รหัสโครงการ SUT7-715-46-12-33

รายงานการวิจัย

การผลิตปุ๋ยอินทรีย์น้ำและปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากเศษผักและผลไม้ของตลาดเมืองใหม่สุรนคร

Organic Liquid Manure and Organic Fertilizer Pellet Production from Vegetable residue and Fruit Bits of the Talad Muangemai Suranakhon

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

อาจารย์สนั่น ตั้งสถิตย์

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ได้รับเงินทุนอุดหนุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปีงบประมาณ พ.ศ. 2546

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

30 มีนาคม พ.ศ. 2553

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่อง "การผลิตปุ๋ยอินทรีย์น้ำและปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากเศษผักและผลไม้ ของตลาดเมืองใหม่สุรนคร" ได้รับการสนับสนุนงบประมาณ ซึ่งเป็นทุนอุดหนุนการวิจัยทั้งหมดจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2546

สำหรับความสำเร็จของโครงการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้รับความช่วยเหลือและสนับสนุนจาก

1. รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ที่คอยดูแลเรื่องงบประมาณ ระยะเวลาการทำงาน รวมทั้งระยะเวลาในการส่งรายงาน
2. นายสมพงษ์ น้อยสระแมว ที่ร่วมเป็นผู้ช่วยวิจัยและเพื่อน ช่วยดำเนินการทำวิจัยนี้อย่างจริงจังและต่อเนื่อง จนบรรลุผลสำเร็จ
3. นางสาวดุรยา ชาติเงี้ยว ที่ทุ่มเทเพียรพยายามช่วยพิมพ์ ต้นฉบับ และตรวจสอบแก้ไขให้รายงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี
4. นางสาวนารี กลิ่นกลาง ผู้คอยทักท้วง และติดตามเอกสารของผู้วิจัยให้ผู้บังคับบัญชาลงลายมือในเอกสารของผู้วิจัย
5. นางณิชชาภัทร สิทธิคุณ เลขานุการสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ที่ให้ความช่วยเหลือ ประสานต่างๆ มากมาย

ท้ายที่สุดนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอแสดงความขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อสถาบันวิจัยและพัฒนาและสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้โอกาสผู้วิจัยได้ทำงานวิจัยนี้ ตลอดบุคคลต่าง ๆ ที่ได้กล่าวนามในข้างต้นทุกท่าน ที่คอยให้กำลังใจตลอดมา จนทำให้โครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

อาจารย์สนั่น ตั้งสถิตย์
หัวหน้าโครงการวิจัย
30 มีนาคม พ.ศ. 2553

บทคัดย่อ

เศษผักผลและผลไม้ที่เกิดขึ้นในตลาดเมืองใหม่สุรนคร จังหวัดนครราชสีมา นำมาผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์น้ำและปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากกากปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่เกิดขึ้น การศึกษาแบ่งได้ 2 ขั้นตอน คือ (1) การผลิตปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ตามอัตราส่วนของของเสียต่อกากน้ำตาลต่อน้ำ เท่ากับ 3:1:10 โดยน้ำหนัก (2) การเพิ่มปริมาณของเสียและองค์ประกอบในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์น้ำและปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด โดยทั้ง 2 ขั้นตอน ศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์น้ำและปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ร้อยละของผลผลิตที่ได้ของปุ๋ยอินทรีย์น้ำต่อปริมาณของเสียที่ใช้ ร้อยละของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดต่อปริมาณของเสียที่ใช้ ผลของระยะเวลาในการหมักต่อสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์น้ำและปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด เมื่อใช้ของเสียที่ใช้ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์น้ำมีปริมาณเท่ากัน ผลของการเพิ่มปริมาณของเสียต่อสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์น้ำและปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด เมื่อใช้เวลาในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ระยะเวลาเท่ากัน

ผลจากการศึกษา พบว่า การผลิตปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากเศษผักและผลไม้ โดยไม่เติมเชื้อจุลินทรีย์ตามอัตราส่วน 3:1:10 โดยน้ำหนัก ของของเสียต่อกากน้ำตาลต่อน้ำ เกิดการย่อยสลายของเสียได้มากที่สุด โดยใช้เวลาหมัก 7 วัน ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง มีค่า 3.32 ค่าการนำไฟฟ้า มีค่า 7.28 เดซิซิเมนต่อเมตร ร้อยละอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจน มีค่า 9.3 และ 0.7 ตามลำดับ และสมบัติปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ได้มีสมบัติตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์น้ำ นอกจากนี้กากเปียกของปุ๋ยอินทรีย์ยังสามารถนำมาปุ๋ยเป็นปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดได้อีกด้วย มีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน เท่ากับ 13.9 โดยมีค่าตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์

ปุ๋ยอินทรีย์น้ำสามารถผลิตจากของเสียดังกล่าว ในอัตราส่วนที่มากกว่า 3:1:10 โดยน้ำหนักได้ และการเพิ่มองค์ประกอบในการหมัก ช่วยให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้มากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเติมปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 ลงไปในของเสียที่นำมาผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์น้ำ โดยสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์น้ำและปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ยังคงมีสมบัติตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์น้ำและปุ๋ยอินทรีย์ ตามลำดับ

ปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากเศษผักและผลไม้ที่เติมรำละเอียด มีสมบัติไม่แตกต่างกันจากปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ไม่เติมเชื้อจุลินทรีย์ ส่วนปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่เติมเชื้อจุลินทรีย์เพียงอย่างเดียว มีสมบัติดีกว่าปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ไม่เติมเชื้อจุลินทรีย์และปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่เติมทั้งรำละเอียดและเติมเชื้อจุลินทรีย์ มีสมบัติดีที่สุด แต่ปริมาณปุ๋ยที่ได้ลดลง เพราะเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ดีกว่าทุกกรณี

ร้อยละของกากเปียกต่อเศษผักและผลไม้ ที่ใช้เวลาหมัก 10 วัน สำหรับของเสียปริมาณ 4.5 กิโลกรัม และ 7 กิโลกรัม มีค่า 61.1-71.3 และ 59.7-62.6 ตามลำดับ และร้อยละของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดต่อเศษผักและผลไม้ มีค่า 29.3-31.6 และ 26.4-27.3 สำหรับของเสียปริมาณ 4.5 กิโลกรัม และ 7 กิโลกรัม ตามลำดับ

ร้อยละของกากเปียกต่อเศษผักและผลไม้ ปริมาณของเสีย 4.5 กิโลกรัม สำหรับระยะเวลาการหมัก 10 วัน และ 15 วัน มีค่า 52.0-59.1 และ 53.1-58.9 ตามลำดับ และร้อยละของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดต่อเศษผักและผลไม้ มีค่า 26.2-29.8 และ 23.1-26.3 สำหรับระยะเวลาการหมัก 10 วัน และ 15 วัน ตามลำดับ

เมื่อเพิ่มระยะเวลาหมักให้มีค่ามากขึ้น พบว่า สมบัติของปุ๋ยอินทรีย์น้ำมีค่าลดลง ที่ปริมาณของเสียในการหมักมีค่าเท่ากัน เนื่องจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ในของเสียโดยจุลินทรีย์ มีแนวโน้มลดลง เพราะจุลินทรีย์เกิดการย่อยสลายได้ดีที่ 7 วัน และจะมีค่าลดลงเมื่อใช้ระยะเวลาในการหมักมากขึ้น เนื่องจากปริมาณจุลินทรีย์ในกระบวนการหมักมีค่าลดลง

เมื่อเพิ่มปริมาณของเสียให้มากขึ้น สมบัติของปุ๋ยอินทรีย์น้ำมีค่าลดลง เมื่อใช้ระยะเวลาหมักเท่ากัน เนื่องจากการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์มีค่าลดลงและอัตราส่วนของจุลินทรีย์ต่อปริมาณของเสียมีค่าลดลง

สมบัติของปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ได้จากเศษผักและผลไม้ ทั้ง 2 สูตร มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 3.32-3.37 มีค่าการนำไฟฟ้า 7.14-7.25 เดซิซีเมนต่อเมตร ค่าร้อยละอินทรีย์คาร์บอน 18.8-20.5 และค่าร้อยละไนโตรเจน 1.06-1.36 โดยมีค่าตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์น้ำของกรมส่งเสริมการเกษตร

ABSTRACT

This research aims to study the production of organic manure liquid and organic fertilizer pellet from vegetable residue and fruit bits of the Talad Muangemai Suranakhon, Nakhon rachasima. Methodology in this research could be classified into 2 steps : the production of organic manure liquid following to the ratio of waste to molasses to tap water 3:1:10 by weight. And the increasing of quantity of waste and the more components in the production effect of the properties of products. In 2 steps of the study in this research concerning the physical properties of products (wetted organic manure, dried organic manure and also organic fertilized pellet), the chemical properties of products, the percentage of yield wetted fertilizer cake to waste and also the percentage of gained organic fertilized pellet to waste. Furthermore, the effect of increase in quantity of waste on the properties of products and also the effect of increase in compost time of waste on the properties of products.

Results showed that organic manure liquid could be produced from waste without added microorganism by the ratio of waste to molasses to tap 3:1:10 by weight, the maximum organic quantity decomposed occurring at 7^{th} day, the pH average is 3.32, the conductivity average is 7.28, the average of percentage of organic and nitrogen are 9.3 and 0.7, respectively. The properties of the organic liquid products are according to the standard value of organic liquid manure. Moreover, wetted cake of organic manure liquid could be compressed and change into organic pellet fertilizer which has properties according to the standard value of organic fertilizer.

Organic liquid manure could be produced by increase more than ratio 3:1:10 by weight. More components in the production of fertilizer, more organic decomposed by microbes especially in the case of added pellet fertilizer from step 1.and also properties of these products met the standard values.

Organic manure liquid products added rice barn had no different properties of organic manure liquid without added any matter. And the properties of products which added microbes had more than those of product without added any matter. And also the products which both added rice barn and microbes had the best properties.

