50 | 0.50 | - | - | - | - | - | 29.50 |
| 12/ก.ย./56 | 29.0 | 29.5 | 29.0 | 29.17 | 0.29 | - | - | - | - | - | 29.17 |
| 13/ก.ย./56 | 29.0 | 29.5 | 28.5 | 29.00 | 0.50 | - | - | - | - | - | 29.00 |
| 14/ก.ย./56 | 29.0 | 29.5 | 29.0 | 29.17 | 0.29 | - | - | - | - | - | 29.17 |
| 15/ก.ย./56 | 29.5 | 30.0 | 29.0 | 29.50 | 0.50 | - | - | - | - | - | 29.50 |
| 16/ก.ย./56 | 29.0 | 29.5 | 29.0 | 29.17 | 0.29 | - | - | - | - | - | 29.17 |
| 17/ก.ย./56 | 29.0 | 29.5 | 28.5 | 29.00 | 0.50 | - | - | - | - | - | 29.00 |
| 18/ก.ย./56 | 29.0 | 29.0 | 29.0 | 29.00 | 0.00 | - | - | - | - | - | 29.00 |

หมายเหตุ ; - คือ ไม่มีการเก็บตัวอย่างเนื่องจากระดับความสูงของปุ๋ยลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข 1-5** อุณหภูมิของปุ๋ยหมักถังที่ 5 เติมน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้

| ว/ด/ป | อุณหภูมิที่ความสูงจากก้นถัง 15 เซนติเมตร (°C) | | | | | อุณหภูมิที่ความสูงจากก้นถัง 30 เซนติเมตร (°C) | | | | | อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งถัง (°C) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | จุดที่ 1 | จุดที่ 2 | จุดที่ 3 | เฉลี่ย | S.D. | จุดที่ 1 | จุดที่ 2 | จุดที่ 3 | เฉลี่ย | S.D. | |
| 7/ส.ค./56 | 30.0 | 30.0 | 30.0 | 30.00 | 0.00 | 30.0 | 30.0 | 30.0 | 30.00 | 0.00 | 30.00 |
| 8/ส.ค./56 | 39.0 | 39.0 | 39.0 | 39.00 | 0.00 | 39.0 | 39.0 | 39.0 | 39.00 | 0.00 | 39.00 |
| 9/ส.ค./56 | 40.0 | 40.0 | 40.0 | 40.00 | 0.00 | 41.0 | 40.0 | 40.5 | 40.50 | 0.50 | 40.25 |
| 10/ส.ค./56 | 41.5 | 41.0 | 41.5 | 41.33 | 0.29 | 41.5 | 40.0 | 41.5 | 41.00 | 0.87 | 41.17 |
| 11/ส.ค./56 | 39.0 | 41.0 | 40.0 | 40.00 | 1.00 | 41.5 | 42.0 | 42.0 | 41.83 | 0.29 | 40.92 |
| 12/ส.ค./56 | 40.5 | 40.5 | 41.0 | 40.67 | 0.29 | 41.0 | 41.0 | 41.5 | 41.17 | 0.29 | 40.92 |
| 13/ส.ค./56 | 41.0 | 43.0 | 42.0 | 42.00 | 1.00 | 37.5 | 37.0 | 38.0 | 37.50 | 0.50 | 39.75 |
| 14/ส.ค./56 | 36.0 | 34.0 | 38.0 | 36.00 | 2.00 | 42.0 | 43.0 | 48.0 | 44.33 | 3.21 | 40.17 |
| 15/ส.ค./56 | 47.5 | 48.0 | 48.0 | 47.83 | 0.29 | 47.0 | 47.0 | 47.0 | 47.00 | 0.00 | 47.42 |
| 16/ส.ค./56 | 41.5 | 43.0 | 43.0 | 42.50 | 0.87 | 44.0 | 45.0 | 44.0 | 44.33 | 0.58 | 43.42 |
| 17/ส.ค./56 | 42.5 | 43.0 | 44.5 | 43.33 | 1.04 | 51.5 | 52.5 | 51.5 | 51.83 | 0.58 | 47.58 |
| 18/ส.ค./56 | 44.5 | 48.0 | 46.5 | 46.33 | 1.76 | 54.5 | 54.5 | 54.5 | 54.50 | 0.00 | 50.42 |
| 19/ส.ค./56 | 45.0 | 47.5 | 47.5 | 46.67 | 1.44 | 52.0 | 51.5 | 49.0 | 50.83 | 1.61 | 48.75 |
| 20/ส.ค./56 | 47.0 | 48.0 | 45.0 | 46.67 | 1.53 | 52.5 | 53.0 | 51.0 | 52.17 | 1.04 | 49.42 |
| 21/ส.ค./56 | 42.0 | 48.0 | 48.5 | 46.17 | 3.62 | 51.0 | 48.0 | 46.0 | 48.33 | 2.52 | 47.25 |
| 22/ส.ค./56 | 52.0 | 54.0 | 53.5 | 53.17 | 1.04 | 53.0 | 49.0 | 54.0 | 52.00 | 2.65 | 52.58 |
| 23/ส.ค./56 | 50.0 | 53.5 | 53.0 | 52.17 | 1.89 | 48.5 | 44.0 | 44.0 | 45.50 | 2.60 | 48.83 |
| 24/ส.ค./56 | 50.5 | 50.0 | 52.5 | 51.00 | 1.32 | 44.0 | 40.0 | 42.0 | 42.00 | 2.00 | 46.50 |
| 25/ส.ค./56 | 47.0 | 46.0 | 48.0 | 47.00 | 1.00 | 42.0 | 39.0 | 41.0 | 40.67 | 1.53 | 43.83 |
| 26/ส.ค./56 | 42.5 | 42.5 | 42.5 | 42.50 | 0.00 | 39.5 | 37.0 | 37.5 | 38.00 | 1.32 | 40.25 |
| 27/ส.ค./56 | 42.5 | 42.0 | 42.0 | 42.17 | 0.29 | 42.0 | 41.0 | 40.0 | 41.00 | 1.00 | 41.58 |
| 28/ส.ค./56 | 41.0 | 39.0 | 41.0 | 40.33 | 1.15 | - | - | - | - | - | 40.33 |
| 29/ส.ค./56 | 41.0 | 41.0 | 40.5 | 40.83 | 0.29 | - | - | - | - | - | 40.83 |
| 30/ส.ค./56 | 43.5 | 43.0 | 42.5 | 43.00 | 0.50 | - | - | - | - | - | 43.00 |
| 31/ส.ค./56 | 40.0 | 40.0 | 39.5 | 39.83 | 0.29 | - | - | - | - | - | 39.83 |
| 1/ก.ย./56 | 39.0 | 38.0 | 39.0 | 38.67 | 0.58 | - | - | - | - | - | 38.67 |
| 2/ก.ย./56 | 38.5 | 38.0 | 38.5 | 38.33 | 0.29 | - | - | - | - | - | 38.33 |
| 3/ก.ย./56 | 39.0 | 39.0 | 39.0 | 39.00 | 0.00 | - | - | - | - | - | 39.00 |

หมายเหตุ ; - คือ ไม่มีการเก็บตัวอย่างเนื่องจากระดับความสูงของปุ๋ยลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข 1-5** (ต่อ) อุณหภูมิของปุ๋ยหมักถังที่ 5 เติมน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้

| ว/ด/ป | อุณหภูมิที่ความสูงจากก้นถัง 15 เซนติเมตร (°C) | | | | | อุณหภูมิที่ความสูงจากก้นถัง 30 เซนติเมตร (°C) | | | | | อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งถัง (°C) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | จุดที่ 1 | จุดที่ 2 | จุดที่ 3 | เฉลี่ย | S.D. | จุดที่ 1 | จุดที่ 2 | จุดที่ 3 | เฉลี่ย | S.D. | |
| 4/ก.ย./56 | 37.0 | 37.5 | 38.0 | 37.50 | 0.50 | - | - | - | - | - | 37.50 |
| 5/ก.ย./56 | 36.5 | 36.5 | 35.5 | 36.17 | 0.58 | - | - | - | - | - | 36.17 |
| 6/ก.ย./56 | 33.5 | 34.0 | 34.5 | 34.00 | 0.50 | - | - | - | - | - | 34.00 |
| 7/ก.ย./56 | 34.0 | 33.0 | 34.0 | 33.67 | 0.58 | - | - | - | - | - | 33.67 |
| 8/ก.ย./56 | 32.0 | 31.0 | 32.0 | 31.67 | 0.58 | - | - | - | - | - | 31.67 |
| 9/ก.ย./ 56 | 28.0 | 29.5 | 29.0 | 28.83 | 0.76 | - | - | - | - | - | 28.83 |
| 10/ก.ย./56 | 29.5 | 30.0 | 30.0 | 29.83 | 0.29 | - | - | - | - | - | 29.83 |
| 11/ก.ย./56 | 29.0 | 30.0 | 30.0 | 29.67 | 0.58 | - | - | - | - | - | 29.67 |
| 12/ก.ย./56 | 30.0 | 29.0 | 29.5 | 29.50 | 0.50 | - | - | - | - | - | 29.50 |
| 13/ก.ย./56 | 30.0 | 30.0 | 29.0 | 29.67 | 0.58 | - | - | - | - | - | 29.67 |
| 14/ก.ย./56 | 30.0 | 30.0 | 29.5 | 29.83 | 0.29 | - | - | - | - | - | 29.83 |
| 15/ก.ย./56 | 30.5 | 30.0 | 29.5 | 30.00 | 0.50 | - | - | - | - | - | 30.00 |
| 16/ก.ย./56 | 30.0 | 30.0 | 29.5 | 29.83 | 0.29 | - | - | - | - | - | 29.83 |
| 17/ก.ย./56 | 29.5 | 30.0 | 29.5 | 29.67 | 0.29 | - | - | - | - | - | 29.67 |
| 18/ก.ย./56 | 29.5 | 29.5 | 29.0 | 29.33 | 0.29 | - | - | - | - | - | 29.33 |

หมายเหตุ ; - คือ ไม่มีการเก็บตัวอย่างเนื่องจากระดับความสูงของปุ๋ยลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ข-2 อุณหภูมิละความดันของบรรยากาศระหว่างวันที่ 7 ส.ค. 56 – 7 ก.ย. 56

**ตารางที่ ข-2** อุณหภูมิและความดันของบรรยากาศระหว่างวันที่ 7 ส.ค. 56 – 7 ก.ย. 56

| ว/ด/ป | อุณหภูมิ (°C) | ความดันบรรยากาศ (hPa) | ว/ด/ป | อุณหภูมิ (°C) | ความดันบรรยากาศ (hPa) |
|---|---|---|---|---|---|
| 7/ส.ค./56 | 26.5 | 1011.0 | 23/ส.ค./56 | 33.5 | 996.0 |
| 8/ส.ค./56 | 31.0 | 1009.0 | 24/ส.ค./56 | 30.5 | 1002.0 |
| 9/ส.ค./56 | 28.0 | 1010.5 | 25/ส.ค./56 | 31.5 | 1001.5 |
| 10/ส.ค./56 | 31.0 | 1003.0 | 26/ส.ค./56 | 32.0 | 1001.0 |
| 11/ส.ค./56 | 33.0 | 1000.0 | 27/ส.ค./56 | 28.0 | 1003.5 |
| 12/ส.ค./56 | 31.5 | 1003.0 | 28/ส.ค./56 | 32.5 | 1000.0 |
| 13/ส.ค./56 | 29.5 | 1007.0 | 29/ส.ค./56 | 35.0 | 995.0 |
| 14/ส.ค./56 | 28.0 | 1008.0 | 30/ส.ค./56 | 31.0 | 1004.0 |
| 15/ส.ค./56 | 35.5 | 995.0 | 31/ส.ค./56 | 32.0 | 1001.0 |
| 16/ส.ค./56 | 33.0 | 1002.0 | 1/ก.ย./56 | 32.0 | 1002.5 |
| 17/ส.ค./56 | 32.5 | 1001.0 | 2/ก.ย./56 | 36.5 | 995.0 |
| 18/ส.ค./56 | 34.0 | 999.0 | 3/ก.ย./56 | 31.0 | 1003.0 |
| 19/ส.ค./56 | 35.0 | 995.0 | 4/ก.ย./56 | 32.0 | 1002.5 |
| 20/ส.ค./56 | 32.5 | 997.0 | 5/ก.ย./56 | 31.0 | 1003.0 |
| 21/ส.ค./56 | 29.5 | 1001.0 | 6/ก.ย./56 | 31.5 | 1003.0 |
| 22/ส.ค./56 | 30.0 | 1002.5 | 7/ก.ย./56 | 33.0 | 1001.5 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ข-3 ผลการวัดความสูงและการยุบตัวตลอดระยะของการผลิตปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถัง

**ตารางที่ ข 3-1** การศึกษาความสูงและการยุบตัวตลอดระยะเวลาของการผลิตปุ๋ยหมักถังที่ 1 ชุดควบคุม

| ว/ด/ป | ความสูง (เซนติเมตร) | | ความสูงจากปากถัง (เซนติเมตร) | | | | | | อัตราการยุบตัว |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | สายวัด | ตลับเมตร | จุดที่ 1 | จุดที่ 2 | จุดที่ 3 | จุดที่ 4 | เฉลี่ย | S.D. | |
| 7/ส.ค./56 | 51.0 | 51.0 | 12.0 | 12.0 | 12.0 | 12.0 | 12.00 | 0.00 | 12.00 |
| 8/ส.ค./56 | 45.0 | 46.0 | 19.0 | 19.0 | 18.0 | 18.0 | 18.50 | 0.58 | 6.50 |
| 9/ส.ค./56 | 44.0 | 45.5 | 19.5 | 19.5 | 19.0 | 19.0 | 19.25 | 0.29 | 0.75 |
| 10/ส.ค./56 | 43.0 | 45.0 | 20.0 | 20.0 | 20.5 | 20.0 | 20.13 | 0.25 | 0.88 |
| 11/ส.ค./56 | 42.0 | 44.0 | 21.0 | 20.5 | 21.0 | 20.5 | 20.75 | 0.29 | 0.62 |
| 12/ส.ค./56 | 42.0 | 44.0 | 21.0 | 21.0 | 21.0 | 21.0 | 21.00 | 0.00 | 0.25 |
| 13/ส.ค./56 | 42.0 | 43.5 | 21.0 | 21.0 | 21.0 | 21.0 | 21.00 | 0.00 | 0.00 |
| 14/ส.ค./56* | 41.5 | 42.0 | 22.0 | 22.5 | 22.0 | 21.5 | 22.00 | 0.41 | 1.00 |
| 15/ส.ค./56 | 39.0 | 40.0 | 24.5 | 24.0 | 24.0 | 24.5 | 24.25 | 0.29 | 2.25 |
| 16/ส.ค./56 | 38.0 | 39.0 | 25.5 | 25.0 | 24.5 | 25.0 | 25.00 | 0.41 | 0.75 |
| 17/ส.ค./56 | 37.0 | 38.0 | 26.5 | 26.0 | 25.5 | 25.5 | 25.88 | 0.48 | 0.88 |
| 18/ส.ค./56 | 36.5 | 38.0 | 26.5 | 26.5 | 26.0 | 26.0 | 26.25 | 0.29 | 0.37 |
| 19/ส.ค./56 | 36.0 | 38.0 | 27.0 | 26.5 | 26.5 | 27.0 | 26.75 | 0.29 | 0.50 |
| 20/ส.ค./56 | 36.0 | 38.0 | 27.0 | 27.0 | 27.0 | 27.0 | 27.00 | 0.00 | 0.25 |
| 21/ส.ค./56* | 35.0 | 36.0 | 28.0 | 28.0 | 27.5 | 27.5 | 27.75 | 0.29 | 0.75 |
| 22/ส.ค./56 | 33.5 | 35.5 | 29.5 | 29.5 | 29.0 | 29.5 | 29.38 | 0.25 | 1.63 |
| 23/ส.ค./56 | 33.0 | 34.0 | 30.5 | 31.0 | 30.0 | 30.5 | 30.50 | 0.41 | 1.12 |
| 24/ส.ค./56 | 32.5 | 33.5 | 31.0 | 31.5 | 31.0 | 31.0 | 31.13 | 0.25 | 0.63 |
| 25/ส.ค./56 | 31.5 | 33.0 | 31.5 | 32.0 | 32.0 | 32.0 | 31.88 | 0.25 | 0.75 |
| 26/ส.ค./56 | 31.0 | 32.0 | 32.0 | 32.5 | 33.5 | 32.5 | 32.63 | 0.63 | 0.75 |
| 27/ส.ค./56 | 30.5 | 31.0 | 32.5 | 33.0 | 35.0 | 33.0 | 33.38 | 1.11 | 0.75 |
| 28/ส.ค./56* | 30.0 | 31.5 | 33.0 | 33.5 | 34.0 | 33.5 | 33.50 | 0.41 | 0.12 |
| 29/ส.ค./56 | 29.5 | 31.0 | 34.5 | 34.5 | 34.5 | 34.0 | 34.38 | 0.25 | 0.88 |
| 30/ส.ค./56 | 29.5 | 30.0 | 35.0 | 35.5 | 35.0 | 35.0 | 35.13 | 0.25 | 0.75 |

หมายเหตุ ; * คือ วันที่ทำการกลับกองปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข 3-1** (ต่อ) การศึกษาความสูงและการยุบตัวตลอดระยะเวลาของการผลิตปุ๋ยหมักถังที่ 1 ชุดควบคุม

| ว/ด/ป | ความสูง (เซนติเมตร) | | ความสูงจากปากถัง (เซนติเมตร) | | | | | | อัตราการยุบตัว |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | สายวัด | ตลับเมตร | จุดที่ 1 | จุดที่ 2 | จุดที่ 3 | จุดที่ 4 | เฉลี่ย | S.D. | |
| 31/ส.ค./56 | 28.0 | 29.0 | 35.5 | 36.0 | 35.5 | 35.0 | 35.50 | 0.41 | 0.37 |
| 1/ก.ย./56 | 27.0 | 29.0 | 36.0 | 36.0 | 36.0 | 36.0 | 36.00 | 0.00 | 0.50 |
| 2/ก.ย./56 | 27.0 | 28.0 | 36.5 | 36.5 | 36.5 | 36.5 | 36.50 | 0.00 | 0.50 |
| 3/ก.ย./56 | 27.0 | 28.0 | 6.5 | 37.0 | 36.5 | 36.5 | 29.13 | 15.09 | 0.13 |
| 4/ก.ย./56* | 27.0 | 28.0 | 37.0 | 37.5 | 37.0 | 36.5 | 37.00 | 0.41 | 0.37 |
| 5/ก.ย./56 | 27.0 | 27.0 | 37.0 | 37.0 | 37.0 | 36.5 | 36.88 | 0.25 | 0.12 |
| 6/ก.ย./56 | 26.5 | 27.0 | 37.0 | 37.5 | 37.0 | 37.0 | 37.13 | 0.25 | 0.25 |
| 7/ก.ย./56 | 26.0 | 27.0 | 37.0 | 37.5 | 37.5 | 37.0 | 37.25 | 0.29 | 0.12 |