The percentage of wetted fertilizer cake to waste using compost periods 10 days, 4.5 kilogram of wastes and 7.0 kilograms of wastes were 61.1-71.3 and 59.7-62.6, respectively. And the percentages of organic fertilized pellet to waste at thc same conditions were 29.3-31.6 and 26.4-27.3 for 5 kilogram of waste and 7.0 kilograms of wastes, respectively.

The percentage of wetted fertilizer cake to 4.5 kilograms of waste, using compost periods 10 days and 15 days were 52.0-59.1 and 53.1-58.9, respectively. And the percentage of organic fertilized pellet to waste at the same conditions were 26.2-29.8 and 23.1-26.3 for using 10 days of compost period and 15 days of compost period, respectively.

When increasing of the compost periods and at the same quantity of waste condition, results shows the properties of organic manure liquid trend to decreasing due to microbes could be maximized decomposition of organic matter within 7 days, and then the decomposition of organic matter continue decreased when more compost periods due to less quantity of microbes in the compost.

Increasing of the quantity of waste and at the same compost period condition, the properties of organic manure liquid trend to decreasing due to the decomposition of organic matter decreased and also the ratio of microbes to waste was decreased.

The properties of organic liquid fertilizer from formulae 1 and formulae 2 had pH range 3.32-3.37, electrical conductivity range 7.14-7.25 ds/m, percentage of organic carbon range 18.8-20.5 and percentage of nitrogen range 1.06-1.36. And also the properties of gained organic liquid manure are according to the standard value of organic liquid fertilizer.

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง
สารบัญ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ซ
สารบัญภาพ ..... ฌ
บทที่ 1 บทนำ
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 4
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 4
บทที่ 2 หลักการของปุ๋ยอินทรีย์
2.1 หลักการของปุ๋ยอินทรีย์ 5
2.1.1 ชนิดของอินทรียวัตถุ 5
2.1.2 ส่วนประกอบของอินทรียวัตถุ 6
2.2 เกษตรอินทรีย์ 6
2.2.1 คำจำกัดความ 8
2.3 ชนิดของปุ๋ย 9
2.3.1 ข้อดีและข้อเสียของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี 9
2.4 กระบวนการหมักทำปุ๋ยอินทรีย์น้ำ 10
2.4.1 สารอาหารในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ 11
2.4.2 ชนิดของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ 11
2.4.3 ประโยชน์ของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ 11
2.4.4 ขั้นตอนของกระบวนการหมักทำปุ๋ยอินทรีย์น้ำ 13
2.4.5 สารเร่งการเจริญเติบโตในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ 14
2.4.6 มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์น้ำ 14

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5 ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด 15
2.5.1 ปัจจัยในการปั้นปุ๋ยอินทรีย์ให้เป็นเม็ด 15
2.5.2 มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ 20
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย
3.1 การวางแนวคิดในงานวิจัย 21
3.2 วัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือในการทดลอง 21
3.2.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 21
3.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 22
3.3 พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์ 23
3.4 กระบวนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์น้ำและปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด 23
3.4.1 กระบวนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์น้ำ 23
3.4.2 กระบวนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด 26
3.4.3 กระบวนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในงานวิจัย 27
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล
4.1 คุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ใช้ในงานวิจัย 28
4.2 ผลของระยะเวลาหมักต่อคุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ 31
4.3 ผลของปริมาณของเสียต่อคุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ 38
4.4 ร้อยละผลผลิตของกากเปียก กากแห้ง และปุ๋ยเม็ด 42
4.5 เปรียบเทียบสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ได้กับมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์น้ำ 45
บทที่ 5 บทสรุป
5.1 สรุปผลการวิจัย 47
5.2 ข้อเสนอแนะ 47
บรรณานุกรม 49
ประวัติผู้วิจัย 53
ภาคผนวก 54

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

2.1 องค์ประกอบของปุ๋ยน้ำชนิดต่างๆ 13
3.1 คุณสมบัติกากน้ำตาลที่ใช้ในการทดลอง 22
3.2 พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์ (ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ กากเปียกและกากแห้งของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ, ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด) 23
3.3 องค์ประกอบของวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการทำปุ๋ยอินทรีย์น้ำ 24
3.4 ช่วงเวลาเก็บตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์น้ำและกากปุ๋ยอินทรีย์น้ำไปวิเคราะห์ โดยใช้ระยะเวลาหมัก 10 วัน และ 15 วัน ตามลำดับ 24
4.1 คุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์น้ำและปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด 30
4.2 ร้อยละของกากเปียกต่อวัตถุดิบรวม, ร้อยละของกากเปียกต่อเศษผักและผลไม้ ปริมาณ 4.5 กิโลกรัม ที่ระยะเวลาหมัก 10 วัน และ 15 วัน 32
4.3 ปริมาณจุลินทรีย์ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ที่ระยะเวลา 10 วัน และ 15 วัน เมื่อใช้ปริมาณของเสีย (ก) 4.5 กิโลกรัม (ข) 7 กิโลกรัม 35
4.4 ร้อยละผลผลิตของกากเปียก กากแห้ง และปุ๋ยเม็ด 42
4.5 เปรียบเทียบสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ได้กับมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์น้ำ 46

สารบัญภาพ

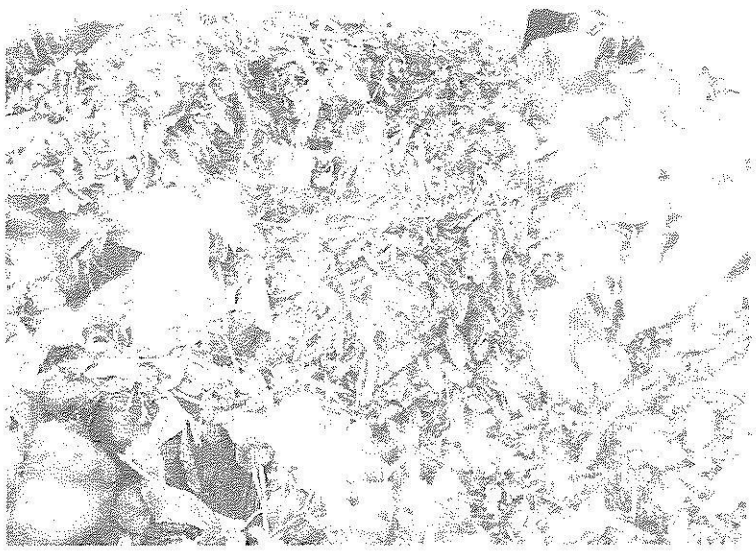
ภาพ **หน้า**

1.1 กองขยะของตลาดเมืองใหม่สุรนคร จังหวัดนครราชสีมา 1
2.1 ขั้นตอนของกระบวนการทำปุ๋ยอินทรีย์น้ำ 13
2.2 เครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์แบบเกลียวอัด 17
2.3 เครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์แบบลูกกลิ้ง 18
2.4 ท่อปั้นเม็ด 19
2.5 จานปั้นเม็ด 19
3.1 กระบวนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์น้ำ 25
3.2 กระบวนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด 26
4.1 การเปลี่ยนแปลงของสารอินทรีย์ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ 29
4.2 อัตราการเปลี่ยนแปลงสารอินทรีย์ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ 29
4.3 อัตราส่วนค่าของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) ของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ 31
4.4 คุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ จากเศษผักและผลไม้ ปริมาณ 4.5 กิโลกรัม ที่ระยะเวลาหมัก 10 วัน และ 15 วัน (ก) ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (ข) ค่าการนำไฟฟ้า (ค) ปริมาณสารอินทรีย์ไนโตรเจน (ง) ปริมาณไนโตรเจน (จ) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน 33
4.5 คุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ จากเศษผักและผลไม้ ปริมาณ 7 กิโลกรัม ที่ระยะเวลาหมัก 10 วัน และ 15 วัน (ก) ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (ข) ค่าการนำไฟฟ้า (ค) ปริมาณสารอินทรีย์ไนโตรเจน (ง) ปริมาณไนโตรเจน (จ) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน 36
4.6 คุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ที่ใช้ปริมาณของเสีย 4.5 กิโลกรัม และ 7 กิโลกรัม ที่ระยะเวลาหมัก 10 วัน (ก) ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (ข) ค่าการนำไฟฟ้า (ค) ปริมาณสารอินทรีย์ไนโตรเจน (ง) ปริมาณไนโตรเจน (จ) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน 38
4.7 คุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ที่ใช้ปริมาณของเสีย 4.5 กิโลกรัม และ 7 กิโลกรัม ที่ระยะเวลาหมัก 15 วัน (ก) ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (ข) ค่าการนำไฟฟ้า (ค) ปริมาณสารอินทรีย์ไนโตรเจน (ง) ปริมาณไนโตรเจน (จ) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน 40
4.8 ร้อยละผลผลิต ที่ระยะเวลาหมัก 10 วัน เมื่อใช้ปริมาณของเสีย 4.5 กิโลกรัม และ 7 กิโลกรัม (ก) กากเปียก (ข) กากแห้ง (ค) ปุ๋ยเม็ด 43
4.9 ร้อยละผลผลิต ที่ระยะเวลาหมัก 15 วัน เมื่อใช้ปริมาณของเสีย 4.5 กิโลกรัม และ 7 กิโลกรัม (ก) กากเปียก (ข) กากแห้ง (ค) ปุ๋ยเม็ด 44