หมายเหตุ ; * คือ วันที่ทำการกลับกองปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข 3-2** การศึกษาความสูงและการยุบตัวตลอดระยะเวลาของการผลิตปุ๋ยหมักถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พด.1 (0.1%)

| ว/ด/ป | ความสูง (เซนติเมตร) | | ความสูงจากปากถัง (เซนติเมตร) | | | | | | อัตราการยุบตัว |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | สายวัด | ตลับเมตร | จุดที่ 1 | จุดที่ 2 | จุดที่ 3 | จุดที่ 4 | เฉลี่ย | S.D. | |
| 7/ส.ค./56 | 50.0 | 50.0 | 13.0 | 13.0 | 13.0 | 13.0 | 13.00 | 0.00 | 13.00 |
| 8/ส.ค./56 | 44.0 | 45.0 | 20.0 | 19.5 | 19.0 | 19.5 | 19.50 | 0.41 | 6.50 |
| 9/ส.ค./56 | 43.0 | 44.0 | 20.5 | 20.5 | 20.0 | 20.5 | 20.38 | 0.25 | 0.88 |
| 10/ส.ค./56 | 42.5 | 44.0 | 21.0 | 21.0 | 21.0 | 21.0 | 21.00 | 0.00 | 0.62 |
| 11/ส.ค./56 | 42.0 | 44.0 | 22.0 | 21.5 | 21.0 | 21.5 | 21.50 | 0.41 | 0.50 |
| 12/ส.ค./56 | 41.5 | 43.5 | 22.5 | 22.5 | 21.5 | 22.0 | 22.13 | 0.48 | 0.63 |
| 13/ส.ค./56 | 42.0 | 43.0 | 22.5 | 22.5 | 21.0 | 22.5 | 22.13 | 0.75 | 0.01 |
| 14/ส.ค./56* | 42.0 | 42.0 | 22.5 | 23.5 | 22.5 | 23.0 | 22.88 | 0.48 | 0.76 |
| 15/ส.ค./56 | 38.5 | 39.0 | 25.5 | 26.5 | 25.5 | 26.0 | 25.88 | 0.48 | 3.00 |
| 16/ส.ค./56 | 38.0 | 38.5 | 26.0 | 27.5 | 26.0 | 27.0 | 26.63 | 0.75 | 0.75 |
| 17/ส.ค./56 | 37.0 | 37.0 | 26.5 | 28.0 | 27.0 | 27.5 | 27.25 | 0.65 | 0.62 |
| 18/ส.ค./56 | 36.5 | 37.0 | 27.0 | 26.5 | 28.0 | 28.0 | 27.38 | 0.75 | 0.13 |
| 19/ส.ค./56 | 36.5 | 37.0 | 27.5 | 28.5 | 28.5 | 28.0 | 28.13 | 0.48 | 0.75 |
| 20/ส.ค./56 | 36.0 | 36.0 | 27.5 | 30.0 | 29.0 | 28.5 | 28.75 | 1.04 | 0.62 |
| 21/ส.ค./56* | 35.5 | 35.0 | 27.5 | 30.0 | 29.5 | 28.5 | 28.88 | 1.11 | 0.13 |
| 22/ส.ค./56 | 34.0 | 35.0 | 30.0 | 30.0 | 30.0 | 30.0 | 30.00 | 0.00 | 1.12 |
| 23/ส.ค./56 | 33.0 | 33.0 | 31.0 | 30.5 | 31.0 | 31.0 | 30.88 | 0.25 | 0.88 |
| 24/ส.ค./56 | 32.0 | 33.0 | 31.5 | 31.0 | 32.0 | 31.5 | 31.50 | 0.41 | 0.62 |
| 25/ส.ค./56 | 31.5 | 32.0 | 32.5 | 31.5 | 32.0 | 32.0 | 32.00 | 0.41 | 0.50 |
| 26/ส.ค./56 | 31.0 | 32.0 | 33.0 | 32.5 | 33.0 | 32.5 | 32.75 | 0.29 | 0.75 |
| 27/ส.ค./56 | 31.0 | 31.0 | 33.0 | 33.0 | 35.5 | 33.5 | 33.75 | 1.19 | 1.00 |
| 28/ส.ค./56* | 30.0 | 30.5 | 34.0 | 34.0 | 34.5 | 34.0 | 34.13 | 0.25 | 0.75 |
| 29/ส.ค./56 | 29.0 | 29.0 | 34.0 | 35.0 | 35.5 | 35.0 | 34.88 | 0.63 | 0.75 |
| 30/ส.ค./56 | 29.0 | 29.0 | 36.0 | 36.5 | 37.0 | 36.5 | 36.50 | 0.41 | 1.62 |
| 31/ส.ค./56 | 27.0 | 28.0 | 36.0 | 37.0 | 37.5 | 37.0 | 36.88 | 0.63 | 0.38 |

หมายเหตุ ; * คือ วันที่ทำการกลับกองปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข 3-2** (ต่อ) การศึกษาความสูงและการยุบตัวตลอดระยะเวลาของการผลิตปุ๋ยหมักถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พด.1 (0.1%)

| ว/ด/ป | ความสูง (เซนติเมตร) | | ความสูงจากปากถัง (เซนติเมตร) | | | | | | อัตราการยุบตัว |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | สายวัด | ตลับเมตร | จุดที่ 1 | จุดที่ 2 | จุดที่ 3 | จุดที่ 4 | เฉลี่ย | S.D. | |
| 1/ก.ย./56 | 27.0 | 27.0 | 36.5 | 37.0 | 38.0 | 37.5 | 37.25 | 0.65 | 0.37 |
| 2/ก.ย./56 | 27.0 | 28.0 | 37.0 | 37.5 | 38.0 | 37.5 | 37.50 | 0.41 | 0.25 |
| 3/ก.ย./56 | 27.5 | 28.0 | 37.0 | 37.5 | 38.5 | 38.0 | 37.75 | 0.65 | 0.25 |
| 4/ก.ย./56* | 26.5 | 28.0 | 37.5 | 38.0 | 39.0 | 38.5 | 38.25 | 0.65 | 0.50 |
| 5/ก.ย./56 | 26.0 | 27.0 | 38.0 | 38.0 | 37.0 | 38.0 | 37.75 | 0.50 | 0.50 |
| 6/ก.ย./56 | 25.5 | 27.0 | 38.5 | 38.0 | 37.0 | 38.0 | 37.88 | 0.63 | 0.13 |
| 7/ก.ย./56 | 25.0 | 26.0 | 38.5 | 38.0 | 37.5 | 38.0 | 38.00 | 0.41 | 0.12 |

หมายเหตุ ; * คือ วันที่ทำการกลับกองปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข 3-3** การศึกษาความสูงและการยุบตัวตลอดระยะเวลาของการผลิตปุ๋ยหมักถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.1%)

| ว/ด/ป | ความสูง (เซนติเมตร) | | ความสูงจากปากถัง (เซนติเมตร) | | | | | | อัตราการยุบตัว |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | สายวัด | ตลับเมตร | จุดที่ 1 | จุดที่ 2 | จุดที่ 3 | จุดที่ 4 | เฉลี่ย | S.D. | |
| 7/ส.ค./56 | 54.0 | 54.0 | 9.5 | 9.5 | 9.0 | 9.5 | 9.38 | 0.25 | 9.38 |
| 8/ส.ค./56 | 47.0 | 47.0 | 16.0 | 16.5 | 16.5 | 16.0 | 16.25 | 0.29 | 6.87 |
| 9/ส.ค./56 | 46.5 | 47.0 | 17.0 | 17.0 | 16.5 | 17.0 | 16.88 | 0.25 | 0.63 |
| 10/ส.ค./56 | 45.5 | 45.0 | 18.5 | 18.0 | 18.0 | 18.0 | 18.13 | 0.25 | 1.25 |
| 11/ส.ค./56 | 45.0 | 45.0 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.0 | 18.38 | 0.25 | 0.25 |
| 12/ส.ค./56 | 44.5 | 45.0 | 19.0 | 19.0 | 19.0 | 18.5 | 18.88 | 0.25 | 0.50 |
| 13/ส.ค./56 | 45.0 | 45.0 | 20.0 | 20.0 | 20.5 | 19.5 | 20.00 | 0.41 | 1.12 |
| 14/ส.ค./56* | 44.0 | 44.0 | 20.0 | 19.5 | 20.5 | 20.0 | 20.00 | 0.41 | 0.00 |
| 15/ส.ค./56 | 40.5 | 42.0 | 23.0 | 22.5 | 23.0 | 23.0 | 22.88 | 0.25 | 2.88 |
| 16/ส.ค./56 | 39.5 | 40.0 | 24.0 | 23.0 | 23.0 | 23.5 | 23.38 | 0.48 | 0.50 |
| 17/ส.ค./56 | 38.5 | 39.0 | 24.5 | 24.0 | 24.0 | 24.5 | 24.25 | 0.29 | 0.87 |
| 18/ส.ค./56 | 38.5 | 38.0 | 25.0 | 24.0 | 25.0 | 24.5 | 24.63 | 0.48 | 0.38 |
| 19/ส.ค./56 | 38.0 | 40.0 | 25.0 | 24.5 | 25.0 | 25.0 | 24.88 | 0.25 | 0.25 |
| 20/ส.ค./56 | 38.0 | 40.0 | 25.5 | 24.5 | 25.0 | 25.0 | 25.00 | 0.41 | 0.12 |
| 21/ส.ค./56* | 38.0 | 39.0 | 25.5 | 25.0 | 25.0 | 25.0 | 25.13 | 0.25 | 0.13 |
| 22/ส.ค./56 | 37.0 | 38.0 | 26.5 | 25.5 | 25.5 | 26.0 | 25.88 | 0.48 | 0.75 |
| 23/ส.ค./56 | 36.0 | 37.5 | 27.0 | 26.5 | 27.0 | 26.5 | 26.75 | 0.29 | 0.87 |
| 24/ส.ค./56 | 36.0 | 37.0 | 27.5 | 27.0 | 27.0 | 27.0 | 27.13 | 0.25 | 0.38 |
| 25/ส.ค./56 | 35.5 | 37.0 | 28.0 | 27.5 | 27.5 | 27.5 | 27.63 | 0.25 | 0.50 |
| 26/ส.ค./56 | 35.0 | 36.0 | 28.0 | 28.0 | 28.0 | 28.0 | 28.00 | 0.00 | 0.37 |
| 27/ส.ค./56 | 35.0 | 37.0 | 29.0 | 28.0 | 29.0 | 28.5 | 28.63 | 0.48 | 0.63 |
| 28/ส.ค./56* | 34.5 | 35.0 | 29.5 | 29.0 | 29.0 | 29.0 | 29.13 | 0.25 | 0.50 |
| 29/ส.ค./56 | 33.5 | 33.5 | 30.0 | 30.0 | 30.0 | 30.5 | 30.13 | 0.25 | 1.00 |
| 30/ส.ค./56 | 33.0 | 32.0 | 31.0 | 31.0 | 31.0 | 31.5 | 31.13 | 0.25 | 1.00 |
| 31/ส.ค./56 | 32.5 | 32.5 | 31.0 | 32.0 | 32.0 | 32.0 | 31.75 | 0.50 | 0.62 |

หมายเหตุ ; * คือ วันที่ทำการกลับกองปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข 3-3** (ต่อ) การศึกษาความสูงและการยุบตัวตลอดระยะเวลาของการผลิตปุ๋ยหมักถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.1%)

| ว/ด/ป | ความสูง (เซนติเมตร) | | ความสูงจากปากถัง (เซนติเมตร) | | | | | | อัตราการยุบตัว |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | สายวัด | ตลับเมตร | จุดที่ 1 | จุดที่ 2 | จุดที่ 3 | จุดที่ 4 | เฉลี่ย | S.D. | |
| 1/ก.ย./56 | 31.0 | 32.0 | 31.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.25 | 0.50 | 0.50 |
| 2/ก.ย./56 | 30.5 | 31.5 | 32.0 | 33.0 | 33.0 | 32.5 | 32.63 | 0.48 | 0.38 |
| 3/ก.ย./56 | 30.5 | 32.0 | 32.0 | 33.0 | 33.5 | 33.0 | 32.88 | 0.63 | 0.25 |
| 4/ก.ย./56* | 31.0 | 31.0 | 32.5 | 33.5 | 33.5 | 33.0 | 33.13 | 0.48 | 0.25 |
| 5/ก.ย./56 | 31.0 | 30.0 | 33.0 | 33.0 | 33.5 | 34.0 | 33.38 | 0.48 | 0.25 |
| 6/ก.ย./56 | 30.5 | 29.0 | 33.0 | 33.0 | 34.5 | 34.5 | 33.75 | 0.87 | 0.37 |
| 7/ก.ย./56 | 30.0 | 29.0 | 33.0 | 33.5 | 34.5 | 34.5 | 33.88 | 0.75 | 0.13 |

หมายเหตุ ; * คือ วันที่ทำการกลับกองปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข 3-4** การศึกษาความสูงและการยุบตัวตลอดระยะเวลาของการผลิตปุ๋ยหมักถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.5%)

| ว/ด/ป | ความสูง (เซนติเมตร) | | ความสูงจากปากถัง (เซนติเมตร) | | | | | | อัตราการยุบตัว |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | สายวัด | ตลับเมตร | จุดที่ 1 | จุดที่ 2 | จุดที่ 3 | จุดที่ 4 | เฉลี่ย | S.D. | |
| 7/ส.ค./56 | 50.0 | 50.0 | 12.0 | 12.5 | 12.0 | 12.5 | 12.25 | 0.29 | 12.25 |
| 8/ส.ค./56 | 45.0 | 46.0 | 18.5 | 18.5 | 18.0 | 19.0 | 18.50 | 0.41 | 6.25 |
| 9/ส.ค./56 | 44.0 | 45.0 | 19.0 | 19.5 | 19.0 | 19.5 | 19.25 | 0.29 | 0.75 |
| 10/ส.ค./56 | 43.0 | 45.0 | 20.0 | 20.0 | 20.0 | 20.5 | 20.13 | 0.25 | 0.88 |
| 11/ส.ค./56 | 43.0 | 45.0 | 19.5 | 21.0 | 20.5 | 21.0 | 20.50 | 0.71 | 0.37 |
| 12/ส.ค./56 | 42.5 | 44.0 | 20.5 | 21.0 | 21.0 | 21.0 | 20.88 | 0.25 | 0.38 |
| 13/ส.ค./56 | 43.0 | 43.0 | 20.5 | 21.0 | 21.0 | 21.5 | 21.00 | 0.41 | 0.12 |
| 14/ส.ค./56* | 42.0 | 43.0 | 21.0 | 22.0 | 22.0 | 22.0 | 21.75 | 0.50 | 0.75 |
| 15/ส.ค./56 | 38.5 | 39.0 | 25.0 | 24.0 | 24.5 | 24.5 | 24.50 | 0.41 | 2.75 |
| 16/ส.ค./56 | 38.0 | 39.0 | 26.0 | 25.0 | 25.5 | 25.5 | 25.50 | 0.41 | 1.00 |
| 17/ส.ค./56 | 37.0 | 37.0 | 26.5 | 25.5 | 26.5 | 26.5 | 26.25 | 0.50 | 0.75 |
| 18/ส.ค./56 | 36.0 | 37.0 | 27.0 | 26.0 | 27.5 | 27.0 | 26.88 | 0.63 | 0.63 |
| 19/ส.ค./56 | 35.0 | 36.0 | 27.0 | 26.5 | 27.5 | 27.5 | 27.13 | 0.48 | 0.25 |
| 20/ส.ค./56 | 35.5 | 36.0 | 27.5 | 27.0 | 28.0 | 27.5 | 27.50 | 0.41 | 0.37 |
| 21/ส.ค./56* | 34.5 | 36.0 | 28.0 | 27.0 | 28.0 | 28.0 | 27.75 | 0.50 | 0.25 |
| 22/ส.ค./56 | 34.0 | 35.0 | 29.5 | 29.0 | 29.0 | 29.5 | 29.25 | 0.29 | 1.50 |
| 23/ส.ค./56 | 33.0 | 34.0 | 30.5 | 30.0 | 31.0 | 30.5 | 30.50 | 0.41 | 1.25 |
| 24/ส.ค./56 | 32.5 | 33.0 | 30.5 | 30.5 | 31.5 | 31.0 | 30.88 | 0.48 | 0.38 |
| 25/ส.ค./56 | 31.5 | 33.5 | 31.0 | 31.0 | 31.5 | 31.5 | 31.25 | 0.29 | 0.37 |
| 26/ส.ค./56 | 31.0 | 33.0 | 31.5 | 31.0 | 32.0 | 32.0 | 31.63 | 0.48 | 0.38 |
| 27/ส.ค./56 | 31.0 | 32.0 | 31.5 | 32.0 | 35.0 | 32.5 | 32.75 | 1.55 | 1.12 |
| 28/ส.ค./56* | 30.0 | 32.0 | 32.5 | 32.0 | 33.0 | 33.0 | 32.63 | 0.48 | 0.38 |
| 29/ส.ค./56 | 29.0 | 30.5 | 34.0 | 33.0 | 33.5 | 32.0 | 33.13 | 0.85 | 0.50 |
| 30/ส.ค./56 | 29.0 | 30.0 | 34.5 | 34.0 | 34.5 | 34.0 | 34.25 | 0.29 | 1.12 |
| 31/ส.ค./56 | 28.0 | 30.0 | 35.5 | 34.5 | 35.0 | 35.0 | 35.00 | 0.41 | 0.75 |

หมายเหตุ ; * คือ วันที่ทำการกลับกองปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข 3-4** (ต่อ) การศึกษาความสูงและการยุบตัวตลอดระยะเวลาของการผลิตปุ๋ยหมักถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.5%)

| ว/ด/ป | ความสูง (เซนติเมตร) | | ความสูงจากปากถัง (เซนติเมตร) | | | | | | อัตราการยุบตัว |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | สายวัด | ตลับเมตร | จุดที่ 1 | จุดที่ 2 | จุดที่ 3 | จุดที่ 4 | เฉลี่ย | S.D. | |
| 1/ก.ย./56 | 27.0 | 29.0 | 35.5 | 35.0 | 35.5 | 36.0 | 35.50 | 0.41 | 0.50 |
| 2/ก.ย./56 | 26.5 | 29.0 | 36.0 | 36.0 | 36.0 | 36.0 | 36.00 | 0.00 | 0.50 |
| 3/ก.ย./56 | 26.5 | 28.0 | 36.0 | 36.5 | 36.0 | 36.3 | 36.19 | 0.24 | 0.25 |
| 4/ก.ย./56* | 27.0 | 28.0 | 36.0 | 36.5 | 37.0 | 37.0 | 36.63 | 0.48 | 0.38 |
| 5/ก.ย./56 | 27.0 | 28.0 | 35.0 | 36.0 | 36.5 | 35.0 | 35.63 | 0.75 | 1.00 |
| 6/ก.ย./56 | 27.0 | 28.0 | 35.5 | 37.0 | 37.0 | 35.5 | 36.25 | 0.87 | 0.62 |
| 7/ก.ย./56 | 27.0 | 28.0 | 35.5 | 37.0 | 37.0 | 36.0 | 36.38 | 0.75 | 0.13 |