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

เศษผักและผลไม้ที่เกิดขึ้นในแต่ละวันของตลาดเมืองใหม่สุรนคร จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งเก็บมาจากแผงขายส่งภายในตลาดแห่งนี้ โดยพนักงานของตลาดและของร้านค้าขายส่งนำมากองรวมกับขณะอื่น ๆ มีอยู่ประมาณ 1.5 – 2 ตัน ดังภาพที่ 1.1 จากนั้นผู้ที่ดูแลกองขยะของตลาดแห่งนี้ คัดแยกเอาขยะที่นำกลับมาขายได้ เช่น กระดาษ ถังพลาสติก ขวดพลาสติก เข่ง ลังพลาสติกเก่าเป็นต้น ออกจากขยะกองดังกล่าว ส่วนที่เหลือจากการคัดแยกแล้วพนักงานขับรถตักของทางตลาด ตักเอาขยะส่วนที่เหลือดังกล่าวใส่รถสิบล้อจำนวน 2 คัน เพื่อนำไปฝังกลบที่หลุมฝังกลบขยะของทหาร ซึ่งเรียกว่า “ป่าช้าจีน” ซึ่งตั้งอยู่ที่หัวทะเล จังหวัดนครราชสีมา โดยผู้ทำวิจัยและผู้ร่วมวิจัยทำการเก็บคัดแยกเอาเฉพาะเศษผักและผลไม้ ในช่วงเวลาที่ไม่มีการทิ้งขยะและไม่มีการตักขยะใส่ขนเก็บขน สำหรับช่วงเวลาในการตักขยะโดยพนักงานของตลาดไม่แน่นอน ขึ้นกับปริมาณขยะที่นำมากองรวมกันและเวลาในการขนถ่ายขยะโดยรถสิบล้อไม่แน่นอนเช่นกัน เพราะคนขับรถตักขยะใส่รถสิบล้อและคนขับรถสิบล้อในการขนถ่ายขยะเป็นคนเดียวกัน ทำให้ก่อให้เกิดปัญหาต่อการเก็บขนของส่วนของเศษผักและเศษผลไม้ของผู้วิจัยและผู้ร่วมวิจัยเป็นอย่างมาก อย่างไรก็ตามแม้ว่าปัญหาดังกล่าวไม่สามารถควบคุมได้ คณะผู้วิจัยได้เพียรพยายามทำงานวิจัยชิ้นนี้ให้สำเร็จลุล่วงจนได้



ภาพที่ 1.1 กองขยะของตลาดเมืองใหม่สุรนคร จังหวัดนครราชสีมา

การจัดการขยะมูลฝอยของตลาดเมืองใหม่สุรนคร จังหวัดนครราชสีมา ประกอบไปด้วยการคัดแยกขยะมูลฝอยของพ่อค้าแม่ค้าขายส่ง การเก็บขนโดยพนักงานของตลาดและคนว่าจ้างของพ่อค้าแม่ค้าขายส่งมายังสถานีรวบรวมขยะมูลฝอย การคัดแยกขยะส่วนที่นำไปขายได้และอาจมีการคัดแยกเศษผักและผลไม้เพื่อส่งให้กับผู้เลี้ยงหมูป่าเป็นบางครั้ง และการขนส่งขยะจากสถานีรวบรวมของตลาดเพื่อนำไปฝังกลบในหลุมฝังกลบ (Landfill) ที่ป่าช้าจีน เนื่องจากสถานีรวบรวมขยะมูลฝอยของตลาดแห่งนี้มีขนาดความยาว 50 เมตร และความกว้าง 10 เมตร และพื้นทำด้วยปูนซีเมนต์ประกอบกับตั้งอยู่ห่างจากถนนมิตรภาพ-หนองคาย ประมาณ 15 เมตร โดยข้างหน้าสถานีเก็บรวบรวมขยะมูลฝอยเป็นทุ่งหญ้าและมีการปลูกกล้วยของผู้ดูแลขยะ จึงช่วยลดปัญหามลภาวะทางสายตาไปได้ เนื่องจากเศษผักและผลไม้ของตลาดแห่งนี้มีปริมาณมาก แม้ว่าผู้เลี้ยงหมูป่าหรือหมูบ้าน นำเศษผักและผลไม้ดังกล่าวไปใช้ในการเลี้ยงสัตว์ก็ตาม ปริมาณของการนำกลับไปใช้เป็นอาหารแก่สัตว์เลี้ยง มีค่าเพียงร้อยละ 0.5-1 ของปริมาณเศษผักและผลไม้ ดังนั้นขยะส่วนที่เหลือจึงยังเป็นปัญหาของตลาดแห่งนี้อยู่ ซึ่งต้องทำการเก็บขน เพื่อนำไปฝังกลบทุกๆ วัน

การฝังกลบช่วยแก้ปัญหาเรื่องขยะล้นตลาดแห่งนี้ เมื่อพิจารณาแนวทางในการใช้ประโยชน์จากขยะส่วนของเศษผักและผลไม้ด้วยวิธีอื่นๆ เช่น การทำปุ๋ย การผลิตเป็นผงคาร์บอน เป็นต้น พบว่าวิธีอื่นๆ ที่ไม่ใช่การฝังกลบ มีข้อดีหลายประการ เช่น ลดค่าเสียค่าใช้จ่ายไปโดยเปล่าประโยชน์ ในการฝังกลบขยะ และยังทำให้หลุมฝังกลบเต็มเร็ว ในอดีตกลุ่มส่งเสริมกสิกรรมไร้สารพิษวังน้ำเขียว [1] เคยว่าจ้างรถกระบะหรือรถ 6 ล้อ มาเก็บเศษผักและเศษผลไม้จากตลาดแห่งนี้ เพื่อนำไปทำปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพหรือหัวเชื้อปุ๋ยน้ำ เนื่องจากขยะดังกล่าวมีปริมาณมากเกินความต้องการของกลุ่มดังกล่าว ประกอบกับระยะทางในการเก็บขนไกล ประมาณ 85 กิโลเมตร รวมทั้งภาชนะในการทำปุ๋ยไม่เพียงพอในการใช้งาน และปุ๋ยน้ำที่ได้จากถัง 1 ใบ สามารถใช้งานได้นานและใช้ต่อเชื้อในการหมักทำปุ๋ยได้ด้วย ทำให้กลุ่มดังกล่าวข้างต้นไม่ค่อยมาเก็บขนขยะส่วนที่เป็นเศษผักและผลไม้บ่อยครั้ง แม้ว่าในบางเดือนทางตลาด ทำการผลิตปุ๋ยอินทรีย์น้ำขึ้นใช้เองจากเศษผักและผลไม้ เพื่อนำไปใช้ในการลดปัญหาเรื่องกลิ่นของขยะ ต้องทำการผสมปุ๋ยอินทรีย์น้ำกับน้ำ เพื่อล้างห้องน้ำ ล้างพื้นตลาด ท่อระบายน้ำภายในตลาด

ความสำเร็จแห่งหนึ่งในการลดปัญหาขยะส่วนของเศษผักและผลไม้ ใบไม้ กิ่งไม้ ที่เกิดขึ้นในประเทศไทย คือ การผลิตดินอินทรีย์ ของเทศบาลนครนครพิษณุโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งชุมชนบรมไตรโลกนารถ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา [2] ซึ่งก่อให้เกิดรายได้ส่วนหนึ่งกลับขึ้นให้กับชุมชนและยังช่วยลดภาพของถังขยะตั้งอยู่หน้าบ้านของแต่ละชุมชนหรือบ้านแต่ละหลัง นอกจากนี้ขยะส่วนที่ขายได้ เช่น ขวด พลาสติก กระดาษ เป็นต้น ก็มีการนำรวมเก็บรวบรวมและทำการซื้อขายในลักษณะของธนาคารขยะ พอขยะมีปริมาณมากพอ ก็ส่งขายให้แก่ร้านรับซื้อของเก่า และก่อให้เกิดธุรกิจเฟรนชายส์ รับซื้อของเก่า ในนามของวงษ์พาณิชย์ ซึ่งธุรกิจดังกล่าวช่วยลดปริมาณขยะลงไป

ได้ ร้อยละ 50 และความสำเร็จอีกแห่ง คือ ที่เทศบาลลำพูน จังหวัดลำพูน ก็ประสบความสำเร็จในการลดปริมาณขยะอินทรีย์ลงไปได้ประมาณร้อยละ 48 โดยความสำเร็จของโครงการแห่งนี้เกิดขึ้นได้เพราะมีการรณรงค์และสร้างจิตสำนึกให้กับเด็กนักเรียน ครู ประธานชุมชน ชาวบ้าน ผู้ปกครอง และได้รับการสนับสนุนจากสถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท) และรัฐบาลญี่ปุ่น ซึ่งการทำปุ๋ยอินทรีย์น้ำของโครงการแห่งนี้ ประกอบด้วยขั้นตอนการเก็บรวบรวมขยะอินทรีย์ที่ผ่านการคัดแยกแล้ว จากนั้นทำการหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วผสมกับเชื้ออีเอ็ม (Effective Microorganism : EM) แล้วทำการหมักให้กลายเป็นปุ๋ยอินทรีย์น้ำ โดยใช้เวลา 15 วัน [3] และขายปุ๋ยที่ผลิตได้แก่เกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการ ซึ่งทำสวนลำไย ในราคากิโลกรัมละ 2 บาท

การใช้ประโยชน์จากของเสียในลักษณะของการทำปุ๋ยชนิดต่างๆ ช่วยลดปริมาณของเสียแล้วยังทำให้ได้ปุ๋ยอินทรีย์ ลดการใช้ปุ๋ยเคมี และยังเป็นการเตรียมความพร้อมของเกษตรกรไทย ให้ก้าวเข้าสู่ครัวของโลก ในลักษณะของเกษตรอินทรีย์ (Organic Agriculture) ตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ของสมาพันธ์เกษตรอินทรีย์นานาชาติ (International Organic Agriculture Movements : IFOAM) [4-11] หรือการเกษตรแบบยั่งยืน (Sustainable Agriculture) [12]