หมายเหตุ ; * คือ วันที่ทำการกลับกองปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข 3-5** การศึกษาความสูงและการยุบตัวตลอดระยะเวลาของการผลิตปุ๋ยหมักถังที่ 5 เติมน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้

| ว/ด/ป | ความสูง (เซนติเมตร) | | ความสูงจากปากถัง (เซนติเมตร) | | | | | | อัตราการยุบตัว |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | สายวัด | ตลับเมตร | จุดที่ 1 | จุดที่ 2 | จุดที่ 3 | จุดที่ 4 | เฉลี่ย | S.D. | |
| 7/ส.ค./56 | 50.0 | 50.0 | 12.5 | 12.5 | 12.0 | 12.5 | 12.38 | 0.25 | 12.38 |
| 8/ส.ค./56 | 44.0 | 45.0 | 19.0 | 19.0 | 18.5 | 19.5 | 19.00 | 0.41 | 6.62 |
| 9/ส.ค./56 | 43.0 | 44.5 | 20.0 | 19.5 | 19.0 | 20.0 | 19.63 | 0.48 | 0.63 |
| 10/ส.ค./56 | 43.0 | 44.0 | 20.0 | 20.0 | 20.5 | 21.0 | 20.38 | 0.48 | 0.75 |
| 11/ส.ค./56 | 43.0 | 44.0 | 20.0 | 20.5 | 21.0 | 21.0 | 20.63 | 0.48 | 0.25 |
| 12/ส.ค./56 | 42.5 | 44.0 | 20.0 | 21.0 | 21.5 | 21.5 | 21.00 | 0.71 | 0.37 |
| 13/ส.ค./56 | 42.5 | 44.0 | 20.5 | 21.5 | 22.0 | 22.0 | 21.50 | 0.71 | 0.50 |
| 14/ส.ค./56* | 42.0 | 42.5 | 21.0 | 22.0 | 22.5 | 22.0 | 21.88 | 0.63 | 0.38 |
| 15/ส.ค./56 | 38.5 | 39.0 | 24.5 | 24.0 | 24.0 | 25.0 | 24.38 | 0.48 | 2.50 |
| 16/ส.ค./56 | 38.5 | 39.0 | 25.0 | 25.0 | 24.5 | 26.0 | 25.13 | 0.63 | 0.75 |
| 17/ส.ค./56 | 37.0 | 38.0 | 26.0 | 26.0 | 25.5 | 26.5 | 26.00 | 0.41 | 0.87 |
| 18/ส.ค./56 | 36.5 | 37.0 | 26.5 | 26.5 | 26.5 | 27.0 | 26.63 | 0.25 | 0.63 |
| 19/ส.ค./56 | 36.0 | 37.0 | 26.0 | 27.0 | 27.0 | 27.5 | 26.88 | 0.63 | 0.25 |
| 20/ส.ค./56 | 36.0 | 37.0 | 27.0 | 27.0 | 27.5 | 27.5 | 27.25 | 0.29 | 0.37 |
| 21/ส.ค./56* | 36.0 | 36.0 | 27.5 | 28.0 | 28.0 | 28.5 | 28.00 | 0.41 | 0.75 |
| 22/ส.ค./56 | 34.5 | 35.0 | 28.0 | 30.0 | 29.0 | 30.0 | 29.25 | 0.96 | 1.25 |
| 23/ส.ค./56 | 33.0 | 33.0 | 29.0 | 30.5 | 30.5 | 30.5 | 30.13 | 0.75 | 0.88 |
| 24/ส.ค./56 | 33.5 | 33.0 | 30.0 | 31.0 | 31.5 | 31.0 | 30.88 | 0.63 | 0.75 |
| 25/ส.ค./56 | 32.0 | 33.0 | 30.0 | 32.0 | 32.0 | 31.5 | 31.38 | 0.95 | 0.50 |
| 26/ส.ค./56 | 31.5 | 32.0 | 30.5 | 32.0 | 32.5 | 32.0 | 31.75 | 0.87 | 0.37 |
| 27/ส.ค./56 | 31.0 | 32.0 | 31.0 | 32.5 | 35.5 | 32.0 | 32.75 | 1.94 | 1.00 |
| 28/ส.ค./56* | 30.5 | 32.0 | 31.0 | 32.5 | 33.0 | 32.5 | 32.25 | 0.87 | 0.12 |
| 29/ส.ค./56 | 29.5 | 31.0 | 33.5 | 34.0 | 33.0 | 34.0 | 33.63 | 0.48 | 1.38 |
| 30/ส.ค./56 | 29.5 | 30.0 | 34.0 | 34.0 | 34.5 | 35.0 | 34.38 | 0.48 | 0.75 |
| 31/ส.ค./56 | 28.0 | 30.0 | 34.5 | 34.5 | 34.5 | 35.5 | 34.75 | 0.50 | 0.37 |

หมายเหตุ ; * คือ วันที่ทำการกลับกองปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข 3-5** (ต่อ) การศึกษาความสูงและการยุบตัวตลอดระยะเวลาของการผลิตปุ๋ยหมักถังที่ 5 เติมน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้

| ว/ด/ป | ความสูง (เซนติเมตร) | | ความสูงจากปากถัง (เซนติเมตร) | | | | | | อัตราการยุบตัว |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | สายวัด | ตลับเมตร | จุดที่ 1 | จุดที่ 2 | จุดที่ 3 | จุดที่ 4 | เฉลี่ย | S.D. | |
| 1/ก.ย./56 | 27.5 | 29.0 | 35.0 | 35.0 | 34.5 | 36.0 | 35.13 | 0.63 | 0.38 |
| 2/ก.ย./56 | 27.5 | 29.0 | 35.5 | 35.5 | 35.0 | 36.5 | 35.63 | 0.63 | 0.50 |
| 3/ก.ย./56 | 27.0 | 30.0 | 35.5 | 36.0 | 36.0 | 36.5 | 36.00 | 0.41 | 0.37 |
| 4/ก.ย./56* | 27.0 | 30.0 | 36.0 | 36.0 | 36.0 | 37.0 | 36.25 | 0.50 | 0.25 |
| 5/ก.ย./56 | 26.5 | 27.0 | 36.5 | 36.5 | 37.5 | 38.5 | 37.25 | 0.96 | 1.00 |
| 6/ก.ย./56 | 26.5 | 27.0 | 36.5 | 37.0 | 38.0 | 38.5 | 37.50 | 0.91 | 0.25 |
| 7/ก.ย./56 | 26.0 | 27.0 | 37.0 | 37.0 | 38.0 | 38.5 | 37.63 | 0.75 | 0.13 |

หมายเหตุ ; * คือ วันที่ทำการกลับกองปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ข-4 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถัง

**ตารางที่ ข 4-1** ค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 1 ชุดควบคุม

| ว/ด/ป | ค่าความเป็นกรด-ด่าง | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | ค่าเฉลี่ย | S.D. |
| 7/ส.ค./56 | 3.88 | 3.96 | 3.92 | 3.92 | 0.04 |
| 8/ส.ค./56 | 4.31 | 4.44 | 4.21 | 4.32 | 0.12 |
| 9/ส.ค./56 | 4.87 | 4.68 | 4.85 | 4.80 | 0.10 |
| 10/ส.ค./56 | 5.30 | 5.41 | 5.52 | 5.41 | 0.11 |
| 11/ส.ค./56 | 4.49 | 5.01 | 5.11 | 4.87 | 0.33 |
| 12/ส.ค./56 | 4.74 | 5.36 | 4.92 | 5.01 | 0.32 |
| 13/ส.ค./56 | 5.01 | 6.00 | 5.82 | 5.61 | 0.53 |
| 14/ส.ค./56 | 5.74 | 5.32 | 5.21 | 5.42 | 0.28 |
| 15/ส.ค./56 | 5.30 | 5.13 | 5.33 | 5.25 | 0.11 |
| 16/ส.ค./56 | 5.34 | 5.20 | 5.89 | 5.48 | 0.36 |
| 17/ส.ค./56 | 6.08 | 6.22 | 6.32 | 6.21 | 0.12 |
| 18/ส.ค./56 | 6.54 | 6.56 | 6.44 | 6.51 | 0.06 |
| 19/ส.ค./56 | 6.63 | 5.91 | 5.89 | 6.14 | 0.42 |
| 20/ส.ค./56 | 6.98 | 6.99 | 7.07 | 7.01 | 0.05 |
| 21/ส.ค./56 | 6.88 | 6.86 | 6.75 | 6.83 | 0.07 |
| 22/ส.ค./56 | 6.63 | 6.42 | 6.55 | 6.53 | 0.11 |
| 23/ส.ค./56 | 7.02 | 7.06 | 6.94 | 7.01 | 0.06 |
| 24/ส.ค./56 | 7.06 | 7.04 | 7.13 | 7.08 | 0.05 |
| 25/ส.ค./56 | 7.51 | 7.43 | 7.51 | 7.48 | 0.05 |
| 26/ส.ค./56 | 7.69 | 7.60 | 7.70 | 7.66 | 0.06 |
| 27/ส.ค./56 | 7.29 | 7.29 | 7.37 | 7.32 | 0.05 |
| 28/ส.ค./56 | 7.13 | 7.42 | 7.20 | 7.25 | 0.15 |
| 29/ส.ค./56 | 7.55 | 7.58 | 7.58 | 7.57 | 0.02 |
| 30/ส.ค./56 | 7.51 | 7.57 | 7.58 | 7.55 | 0.04 |
| 31/ส.ค./56 | 7.61 | 7.58 | 7.63 | 7.61 | 0.03 |
| 1/ก.ย./56 | 7.50 | 7.49 | 7.48 | 7.49 | 0.01 |
| 2/ก.ย./56 | 7.33 | 7.26 | 7.25 | 7.28 | 0.04 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข 4-1** (ต่อ) ค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 1 ชุดควบคุม

| ว/ด/ป | ค่าความเป็นกรด-ด่าง | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | ค่าเฉลี่ย | S.D. |
| 3/ก.ย./56 | 7.03 | 7.03 | 7.00 | 7.02 | 0.02 |
| 4/ก.ย./56 | 6.83 | 6.78 | 6.83 | 6.81 | 0.03 |
| 5/ก.ย./56 | 6.76 | 6.76 | 6.81 | 6.78 | 0.03 |
| 6/ก.ย./56 | 6.65 | 6.72 | 6.67 | 6.68 | 0.04 |
| 7/ก.ย./56 | 6.64 | 6.65 | 6.61 | 6.63 | 0.02 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข 4-2** ค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พด.1 (0.1%)

| ว/ด/ป | ค่าความเป็นกรด-ด่าง | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | ค่าเฉลี่ย | S.D. |
| 7/ส.ค./56 | 3.97 | 3.99 | 4.02 | 3.99 | 0.03 |
| 8/ส.ค./56 | 4.33 | 4.33 | 4.40 | 4.35 | 0.04 |
| 9/ส.ค./56 | 4.37 | 4.90 | 5.01 | 4.76 | 0.34 |
| 10/ส.ค./56 | 5.53 | 5.08 | 5.40 | 5.34 | 0.23 |
| 11/ส.ค./56 | 5.1 | 5.18 | 4.79 | 5.02 | 0.21 |
| 12/ส.ค./56 | 4.94 | 5.30 | 4.85 | 5.03 | 0.24 |
| 13/ส.ค./56 | 5.39 | 6.01 | 6.12 | 5.84 | 0.39 |
| 14/ส.ค./56 | 5.83 | 5.37 | 5.44 | 5.55 | 0.25 |
| 15/ส.ค./56 | 5.38 | 5.07 | 5.46 | 5.30 | 0.21 |
| 16/ส.ค./56 | 5.02 | 4.38 | 4.83 | 4.74 | 0.33 |
| 17/ส.ค./56 | 6.18 | 6.46 | 6.31 | 6.32 | 0.14 |
| 18/ส.ค./56 | 6.63 | 6.25 | 6.56 | 6.48 | 0.20 |
| 19/ส.ค./56 | 6.51 | 6.41 | 6.85 | 6.59 | 0.23 |
| 20/ส.ค./56 | 6.80 | 6.74 | 6.67 | 6.74 | 0.07 |
| 21/ส.ค./56 | 6.64 | 6.57 | 6.56 | 6.59 | 0.04 |
| 22/ส.ค./56 | 6.71 | 6.69 | 6.58 | 6.66 | 0.07 |
| 23/ส.ค./56 | 6.91 | 6.93 | 7.00 | 6.95 | 0.05 |
| 24/ส.ค./56 | 7.04 | 7.07 | 7.13 | 7.08 | 0.05 |
| 25/ส.ค./56 | 7.28 | 7.27 | 7.09 | 7.21 | 0.11 |
| 26/ส.ค./56 | 7.45 | 7.42 | 7.38 | 7.42 | 0.04 |
| 27/ส.ค./56 | 7.24 | 7.17 | 7.21 | 7.21 | 0.04 |
| 28/ส.ค./56 | 7.43 | 7.48 | 7.50 | 7.47 | 0.04 |
| 29/ส.ค./56 | 7.50 | 7.50 | 7.49 | 7.50 | 0.01 |
| 30/ส.ค./56 | 7.38 | 7.42 | 7.42 | 7.41 | 0.02 |
| 31/ส.ค./56 | 7.61 | 7.50 | 7.55 | 7.55 | 0.06 |
| 1/ก.ย./56 | 7.58 | 7.56 | 7.55 | 7.56 | 0.02 |
| 2/ก.ย./56 | 7.34 | 7.37 | 7.39 | 7.37 | 0.03 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข 4-2** (ต่อ) ค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์พด.1 (0.1%)

| ว/ด/ป | ค่าความเป็นกรด-ด่าง | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | ค่าเฉลี่ย | S.D. |
| 3/ก.ย./56 | 7.19 | 7.13 | 7.15 | 7.16 | 0.03 |
| 4/ก.ย./56 | 6.98 | 6.97 | 6.97 | 6.97 | 0.01 |
| 5/ก.ย./56 | 6.85 | 6.86 | 6.88 | 6.86 | 0.02 |
| 6/ก.ย./56 | 6.70 | 6.72 | 6.73 | 6.72 | 0.02 |
| 7/ก.ย./56 | 6.65 | 6.63 | 6.63 | 6.64 | 0.01 |

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข 4-3** ค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.1%)

| ว/ด/ป | ค่าความเป็นกรด-ด่าง | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | ค่าเฉลี่ย | S.D. |
| 7/ส.ค./56 | 3.98 | 4.00 | 4.00 | 3.99 | 0.01 |
| 8/ส.ค./56 | 4.26 | 4.42 | 4.23 | 4.30 | 0.10 |
| 9/ส.ค./56 | 5.32 | 5.18 | 4.97 | 5.16 | 0.18 |
| 10/ส.ค./56 | 5.22 | 5.54 | 5.20 | 5.32 | 0.19 |
| 11/ส.ค./56 | 4.53 | 4.90 | 4.57 | 4.67 | 0.20 |
| 12/ส.ค./56 | 4.54 | 5.11 | 5.04 | 4.90 | 0.31 |
| 13/ส.ค./56 | 6.12 | 6.29 | 6.43 | 6.28 | 0.16 |
| 14/ส.ค./56 | 5.44 | 5.38 | 5.28 | 5.37 | 0.08 |
| 15/ส.ค./56 | 4.44 | 4.64 | 4.87 | 4.65 | 0.22 |
| 16/ส.ค./56 | 4.87 | 5.04 | 4.93 | 4.95 | 0.09 |
| 17/ส.ค./56 | 5.64 | 6.18 | 6.09 | 5.97 | 0.29 |
| 18/ส.ค./56 | 5.98 | 6.14 | 6.17 | 6.10 | 0.10 |
| 19/ส.ค./56 | 6.34 | 6.22 | 6.35 | 6.30 | 0.07 |
| 20/ส.ค./56 | 6.41 | 6.61 | 6.81 | 6.61 | 0.20 |
| 21/ส.ค./56 | 6.52 | 6.51 | 6.47 | 6.50 | 0.03 |
| 22/ส.ค./56 | 6.34 | 6.40 | 6.39 | 6.38 | 0.03 |
| 23/ส.ค./56 | 6.84 | 7.29 | 7.24 | 7.12 | 0.25 |
| 24/ส.ค./56 | 7.15 | 7.06 | 7.08 | 7.10 | 0.05 |
| 25/ส.ค./56 | 7.13 | 7.07 | 7.12 | 7.11 | 0.03 |
| 26/ส.ค./56 | 7.15 | 6.95 | 7.00 | 7.03 | 0.10 |
| 27/ส.ค./56 | 7.12 | 7.00 | 7.04 | 7.05 | 0.06 |
| 28/ส.ค./56 | 7.21 | 7.22 | 7.26 | 7.23 | 0.03 |
| 29/ส.ค./56 | 7.25 | 7.27 | 7.22 | 7.25 | 0.03 |
| 30/ส.ค./56 | 7.51 | 7.57 | 7.53 | 7.54 | 0.03 |
| 31/ส.ค./56 | 7.36 | 7.36 | 7.30 | 7.34 | 0.03 |
| 1/ก.ย./56 | 7.18 | 7.24 | 7.22 | 7.21 | 0.03 |
| 2/ก.ย./56 | 7.49 | 7.49 | 7.49 | 7.49 | 0.00 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข 4-3** (ต่อ) ค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.1%)

| ว/ด/ป | ค่าความเป็นกรด-ด่าง | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **ครั้งที่ 1** | **ครั้งที่ 2** | **ครั้งที่ 3** | **ค่าเฉลี่ย** | **S.D.** |
| 3/ก.ย./56 | 7.12 | 7.14 | 7.04 | 7.12 | 0.03 |
| 4/ก.ย./56 | 7.19 | 7.23 | 7.21 | 7.21 | 0.02 |
| 5/ก.ย./56 | 7.29 | 7.29 | 7.27 | 7.28 | 0.01 |
| 6/ก.ย./56 | 6.97 | 7.00 | 7.00 | 6.99 | 0.02 |
| 7/ก.ย./56 | 6.77 | 6.79 | 6.79 | 6.78 | 0.01 |

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข 4-4** ค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.5%)

| ว/ด/ป | ค่าความเป็นกรด-ด่าง | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | ค่าเฉลี่ย | S.D. |
| 7/ส.ค./56 | 4.00 | 4.03 | 3.96 | 4.00 | 0.04 |
| 8/ส.ค./56 | 4.54 | 4.45 | 4.56 | 4.52 | 0.06 |
| 9/ส.ค./56 | 4.81 | 5.05 | 4.95 | 4.94 | 0.12 |
| 10/ส.ค./56 | 5.18 | 5.12 | 4.69 | 5.00 | 0.27 |
| 11/ส.ค./56 | 4.81 | 5.19 | 5.00 | 5.00 | 0.19 |
| 12/ส.ค./56 | 5.08 | 4.76 | 5.19 | 5.01 | 0.22 |
| 13/ส.ค./56 | 5.72 | 5.72 | 5.61 | 5.68 | 0.06 |
| 14/ส.ค./56 | 5.50 | 5.50 | 5.25 | 5.42 | 0.14 |
| 15/ส.ค./56 | 4.42 | 4.60 | 4.68 | 4.57 | 0.13 |
| 16/ส.ค./56 | 5.14 | 5.59 | 5.47 | 5.40 | 0.23 |
| 17/ส.ค./56 | 5.16 | 5.50 | 5.66 | 5.44 | 0.26 |
| 18/ส.ค./56 | 4.59 | 4.75 | 4.77 | 4.70 | 0.10 |
| 19/ส.ค./56 | 6.78 | 6.68 | 6.66 | 6.71 | 0.06 |
| 20/ส.ค./56 | 6.77 | 6.85 | 6.93 | 6.85 | 0.08 |
| 21/ส.ค./56 | 6.81 | 6.72 | 6.74 | 6.76 | 0.05 |
| 22/ส.ค./56 | 6.54 | 6.51 | 6.52 | 6.52 | 0.02 |
| 23/ส.ค./56 | 7.03 | 6.97 | 6.98 | 6.99 | 0.03 |
| 24/ส.ค./56 | 7.03 | 7.17 | 7.13 | 7.11 | 0.07 |
| 25/ส.ค./56 | 7.36 | 7.28 | 7.23 | 7.29 | 0.07 |
| 26/ส.ค./56 | 7.53 | 7.33 | 7.56 | 7.47 | 0.13 |
| 27/ส.ค./56 | 7.28 | 7.27 | 7.28 | 7.28 | 0.01 |
| 28/ส.ค./56 | 7.43 | 7.50 | 7.46 | 7.46 | 0.04 |
| 29/ส.ค./56 | 7.48 | 7.49 | 7.46 | 7.48 | 0.02 |
| 30/ส.ค./56 | 7.26 | 7.24 | 7.24 | 7.25 | 0.01 |
| 31/ส.ค./56 | 7.59 | 7.54 | 7.55 | 7.56 | 0.03 |
| 1/ก.ย./56 | 7.65 | 7.61 | 7.62 | 7.63 | 0.02 |
| 2/ก.ย./56 | 7.55 | 7.57 | 7.57 | 7.56 | 0.01 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข 4-4** (ต่อ) ค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.5%)

| ว/ด/ป | ค่าความเป็นกรด-ด่าง | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | ค่าเฉลี่ย | S.D. |
| 3/ก.ย./56 | 7.44 | 7.44 | 7.42 | 7.43 | 0.01 |
| 4/ก.ย./56 | 7.60 | 7.56 | 7.57 | 7.58 | 0.02 |
| 5/ก.ย./56 | 7.34 | 7.36 | 7.37 | 7.36 | 0.02 |
| 6/ก.ย./56 | 6.89 | 6.88 | 6.91 | 6.89 | 0.02 |
| 7/ก.ย./56 | 6.67 | 6.69 | 6.69 | 6.68 | 0.01 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข 4-5** ค่าความเป็นกรด-ด่างระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 5 เติมน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้

| ว/ด/ป | ค่าความเป็นกรด-ด่าง | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | ค่าเฉลี่ย | S.D. |
| 7/ส.ค./56 | 3.89 | 4.05 | 4.00 | 3.98 | 0.08 |
| 8/ส.ค./56 | 4.20 | 4.25 | 4.60 | 4.35 | 0.22 |
| 9/ส.ค./56 | 4.94 | 4.96 | 4.70 | 4.87 | 0.14 |
| 10/ส.ค./56 | 5.55 | 5.44 | 5.39 | 5.46 | 0.08 |
| 11/ส.ค./56 | 4.88 | 4.89 | 5.18 | 4.98 | 0.17 |
| 12/ส.ค./56 | 4.67 | 4.31 | 5.09 | 4.69 | 0.39 |
| 13/ส.ค./56 | 5.36 | 5.32 | 5.56 | 5.41 | 0.13 |
| 14/ส.ค./56 | 5.26 | 5.53 | 5.50 | 5.43 | 0.15 |
| 15/ส.ค./56 | 4.63 | 5.11 | 4.78 | 4.84 | 0.25 |
| 16/ส.ค./56 | 4.86 | 4.92 | 4.97 | 4.92 | 0.06 |
| 17/ส.ค./56 | 5.99 | 5.26 | 5.23 | 5.49 | 0.43 |
| 18/ส.ค./56 | 4.75 | 5.16 | 4.47 | 4.79 | 0.35 |
| 19/ส.ค./56 | 6.49 | 6.56 | 6.45 | 6.50 | 0.06 |
| 20/ส.ค./56 | 6.65 | 6.84 | 6.56 | 6.68 | 0.14 |
| 21/ส.ค./56 | 6.54 | 6.51 | 6.61 | 6.55 | 0.05 |
| 22/ส.ค./56 | 6.73 | 6.64 | 6.63 | 6.67 | 0.06 |
| 23/ส.ค./56 | 7.11 | 7.14 | 7.07 | 7.11 | 0.04 |
| 24/ส.ค./56 | 7.10 | 7.04 | 7.00 | 7.05 | 0.05 |
| 25/ส.ค./56 | 7.29 | 7.30 | 7.23 | 7.27 | 0.04 |
| 26/ส.ค./56 | 7.32 | 7.38 | 7.34 | 7.35 | 0.03 |
| 27/ส.ค./56 | 7.43 | 7.46 | 7.60 | 7.50 | 0.09 |
| 28/ส.ค./56 | 7.59 | 7.56 | 7.60 | 7.58 | 0.02 |
| 29/ส.ค./56 | 7.42 | 7.49 | 7.52 | 7.48 | 0.05 |
| 30/ส.ค./56 | 7.44 | 7.48 | 7.49 | 7.47 | 0.03 |
| 31/ส.ค./56 | 7.51 | 7.50 | 7.48 | 7.50 | 0.02 |
| 1/ก.ย./56 | 7.54 | 7.51 | 7.51 | 7.52 | 0.02 |
| 2/ก.ย./56 | 7.47 | 7.50 | 7.44 | 7.47 | 0.03 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข 4-5** (ต่อ) ค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 5 เติมน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้

| ว/ด/ป | ค่าความเป็นกรด-ด่าง | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | ค่าเฉลี่ย | S.D. |
| 3/ก.ย./56 | 7.35 | 7.36 | 7.32 | 7.34 | 0.02 |
| 4/ก.ย./56 | 7.50 | 7.50 | 7.50 | 7.50 | 0.00 |
| 5/ก.ย./56 | 7.73 | 7.78 | 7.73 | 7.75 | 0.03 |
| 6/ก.ย./56 | 7.42 | 7.41 | 7.39 | 7.41 | 0.02 |
| 7/ก.ย./56 | 6.92 | 6.90 | 6.94 | 6.92 | 0.02 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ข-5 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าของปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถัง

**ตารางที่ ข 5-1** ค่าการนำไฟฟ้า ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 1 ชุดควบคุม

| ว/ด/ป | ค่าการนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | ค่าเฉลี่ย | S.D. |
| 7/ส.ค./56 | 2.12 | 2.48 | 2.14 | 2.25 | 0.202 |
| 8/ส.ค./56 | 1.98 | 2.03 | 2.18 | 2.06 | 0.104 |
| 9/ส.ค./56 | 1.88 | 1.72 | 1.87 | 1.82 | 0.090 |
| 10/ส.ค./56 | 1.82 | 1.44 | 1.78 | 1.68 | 0.209 |
| 11/ส.ค./56 | 2.16 | 1.94 | 2.01 | 2.04 | 0.112 |
| 12/ส.ค./56 | 1.91 | 1.87 | 1.79 | 1.86 | 0.061 |
| 13/ส.ค./56 | 1.81 | 1.86 | 1.82 | 1.83 | 0.026 |
| 14/ส.ค./56 | 1.41 | 1.50 | 1.46 | 1.46 | 0.045 |
| 15/ส.ค./56 | 1.43 | 1.35 | 1.22 | 1.33 | 0.106 |
| 16/ส.ค./56 | 1.48 | 1.55 | 1.39 | 1.47 | 0.080 |
| 17/ส.ค./56 | 1.28 | 1.26 | 1.47 | 1.34 | 0.116 |
| 18/ส.ค./56 | 1.56 | 1.58 | 1.53 | 1.56 | 0.025 |
| 19/ส.ค./56 | 2.31 | 2.27 | 2.16 | 2.25 | 0.078 |
| 20/ส.ค./56 | 2.03 | 1.82 | 1.72 | 1.86 | 0.158 |
| 21/ส.ค./56 | 1.51 | 1.46 | 1.64 | 1.54 | 0.093 |
| 22/ส.ค./56 | 1.32 | 1.34 | 1.27 | 1.31 | 0.036 |
| 23/ส.ค./56 | 1.49 | 1.59 | 1.62 | 1.57 | 0.068 |
| 24/ส.ค./56 | 1.40 | 1.42 | 1.29 | 1.37 | 0.070 |
| 25/ส.ค./56 | 1.67 | 1.56 | 1.66 | 1.63 | 0.061 |
| 26/ส.ค./56 | 1.42 | 1.54 | 1.47 | 1.48 | 0.060 |
| 27/ส.ค./56 | 1.48 | 1.55 | 1.57 | 1.53 | 0.047 |
| 28/ส.ค./56 | 1.71 | 1.66 | 1.67 | 1.68 | 0.026 |
| 29/ส.ค./56 | 1.56 | 1.46 | 1.50 | 1.51 | 0.050 |
| 30/ส.ค./56 | 1.46 | 1.55 | 1.47 | 1.49 | 0.049 |
| 31/ส.ค./56 | 1.66 | 1.66 | 1.72 | 1.68 | 0.035 |
| 1/ก.ย./56 | 1.73 | 1.70 | 1.84 | 1.76 | 0.074 |
| 2/ก.ย./56 | 1.20 | 1.22 | 1.22 | 1.21 | 0.012 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข 5-1** ค่าการนำไฟฟ้าระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 1 ชุดควบคุม (ต่อ)

| วันที่ | ค่าการนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | ค่าเฉลี่ย | S.D. |
| 3/ก.ย./56 | 1.93 | 2.06 | 2.14 | 2.04 | 0.106 |
| 4/ก.ย./56 | 1.64 | 1.57 | 1.63 | 1.61 | 0.038 |
| 5/ก.ย./56 | 1.40 | 1.43 | 1.48 | 1.44 | 0.040 |
| 6/ก.ย./56 | 1.38 | 1.39 | 1.41 | 1.39 | 0.015 |
| 7/ก.ย./56 | 1.36 | 1.32 | 1.35 | 1.34 | 0.021 |

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข 5-2** ค่าการนำไฟฟ้า ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พด.1 (0.1%)

| ว/ด/ป | ค่าการนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | ค่าเฉลี่ย | S.D. |
| 7/ส.ค./56 | 2.05 | 2.03 | 1.96 | 2.01 | 0.047 |
| 8/ส.ค./56 | 1.34 | 2.00 | 1.99 | 1.78 | 0.378 |
| 9/ส.ค./56 | 1.89 | 1.56 | 1.93 | 1.79 | 0.203 |
| 10/ส.ค./56 | 1.86 | 2.05 | 1.96 | 1.96 | 0.095 |
| 11/ส.ค./56 | 1.86 | 1.87 | 1.86 | 1.86 | 0.006 |
| 12/ส.ค./56 | 1.72 | 1.84 | 1.77 | 1.78 | 0.060 |
| 13/ส.ค./56 | 1.93 | 1.83 | 1.87 | 1.88 | 0.050 |
| 14/ส.ค./56 | 1.62 | 1.47 | 1.62 | 1.57 | 0.087 |
| 15/ส.ค./56 | 1.41 | 1.38 | 1.38 | 1.39 | 0.017 |
| 16/ส.ค./56 | 1.49 | 1.58 | 1.48 | 1.52 | 0.055 |
| 17/ส.ค./56 | 1.44 | 1.50 | 1.53 | 1.49 | 0.046 |
| 18/ส.ค./56 | 1.54 | 1.53 | 1.49 | 1.52 | 0.026 |
| 19/ส.ค./56 | 2.04 | 2.14 | 1.69 | 1.96 | 0.236 |
| 20/ส.ค./56 | 2.10 | 2.26 | 2.12 | 2.16 | 0.087 |
| 21/ส.ค./56 | 1.40 | 1.42 | 1.42 | 1.41 | 0.012 |
| 22/ส.ค./56 | 1.37 | 1.36 | 1.31 | 1.35 | 0.032 |
| 23/ส.ค./56 | 1.61 | 1.67 | 1.40 | 1.56 | 0.142 |
| 24/ส.ค./56 | 1.27 | 1.38 | 1.45 | 1.37 | 0.091 |
| 25/ส.ค./56 | 1.42 | 1.50 | 1.49 | 1.47 | 0.044 |
| 26/ส.ค./56 | 1.50 | 1.49 | 1.40 | 1.46 | 0.055 |
| 27/ส.ค./56 | 1.68 | 1.54 | 1.71 | 1.64 | 0.091 |
| 28/ส.ค./56 | 1.38 | 1.47 | 1.51 | 1.45 | 0.067 |
| 29/ส.ค./56 | 1.51 | 1.46 | 1.48 | 1.48 | 0.025 |
| 30/ส.ค./56 | 1.51 | 1.50 | 1.55 | 1.52 | 0.026 |
| 31/ส.ค./56 | 1.75 | 1.83 | 1.67 | 1.75 | 0.080 |
| 1/ก.ย./56 | 1.72 | 1.67 | 1.72 | 1.70 | 0.029 |
| 2/ก.ย./56 | 1.20 | 1.15 | 1.21 | 1.19 | 0.032 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข 5-2** (ต่อ) ค่าการนำไฟฟ้า ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พด.1 (0.1%)

| ว/ด/ป | ค่าการนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | ค่าเฉลี่ย | S.D. |
| 3/ก.ย./56 | 1.95 | 2.01 | 2.00 | 1.99 | 0.032 |
| 4/ก.ย./56 | 1.55 | 1.48 | 1.53 | 1.52 | 0.036 |
| 5/ก.ย./56 | 1.34 | 1.30 | 1.40 | 1.35 | 0.050 |
| 6/ก.ย./56 | 1.38 | 1.40 | 1.40 | 1.39 | 0.012 |
| 7/ก.ย./56 | 1.32 | 1.38 | 1.36 | 1.35 | 0.031 |

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข 5-3** ค่าการนำไฟฟ้า ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.1%)

| ว/ด/ป | ค่าการนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | ค่าเฉลี่ย | S.D. |
| 7/ส.ค./56 | 1.78 | 2.24 | 2.08 | 2.03 | 0.234 |
| 8/ส.ค./56 | 2.11 | 2.28 | 2.28 | 2.22 | 0.098 |
| 9/ส.ค./56 | 1.70 | 1.90 | 2.10 | 1.90 | 0.200 |
| 10/ส.ค./56 | 2.03 | 2.09 | 2.06 | 2.06 | 0.030 |
| 11/ส.ค./56 | 2.2 | 2.24 | 2.34 | 2.26 | 0.072 |
| 12/ส.ค./56 | 2.11 | 1.95 | 1.65 | 1.90 | 0.234 |
| 13/ส.ค./56 | 2.08 | 2.00 | 2.03 | 2.04 | 0.040 |
| 14/ส.ค./56 | 1.68 | 1.57 | 1.61 | 1.62 | 0.056 |
| 15/ส.ค./56 | 1.70 | 1.74 | 1.74 | 1.73 | 0.023 |
| 16/ส.ค./56 | 1.45 | 1.71 | 1.49 | 1.55 | 0.140 |
| 17/ส.ค./56 | 1.31 | 1.33 | 1.44 | 1.36 | 0.070 |
| 18/ส.ค./56 | 1.49 | 1.32 | 1.49 | 1.43 | 0.098 |
| 19/ส.ค./56 | 2.25 | 2.10 | 2.00 | 2.12 | 0.126 |
| 20/ส.ค./56 | 1.84 | 2.44 | 2.12 | 2.13 | 0.300 |
| 21/ส.ค./56 | 1.74 | 1.84 | 1.68 | 1.75 | 0.081 |
| 22/ส.ค./56 | 1.34 | 1.34 | 1.32 | 1.33 | 0.012 |
| 23/ส.ค./56 | 1.62 | 1.76 | 1.67 | 1.68 | 0.071 |
| 24/ส.ค./56 | 1.49 | 1.52 | 1.59 | 1.53 | 0.051 |
| 25/ส.ค./56 | 1.64 | 1.67 | 1.59 | 1.63 | 0.040 |
| 26/ส.ค./56 | 1.59 | 1.55 | 1.58 | 1.57 | 0.021 |
| 27/ส.ค./56 | 1.51 | 1.47 | 1.55 | 1.51 | 0.040 |
| 28/ส.ค./56 | 1.60 | 1.68 | 1.58 | 1.62 | 0.053 |
| 29/ส.ค./56 | 1.50 | 1.48 | 1.48 | 1.49 | 0.012 |
| 30/ส.ค./56 | 1.70 | 1.60 | 1.66 | 1.65 | 0.050 |
| 31/ส.ค./56 | 1.73 | 1.76 | 1.73 | 1.74 | 0.017 |
| 1/ก.ย./56 | 1.73 | 1.82 | 1.85 | 1.80 | 0.062 |
| 2/ก.ย./56 | 1.17 | 1.12 | 1.12 | 1.14 | 0.029 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข 5-3** (ต่อ) ค่าการนำไฟฟ้า ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.1%)