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาการใช้ประโยชน์จากขยะอินทรีย์ชนิดหนึ่ง คือ เศษผักและผลไม้ ของตลาดสุรนคร จังหวัดนครราชสีมา ในลักษณะของปุ๋ยอินทรีย์น้ำและปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ซึ่งได้จากกากเปียกของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของปุ๋ยทั้ง 2 แบบที่ผลิตได้ โดยคาดว่าข้อมูลนี้น่าจะเป็นประโยชน์ในงานวิจัยและพัฒนาในส่วนอื่นๆ ต่อไป เช่น ใช้เป็นสารกำจัดวัชพืช สารป้องกันและกำจัดแมลง รวมทั้งการนำไปทดลองใช้ในพื้นที่การเกษตรกรรม กับพืชสวนครัว พืชไม้ผล และพืชไร่ ซึ่งจะช่วยลดการใช้สารเคมี และลดการใช้สารกำจัดศัตรูพืช เป็นต้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาอัตราส่วนขององค์ประกอบในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากเศษผักและผลไม้
2. ศึกษาร้อยละของผลผลิตของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด (ปุ๋ยเม็ด) จากกากปุ๋ยอินทรีย์น้ำ
3. ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี ของปุ๋ยอินทรีย์น้ำและปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด
4. เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนางานวิจัย ในการใช้ประโยชน์จากปุ๋ยอินทรีย์น้ำ และปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด (ปุ๋ยเม็ด) จากของเสียที่มีลักษณะเดียวกับเศษผักและผลไม้

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาการผลิตปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากเศษผักและผลไม้ ของตลาดสุรนคร จังหวัดนครราชสีมา
2. ผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากกากปุ๋ยอินทรีย์น้ำ
3. วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ รวมทั้งปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่เตรียมจากกากปุ๋ยอินทรีย์น้ำสูตรต่างๆ

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

1. ทราบอัตราส่วนองค์ประกอบที่เหมาะสมในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์น้ำ คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ
2. เข้าใจวิธีการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากกากปุ๋ยอินทรีย์น้ำ รวมทั้งคุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด
3. เป็นการเพิ่มทางเลือกในการใช้ประโยชน์จากของเสีย จากภาคเกษตรกรรม

บทที่ 2
หลักการของปุ๋ยอินทรีย์

2.1 หลักการของปุ๋ยอินทรีย์

ประการหนึ่งของเกษตรกรไทย ซึ่งเป็นคนส่วนใหญ่ของประเทศและมีความสำคัญอย่างยิ่งการพัฒนาประเทศ ประสบปัญหาที่สำคัญในการทำการเกษตร คือ ดินที่ใช้ในการทำการเกษตรขาดความอุดมสมบูรณ์ ซึ่งเป็นปัจจัยประการหนึ่งในปัจจัย 7 ประการ ของการทำการเกษตรกรรม ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช [13] คือ สภาพทางเคมีและทางกายภาพของดิน อากาศ แสงแดด น้ำหรือแหล่งน้ำ พื้นที่ดังกล่าวปราศจากโรคและแมลงชนิดต่างๆ

ดินดี หมายถึง ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์เหมาะต่อการเพาะปลูก มีองค์ประกอบสารอินทรีย์หรือมีอินทรียวัตถุอยู่ในช่วงร้อยละ 1-3 มีฟอสฟอรัสมากกว่า 20 ส่วนในล้านส่วน (part per million : ppm) และมีโปตัสเซียม มากกว่า 100 ส่วนในล้านส่วน (ppm) [14] ซึ่งพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ในลักษณะดังกล่าวในข้างต้นนั้นถือว่าเป็นความฝันอันยิ่งใหญ่ของเกษตรกรไทย ปริมาณอินทรียวัตถุในดินของประเทศไทย ส่วนใหญ่อยู่ในระดับที่ต่ำกว่าร้อยละ 1 [15] เนื่องจากปัจจัยหลายประการ เช่น สภาพภูมิอากาศ ซึ่งประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น ทำให้อัตราการย่อยสลายอินทรียวัตถุในดินเกิดอย่างรวดเร็ว การทำการเกษตรกรรมติดต่อกันเป็นเวลานานหรือทำการเพาะปลูกพืชชนิดเดียวกันเป็นเวลานาน โดยไม่มีการเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดินอย่างพอเพียง ความลาดเอียงของพื้นที่ ประกอบกับดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย ทำให้เกิดการชะล้างหน้าดินสูง และการใช้ที่ดินอย่างไม่ถูกหลักการอนุรักษ์ดิน เป็นต้น เพื่อเป็นการปรับสภาพของดินให้มีความเหมาะสมต่อการเพาะปลูก ควรเพิ่มอินทรียวัตถุลงในดิน โดยการเติมอินทรียวัตถุต่างๆ ลงในดิน เช่น ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดน้ำ ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ปุ๋ยชีวภาพ เป็นต้น อินทรียวัตถุต่างๆ ที่เติมลงในดินนั้น ช่วยให้คุณภาพของดินมีสภาพดีขึ้นทั้งสภาพทางกายภาพ ดินมีความร่วนซุยมากขึ้น สภาพทางเคมี ดินมีความอุดมสมบูรณ์ของแร่ธาตุต่างๆ มากขึ้น และสภาพทางชีวภาพ ดินมีชนิดและปริมาณจุลินทรีย์มากขึ้น ช่วยให้พืชเจริญเติบโตได้ดีขึ้น ทำให้ได้ผลผลิตมากขึ้น [16-19]

2.1.1 ชนิดของอินทรียวัตถุ

อินทรียวัตถุที่สำคัญในการปรับปรุงดินมีหลายชนิด [20-23] ได้แก่

1. เศษของพืชหรือส่วนของพืชที่ถูกตัดทิ้งออกระหว่างทำการเก็บเกี่ยว การแปรรูป การขนส่ง และการตัดแต่งผลผลิต

2. มูลสัตว์ ได้แก่ มูลไก่ มูลสุกร มูลโค มูลกระบือ เป็นต้น

3. วัสดุเหลือใช้ในภาคเกษตรกรรม เช่น แกลบ แกนสับปะรด ชานอ้อย และ filter cake จากโรงงานน้ำตาล ขี้เลื่อยของโรงงานแปรรูปไม้หรือโรงงานทำเฟอร์นิเจอร์ เป็นต้น

4. ขยะอินทรีย์อื่นๆ เพื่อเพิ่มธาตุไนโตรเจนในกองปุ๋ย ได้แก่ กระดูกป่น เลือดแห้ง กากกาแฟ เปลือกไข่ กิ่งไม้หรือท่อนไม้ เป็นต้น

2.1.2 ส่วนประกอบของอินทรียวัตถุ

อินทรียวัตถุที่เติมเพื่อปรับปรุงสภาพของดิน ประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 6 ประการ ดังนี้ [24]

1. เซลลูโลส (Cellulose) มีอยู่ประมาณร้อยละ 15-60
2. เฮมิเซลลูโลส (Hemi-cellulose) มีอยู่ประมาณร้อยละ 10-30
3. ลิกนิน (Lignin) มีอยู่ประมาณร้อยละ 5-30
4. สารประกอบที่ละลายน้ำได้ (Soluble matters) มีอยู่ร้อยละ 5-30
5. โปรตีน (Proteins) มีอยู่ร้อยละ 1-30
6. กรดอินทรีย์และแอลกอฮอล์ (Organic acid and alcohols) มีอยู่น้อยมาก

การเติมอินทรียวัตถุลงในดิน นอกจากจะช่วยปรับสภาพของดินให้มีความเหมาะสมในการเพาะปลูกแล้วยังเป็นการเตรียมความพร้อมในการทำการเกษตรแบบเกษตรอินทรีย์ [4-11] ซึ่งเป็นการพัฒนาแบบยั่งยืนอีกด้วย [25-28] ซึ่งถือว่าเป็นการทำการเกษตรตามแนวทางเกษตรธรรมชาติ [29-31] และยังช่วยรักษาความสมดุลของธรรมชาติและความหลากหลายทางชีวภาพอีกด้วย แนวทางที่ก่อให้เกิดรายได้ต่อเกษตรกร ได้แก่ การปลูกพืชตระกูลถั่ว เป็นต้น เมื่อทำการเก็บเกี่ยวแล้ว จึงทำการไถกลบซากพืชดังกล่าวลงในดิน เป็นการเพิ่มอินทรียวัตถุในลักษณะของปุ๋ยพืชสด [32] เนื่องจากอินทรียวัตถุหรือซากพืชที่ไถกลบ เมื่อสลายตัวกลายเป็นฮิวมัส ช่วยให้คุณภาพทางกายภาพของดินดีขึ้น ทำให้อนุภาคดินเกาะกันดีขึ้น ร่วนซุยมากขึ้น อากาศไหลผ่านได้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยให้รากพืชดูดธาตุอาหารจากดินได้ดีขึ้นด้วย [33]

2.2 เกษตรอินทรีย์

เกษตรอินทรีย์ [4, 7-8, 11] หมายถึง ระบบการเกษตรที่ใช้ปัจจัยการผลิตจากสารอินทรีย์หรือสารจากธรรมชาติเท่านั้น เพื่ออนุรักษ์และฟื้นฟูสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นองค์รวม โดยไม่ใช้สารเคมีสังเคราะห์ในการผลิต (รวมถึงปุ๋ยเคมีสังเคราะห์) เน้นการฟื้นฟูระบบนิเวศการเกษตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปรับปรุงดิน เกษตรอินทรีย์ไม่ใช่เกษตรธรรมชาติ ตามแนวคิดของชาวญี่ปุ่น ชื่อ นาย ยาซาโนมุ ฟูกุ โอกะ นักธรรมชาติวิทยาที่คำนึงถึงระบบนิเวศอย่างมากในการทำการเกษตร โดยทำการเกษตรด้วยหลักการ

ไม่ 4 ตัว คือ ไม่ไถพรวน ไม่ใส่ปุ๋ย ไม่ป้องกันกำจัดศัตรูพืช ไม่กำจัดวัชพืช ส่วนเกษตรอินทรีย์ก็ใช้หลักการ ไม่ 4 ตัว เช่นกัน คือ ไม่ใช้ปุ๋ยเคมี ไม่ใช้สารป้องกันและกำจัดศัตรูพืช ไม่ใช้สารเคมีกำจัดวัชพืช และไม่ใช้ฮอร์โมนกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช

นิยามของคำว่าเกษตรอินทรีย์ที่ได้รับการยอมรับในวงการเกษตรอินทรีย์ เป็นของสมาพันธ์เกษตรอินทรีย์นานาชาติ (International Organic Agriculture Movements : IFOAM) ซึ่งเป็นองค์กรเครือข่ายเกษตรอินทรีย์ ได้ให้ความหมายของคำว่า เกษตรอินทรีย์ ว่าหมายถึง ระบบการเกษตรที่ผลิตอาหารและเส้นใยด้วยความยั่งยืนทางสิ่งแวดล้อม สังคมและเศรษฐกิจ เน้นหลักการปรับปรุงดิน การเคารพต่อศักยภาพทางธรรมชาติของพืช สัตว์และนิเวศการเกษตร

การเกษตรอินทรีย์จึงเป็นการเกษตรแบบลดการใช้ปัจจัยการผลิตจากภายนอก และหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีสังเคราะห์ เช่น ปุ๋ย สารกำจัดศัตรูพืชและยาเวชภัณฑ์สำหรับสัตว์ เป็นต้น ในขณะเดียวกันก็เป็นการประยุกต์ใช้ธรรมชาติในการเพิ่มผลผลิต พัฒนาความต้านทานต่อโรคของพืชและสัตว์เลี้ยง โดยสรุปแล้วพบว่าหลักการเกษตรอินทรีย์เป็นหลักการสากลที่สอดคล้องกับเงื่อนไขทางเศรษฐกิจ สังคม ภูมิอากาศและวัฒนธรรมของท้องถิ่น กลุ่มประเทศที่ให้ความสำคัญในเรื่องเกษตรอินทรีย์ ส่วนใหญ่แล้วเป็นกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสหภาพยุโรป มูลค่าทั่วโลกที่มีการซื้อขายพืชผลทางการเกษตรในระบบการเกษตรอินทรีย์ มีค่าไม่น้อยกว่า 600,000 ล้านบาท ตัวอย่างผลผลิตเกษตรอินทรีย์ของประเทศไทยที่ส่งขาย ได้แก่ ข้าว กล้วยหอม หน่อไม้ฝรั่ง สับปะรด ข้าวโพดฝักอ่อน ขิง และสมุนไพร เป็นต้น [9-10]

หลักการโดยย่อ ของระบบการเกษตรอินทรีย์ [4, 8-9] เป็นดังนี้

1. ไม่ใช้สารเคมีสังเคราะห์ในกระบวนการผลิต
2. มีการพัฒนาระบบการผลิตไปสู่แนวทางเกษตรผสมผสานที่มีความหลากหลายของพืชและสัตว์
3. มีการพัฒนาระบบการผลิตที่พึ่งพาตนเองในเรื่องของอินทรียวัตถุและธาตุอาหารภายในฟาร์ม
4. มีการฟื้นฟูและรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินด้วยอินทรียวัตถุ เช่น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยพืชสดอย่างต่อเนื่อง
5. ใช้ทรัพยากรในฟาร์ม หมุนเวียนให้เกิดประโยชน์สูงสุด
6. ส่งเสริมให้มีการแพร่ขยายชนิดของสัตว์และแมลงที่มีประโยชน์ (ตัวห้ำ ตัวเบียน) เช่น การปลูกพืชให้เป็นที่อยู่ของสัตว์และแมลงที่เป็นประโยชน์ เป็นต้น
7. เพื่อรักษาความสมดุลของระบบนิเวศในฟาร์ม และลดปัญหาการระบาดของศัตรูพืช

8. เลือกใช้พันธุ์พืชที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมในท้องถิ่น ซึ่งมีความต้านทานต่อโรคและแมลง เจ้าของไร่นา หรือผู้ทำการผลิต มีความพยายามอย่างเต็มที่ในการป้องกันและหลีกเลี่ยงการปนเปื้อนของสารเคมี และมลพิษจากภายนอก

9. สนับสนุนการเลี้ยงสัตว์ที่คำนึงถึงหลักมนุษยธรรม ควรได้รับการเลี้ยงดูอย่างเหมาะสมตามพฤติกรรมธรรมชาติ ไม่ควรเลี้ยงในที่คับแคบแออัด

10. การแปรรูปผลิตผลเกษตรอินทรีย์ ควรเลือกวิธีการแปรรูปที่คงคุณค่า ทางโภชนาการให้มากที่สุด โดยไม่ต้องใช้สารปรุงแต่งหรือใช้น้อยที่สุด

11. การผลิตและการจัดการผลิตผลเกษตรอินทรีย์ ควรคำนึงถึงวิธีที่ประหยัดพลังงานและควรพยายามเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ ที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

หลักการผลิตพืชอินทรีย์และการปรับปรุงดิน [8] ได้แก่ ไม่เผาตอซัง ใช้ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยชีวภาพ ปลูกพืชผสมผสานหลายชนิดที่เกื้อกูลกัน ในพื้นที่ทำการเกษตร ซึ่งทำให้คุณภาพของผลผลิตทางการเกษตรดีขึ้นหลายประการ อาทิ รสชาติดี สีสวย น้ำหนักดี เก็บไว้ได้นาน มีคุณค่าทางโภชนาการและเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้นอีกด้วย รวมทั้งราคาของผลผลิตที่ได้ยังสูงกว่าผลผลิตทั่วไป ร้อยละ 20-50 ฯลฯ

2.2.1 คำจำกัดความ ที่ควรทราบในระบบเกษตรอินทรีย์ [15, 33-37]

1. ปุ๋ย (Fertilizer) หมายถึง วัตถุหรือสารที่ใส่ลงไปในดิน หรือให้แก่พืชโดยตรง เพื่อให้ธาตุอาหารแก่พืช ทำให้การเจริญเติบโต การขยายพันธุ์ ให้ผลผลิตดีขึ้น และมีคุณภาพที่ดีขึ้น

2. ปุ๋ยอินทรีย์ (Organic fertilizer) หมายถึง สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุอาหารพืชเป็นเป็นองค์ประกอบและเป็นสารปรับปรุงดิน ทำให้ดินมีคุณสมบัติทางกายภาพดีขึ้น ตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์ ได้แก่ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสด เป็นต้น

3. อินทรียวัตถุ (Organic carbon) หมายถึง สิ่งที่ได้จากการย่อยสลายสารอินทรีย์เกิดการเปลี่ยนแปลงจากรูปเดิมโดยสมบูรณ์แล้ว

4. สารอนินทรีย์ (Inorganic matter) หมายถึง เศษซากพืช ซากสัตว์ สิ่งขับถ่ายของมนุษย์และสัตว์ รวมทั้งเศษขยะต่าง ๆ ที่เป็นผลิตภัณฑ์จากสิ่งมีชีวิต

5. ปุ๋ยหมัก (Composts) หมายถึง ปุ๋ยที่ได้จากการหมักสารอินทรีย์ให้เกิดการสลายตัวผุพังตามธรรมชาติ โดยนำสิ่งเหล่านี้มากองรวมกัน รดน้ำให้ชื้นแล้วปล่อยทิ้งไว้ให้เกิดการย่อยสบายตัวโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ จึงนำไปใช้ปรับปรุงดิน ในการเตรียมกองปุ๋ยหมัก อาจใส่ปุ๋ยเคมีเพื่อเร่งกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินและยังเป็นการเพิ่มคุณค่าด้วยธาตุอาหารของปุ๋ยหมักด้วย

6. ปุ๋ยพืชสด (Green manure) หมายถึง ปุ๋ยที่ได้จากการไถกลบพืชและทำการคลุกเคล้าลงสู่ดิน เพื่อปรับปรุงสมบัติของดินให้ดีขึ้น โดยได้จากการปลูกพืชบางชนิด เมื่อเจริญเติบโตถึงระยะที่พืชเริ่มออกดอกถึงระยะดอกบาน ไถกลบลงในดินหรือได้จากการไถกลบเศษซากพืชจากตอซังพืชที่เหลือทิ้งในไร่นาหลังจากซากพืชย่อยสลายโดยสมบูรณ์ จึงปลูกพืชหลักหรือพืชเศรษฐกิจต่อไป

7. ปุ๋ยชีวภาพ (Bio-fertilizer) หรือปุ๋ยจุลินทรีย์ หมายถึง ปุ๋ยที่ได้จากการนำจุลินทรีย์มาใช้ปรับปรุงดินทางชีวภาพ ทางกายภาพ ทางเคมีและการย่อยสลายของอินทรียวัตถุ พืช จากอินทรีย์หรือจากอนินทรียวัตถุ ตัวอย่าง การเติมเชื้อราไมโคโรซ่า เพื่อเร่งการดูดซับฟอสฟอรัสให้กับพืชในการสร้างการเจริญเติบโต หรือ การเติมเชื้อโรไซเบียม เพื่อตรึงเอาไนโตรเจนในอากาศให้กับดิน

2.3 ชนิดของปุ๋ย

ปุ๋ยแบ่งได้ 2 ชนิด ตามองค์ประกอบของสาร [37] คือ

1. ปุ๋ยอินทรีย์ คือ ปุ๋ยที่ได้จากสิ่งมีชีวิต หรือซากของสิ่งมีชีวิต ได้แก่ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยน้ำชีวภาพ ปุ๋ยพืชสด และปุ๋ยที่ได้จากการไถกลบเศษพืช หรือตอซัง หลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตพืชแล้ว

2. ปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยวิทยาศาสตร์หรือปุ๋ยอนินทรีย์ คือ ปุ๋ยที่ได้จากสิ่งที่ไม่มีชีวิต หรือจากการสังเคราะห์สารเคมีขึ้น ได้แก่ ปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ ที่มีการจำหน่ายตามท้องตลาด ซึ่งยังแยกออกย่อยได้อีกว่า ชนิดเกล็ด ผง เม็ด หรือละลายน้ำ หรือปุ๋ยสูตรเดี่ยวหรือสูตรผสม ตัวอย่างของปุ๋ยสูตรเดี่ยว ได้แก่ สูตร 46-0-0 ซึ่งเรียกว่าปุ๋ยยูเรีย สูตร 0-46-0 ซึ่งเรียกว่า ทริปเปิ้ลซูเปอร์ซัลเฟต สูตร 0-0-60 ซึ่งเรียกว่า โปตัสเซียมคลอไรด์ เป็นต้น ตัวอย่างปุ๋ยสูตรผสม ได้แก่ สูตร 15-15-15 ซึ่งเรียกว่า สูตรเสมอ สูตร 12-24-12 สูตร 20-20-0 สูตร 16-16-8 เป็นต้น