| ว/ด/ป | ค่าการนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | ค่าเฉลี่ย | S.D. |
| 3/ก.ย./56 | 1.92 | 1.91 | 1.88 | 1.90 | 0.021 |
| 4/ก.ย./56 | 1.41 | 1.45 | 1.38 | 1.41 | 0.035 |
| 5/ก.ย./56 | 1.34 | 1.31 | 1.30 | 1.32 | 0.021 |
| 6/ก.ย./56 | 1.26 | 1.35 | 1.32 | 1.31 | 0.046 |
| 7/ก.ย./56 | 1.35 | 1.37 | 1.32 | 1.35 | 0.025 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข 5-4** ค่าการนำไฟฟ้า ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.5%)

| ว/ด/ป | ค่าการนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | ค่าเฉลี่ย | S.D. |
| 7/ส.ค./56 | 2.01 | 1.87 | 1.96 | 1.95 | 0.071 |
| 8/ส.ค./56 | 1.83 | 1.99 | 1.16 | 1.66 | 0.440 |
| 9/ส.ค./56 | 2.01 | 1.86 | 1.94 | 1.94 | 0.075 |
| 10/ส.ค./56 | 1.96 | 2.03 | 2.04 | 2.01 | 0.044 |
| 11/ส.ค./56 | 2.29 | 2.08 | 2.32 | 2.23 | 0.131 |
| 12/ส.ค./56 | 2.05 | 1.83 | 1.95 | 1.94 | 0.110 |
| 13/ส.ค./56 | 1.99 | 2.11 | 1.93 | 2.01 | 0.092 |
| 14/ส.ค./56 | 1.32 | 1.40 | 1.35 | 1.36 | 0.040 |
| 15/ส.ค./56 | 2.08 | 1.65 | 1.61 | 1.78 | 0.261 |
| 16/ส.ค./56 | 1.43 | 1.65 | 1.51 | 1.53 | 0.111 |
| 17/ส.ค./56 | 1.70 | 1.49 | 1.46 | 1.55 | 0.131 |
| 18/ส.ค./56 | 1.69 | 1.66 | 1.59 | 1.65 | 0.051 |
| 19/ส.ค./56 | 2.55 | 2.94 | 2.43 | 2.64 | 0.267 |
| 20/ส.ค./56 | 2.02 | 2.31 | 2.16 | 2.16 | 0.145 |
| 21/ส.ค./56 | 2.00 | 1.96 | 2.11 | 2.02 | 0.078 |
| 22/ส.ค./56 | 1.48 | 1.50 | 1.50 | 1.49 | 0.012 |
| 23/ส.ค./56 | 1.72 | 1.49 | 1.82 | 1.68 | 0.169 |
| 24/ส.ค./56 | 1.76 | 1.79 | 1.66 | 1.74 | 0.068 |
| 25/ส.ค./56 | 1.54 | 1.63 | 1.63 | 1.60 | 0.052 |
| 26/ส.ค./56 | 1.59 | 1.50 | 1.53 | 1.54 | 0.046 |
| 27/ส.ค./56 | 1.78 | 1.73 | 2.01 | 1.84 | 0.149 |
| 28/ส.ค./56 | 1.49 | 1.60 | 1.74 | 1.61 | 0.125 |
| 29/ส.ค./56 | 1.49 | 1.44 | 1.44 | 1.46 | 0.029 |
| 30/ส.ค./56 | 1.65 | 1.62 | 1.67 | 1.65 | 0.025 |
| 31/ส.ค./56 | 1.90 | 1.90 | 1.91 | 1.90 | 0.006 |
| 1/ก.ย./56 | 1.98 | 1.92 | 1.93 | 1.94 | 0.032 |
| 2/ก.ย./56 | 1.12 | 1.14 | 1.22 | 1.16 | 0.053 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข 5-4** (ต่อ) ค่าการนำไฟฟ้า ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.5%)

| วันที่ | ค่าการนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | ค่าเฉลี่ย | S.D. |
| 3/ก.ย./56 | 1.97 | 2.00 | 2.03 | 2.00 | 0.030 |
| 4/ก.ย./56 | 1.61 | 1.45 | 1.51 | 1.52 | 0.081 |
| 5/ก.ย./56 | 1.46 | 1.43 | 1.41 | 1.43 | 0.025 |
| 6/ก.ย./56 | 1.50 | 1.52 | 1.55 | 1.52 | 0.025 |
| 7/ก.ย./56 | 1.42 | 1.47 | 1.40 | 1.43 | 0.036 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข 5-5** ค่าการนำไฟฟ้า ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 5 เติมน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้

| ว/ด/ป | ค่าการนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | ค่าเฉลี่ย | S.D. |
| 7/ส.ค./56 | 1.88 | 2.27 | 1.66 | 1.94 | 0.309 |
| 8/ส.ค./56 | 2.30 | 2.44 | 1.39 | 2.04 | 0.570 |
| 9/ส.ค./56 | 1.75 | 1.78 | 1.96 | 1.83 | 0.114 |
| 10/ส.ค./56 | 1.96 | 2.00 | 1.55 | 1.84 | 0.249 |
| 11/ส.ค./56 | 1.95 | 2.02 | 1.91 | 1.96 | 0.056 |
| 12/ส.ค./56 | 1.95 | 1.95 | 2.15 | 2.02 | 0.115 |
| 13/ส.ค./56 | 1.95 | 1.99 | 2.14 | 2.03 | 0.100 |
| 14/ส.ค./56 | 1.57 | 1.61 | 1.61 | 1.60 | 0.023 |
| 15/ส.ค./56 | 1.59 | 1.75 | 1.51 | 1.62 | 0.122 |
| 16/ส.ค./56 | 1.66 | 1.51 | 1.39 | 1.52 | 0.135 |
| 17/ส.ค./56 | 1.36 | 1.30 | 1.29 | 1.32 | 0.038 |
| 18/ส.ค./56 | 1.79 | 1.54 | 1.69 | 1.67 | 0.126 |
| 19/ส.ค./56 | 2.06 | 2.23 | 2.02 | 2.10 | 0.112 |
| 20/ส.ค./56 | 2.48 | 2.01 | 2.06 | 2.18 | 0.258 |
| 21/ส.ค./56 | 1.72 | 1.62 | 1.79 | 1.71 | 0.085 |
| 22/ส.ค./56 | 1.45 | 1.48 | 1.34 | 1.42 | 0.074 |
| 23/ส.ค./56 | 1.68 | 1.76 | 1.68 | 1.71 | 0.046 |
| 24/ส.ค./56 | 1.55 | 1.60 | 1.62 | 1.59 | 0.036 |
| 25/ส.ค./56 | 1.58 | 1.68 | 1.62 | 1.63 | 0.050 |
| 26/ส.ค./56 | 1.65 | 1.65 | 1.56 | 1.62 | 0.052 |
| 27/ส.ค./56 | 1.40 | 1.39 | 1.45 | 1.41 | 0.032 |
| 28/ส.ค./56 | 1.52 | 1.59 | 1.60 | 1.57 | 0.044 |
| 29/ส.ค./56 | 1.44 | 1.40 | 1.33 | 1.39 | 0.056 |
| 30/ส.ค./56 | 1.47 | 1.48 | 1.58 | 1.51 | 0.061 |
| 31/ส.ค./56 | 1.82 | 1.78 | 1.81 | 1.80 | 0.021 |
| 1/ก.ย./56 | 1.69 | 1.79 | 1.68 | 1.72 | 0.061 |
| 2/ก.ย./56 | 1.18 | 1.14 | 1.17 | 1.16 | 0.021 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข 5-5** (ต่อ) ค่าการนำไฟฟ้า ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 5 เติมน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้

| ว/ด/ป | ค่าการนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | ค่าเฉลี่ย | S.D. |
| 3/ก.ย./56 | 1.85 | 1.92 | 1.89 | 1.89 | 0.035 |
| 4/ก.ย./56 | 1.50 | 1.42 | 1.47 | 1.46 | 0.040 |
| 5/ก.ย./56 | 1.30 | 1.27 | 1.28 | 1.28 | 0.015 |
| 6/ก.ย./56 | 1.41 | 1.32 | 1.27 | 1.33 | 0.071 |
| 7/ก.ย./56 | 1.39 | 1.36 | 1.32 | 1.36 | 0.035 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ข-6 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นของปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถัง

**ตารางที่ ข-6** ค่าความชื้นระหว่างการหมักของปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถัง

| สัปดาห์ที่ (ว/ด/ป) | ตัวอย่าง | ค่าความชื้น (%) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | ค่าเฉลี่ย | S.D. |
| เริ่มต้น (7/ส.ค./56) | ถังที่ 1 ชุดควบคุม | 75.79 | 73.79 | 72.95 | 74.18 | 1.459 |
| | ถังที่ 2 เติมสารเร่งจุนทรีย์ซุปเปอร์พด.1 (0.1%) | 64.22 | 68.56 | 67.57 | 66.78 | 2.274 |
| | ถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.1%) | 63.07 | 65.71 | 66.71 | 65.16 | 1.881 |
| | ถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.5%) | 61.73 | 71.40 | 65.79 | 66.31 | 4.856 |
| | ถังที่ 5 เติมน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้ | 69.01 | 66.42 | 67.62 | 67.68 | 1.296 |
| 1 (7/ส.ค./56) | ถังที่ 1 ชุดควบคุม | 68.73 | 61.72 | 62.22 | 64.22 | 3.911 |
| | ถังที่ 2 เติมสารเร่งจุนทรีย์ซุปเปอร์พด.1 (0.1%) | 70.95 | 66.56 | 70.35 | 69.29 | 2.380 |
| | ถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.1%) | 67.70 | 77.11 | 66.56 | 70.46 | 5.790 |
| | ถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.5%) | 57.71 | 64.90 | 60.39 | 61.00 | 3.634 |
| | ถังที่ 5 เติมน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้ | 76.93 | 70.59 | 69.13 | 72.23 | 4.147 |
| 2 (14/ส.ค./56) | ถังที่ 1 ชุดควบคุม | 70.39 | 71.79 | 72.62 | 71.60 | 1.127 |
| | ถังที่ 2 เติมสารเร่งจุนทรีย์ซุปเปอร์พด.1 (0.1%) | 67.41 | 67.32 | 70.42 | 68.38 | 1.764 |
| | ถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.1%) | 65.25 | 63.86 | 67.02 | 65.38 | 1.584 |
| | ถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.5%) | 65.91 | 65.77 | 65.13 | 65.60 | 0.416 |
| | ถังที่ 5 เติมน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้ | 67.44 | 66.79 | 65.92 | 66.72 | 0.763 |
| 3 (21/ส.ค./56) | ถังที่ 1 ชุดควบคุม | 69.97 | 63.82 | 68.07 | 67.29 | 3.149 |
| | ถังที่ 2 เติมสารเร่งจุนทรีย์ซุปเปอร์พด.1 (0.1%) | 69.83 | 70.53 | 73.14 | 71.17 | 1.744 |
| | ถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.1%) | 70.40 | 71.27 | 71.48 | 71.05 | 0.573 |
| | ถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.5%) | 70.32 | 70.57 | 70.69 | 70.53 | 0.189 |
| | ถังที่ 5 เติมน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้ | 69.74 | 70.35 | 71.70 | 70.60 | 1.003 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข-6** (ต่อ) ค่าความชื้นระหว่างการหมักของปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถัง

| สัปดาห์ที่ (ว/ด/ป) | ตัวอย่าง | ค่าความชื้น (%) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | ค่าเฉลี่ย | S.D. |
| 4 (28/ส.ค./56) | ถังที่ 1 ชุดควบคุม | 70.75 | 71.31 | 72.29 | 71.45 | 0.779 |
| | ถังที่ 2 เติมสารเร่งจุนทรีย์ซุปเปอร์พด.1 (0.1%) | 71.35 | 69.84 | 70.97 | 70.72 | 0.785 |
| | ถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.1%) | 68.90 | 69.52 | 68.08 | 68.83 | 0.722 |
| | ถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.5%) | 71.55 | 70.77 | 71.04 | 71.12 | 0.396 |
| | ถังที่ 5 เติมน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้ | 69.76 | 70.56 | 70.59 | 70.30 | 0.471 |
| 1 เดือน (7/ก.ย./56) | ถังที่ 1 ชุดควบคุม | 72.04 | 71.84 | 71.57 | 71.82 | 0.236 |
| | ถังที่ 2 เติมสารเร่งจุนทรีย์ซุปเปอร์พด.1 (0.1%) | 71.31 | 70.19 | 72.66 | 71.39 | 1.237 |
| | ถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.1%) | 71.31 | 71.41 | 70.80 | 71.17 | 0.327 |
| | ถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า(0.5%) | 72.18 | 71.21 | 72.11 | 71.83 | 0.541 |
| | ถังที่ 5 เติมน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้ | 72.70 | 72.12 | 71.24 | 72.02 | 0.735 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ค

# กราฟมาตรฐานจากการศึกษาธาตุอาหารในปุ๋ยและการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ค-1 การศึกษาปริมาณคาร์บอนทั้งหมดในปุ๋ยหมัก

**ตารางที่ ค-1**ปริมาณคาร์บอนทั้งหมดในปุ๋ยหมัก

| ระยะเวลา | ตัวอย่าง | ครั้งที่ | น้ำหนักตัวอย่าง (g) | %TC | ค่าเฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|
| เริ่มต้น | ผสมเริ่มต้น | 1 | 0.0804 | 52.17 | 52.98 |
| | | 2 | 0.0847 | 53.67 | |
| | | 3 | 0.0832 | 53.11 | |
| สัปดาห์ที่ 1 | ถังที่ 1 ชุดควบคุม | 1 | 0.0740 | 52.61 | 53.20 |
| | | 2 | 0.0744 | 53.42 | |
| | | 3 | 0.0746 | 53.56 | |
| | ถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ ซุปเปอร์ พด.1 (0.1%) | 1 | 0.0752 | 52.78 | 52.21 |
| | | 2 | 0.0746 | 52.68 | |
| | | 3 | 0.0739 | 51.17 | |
| | ถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ ทางการค้า (0.1%) | 1 | 0.0751 | 51.32 | 51.85 |
| | | 2 | 0.0763 | 52.38 | |
| | | 3 | 0.0759 | 51.84 | |
| | ถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ ทางการค้า (0.5%) | 1 | 0.0758 | 51.83 | 51.77 |
| | | 2 | 0.0752 | 51.79 | |
| | | 3 | 0.0751 | 51.70 | |
| | ถังที่ 5 เติมน้ำหมักชีวภาพจาก เปลือกผลไม้ | 1 | 0.0749 | 52.61 | 52.53 |
| | | 2 | 0.0748 | 52.57 | |
| | | 3 | 0.0740 | 52.4 | |
| สัปดาห์ที่ 2 | ถังที่ 1 ชุดควบคุม | 1 | 0.0755 | 50.61 | 50.48 |
| | | 2 | 0.0752 | 50.49 | |
| | | 3 | 0.0750 | 50.33 | |
| | ถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ ซุปเปอร์พด.1 (0.1%) | 1 | 0.0751 | 53.47 | 52.92 |
| | | 2 | 0.0755 | 53.15 | |
| | | 3 | 0.0752 | 52.13 | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ค-1** (ต่อ)ปริมาณคาร์บอนทั้งหมดในปุ๋ยหมัก

| ระยะเวลา | ตัวอย่าง | ครั้งที่ | น้ำหนักตัวอย่าง (g) | %TC | ค่าเฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|
| สัปดาห์ที่ 2 | ถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.1%) | 1 | 0.0752 | 52.97 | 52.75 |
| | | 2 | 0.0753 | 53.14 | |
| | | 3 | 0.0749 | 52.15 | |
| | ถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.5%) | 1 | 0.0749 | 52.71 | 53.16 |
| | | 2 | 0.0754 | 53.45 | |
| | | 3 | 0.0755 | 53.33 | |
| | ถังที่ 5 เติมน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้ | 1 | 0.0751 | 50.37 | 50.48 |
| | | 2 | 0.0754 | 50.59 | |
| | | 3 | 0.0753 | 50.47 | |
| สัปดาห์ที่ 3 | ถังที่ 1 ชุดควบคุม | 1 | 0.0759 | 49.53 | 49.43 |
| | | 2 | 0.0753 | 48.76 | |
| | | 3 | 0.0754 | 49.99 | |
| | ถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พด.1 (0.1%) | 1 | 0.0750 | 49.57 | 49.39 |
| | | 2 | 0.0744 | 48.42 | |
| | | 3 | 0.0755 | 50.19 | |
| | ถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.1%) | 1 | 0.0754 | 52.22 | 52.27 |
| | | 2 | 0.0759 | 52.56 | |
| | | 3 | 0.0753 | 52.04 | |
| | ถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.5%) | 1 | 0.0760 | 52.72 | 52.43 |
| | | 2 | 0.0760 | 53.25 | |
| | | 3 | 0.0759 | 51.32 | |
| | ถังที่ 5 เติมน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้ | 1 | 0.0759 | 50.87 | 50.53 |
| | | 2 | 0.0755 | 50.56 | |
| | | 3 | 0.0752 | 50.17 | |
| สัปดาห์ที่ 4 | ถังที่ 1 ชุดควบคุม | 1 | 0.0754 | 48.05 | 48.42 |
| | | 2 | 0.0756 | 48.19 | |
| | | 3 | 0.0758 | 49.03 | |
| | ถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์พด.1 (0.1%) | 1 | 0.0755 | 49.75 | 50.12 |
| | | 2 | 0.0758 | 50.28 | |
| | | 3 | 0.0759 | 50.34 | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ค-1** (ต่อ) ปริมาณคาร์บอนทั้งหมดในปุ๋ยหมัก

| ระยะเวลา | ตัวอย่าง | ครั้งที่ | น้ำหนักตัวอย่าง (g) | %TC | ค่าเฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|
| สัปดาห์ที่ 4 | ถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.1%) | 1 | 0.0758 | 52.42 | 52.43 |
| | | 2 | 0.0757 | 52.84 | |
| | | 3 | 0.0754 | 52.03 | |
| | ถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.5%) | 1 | 0.0751 | 52.74 | 53.08 |
| | | 2 | 0.0759 | 53.61 | |
| | | 3 | 0.0753 | 52.89 | |
| | ถังที่ 5 เติมน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้ | 1 | 0.0752 | 49.57 | 49.69 |
| | | 2 | 0.0751 | 49.43 | |
| | | 3 | 0.0754 | 50.07 | |
| 1 เดือน | ถังที่ 1 ชุดควบคุม | 1 | 0.0763 | 47.13 | 46.61 |
| | | 2 | 0.0725 | 46.19 | |
| | | 3 | 0.0731 | 46.51 | |
| | ถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พด.1 (0.1%) | 1 | 0.0780 | 48.11 | 47.92 |
| | | 2 | 0.0763 | 47.62 | |
| | | 3 | 0.0769 | 48.03 | |
| | ถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.1%) | 1 | 0.0766 | 60.84 | 60.33 |
| | | 2 | 0.0785 | 60.01 | |
| | | 3 | 0.0752 | 60.15 | |
| | ถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.5%) | 1 | 0.0749 | 50.03 | 50.12 |
| | | 2 | 0.0753 | 49.56 | |
| | | 3 | 0.0756 | 50.77 | |
| | ถังที่ 5 เติมน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้ | 1 | 0.0756 | 48.17 | 48.26 |
| | | 2 | 0.0750 | 48.07 | |
| | | 3 | 0.0753 | 48.53 | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ค-2 การศึกษาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยหมัก

### การคำนวณปริมาณไนโตรเจน

ตัวอย่างการคำนวณ

ปริมาณไนโตรเจนของปุ๋ยหมักเริ่มต้น

จากการวัดด้วยเครื่อง TOC/TN ได้ปริมาณไนโตรเจนเริ่มต้น เท่ากับ 89.19 mg/L

สารละลายตัวอย่าง 1000 mL มีไนโตรเจน 89.19 mg

ถ้าสารละลายตัวอย่าง 25 mL มีไนโตรเจนเท่ากับ $\frac{89.19\ \text{mg} \times 25\ \text{mL}}{1000\ \text{mL}} = 2.23\ \text{mg}$

ทำการเจือจางสารละลายตัวอย่าง 10 เท่า หรือ 25/2.5

ดังนั้นสารละลายตัวอย่าง 25 mL มีไนโตรเจนเท่ากับ 2.23 mg ×10 เท่า = 22.3 mg

ถ้าสารละลายตัวอย่าง 100 mL มีไนโตรเจนเท่ากับ $\frac{22.3\ \text{mg} \times 100\ \text{mL}}{25\ \text{mL}} = 89.2\ \text{mg}$

เริ่มต้นชั่งตัวอย่างปุ๋ยหมักมา 10.0012 g

ปริมาณไนโตรเจนจึงเท่ากับ $\frac{89.2\ \text{mg}}{10.0012\ \text{g}} \times \frac{1\ \text{g}}{1000\ \text{mg}} \times 100 = 0.89\ \%$

จากตัวอย่างการคำนวณข้างต้น นำไปคำนวณกับตัวอย่างเริ่มต้นครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจน (%) และนำไปคำนวณกับตัวอย่างปุ๋ยหมักเมื่อครบ 1 เดือน คือ ถังที่ 1 ถังหมักชุดควบคุม, ถังที่ 2 ถังหมักเติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พด.1 (0.1%), ถังที่ 3 ถังหมักเติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.1%), ถังที่ 4 ถังหมักเติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.5%), ถังที่ 5 ถังหมักเติมน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้ทำให้ทราบปริมาณไนโตรเจนดังตารางที่ ค-2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ค-2** ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยหมัก

| ระยะเวลา | ตัวอย่าง | ลำดับ | น้ำหนัก (g) | TN (mg/L) | %N | %N เฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|---|
| เริ่มต้น | ผสมเริ่มต้น | 1 | 10.0012 | 89.19 | 0.89 | 0.96 |
| | | 2 | 10.0015 | 88.94 | 0.89 | |
| | | 3 | 10.0016 | 109.80 | 1.10 | |
| สัปดาห์ที่ 1 | ถังที่ 1 ชุดควบคุม | 1 | 10.0010 | 107.20 | 1.07 | 1.08 |
| | | 2 | 10.0012 | 108.30 | 1.08 | |
| | | 3 | 10.0014 | 107.50 | 1.08 | |
| | ถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ ซุปเปอร์ พด.1 (0.1%) | 1 | 10.0019 | 110.30 | 1.10 | 1.11 |
| | | 2 | 10.0015 | 111.90 | 1.12 | |
| | | 3 | 10.0013 | 109.50 | 1.10 | |
| | ถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ ทางการค้า (0.1%) | 1 | 10.0017 | 116.50 | 1.16 | 1.09 |
| | | 2 | 10.0018 | 118.30 | 1.20 | |
| | | 3 | 10.0014 | 90.11 | 0.90 | |
| | ถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ ทางการค้า (0.5%) | 1 | 10.0017 | 105.24 | 1.05 | 1.06 |
| | | 2 | 10.0016 | 106.50 | 1.06 | |
| | | 3 | 10.0017 | 106.89 | 1.07 | |
| | ถังที่ 5 เติมน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้ | 1 | 10.0013 | 101.60 | 1.02 | 1.02 |
| | | 2 | 10.0016 | 101.70 | 1.02 | |
| | | 3 | 10.0011 | 102.90 | 1.03 | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ค-2** (ต่อ) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยหมัก

| ระยะเวลา | ตัวอย่าง | ลำดับ | น้ำหนัก (g) | TN (mg/L) | %N | %N เฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|---|
| สัปดาห์ที่ 2 | ถังที่ 1 ชุดควบคุม | 1 | 10.0043 | 274.10 | 1.37 | 1.39 |
| | | 2 | 10.0040 | 274.70 | 1.37 | |
| | | 3 | 10.0045 | 286.40 | 1.43 | |
| | ถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ ซุปเปอร์ พด.1 (0.1%) | 1 | 10.0037 | 237.90 | 1.19 | 1.20 |
| | | 2 | 10.0039 | 239.80 | 1.20 | |
| | | 3 | 10.0040 | 240.20 | 1.20 | |
| | ถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ ทางการค้า (0.1%) | 1 | 10.0039 | 232.10 | 1.16 | 1.15 |
| | | 2 | 10.0042 | 228.70 | 1.14 | |
| | | 3 | 10.0039 | 232.70 | 1.16 | |
| | ถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ ทางการค้า (0.5%) | 1 | 10.0037 | 271.80 | 1.36 | 1.38 |
| | | 2 | 10.0040 | 279.50 | 1.40 | |
| | | 3 | 10.0039 | 276.80 | 1.38 | |
| | ถังที่ 5 เติมน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้ | 1 | 10.0046 | 273.00 | 1.37 | 1.37 |
| | | 2 | 10.0044 | 270.50 | 1.35 | |
| | | 3 | 10.0045 | 276.60 | 1.38 | |
| สัปดาห์ที่ 3 | ถังที่ 1 ชุดควบคุม | 1 | 10.0005 | 314.00 | 1.57 | 1.61 |
| | | 2 | 10.0003 | 325.50 | 1.63 | |
| | | 3 | 10.0007 | 326.40 | 1.63 | |
| | ถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ ซุปเปอร์ พด.1 (0.1%) | 1 | 10.0018 | 297.70 | 1.49 | 1.46 |
| | | 2 | 10.0021 | 289.60 | 1.45 | |
| | | 3 | 10.0016 | 288.70 | 1.44 | |
| | ถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ ทางการค้า (0.1%) | 1 | 10.0006 | 284.30 | 1.42 | 1.41 |
| | | 2 | 10.0009 | 279.10 | 1.40 | |
| | | 3 | 10.0010 | 280.60 | 1.40 | |
| | ถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ ทางการค้า (0.5%) | 1 | 10.0009 | 308.60 | 1.54 | 1.53 |
| | | 2 | 10.0012 | 306.70 | 1.53 | |
| | | 3 | 10.0004 | 305.50 | 1.53 | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ค-2** (ต่อ) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยหมัก

| ระยะเวลา | ตัวอย่าง | ลำดับ | น้ำหนัก (g) | TN (mg/L) | %N | %N เฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|---|
| สัปดาห์ที่ 3 | ถังที่ 5 เติมน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้ | 1 | 10.0010 | 279.30 | 1.40 | 1.43 |
| | | 2 | 10.0009 | 292.90 | 1.46 | |
| | | 3 | 10.0012 | 286.60 | 1.43 | |
| สัปดาห์ที่ 4 | ถังที่ 1 ชุดควบคุม | 1 | 10.0007 | 345.20 | 1.73 | 1.73 |
| | | 2 | 10.0001 | 351.20 | 1.72 | |
| | | 3 | 10.0003 | 348.70 | 1.74 | |
| | ถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พด.1 (0.1%) | 1 | 10.0004 | 320.30 | 1.60 | 1.60 |
| | | 2 | 10.0007 | 324.10 | 1.62 | |
| | | 3 | 10.0002 | 315.50 | 1.58 | |
| | ถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.1%) | 1 | 10.0009 | 337.20 | 1.69 | 1.67 |
| | | 2 | 10.0006 | 330.80 | 1.65 | |
| | | 3 | 10.0010 | 333.70 | 1.67 | |
| | ถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.5%) | 1 | 10.0007 | 394.90 | 1.97 | 2.00 |
| | | 2 | 10.0012 | 416.30 | 2.08 | |
| | | 3 | 10.0005 | 391.60 | 1.96 | |
| | ถังที่ 5 เติมน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้ | 1 | 10.0015 | 398.90 | 1.99 | 2.01 |
| | | 2 | 10.0012 | 400.80 | 2.00 | |
| | | 3 | 10.0017 | 407.50 | 2.04 | |
| 1 เดือน | ถังที่ 1 ชุดควบคุม | 1 | 10.0015 | 185.90 | 1.86 | 2.19 |
| | | 2 | 10.0012 | 235.80 | 2.36 | |
| | | 3 | 10.0017 | 235.40 | 2.36 | |
| | ถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พด.1 (0.1%) | 1 | 10.0022 | 181.60 | 1.82 | 2.16 |
| | | 2 | 10.0025 | 230.00 | 2.30 | |
| | | 3 | 10.0026 | 235.40 | 2.36 | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ค-2** (ต่อ) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยหมัก

| ระยะเวลา | ตัวอย่าง | ลำดับ | น้ำหนัก (g) | TN (mg/L) | %N | %N เฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 เดือน | ถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.1%) | 1 | 10.0018 | 160.70 | 1.61 | 1.91 |
| | | 2 | 10.0020 | 205.80 | 2.06 | |
| | | 3 | 10.0021 | 205.40 | 2.06 | |
| | ถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.5%) | 1 | 10.0027 | 187.90 | 1.88 | 2.25 |
| | | 2 | 10.0030 | 238.60 | 2.40 | |
| | | 3 | 10.0029 | 246.70 | 2.47 | |
| | ถังที่ 5 เติมน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้ | 1 | 10.0027 | 159.40 | 1.60 | 1.91 |
| | | 2 | 10.0028 | 206.00 | 2.06 | |
| | | 3 | 10.0025 | 205.50 | 2.06 | |

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ค-3 การศึกษาอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน

**ตารางที่ ค-3** อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน

| ระยะเวลา | ตัวอย่าง | ครั้งที่ | %TC | %N | C/N ratio | เฉลี่ย | S.D. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| เริ่มต้น | ผสมเริ่มต้น | 1 | 52.17 | 0.89 | 58.62 | 55.78 | 6.56 |
| | | 2 | 53.67 | 0.89 | 60.44 | | |
| | | 3 | 53.11 | 1.10 | 48.28 | | |
| 1 สัปดาห์ | ถังที่ 1 ชุดควบคุม | 1 | 52.61 | 1.07 | 49.17 | 49.41 | 0.22 |
| | | 2 | 53.42 | 1.08 | 49.46 | | |
| | | 3 | 53.56 | 1.08 | 49.59 | | |
| | ถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ ซุปเปอร์ พด.1 (0.1%) | 1 | 52.78 | 1.10 | 47.98 | 47.18 | 0.74 |
| | | 2 | 52.68 | 1.12 | 47.04 | | |
| | | 3 | 51.17 | 1.10 | 46.52 | | |
| | ถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ ทางกาค้า (0.1%) | 1 | 51.32 | 1.16 | 44.09 | 48.45 | 7.93 |
| | | 2 | 52.38 | 1.20 | 43.65 | | |
| | | 3 | 51.84 | 0.90 | 57.60 | | |
| | ถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ ทางการค้า (0.5%) | 1 | 51.83 | 1.05 | 49.36 | 48.85 | 0.52 |
| | | 2 | 51.79 | 1.06 | 48.86 | | |
| | | 3 | 51.70 | 1.07 | 48.32 | | |
| | ถังที่ 5 เติมน้ำหมักชีวภาพ จากเปลือกผลไม้ | 1 | 52.61 | 1.02 | 51.78 | 51.50 | 0.46 |
| | | 2 | 52.57 | 1.02 | 51.74 | | |
| | | 3 | 52.4 | 1.028 | 50.97 | | |
| 2 สัปดาห์ | ถังที่ 1 ชุดควบคุม | 1 | 50.61 | 1.37 | 36.94 | 36.33 | 0.98 |
| | | 2 | 50.49 | 1.37 | 36.85 | | |
| | | 3 | 50.33 | 1.43 | 35.20 | | |
| | ถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ ซุปเปอร์ พด.1 (0.1%) | 1 | 53.47 | 1.19 | 44.93 | 44.22 | 0.75 |
| | | 2 | 53.15 | 1.20 | 44.29 | | |
| | | 3 | 52.13 | 1.20 | 43.44 | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ค-3** (ต่อ) อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน

| ระยะเวลา | ตัวอย่าง | ครั้งที่ | %TC | %N | C/N ratio | เฉลี่ย | S.D. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 สัปดาห์ | ถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางกาค้า (0.1%) | 1 | 52.97 | 1.16 | 45.66 | 45.74 | 0.83 |
| | | 2 | 53.14 | 1.14 | 46.61 | | |
| | | 3 | 52.15 | 1.16 | 44.96 | | |
| | ถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.5%) | 1 | 52.71 | 1.36 | 38.76 | 38.53 | 0.31 |
| | | 2 | 53.45 | 1.40 | 38.18 | | |
| | | 3 | 53.33 | 1.38 | 38.64 | | |
| | ถังที่ 5 เติมน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้ | 1 | 50.37 | 1.37 | 36.77 | 36.94 | 0.47 |
| | | 2 | 50.59 | 1.35 | 37.47 | | |
| | | 3 | 50.47 | 1.38 | 36.57 | | |
| 3 สัปดาห์ | ถังที่ 1 ชุดควบคุม | 1 | 49.53 | 1.57 | 31.55 | 30.71 | 0.82 |
| | | 2 | 48.76 | 1.63 | 29.91 | | |
| | | 3 | 49.99 | 1.63 | 30.67 | | |
| | ถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พด.1 (0.1%) | 1 | 49.57 | 1.49 | 33.27 | 33.84 | 0.88 |
| | | 2 | 48.42 | 1.45 | 33.39 | | |
| | | 3 | 50.19 | 1.44 | 34.85 | | |
| | ถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางกาค้า (0.1%) | 1 | 52.22 | 1.42 | 36.77 | 37.16 | 0.38 |
| | | 2 | 52.56 | 1.40 | 37.54 | | |
| | | 3 | 52.04 | 1.40 | 37.17 | | |
| | ถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.5%) | 1 | 52.72 | 1.54 | 34.23 | 34.19 | 0.63 |
| | | 2 | 53.25 | 1.53 | 34.80 | | |
| | | 3 | 51.32 | 1.53 | 33.54 | | |
| | ถังที่ 5 เติมน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้ | 1 | 50.87 | 1.40 | 36.34 | 35.35 | 0.88 |
| | | 2 | 50.56 | 1.46 | 34.63 | | |
| | | 3 | 50.17 | 1.43 | 35.08 | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ค-3** (ต่อ) อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน

| ระยะเวลา | ตัวอย่าง | ครั้งที่ | %TC | %N | C/N ratio | เฉลี่ย | S.D. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 สัปดาห์ | ถังที่ 1 ชุดควบคุม | 1 | 48.05 | 1.73 | 27.77 | 27.99 | 0.20 |
| | | 2 | 48.19 | 1.72 | 28.02 | | |
| | | 3 | 49.03 | 1.74 | 28.18 | | |
| | ถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ ซุปเปอร์ พด.1 (0.1%) | 1 | 49.75 | 1.60 | 31.09 | 31.33 | 0.46 |
| | | 2 | 50.28 | 1.62 | 31.04 | | |
| | | 3 | 50.34 | 1.58 | 31.86 | | |
| | ถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ ทางกาค้า (0.1%) | 1 | 52.42 | 1.69 | 31.02 | 31.40 | 0.55 |
| | | 2 | 52.84 | 1.65 | 32.02 | | |
| | | 3 | 52.03 | 1.67 | 31.16 | | |
| | ถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ ทางการค้า (0.5%) | 1 | 52.74 | 1.97 | 26.77 | 26.51 | 0.65 |
| | | 2 | 53.61 | 2.08 | 25.77 | | |
| | | 3 | 52.89 | 1.96 | 26.98 | | |
| | ถังที่ 5 เติมน้ำหมักชีวภาพ จากเปลือกผลไม้ | 1 | 49.57 | 1.99 | 24.91 | 24.72 | 0.18 |
| | | 2 | 49.43 | 2.00 | 24.72 | | |
| | | 3 | 50.07 | 2.04 | 24.54 | | |
| 1 เดือน | ถังที่ 1 ชุดควบคุม | 1 | 47.13 | 1.86 | 25.34 | 21.54 | 3.29 |
| | | 2 | 46.19 | 2.36 | 19.57 | | |
| | | 3 | 46.51 | 2.36 | 19.71 | | |
| | ถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ ซุปเปอร์ พด.1 (0.1%) | 1 | 48.11 | 1.82 | 26.49 | 22.52 | 3.45 |
| | | 2 | 47.62 | 2.30 | 20.70 | | |
| | | 3 | 48.03 | 2.36 | 20.35 | | |
| | ถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ ทางกาค้า (0.1%) | 1 | 60.84 | 1.61 | 37.79 | 32.04 | 4.98 |
| | | 2 | 60.01 | 2.06 | 29.13 | | |
| | | 3 | 60.15 | 2.06 | 29.20 | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ค-3** (ต่อ) อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน

| ระยะเวลา | ตัวอย่าง | ครั้งที่ | %TC | %N | C/N ratio | เฉลี่ย | S.D. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 เดือน | ถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.5%) | 1 | 50.03 | 1.88 | 26.61 | 26.61 | 3.47 |
| | | 2 | 49.56 | 2.40 | 20.65 | | |
| | | 3 | 50.77 | 2.47 | 20.55 | | |
| | ถังที่ 5 เติมน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้ | 1 | 48.17 | 1.60 | 30.11 | 25.67 | 3.85 |
| | | 2 | 48.07 | 2.06 | 23.33 | | |
| | | 3 | 48.53 | 2.06 | 23.56 | | |

## ค-4 การศึกษาปริมาณเถ้าในปุ๋ยหมัก

**การคำนวณปริมาณเถ้า**

$$\text{ปริมาณเถ้า (\%)} = \frac{\text{g ash}}{\text{g}} \times 100$$

g ash = น้ำหนักตัวอย่างหลังการเผา (g)

g = น้ำหนักตัวอย่างก่อนการเผา (g)

ตัวอย่างการคำนวณ

ปริมาณเถ้าเริ่มต้น

น้ำหนักตัวอย่างหลังการเผาครั้งที่ 1 เท่ากับ 0.2756 g

น้ำหนักตัวอย่างก่อนการเผาครั้งที่ 1 เท่ากับ 2.9780 g

$$\text{ปริมาณเถ้า (\%)} = \frac{0.2756\ \text{g}}{2.9780\ \text{g}} \times 100$$

$$= 9.2545\%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตัวอย่างการคำนวณข้างต้น นำไปคำนวณกับตัวอย่างเริ่มต้นครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยปริมาณเถ้า (%) และนำไปคำนวณกับตัวอย่างปุ๋ยหมักเมื่อครบ 1 เดือน คือ ถังที่ 1 ถังหมักชุดควบคุม, ถังที่ 2 ถังหมักเติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พด.1 (0.1%), ถังที่ 3 ถังหมักเติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.1%), ถังที่ 4 ถังหมักเติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.5%), ถังที่ 5 ถังหมักเติมน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้ ทำให้ทราบปริมาณเถ้าดังตารางที่ ค-4

**ตารางที่ ค-4** ปริมาณเถ้าในปุ๋ยหมัก

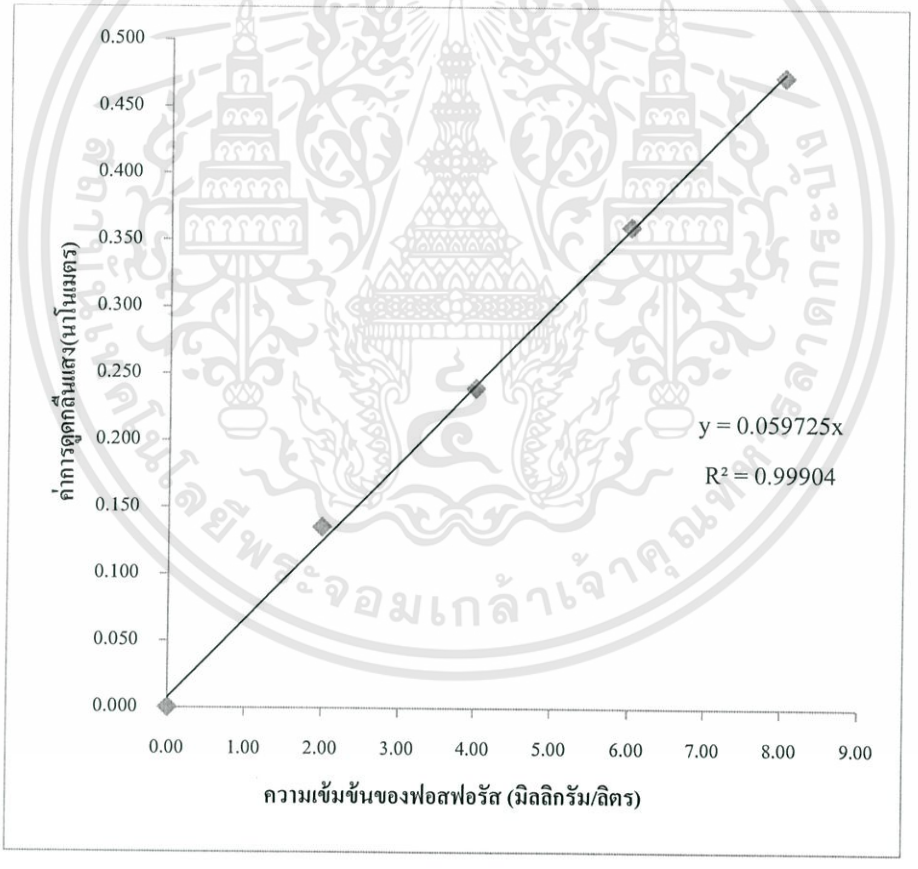
| ตัวอย่าง | ปริมาณเถ้า | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **ครั้งที่ 1** | **ครั้งที่ 2** | **ครั้งที่ 3** | **เฉลี่ย** | **S.D.** |
| เริ่มต้น | 9.2545 | 9.1986 | 9.2939 | 9.2490 | 0.048 |
| ถังที่ 1 ชุดควบคุม | 15.9414 | 15.8406 | 15.7661 | 15.8494 | 0.088 |
| ถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พด.1 (0.1%) | 16.2838 | 16.1629 | 16.2003 | 16.2157 | 0.062 |
| ถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.1%) | 15.9706 | 16.0113 | 16.1587 | 16.0469 | 0.099 |
| ถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.5%) | 16.1121 | 16.0558 | 16.2886 | 16.1522 | 0.121 |
| ถังที่ 5 เติมน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้ | 16.8455 | 16.2080 | 16.4401 | 16.4979 | 0.323 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ค-5 กราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัสกับค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร แสดงดังตารางที่ ค 5-1และรูปที่ ค-5**

**ตารางที่ ค 5-1** ข้อมูลค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส

| ความเข้มข้นของฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม/ลิตร) | ค่าการดูดกลืนแสง (420 นาโนเมตร) |
|---|---|
| 0 | 0.000 |
| 2 | 0.135 |
| 4 | 0.239 |
| 6 | 0.360 |
| 8 | 0.473 |




**รูปที่ ค-5** กราฟมาตรฐานฟอสฟอรัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**การคำนวณหาปริมาณฟอสฟอรัส**

$$\%\ P = \frac{r \times 100 \times d.f. \times 100}{10^6 \times s}$$

R = ค่าที่อ่านได้จากเครื่องหน่วยเป็น mg/L

d.f. = dilution factor เช่น 25/5 หรือ 25/1

S = น้ำหนักตัวอย่างที่ชั่ง

หมายเหตุ ; ถ้าต้องการผลวิเคราะห์ในรูปของ $P_2O_5$ ใช้ factor 2.2914 คูณค่า P ที่ได้

$$\%\ P_2O_5 = \%\ P \times 2.2914$$

**ตัวอย่างการคำนวณ**

ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดเริ่มต้น

ค่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสเริ่มต้นครั้งที่ 1 เท่ากับ 3.97 mg/L

$$\%P = \frac{3.97\ \frac{mg}{L} \times 100 \times \frac{25}{5} \times 100}{10^6 \times 1.0030\ g} = 0.1979$$

$$\%\ P_2O_5 = 0.1979 \times 2.2914 = 0.4535$$

จากตัวอย่างการคำนวณข้างต้น นำไปคำนวณกับตัวอย่างเริ่มต้นครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสฟอรัสในรูป $P_2O_5$ (%) และนำไปคำนวณกับตัวอย่างปุ๋ยหมักเมื่อครบ 1 เดือน คือ ถังที่ 1 ถังหมักชุดควบคุม, ถังที่ 2 ถังหมักเติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พด.1 (0.1%), ถังที่ 3 ถังหมักเติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.1%), ถังที่ 4 ถังหมักเติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.5%), ถังที่ 5 ถังหมักเติมน้ำหมักชีวภาพ ทำให้ทราบปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ค 5-2 การศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในปุ๋ยหมัก

**ตารางที่ ค5-2** ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในปุ๋ยหมัก

| ตัวอย่าง | ครั้งที่ | ค่าการดูดกลืนแสง | ปริมาณฟอสฟอรัสเทียบจากกราฟมาตรฐาน (มก./ล.) | ปริมาณฟอสฟอรัสในรูป $P_2O_5$ | ค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสฟอรัสในรูป $P_2O_5$ | S.D. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| เริ่มต้น | 1 | 0.237 | 3.97 | 0.4535 | 0.4174 | 0.040 |
| | 2 | 0.221 | 3.71 | 0.4239 | | |
| | 3 | 0.196 | 3.28 | 0.3749 | | |
| ถังที่ 1 ชุดควบคุม | 1 | 0.333 | 5.57 | 0.6366 | 0.6396 | 0.020 |
| | 2 | 0.325 | 5.44 | 0.6217 | | |
| | 3 | 0.345 | 5.78 | 0.6604 | | |
| ถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พด.1 (0.1%) | 1 | 0.448 | 7.49 | 0.8565 | 0.8487 | 0.027 |
| | 2 | 0.437 | 7.32 | 0.8710 | | |
| | 3 | 0.428 | 7.16 | 0.8187 | | |
| ถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.1%) | 1 | 0.319 | 5.34 | 0.6100 | 0.5861 | 0.024 |
| | 2 | 0.294 | 4.92 | 0.5623 | | |
| | 3 | 0.307 | 5.13 | 0.5859 | | |

**ตารางที่ ค 5-2** (ต่อ) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในปุ๋ยหมัก

| ตัวอย่าง | ครั้งที่ | ค่าการดูดกลืนแสง | ปริมาณฟอสฟอรัสเทียบจากกราฟมาตรฐาน (มก./ล.) | ปริมาณฟอสฟอรัสในรูป $P_2O_5$ | ค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสฟอรัสในรูป $P_2O_5$ | S.D. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.5%) | 1 | 0.368 | 6.16 | 0.7048 | 0.7274 | 0.035 |
| | 2 | 0.370 | 6.20 | 0.7091 | | |
| | 3 | 0.401 | 6.72 | 0.7683 | | |
| ถังที่ 5 เติมน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้ | 1 | 0.379 | 6.35 | 0.7264 | 0.7420 | 0.014 |
| | 2 | 0.390 | 6.54 | 0.7479 | | |
| | 3 | 0.393 | 6.57 | 0.7516 | | |

## ค-6 การศึกษาปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยหมัก

ตารางที่ ค-6 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยหมัก

| ตัวอย่าง | ปริมาณโพแทสเซียมในรูป K (%) | ปริมาณโพแทสเซียมในรูป $K_2O$ (%) |
|---|---|---|
| เริ่มต้น | 3.35 | 4.04 |
| ถังที่ 1 ชุดควบคุม | 4.92 | 5.93 |
| ถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พด.1 (0.1%) | 5.12 | 6.17 |
| ถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.1%) | 6.72 | 8.09 |
| ถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.5%) | 6.34 | 7.64 |
| ถังที่ 5 เติมน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้ | 5.33 | 6.43 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ง

# การศึกษาความเป็นพิษของปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ง-1 การศึกษาความเป็นพิษของปุ๋ยหมัก

**ตารางที่ ง-1** จำนวนเมล็ดที่งอกในจานเพาะเชื้อ

| ตัวอย่าง | ระยะเวลา (ชม.) | จำนวนเมล็ดที่งอก (เมล็ด) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | จานเพาะเชื้อที่ 1 | จานเพาะเชื้อที่ 2 | จานเพาะเชื้อที่ 3 | เฉลี่ย | S.D. |
| แบลงค์ (ใช้น้ำกลั่น) | 24 ชม | 9 | 10 | 9 | 9 | 0.577 |
| | 48 ชม | 10 | 10 | 10 | 10 | 0.000 |
| ถังที่ 1 ชุดควบคุม | 24 ชม | 10 | 10 | 10 | 10 | 0.000 |
| | 48 ชม | 10 | 10 | 10 | 10 | 0.000 |
| ถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์พด.1 (0.1%) | 24 ชม | 10 | 10 | 10 | 10 | 0.000 |
| | 48 ชม | 10 | 10 | 10 | 10 | 0.000 |
| ถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.1%) | 24 ชม | 10 | 10 | 10 | 10 | 0.000 |
| | 48 ชม | 10 | 10 | 10 | 10 | 0.000 |
| ถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.5%) | 24ชม | 10 | 10 | 10 | 10 | 0.000 |
| | 48 ชม | 10 | 10 | 10 | 10 | 0.000 |
| ถังที่ 5 น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้ | 24 ชม | 10 | 10 | 10 | 10 | 0.000 |
| | 48 ชม | 10 | 10 | 10 | 10 | 0.000 |
| กากตะกอนจากเครื่องผลิตปุ๋ยหมักและแก๊สชีวภาพ | 24 ชม | 10 | 10 | 10 | 10 | 0.000 |
| | 48 ชม | 10 | 10 | 10 | 10 | 0.000 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ง-2** ความยาวของลำต้นและรากของเมล็ดถั่วเขียว (เซนติเมตร) ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง

| ตัวอย่าง | ครั้งที่ | ความยาวราก (เซนติเมตร) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | เมล็ดที่ 1 | เมล็ดที่ 2 | เมล็ดที่ 3 | เมล็ดที่ 4 | เมล็ดที่ 5 | เมล็ดที่ 6 | เมล็ดที่ 7 | เมล็ดที่ 8 | เมล็ดที่ 9 | เมล็ดที่ 10 | เฉลี่ย | S.D. |
| แบลงค์ (ใช้น้ำกลั่น) | 1 | 1.0 | 0.9 | 1.8 | 2.0 | 2.2 | 2.6 | 2.5 | 1.9 | 0 0 | 0.8 | 1.57 | 0.850 |
| | 2 | 2.0 | 1.3 | 2.8 | 1.7 | 0.2 | 1.0 | 2.0 | 2.4 | 1 3 | 1.3 | 1.60 | 0.745 |
| | 3 | 1.7 | 2.3 | 1.3 | 1.5 | 0.0 | 1.8 | 1.7 | 0.8 | 2.0 | 0.9 | 1.40 | 0.675 |
| ถังที่ 1 ชุดควบคุม | 1 | 1.3 | 2.3 | 1.4 | 1.6 | 1.6 | 1.5 | 1.0 | 1.1 | 1.0 | 1.9 | 1.47 | 0.411 |
| | 2 | 0.8 | 1.5 | 2.0 | 1.2 | 1.5 | 1.3 | 1.8 | 1.5 | 1.0 | 1.1 | 1.37 | 0.365 |
| | 3 | 1.6 | 2.3 | 1.8 | 1.2 | 1.1 | 0.8 | 1.2 | 1.4 | 1.5 | 1.0 | 1.39 | 0.436 |
| ถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พด.1 (0.1%) | 1 | 1.6 | 2.2 | 2.2 | 0.5 | 1.0 | 1.3 | 1.2 | 1.2 | 1.4 | 1.0 | 1.36 | 0.530 |
| | 2 | 1.5 | 2.0 | 1.4 | 1.5 | 1.4 | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 1.5 | 1.0 | 1.51 | 0.264 |
| | 3 | 0.9 | 1.5 | 1.0 | 1.0 | 1.4 | 0.8 | 1.3 | 1.3 | 2.0 | 1.4 | 1.26 | 0.353 |
| ถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.1%) | 1 | 1.3 | 0.5 | 0.5 | 1.7 | 1.9 | 0.7 | 1.2 | 1.6 | 0.2 | 1.2 | 1.08 | 0.577 |
| | 2 | 1.0 | 1.3 | 1.7 | 1.0 | 1.4 | 1.0 | 1.7 | 1.6 | 1.4 | 2.2 | 1.43 | 0.386 |
| | 3 | 2.0 | 1.6 | 1.5 | 1.6 | 1.4 | 1.2 | 2.0 | 1.6 | 1.5 | 1.1 | 1.56 | 0.291 |
| ถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.5%) | 1 | 1.3 | 0.5 | 0.5 | 1.7 | 1.9 | 0.7 | 1.2 | 1.6 | 1.2 | 1.2 | 1.18 | 0.487 |
| | 2 | 1.0 | 2.0 | 1.2 | 1.4 | 2.4 | 0.5 | 1.0 | 2.0 | 2.0 | 1.8 | 1.53 | 0.600 |
| | 3 | 1.4 | 2.2 | 1.0 | 1.3 | 1.0 | 1.9 | 1.6 | 1.5 | 1.8 | 2.0 | 1.57 | 0.408 |

**ตารางที่ ง-2** (ต่อ) ความยาวของลำต้นและรากของเมล็ดถั่วเขียว (เซนติเมตร) ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง

| ตัวอย่าง | ครั้งที่ | ความยาวราก (เซนติเมตร) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | เมล็ดที่ 1 | เมล็ดที่ 2 | เมล็ดที่ 3 | เมล็ดที่ 4 | เมล็ดที่ 5 | เมล็ดที่ 6 | เมล็ดที่ 7 | เมล็ดที่ 8 | เมล็ดที่ 9 | เมล็ดที่ 10 | เฉลี่ย | S.D. |
| ถังที่ 5 น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้ | 1 | 1.6 | 1.8 | 2.0 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.4 | 2.1 | 1.6 | 1.3 | 1.62 | 0.274 |
| | 2 | 1.4 | 1.8 | 1.8 | 1.5 | 2.5 | 1.5 | 1.6 | 1.1 | 1.8 | 1.2 | 1.62 | 0.394 |
| | 3 | 1.2 | 1.8 | 2.0 | 1.3 | 1.5 | 1.5 | 1.4 | 1.5 | 2.7 | 0.9 | 1.58 | 0.496 |
| กากตะกอนจากเครื่องผลิตปุ๋ยหมักและแก๊สชีวภาพ | 1 | 0.9 | 0.5 | 0.8 | 1.8 | 1.2 | 0.6 | 1.7 | 1.1 | 0.8 | 0.8 | 1.02 | 0.437 |
| | 2 | 1.8 | 1.7 | 1.8 | 1.9 | 0.9 | 1.0 | 1.0 | 0.6 | 1.3 | 1.7 | 1.37 | 0.467 |
| | 3 | 1.7 | 2.0 | 1.7 | 1.5 | 1.5 | 1.3 | 1.0 | 0.0 | 0.8 | 0.8 | 1.23 | 0.589 |