2.3.1 ข้อดีและข้อเสียของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี

ข้อดีและข้อเสียของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี เป็นดังข้างล่าง

ข้อดีของปุ๋ยอินทรีย์

1. ช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดินให้ดีขึ้น เช่น ทำให้ดินร่วนซุย อุ้มน้ำได้ดี เป็นต้น
2. ช่วยปรับสมดุลทางเคมี ความเป็นกรดเป็นด่างของดินให้ดีขึ้น
3. อยู่ในดินได้นาน และค่อยๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารออกมา
4. มีธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมครบถ้วน
5. เมื่อใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี ทำให้ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยมากขึ้น ทำให้พืชเจริญเติบโตได้ดี
6. ช่วยเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในดินหรือรอบๆ ต้นพืช รวมทั้งช่วยส่งเสริมให้จุลินทรีย์ดำเนินกิจกรรมได้ดี ทำให้สภาพแวดล้อมรอบๆ ต้นพืชและในดินดีขึ้น

7. เกษตรกรสามารถทำใช้เองจากวัสดุการเกษตรที่มีอยู่ในพื้นที่ทำการเกษตร

ข้อดีของปุ๋ยเคมี

1. ปริมาณธาตุอาหารต่อหน่วยน้ำหนักสูงกว่าปุ๋ยอินทรีย์
2. หาซื้อได้ง่ายกว่าปุ๋ยอินทรีย์
3. การขนส่ง เก็บรักษาหรือการใช้ มีความสะดวกมากกว่า ใช้ในปริมาณน้อยกว่า
4. พืชดูดใช้ง่าย เห็นผลของการเปลี่ยนแปลงของพืชเร็ว

2.4 กระบวนการหมักทำปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

กระบวนการหมักทำปุ๋ยอินทรีย์น้ำหรือปุ๋ยน้ำชีวภาพหรือปุ๋ยน้ำสกัดชีวภาพ เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำหรือในอากาศจนกระทั่งได้สารใหม่ ทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าลดลงหรือมีค่าความเป็นกรดมากขึ้น

กระบวนการหมักทำปุ๋ยน้ำแยกได้ 2 แบบตามลักษณะของจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้อง คือ ระบบไม่มีอากาศหรือระบบปิด และระบบการเติมอากาศหรือระบบเปิด การสังเกตว่าปุ๋ยน้ำที่ได้จากการหมักมาระยะเวลาหนึ่ง มีสมบัติเหมาะสมในการใช้งานหรือไม่ ให้สังเกตสีของปุ๋ย เพราะปุ๋ยที่หมักจนได้ที่หรือพร้อมจะนำไปใช้งานจะมีสีน้ำตาลเข้ม เนื่องจากในกระบวนการหมักนิยมใช้กากน้ำตาล เพื่อเป็นแหล่งคาร์บอนของจุลินทรีย์ที่อยู่ในระบบ มีสารประกอบคาร์โบไฮเดรต โปรตีน กรดอะมิโน ฮอร์โมน เอนไซม์ ในปริมาณที่แตกต่างกัน ขึ้นกับวัตถุดิบที่ใช้ (พืชหรือสัตว์)

ธาตุอาหารพืช คือ ธาตุที่พืชดูดไปใช้งาน เพื่อการเจริญเติบโต ดำรงชีพ ให้ผลผลิตและขยายพันธุ์ ธาตุอาหารพืชที่จำเป็นมีทั้งสิ้น 16 ธาตุ คือ ธาตุอาหารที่ได้จากน้ำและอากาศ ซึ่งมี 3 ธาตุ ได้แก่ ไฮโดรเจน คาร์บอนและออกซิเจน คิดเป็นร้อยละ 95-99 ของความต้องการธาตุอาหารของพืชทั้งหมด ส่วนที่เหลืออีก 13 ธาตุ ได้รับจากดิน ซึ่งแบ่งได้ดังนี้

1. ธาตุอาหารหลัก เป็นธาตุที่พืชต้องการในปริมาณมากที่สุด ซึ่งมี 3 ธาตุ คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปตัสเซียม

2. ธาตุอาหารรอง พืชต้องการธาตุในปริมาณที่น้อยลงมา แต่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งมี 3 ธาตุ คือ แคลเซียมแมกนีเซียม และกำมะถัน

3. ธาตุอาหารเสริม พืชต้องการธาตุอาหารในปริมาณเล็กน้อย แต่ขาดไม่ได้ ซึ่งมีทั้งสิ้น 7 ธาตุ คือ เหล็ก แมงกานีส ทองแดง สังกะสี โบรอน โมลิบดีนั่มและคลอรีน

2.4.1 สารอาหารในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

ปุ๋ยน้ำชีวภาพหรือปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ประกอบด้วยสารอาหาร ดังนี้ [38]

1. ธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปตัสเซียม เป็นต้น
2. ธาตุอาหารรอง เช่น แคลเซียม แมกนีเซี่ยม กำมะถัน เป็นต้น
3. ธาตุอาหารเสริม เช่น เหล็ก ทองแดง แมงกานีส เป็นต้น

2.4.2 ชนิดของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

ชนิดของปุ๋ยน้ำชีวภาพ หรือปุ๋ยอินทรีย์น้ำ แยกได้ 2 ชนิด ตามแหล่งของวัตถุดิบ [38-54] คือ

1. ปุ๋ยน้ำชีวภาพจากพืช ได้แก่ ขยะเปียก เศษอาหาร เศษผักและผลไม้ ผลไม้สีแดง สีเหลือง พืชสมุนไพร กล้วยน้ำว้า กวางตุ้ง คะน้า ตำลึง ฟักทอง มะละกอ ตะไคร้หอม สาบเสือ บอระเพ็ด เปลือกต้นข่อย เปลือกต้นหว้า เปลือกเงาะ ใบยูคาลิปตัส กล้วยดิบ ละมะพลับ ลูกหมาก เป็นต้น

2. ปุ๋ยน้ำชีวภาพจากสัตว์ หรือส่วนของสัตว์ ได้แก่ หัวปลา พุงปลา ปลา หอยเชอรี่ นมสดเป็นต้น

2.4.3 ประโยชน์ของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

ปุ๋ยน้ำชีวภาพ หรือปุ๋ยอินทรีย์น้ำ มีประโยชน์หลายด้าน เช่น สิ่งแวดล้อม การเกษตร การประมง ปศุสัตว์ เป็นต้น

ด้านสิ่งแวดล้อม

1. ช่วยบำบัดน้ำเสีย
2. ช่วยกำจัดกลิ่นเหม็นของกองขยะ ช่วยกำจัดขยะด้วยการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในกองขยะ ทำให้ปริมาณขยะลดลง
3. ช่วยปรับสภาพของของเสีย เช่น เศษอาหารจากครัวเรือนให้เป็นประโยชน์ต่อการเลี้ยงสัตว์ และการเพาะปลูก เป็นต้น
4. ช่วยในการปรับสภาพของอากาศให้สดชื่น และมีสภาพที่ดีขึ้น

ด้านการเกษตร

1. ช่วยปรับสภาพความเป็นกรดเป็นด่างของดินและน้ำ
2. ทำให้โครงสร้างของดินดีขึ้น ดินร่วนซุยและอุ้มน้ำได้ดี อากาศไหลผ่านได้ดี

3. ช่วยให้กลไกของย่อยสลายสารอินทรียวัตถุเกิดได้ดีขึ้น พืชสามารถดูดซึมไปใช้งานได้เลย และใช้พลังงานในการดูดไปใช้งานน้อยกว่าปุ๋ยเคมี

4. ช่วยเร่งการเจริญเติบโตของพืชให้สมบูรณ์ แข็งแรงตามธรรมชาติ ทำให้พืชมีความต้านทานต่อโรคและแมลงดีขึ้น

5. ช่วยสร้างฮอร์โมนพืช ทำให้ได้ผลผลิตมากขึ้น และมีคุณภาพที่ดีขึ้นอีกด้วย

6. ช่วยให้ผลผลิตคงทน เก็บได้นานขึ้น

ด้านการประมง

1. ช่วยควบคุมคุณภาพน้ำ ในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ

2. ช่วยแก้ปัญหาโรคพยาธิในน้ำ ซึ่งเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ

3. ช่วยรักษาโรคแผลต่างๆ ในปลา กบ จระเข้ ฯลฯ

4. ช่วยลดปริมาณขี้เลนในบ่อ ช่วยให้เลนไม่เน่าเหม็น สามารถนำไปผสมเป็นปุ๋ยหมัก ใช้กับพืชชนิดต่างๆ

ด้านปศุสัตว์

1. ช่วยกำจัดกลิ่นเหม็นจากฟาร์มสัตว์ เช่น ไก่ สุกร โค เป็นต้น

2. ช่วยกำนัดน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์ได้ ภายใน 1-2 สัปดาห์

3. ช่วยป้องกันโรคอหิวาห์และโรคต่างๆ ในสัตว์แทนยาปฏิชีวนะ และอื่นๆ ได้

4. ช่วยกำจัดแมลงวัน ด้วยการตัดวงจรของหนอนแมลงวัน ไม่ให้เข้าสู่สภาพของดักแด้จนกลายเป็นตัวแมลงวัน

5. ช่วยเสริมสุขภาพสัตว์เลี้ยง ทำให้สัตว์แข็งแรง มีความต้านทานโรค ให้ผลผลิตสูง และอัตราการรอดสูง