**ตารางที่ ง-3** ความยาวของลำต้นและรากของเมล็ดถั่วเขียว (เซนติเมตร) ที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง

| ตัวอย่าง | ครั้งที่ | ความยาวราก (เซนติเมตร) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | เมล็ดที่ 1 | เมล็ดที่ 2 | เมล็ดที่ 3 | เมล็ดที่ 4 | เมล็ดที่ 5 | เมล็ดที่ 6 | เมล็ดที่ 7 | เมล็ดที่ 8 | เมล็ดที่ 9 | เมล็ดที่ 10 | เฉลี่ย | S.D. |
| แบลงค์ (ใช้น้ำกลั่น) | 1 | 1.4 | 1.0 | 4.0 | 5.2 | 5.5 | 4.0 | 5.5 | 5.0 | 0.8 | 1.0 | 3.3 | 2.044 |
| | 2 | 4.0 | 6.2 | 6.2 | 7.0 | 0.6 | 4.0 | 3.8 | 6.8 | 4.3 | 3.0 | 4.6 | 1.992 |
| | 3 | 4.5 | 4.5 | 5.5 | 5.8 | 0.3 | 6.7 | 5.2 | 1.8 | 3.5 | 2.5 | 4.0 | 1.993 |
| ถังที่ 1 ชุดควบคุม | 1 | 7.0 | 9.0 | 2.5 | 10.0 | 4.2 | 4.2 | 4.0 | 1.5 | 5.0 | 8.8 | 5.6 | 2.913 |
| | 2 | 2.2 | 5.0 | 5.0 | 8.6 | 5.0 | 3.5 | 5.0 | 3.0 | 6.0 | 2.5 | 4.6 | 1.901 |
| | 3 | 7.0 | 5.7 | 8.5 | 6.5 | 6.7 | 1.2 | 2.8 | 6.0 | 8.5 | 2.0 | 5.5 | 2.604 |
| ถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พด.1 (0.1%) | 1 | 4.5 | 11.5 | 7.0 | 1.5 | 1.0 | 8.0 | 7.0 | 3.3 | 6.5 | 4.5 | 5.5 | 3.177 |
| | 2 | 6.0 | 6.5 | 5.0 | 5.0 | 6.5 | 6.5 | 7.0 | 5.5 | 6.5 | 5.0 | 6.0 | 0.762 |
| | 3 | 4.0 | 5.0 | 1.5 | 5.0 | 7.0 | 3.0 | 6.0 | 5.0 | 2.0 | 5.0 | 4.4 | 1.733 |
| ถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.1%) | 1 | 6.0 | 4.5 | 7.5 | 7.5 | 6.0 | 3.0 | 5.0 | 8.0 | 5.0 | 2.0 | 5.5 | 1.964 |
| | 2 | 7.0 | 4.0 | 7.5 | 2.5 | 3.0 | 3.0 | 7.0 | 3.5 | 7.0 | 8.0 | 5.3 | 2.214 |
| | 3 | 9.0 | 5.5 | 5.5 | 5.0 | 4.0 | 6.0 | 4.5 | 3.5 | 5.0 | 2.5 | 5.1 | 1.739 |
| ถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.5%) | 1 | 4.5 | 3.0 | 2.0 | 6.0 | 6.0 | 1.5 | 9.5 | 5.5 | 4.5 | 6.0 | 4.9 | 2.334 |
| | 2 | 1.5 | 8.0 | 6.5 | 8.0 | 7.0 | 0.5 | 3.5 | 7.5 | 8.5 | 5.0 | 5.6 | 2.866 |

**ตารางที่ ง-3** (ต่อ) ความยาวของลำต้นและรากของเมล็ดถั่วเขียว (เซนติเมตร) ที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง

| ตัวอย่าง | ครั้งที่ | ความยาวราก (เซนติเมตร) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | เมล็ดที่ 1 | เมล็ดที่ 2 | เมล็ดที่ 3 | เมล็ดที่ 4 | เมล็ดที่ 5 | เมล็ดที่ 6 | เมล็ดที่ 7 | เมล็ดที่ 8 | เมล็ดที่ 9 | เมล็ดที่ 10 | เฉลี่ย | S.D. |
| ถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.5%) | 3 | 2.5 | 6.0 | 1.5 | 7.0 | 1.5 | 8.0 | 7.0 | 5.0 | 7.0 | 5.5 | 5.1 | 2.424 |
| ถังที่ 5 น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้ | 1 | 5.5 | 6.0 | 6.0 | 5.0 | 3.0 | 7.5 | 6.0 | 6.5 | 8.0 | 6.5 | 6.0 | 1.374 |
| | 2 | 4.8 | 5.0 | 6.0 | 7.5 | 9.0 | 4.5 | 4.5 | 6.0 | 4 5 | 5.5 | 5.7 | 1.489 |
| | 3 | 7.0 | 5.5 | 7.5 | 5.5 | 5.5 | 7.5 | 5.5 | 6.5 | 9 5 | 1.5 | 6.2 | 2.082 |
| กากตะกอนจากเครื่องผลิตปุ๋ยหมักและแก๊สชีวภาพ | 1 | 1.5 | 7.0 | 6.0 | 4.0 | 1.2 | 5.5 | 5.0 | 3.0 | 4 2 | 3.5 | 4.1 | 1.872 |
| | 2 | 9.0 | 3.0 | 3.5 | 7.0 | 3.0 | 6.0 | 3.0 | 2.0 | 6.0 | 5.0 | 4.8 | 2.227 |
| | 3 | 5.0 | 6.5 | 6.5 | 5.5 | 8.5 | 4.5 | 0.5 | 2.5 | 5.0 | 6.0 | 5.1 | 2.229 |

## ง-4 การคำนวณการย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์ของปุ๋ยหมักจากดัชนีการงอกของเมล็ดพืช

(กรมวิชาการเกษตร, 2551)

$$\text{ดัชนีการงอกของเมล็ดพืช} = \frac{\%\ \text{ความงอกในน้ำสกัดปุ๋ยหมัก} \times \text{ความยาวรากในน้ำสกัดปุ๋ยหมัก(cm)}}{\%\ \text{ความงอกในน้ำกลั่น} \times \text{ความยาวรากในน้ำกลั่น (cm)}} \times 100$$

$$\%\,\text{ความงอก} = \frac{\text{จำนวนเมล็ดที่งอกทั้งหมดต่อจานเพาะเชื้อที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง}}{\text{จำนวนเมล็ดทั้งหมดในจานเพาะเชื้อ}} \times 100$$

ตัวอย่างการคำนวณ

การย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์ของปุ๋ยหมักในถังหมักชุดควบคุม

เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดในน้ำกลั่น

$$\%\ \text{ความงอก} = \frac{10\ \text{เมล็ด}}{10\ \text{เมล็ด}} \times 100 = 100\ \%$$

เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดในน้ำสกัดปุ๋ยหมักชุดควบคุม

$$\%\ \text{ความงอก} = \frac{10\ \text{เมล็ด}}{10\ \text{เมล็ด}} \times 100 = 100\ \%$$

$$\text{ดัชนีการงอกของเมล็ดพืช} = \frac{100 \times 5.23\ \text{cm}}{100 \times 3.99\ \text{cm}} \times 100 = 131.08\ \%$$

จากตัวอย่างการคำนวณข้างต้น นำไปคำนวณกับตัวอย่างทั้งหมด คือ ถังที่ 2 ถังหมักเติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พด.1 (0.1%), ถังที่ 3 ถังหมักเติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.1%), ถังที่ 4 ถังหมักเติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.5%), ถังที่ 5 ถังหมักเติมน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้ ผลแสดงดังตารางที่ ง-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ง-4** ดัชนีการงอกของเมล็ด (%)

| ตัวอย่าง | ดัชนีการงอกของเมล็ด (%) |
|---|---|
| ถังที่ 1 ชุดควบคุม | 131.08 |
| ถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พด.1 (0.1%) | 131.83 |
| ถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.1%) | 131.58 |
| ถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.5%) | 129.83 |
| ถังที่ 5 น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกผลไม้ | 149.37 |
| กากตะกอนจากเครื่องผลิตปุ๋ยหมักและแก๊สชีวภาพ | 116.04 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก จ

# การวิเคราะห์ทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**จ-1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี One-Way ANOVA ของอุณหภูมิของการผลิตปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถัง**

**ตารางที่ จ-1** ANOVA; ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิของปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถัง

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 21.681 | 4 | 5.420 | 0.187 | 0.945 |
| Within Groups | 4496.773 | 155 | 29.011 | | |
| Total | 4518.454 | 159 | | | |

กำหนดให้ 1. $H_0$ : ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิของปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถังไม่แตกต่างกัน

$H_1$ : มีปุ๋ยหมักอย่างน้อยหนึ่งถังที่มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิแตกต่างจากปุ๋ยหมักถังอื่น

2. ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

จากตารางที่ จ-1 ผลการวิเคราะห์พบว่า ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม ความแปรปรวนภายในกลุ่ม มีค่า Sig. เท่ากับ 0.945 ซึ่งมีค่ามากกว่าระดับนัยความสำคัญที่กำหนด แสดงว่า ยอมรับ $H_0$ นั่นคือ ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

**จ-2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี One-Way ANOVA ของอัตราการยุบตัวของการผลิตปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถัง**

**ตารางที่ จ-2** ANOVA; ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการยุบตัวของปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถัง

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 0.597 | 4 | 0.149 | 0.029 | 0.998 |
| Within Groups | 797.638 | 155 | 5.146 | | |
| Total | 798.235 | 159 | | | |

กำหนดให้ 1. $H_0$ : ค่าเฉลี่ยของอัตราการยุบตัวของปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถังไม่แตกต่างกัน

$H_1$ : มีปุ๋ยหมักอย่างน้อยหนึ่งถังที่มีค่าเฉลี่ยของอัตราการยุบตัวแตกต่างจากปุ๋ยหมักถังอื่น

2. ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ จ-2 ผลการวิเคราะห์พบว่า ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม ความแปรปรวนภายในกลุ่ม มีค่า Sig. เท่ากับ 0.998 ซึ่งมีค่ามากกว่าระดับนัยความสำคัญที่กำหนด แสดงว่า ยอมรับ $H_0$ นั่นคือ ค่าเฉลี่ยของอัตราการยุบตัวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

## จ-3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี One-Way ANOVA ของค่าความเป็นกรด-ด่างของการผลิตปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถัง

**ตารางที่ จ-3** ANOVA; ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเป็นกรด-ด่างของปุ๋ยหมัก ทั้ง 5 ถัง

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 0.107 | 4 | 0.027 | 0.022 | 0.999 |
| Within Groups | 190.593 | 155 | 1.230 | | |
| Total | 190.700 | 159 | | | |

กำหนดให้ 1. $H_0$ : ค่าเฉลี่ยของค่าความเป็นกรด-ด่างของปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถังไม่แตกต่างกัน

$H_1$ : มีปุ๋ยหมักอย่างน้อยหนึ่งถังที่มีค่าเฉลี่ยของค่าความเป็นกรด-ด่างแตกต่างจากปุ๋ยหมักถังอื่น

2. ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

จากตารางที่ จ-3 ผลการวิเคราะห์พบว่า ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม ความแปรปรวนภายในกลุ่ม มีค่า Sig. เท่ากับ 0.999 ซึ่งมีค่ามากกว่าระดับนัยความสำคัญที่กำหนด แสดงว่า ยอมรับ $H_0$ นั่นคือ ค่าเฉลี่ยของค่าความเป็นกรด-ด่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**จ-4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี One-Way ANOVA ของค่าการนำไฟฟ้าของการผลิตปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถัง**

**ตารางที่ จ-4** ANOVA; ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการนำไฟฟ้าของปุ๋ยหมัก ทั้ง 5 ถัง

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 0.266 | 4 | 0.066 | 0.921 | 0.454 |
| Within Groups | 11.181 | 155 | 0.072 | | |
| Total | 11.446 | 159 | | | |

กำหนดให้ 1. $H_0$ : ค่าเฉลี่ยของค่าการนำไฟฟ้าของปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถังไม่แตกต่างกัน

$H_1$ : มีปุ๋ยหมักอย่างน้อยหนึ่งถังที่มีค่าเฉลี่ยของค่าการนำไฟฟ้าแตกต่างจากปุ๋ยหมักถังอื่น

2. ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

จากตารางที่ จ-4 ผลการวิเคราะห์พบว่า ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม ความแปรปรวนภายในกลุ่ม มีค่า Sig. มีค่าเท่ากับ 0.454 ซึ่งมีค่ามากกว่าระดับนัยความสำคัญที่กำหนด แสดงว่ายอมรับ $H_0$ นั่นคือ ค่าเฉลี่ยของค่าการนำไฟฟ้าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

**จ-5 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี One-Way ANOVA ของค่าความชื้นของการผลิตปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถัง**

**ตารางที่ จ-5** ANOVA; ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความชื้นของปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถัง

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 23.596 | 4 | 5.899 | 0.629 | 0.646 |
| Within Groups | 234.492 | 25 | 9.380 | | |
| Total | 258.088 | 29 | | | |

กำหนดให้ 1. $H_0$ : ค่าเฉลี่ยของค่าความชื้นของปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถังไม่แตกต่างกัน

$H_1$ : มีปุ๋ยหมักอย่างน้อยหนึ่งถังที่มีค่าเฉลี่ยของค่าความชื้นแตกต่างจากปุ๋ยหมักถังอื่น

2. ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ จ-5 ผลการวิเคราะห์พบว่า ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม ความแปรปรวนภายในกลุ่ม มีค่า Sig. เท่ากับ 0.646 ซึ่งมีค่ามากกว่าระดับนัยความสำคัญที่กำหนด แสดงว่า ยอมรับ $H_0$ นั่นคือ ค่าเฉลี่ยของค่าความชื้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

## จ-6 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี One-Way ANOVA ของปริมาณคาร์บอนทั้งหมดของการผลิตปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถัง

**ตารางที่ จ-6** ANOVA; ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณคาร์บอนทั้งหมดของปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถัง

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 49.898 | 4 | 12.475 | 2.395 | 0.077 |
| Within Groups | 130.209 | 25 | 5.208 | | |
| Total | 180.108 | 29 | | | |

กำหนดให้ 1. $H_0$ : ค่าเฉลี่ยของปริมาณคาร์บอนทั้งหมดของปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถังไม่แตกต่างกัน

$H_1$ : มีปุ๋ยหมักอย่างน้อยหนึ่งถังที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณคาร์บอนทั้งหมดแตกต่างจากปุ๋ยหมักถังอื่น

2. ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

จากตารางที่ จ-6 ผลการวิเคราะห์พบว่า ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม ความแปรปรวนภายในกลุ่ม มีค่า Sig. มีค่าเท่ากับ 0.077 ซึ่งมีค่ามากกว่าระดับนัยความสำคัญที่กำหนด แสดงว่า ยอมรับ $H_0$ นั่นคือ ค่าเฉลี่ยของปริมาณคาร์บอนทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## จ-7 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี One-Way ANOVA ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของการผลิตปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถัง

**ตารางที่ จ-7** ANOVA; ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถัง

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 0.100 | 4 | 0.025 | 0.128 | 0.971 |
| Within Groups | 4.901 | 25 | 0.196 | | |
| Total | 5.001 | 29 | | | |

กำหนดให้ 1. $H_0$ : ค่าเฉลี่ยของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถังไม่แตกต่างกัน

$H_1$ : มีปุ๋ยหมักอย่างน้อยหนึ่งถังที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดแตกต่างจากปุ๋ยหมักถังอื่น

2. ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

จากตารางที่ จ-7 ผลการวิเคราะห์พบว่า ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม ความแปรปรวนภายในกลุ่ม มีค่า Sig. เท่ากับ 0.971 ซึ่งมีค่ามากกว่าระดับนัยความสำคัญที่กำหนด แสดงว่า ยอมรับ $H_0$ นั่นคือ ค่าเฉลี่ยของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

## จ-8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของการผลิตปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถัง

**ตารางที่ จ-8** ANOVA; ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถัง

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 75.466 | 4 | 18.867 | 0.130 | 0.970 |
| Within Groups | 3623.319 | 25 | 144.933 | | |
| Total | 3698.786 | 29 | | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดให้ 1. $H_0$ : ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถังไม่แตกต่างกัน

$H_1$ : มีปุ๋ยหมักอย่างน้อยหนึ่งถังที่มีค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนแตกต่างจากปุ๋ยหมักถังอื่น

2. ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

จากตารางที่ จ-8 ผลการวิเคราะห์พบว่า ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม ความแปรปรวนภายในกลุ่ม มีค่า Sig. เท่ากับ 0.970 ซึ่งมีค่ามากกว่าระดับนัยความสำคัญที่กำหนด แสดงว่า ยอมรับ $H_0$ นั่นคือ ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

## จ-9ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี One-Way ANOVA ของปริมาณเถ้าของการผลิตปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถัง

**ตารางที่ จ-9** ANOVA; ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณเถ้าของปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถัง

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 0.098 | 4 | 0.024 | 0.001 | 1.000 |
| Within Groups | 118.922 | 5 | 23.784 | | |
| Total | 119.020 | 9 | | | |

กำหนดให้ 1. $H_0$ : ค่าเฉลี่ยของปริมาณเถ้าของปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถังไม่แตกต่างกัน

$H_1$ : มีปุ๋ยหมักอย่างน้อยหนึ่งถังที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณเถ้าแตกต่างจากปุ๋ยหมักถังอื่น

2. ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

จากตารางที่ จ-9 ผลการวิเคราะห์พบว่า ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม ความแปรปรวนภายในกลุ่ม มีค่า Sig. เท่ากับ 1.000 ซึ่งมีค่ามากกว่าระดับนัยความสำคัญที่กำหนด แสดงว่า ยอมรับ $H_0$ นั่นคือ ค่าเฉลี่ยของปริมาณเถ้าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดให้ 1. $H_0$ : ค่าเฉลี่ยของปริมาณโพแทสเซียมของปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถังไม่แตกต่างกัน

$H_1$ : มีปุ๋ยหมักอย่างน้อยหนึ่งถังที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณโพแทสเซียมแตกต่างจากปุ๋ยหมักถังอื่น

2. ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

จากตารางที่ จ-11 ผลการวิเคราะห์พบว่า ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม ความแปรปรวนภายในกลุ่ม มีค่า Sig. เท่ากับ 0.976 ซึ่งมีค่ามากกว่าระดับนัยความสำคัญที่กำหนด แสดงว่า ยอมรับ $H_0$ นั่นคือ ค่าเฉลี่ยของปริมาณโพแทสเซียมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

## จ-12 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี One-Way ANOVA ของอัตราการย่อยสลายสมบูรณ์ของการผลิตปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถัง

**ตารางที่ จ-12** ANOVA; ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการย่อยสลายสมบูรณ์ของปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถัง

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 140.305 | 4 | 35.076 | 0.004 | 1.000 |
| Within Groups | 45391.489 | 5 | 9078.298 | | |
| Total | 45531.794 | 9 | | | |

กำหนดให้ 1. $H_0$ : ค่าเฉลี่ยของอัตราการย่อยสลายสมบูรณ์ของปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถังไม่แตกต่างกัน

$H_1$ : มีปุ๋ยหมักอย่างน้อยหนึ่งถังที่มีค่าเฉลี่ยของอัตราการย่อยสลายสมบูรณ์แตกต่างจากปุ๋ยหมักถังอื่น

2. ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

จากตารางที่ จ-12 ผลการวิเคราะห์พบว่า ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม ความแปรปรวนภายในกลุ่ม มีค่า Sig. เท่ากับ 1.000 ซึ่งมีค่ามากกว่าระดับนัยความสำคัญที่กำหนด แสดงว่า ยอมรับ $H_0$ นั่นคือ ค่าเฉลี่ยของอัตราการย่อยสลายสมบูรณ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้