ประโยชน์ที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยน้ำชีวภาพมีหลายด้านดังที่กล่าวมาในข้างต้น จึงควรเลือกใช้ปุ๋ยน้ำชีวภาพ หรือปุ๋ยอินทรีย์น้ำให้เหมาะสมและความต้องการของพืชแต่ละชนิด เพื่อวัตถุประสงค์ในการเจริญเติบโตแต่ละส่วนของพืช ช่วยลดต้นทุนในการทำการเกษตรกรรม ลดการใช้ปุ๋ยเคมีและเพิ่มรายให้กับเกษตรกรได้มากขึ้น ซึ่งเกษตรกรสามารถทำขึ้นใช้เองเพราะวิธีการไม่ยุ่งยากรวมทั้งต้นทุนการผลิตค่อนข้างต่ำ จากการคำนวณของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์พบว่าโดยเฉลี่ยปุ๋ยน้ำหมัก มีราคาประมาณลิตรละ 7-10 บาท [56] ตัวอย่างของธาตุอาหารพืชในปุ๋ยน้ำชีวภาพ หรือปุ๋ยอินทรีย์น้ำ เป็นดังตารางที่ 2.1

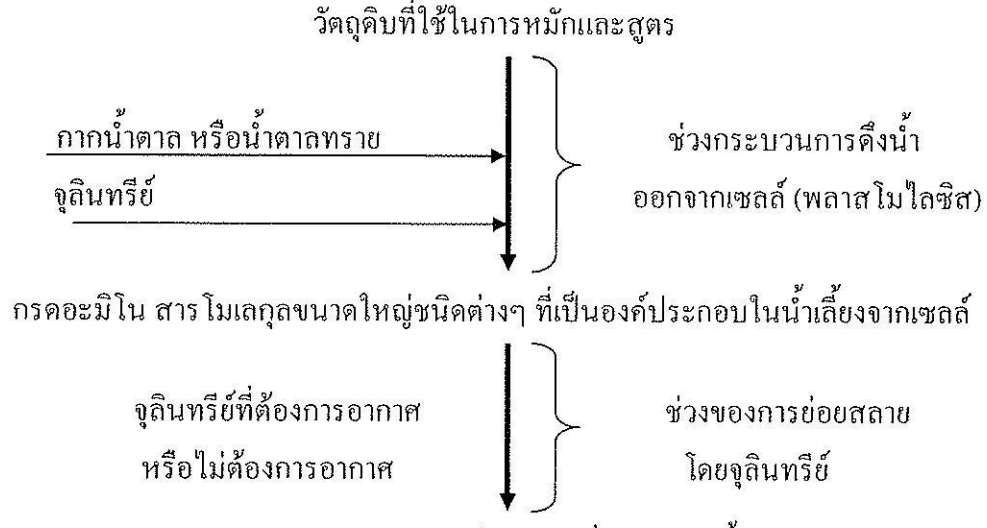
ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของปุ๋ยน้ำชนิดต่างๆ [50]

ชนิดของปุ๋ยน้ำ	ร้อยละ โดยน้ำหนัก				
	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม	แคลเซียม	แมกนีเซียม
ปลาหมัก	0.69-1.10	0.02-0.31	0.09-0.86	0.014-0.51	-
หอยเชอรี่หมัก	0.67-1.58	0	0.41-4.9	0-0.15	0.007-0.062
เศษพืชผัก	0.34	0.13	1.78	1.06	0.194
เศษผักผลไม้	0.03	0.14	0.78	0.22	0.06

แหล่งข้อมูล : กองเกษตรเคมี

2.4.4 ขั้นตอนของกระบวนการหมักทำปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

ขั้นตอนของกระบวนการหมักทำปุ๋ยอินทรีย์น้ำ เป็นดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ขั้นตอนของกระบวนการทำปุ๋ยอินทรีย์น้ำ [55]

คุณสมบัติที่ดีด้านกายภาพของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ หรือปุ๋ยน้ำชีวภาพ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการหมัก ได้แก่

1. เกิดฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผิวหน้าของวัสดุหมัก
2. มีกลิ่นแอลกอฮอล์เกิดขึ้นค่อนข้างมากในระยะแรกของการหมัก จากนั้นกลิ่นจะค่อยๆ หายไป เมื่อการหมักเกิดสมบูรณ์

3. สารละลายเกิดการเปลี่ยนแปลงจากสีใสเป็นสีน้ำตาลเข้ม

4. การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ในช่วง 1-3 วันของการหมัก จะปรากฏเชื้อยีสต์และเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มผลิตกรดอินทรีย์เต็มผิวหน้าของวัสดุหมัก

ลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่สมบูรณ์ของปุ๋ยอินทรีย์น้ำหรือปุ๋ยน้ำชีวภาพ ได้แก่

1. การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ลดลง หรือไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงเลย
2. กลิ่นแอลกอฮอล์ลดลงไป จนเกือบหายไปหมด
3. มีกลิ่นเปรี้ยวจัดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จากการเพิ่มขึ้นของกรดอินทรีย์
4. ฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง หรือไม่มีเลย
5. ได้สารละลายหรือของเหลวที่ค่อนข้างใส ไม่ขุ่น
6. ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ มีค่าอยู่ในช่วง 3-4

2.4.5 สารเร่งการเจริญเติบโตในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

จากการวิเคราะห์ปุ๋ยน้ำของกองเกษตรเคมี [55] พบว่า ปุ๋ยน้ำหมักมีสารเร่งการเจริญเติบโตของพืชที่สำคัญ 3 ชนิด คือ

1. สาร IAA (Indole Acetic Acid) ซึ่งเป็นสารที่มีบทบาทอย่างมากต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยเฉพาะการ กระตุ้นให้รากพืชแข็งแรงและเพิ่มจำนวนมากขึ้น

2. สาร GA หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า จิบเบอเรลลิน ซึ่งจะกระตุ้นให้พืชแตกตาดีขึ้น รวมทั้งช่วยยืดข้อผล ทำให้ผลไม่ร่วงง่าย

3. สารไซโตไคนิน มีความจำเป็นต่อการเกิดตาข้าง เพื่อพัฒนาเป็นกิ่งก้านของต้นพืชต่อไป

2.4.6 มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์น้ำ เป็นดังนี้ [57]

1. มีสารอินทรีย์คาร์บอน (Organic carbon : OC) ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก
2. ไม่เจือปนด้วยปุ๋ยเคมี
3. ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity: EC) ไม่เกิน 10 เดซิซิเมนต่อเมตร (dS/m)
4. ปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการพืช มีค่าไม่เกินร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก และจากสัตว์ มีค่าไม่เกินร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก
5. ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) มีค่าไม่เกิน 4.5

6. ปราศจากสารพิษที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ สัตว์ และสิ่งแวดล้อม
7. ปราศจากจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคต่อมนุษย์ สัตว์ และพืช

2.5 ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด

ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดหรือปุ๋ยอินทรีย์เม็ด เป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากกากปุ๋ยน้ำชีวภาพหรือกากปุ๋ยอินทรีย์น้ำหรือปุ๋ยอินทรีย์แห้งหรือปุ๋ยชีวภาพแห้งหรือปุ๋ยหมักมาอัดหรือขึ้นรูปเป็นเม็ด ด้วยเครื่องอัดเม็ดชนิดต่างๆ ซึ่งจะก่อให้เกิดความสะดวกในการใช้งานและการขนส่ง ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ได้มีธาตุอาหารมากกว่าปุ๋ยสดประมาณ 5 เท่า มีความปลอดภัยต่อตัวผู้ใช้และสิ่งแวดล้อม ลดปริมาณการใช้มูลไก่ลงไปได้ 5 เท่า ในบางครั้งการอัดเม็ด อาจผสมแกลบและขี้เลื่อยใน อัตรา 3 ต่อ 1-3 ต่อ 2 เพื่อช่วยลดกลิ่นและการสูญเสียไนโตรเจน ช่วยรักษาคุณค่าปุ๋ยและสิ่งแวดล้อมอีกด้วย การอัดเม็ดมูลสัตว์สามารถผสมปุ๋ยเคมี เพื่อเพิ่มปริมาณสารอาหารให้เพียงพอต่อความต้องการของพืช เนื่องจากสารอาหารที่มีอยู่ในปุ๋ยอินทรีย์มีอยู่ในปริมาณน้อยไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช ช่วยลดภาระการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ลงไปได้มาก ชะลอการปลดปล่อยสารอาหารในปุ๋ยมิให้เกิดการสูญเสีย นอกจากนี้แล้วปุ๋ยอินทรีย์สามารถเก็บไว้ใช้งานได้นาน เมื่อตากให้เหลือความชื้นประมาณร้อยละ 10-15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดกลิ่นเหม็นของปุ๋ย จากข้อดีดังกล่าวที่ได้กล่าวมาในข้างต้น จึงควรมีการส่งเสริมและพัฒนาสูตรปุ๋ยให้เหมาะสมในการใช้งานของพืชแต่ละชนิด ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดดังกล่าว เกษตรกรสามารถทำได้เองได้ง่ายโดยใช้อุปกรณ์ที่หาได้ง่าย เพราะมีจำหน่ายทั่วไป เป็นการส่งเสริมให้มีระบบเกษตรกรอินทรีย์แพร่หลายมากขึ้น ยังเป็นการนำเอาวัสดุเหลือใช้มาอัดเม็ดแล้วใช้ให้เกิดประโยชน์ในลักษณะของปุ๋ย ลดปัญหามลภาวะด้านสิ่งแวดล้อม เป็นการใช้ปุ๋ยที่เหมาะสมและคุ้มค่า นอกจากนี้แล้วปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตขึ้นเป็นเม็ด จะทำให้มูลค่าทางการเกษตรมีค่ามากขึ้นด้วย [58]

2.5.1 ปัจจัยในการปั้นปุ๋ยอินทรีย์ให้เป็นเม็ด

การอัด หรือการปั้นปุ๋ยอินทรีย์ให้เป็นเม็ดหรือท่อน ขึ้นกับปัจจัยหลายประการ ดังนี้ [59]

1. สมบัติของวัตถุดิบ (Material properties)
2. ความชื้น (Moisture content)
3. สารเชื่อมประสาร หรือสารช่วยจับเม็ด (Binder)
4. อุปกรณ์ช่วยในการอัด-ปั้นเม็ด

คุณสมบัติของวัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ทำปุ๋ยอินทรีย์เม็ดนั้น ต้องอยู่ในสภาพที่ผ่านการหมักมาเกือบสมบูรณ์เต็มที่แล้ว ไม่ว่าจะเป็นมูลสัตว์ ขยะเปียก ของเหลือจากไร่นา หรือผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตผลการเกษตร สะอาดปราศจากเชื้อโรค แมลงและเมล็ดวัชพืช ตลอดจนเศษหินดินทราย

วัสดุที่มีค่าอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (Carbon to nitrogen ratio : C/N) สูง ๆ เช่น วัสดุจากไร่นา ตอซังพืช ช่วยลดอัตราส่วน C/N โดยนำมาหมักร่วมกับมูลสัตว์ ที่มีค่าอัตราส่วน C/N ต่ำ หรือหมักผสมด้วยกากอ้อยกับส่าเหล้า หรือการหมักของเหลือใช้จากอุตสาหกรรม เพื่อเพิ่มค่าอัตราส่วนดังกล่าวให้มีค่ามากขึ้น และเกิดการย่อยสลายได้ดี

การใช้มูลสัตว์ล้วน ๆ เช่น มูลโค-กระบือ เป็ด ไก่ ฯลฯ ต้องผ่านการฆ่าเชื้อโดยกระบวนการ "พลาสเจอไรเซชั่น" โดยนำไปผ่านเครื่องอบ เพื่อไล่น้ำออกจากมูลสัตว์ ที่อุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที เพื่อทำลายเชื้อโรค แมลง และวัชพืช แต่ไม่ทำลายจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์

การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี ต้องปรับสภาพปุ๋ยอินทรีย์ให้เป็นกรดเสียก่อน เพราะปุ๋ยอินทรีย์ที่เกิดจากการสลายตัว มีสภาพความเป็นด่างเหลืออยู่ เพราะมีแอมโมเนียเกิดขึ้น เมื่อนำมาผสมกับปุ๋ยเคมี ทำให้เกิดการสูญเสียไนโตรเจนได้ เพราะสารอินทรีย์มีเอนไซม์ยูรีเอส (Uriase) ซึ่งย่อยสลายสารประกอบไนโตรเจนได้ ดังนั้นก่อนนำเอาปุ๋ยอินทรีย์ไปใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี จึงควรปรับสภาพของปุ๋ยผสมให้เหมาะสมในการใช้งานเสียก่อน

ความชื้น

ความชื้นของวัตถุดิบขณะปั้นอัดเม็ด ช่วยให้การเป็นเม็ดเกิดได้ดีขึ้น สำหรับวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติเป็นเกลือละลายได้ ควรให้ความชื้นเพียงเล็กน้อยหรืออาจจะใส่เกลือของปุ๋ยละลายน้ำแล้วฉีดแทนน้ำ ขณะที่ยังมีความชื้นอยู่ เม็ดปุ๋ยจะเกาะตัวหลวมๆ เมื่อน้ำระเหยออกไปโดยการอบตากแห้ง เมล็ดปุ๋ยที่ได้ ทำให้เม็ดปุ๋ยมีความแข็งมากขึ้น

สารเชื่อมประสาน

ในกรณีที่วัตถุดิบมีคุณสมบัติเหนียว และจัดเม็ดได้ดีโดยเฉพาะเมื่อใช้เครื่องอัดเม็ดก็ไม่มีความจำเป็นต้องใช้สารเชื่อมประสาน เพียงแค่มีสารหล่อลื่นพิมพ์ เช่น ผสมรำข้าว หรือน้ำลงไปเล็กน้อย เป็นต้น สำหรับวัตถุดิบที่ไม่เหนียวพอก็จำเป็นต้องมีสารเชื่อมประสานในขณะที่ทำการปั้นเม็ดในจานปั้น หรือท่อปั้นเม็ด ได้แก่ ดินขาว หินฟอสเฟต เป็นต้น เป็นสารเชื่อมประสานจับระหว่างวัตถุดิบให้เกิดเป็นเม็ดขนาด 1-4 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นขนาดเม็ดมาตรฐานโดยทั่วไป

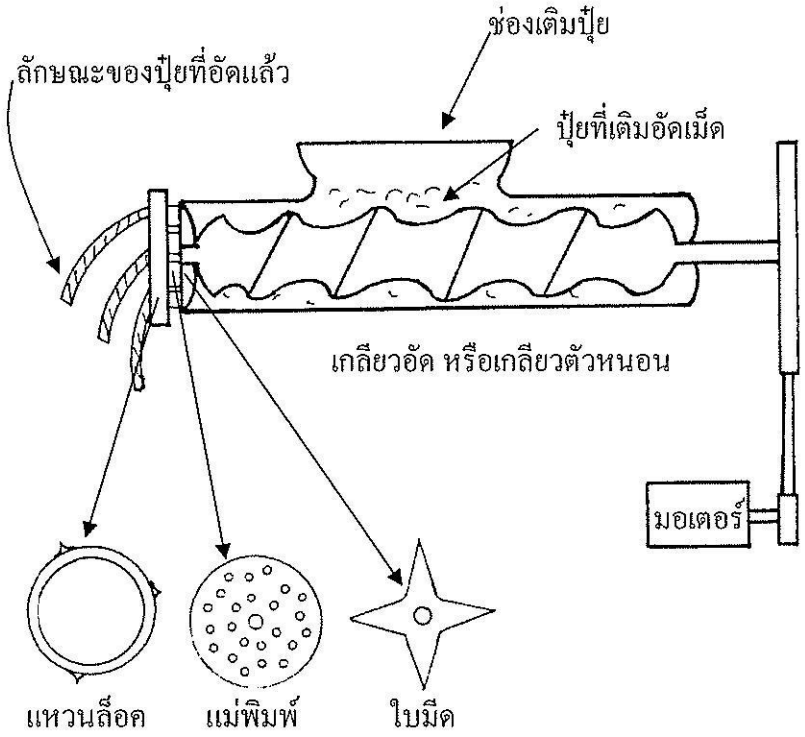
อุปกรณ์ช่วยในการอัดหรือปั้นเม็ด

อุปกรณ์ช่วยในการอัดปั้นเม็ด ช่วยให้ได้ปริมาณปุ๋ยเม็ดมากขึ้นโดยใช้เวลาน้อยลง ปุ๋ยที่นำมาอัดหรือปั้นเม็ด ควรผ่านการหมักทำปุ๋ยมาระยะเวลาหนึ่งจนได้ปุ๋ยที่มีคุณภาพดีแล้วจึงค่อยมาผ่านอุปกรณ์ช่วยในการอัดหรือปั้นเม็ด และคุณภาพปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดยังคงมีคุณภาพตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์

อุปกรณ์ช่วยในการอัดหรือปั้นเม็ด แบ่งได้ 2 ประเภท คือ เครื่องอัดเม็ด และเครื่องปั้นเม็ด ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้ คือ

1. เครื่องอัดเม็ด มีหลักการทำงานโดยใช้แรงอัดปุ๋ยอินทรีย์ให้เป็นเม็ดหรือท่อนมี 2 แบบ คือ แบบเกลียวอัดและแบบลูกกลิ้ง

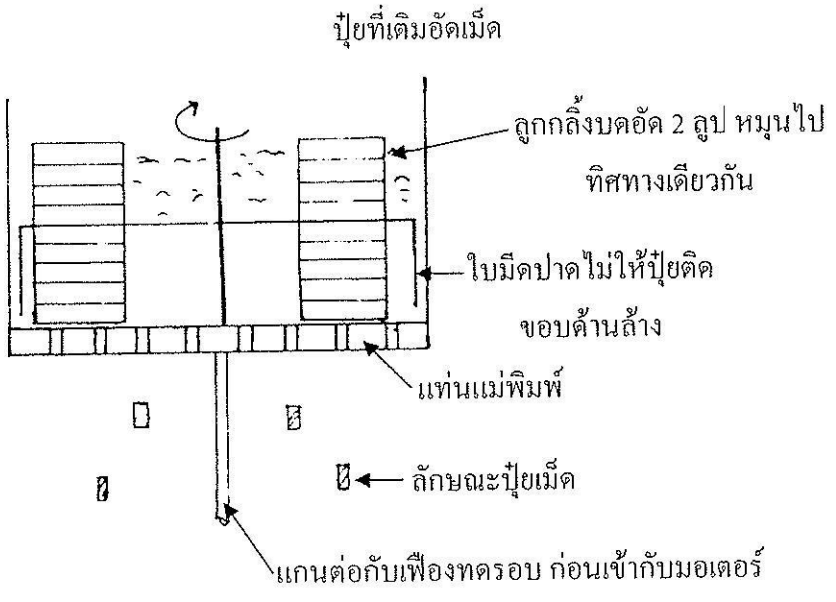
แบบเกลียวอัด (Screw extruder) อุปกรณ์ชนิดนี้มีลักษณะเป็นเกลียวหมุน เพื่ออัดให้ผลผลิตที่ผ่านการหมักทำปุ๋ยแล้วเข้าแม่พิมพ์ มี 2 ประเภทคือ แม่พิมพ์แบบรูเดียว และแบบหลายรู เครื่องมือที่ใช้แม่พิมพ์แบบรูเดียวเป็นเครื่องมือสำหรับอัดวัสดุแห้งทำเชื้อเพลิงอัดแท่ง ใช้แรงอัดสูงมากและมีราคาแพง เครื่องมืออัดนี้จะอัดปุ๋ยออกมาเป็นแท่งโดยไม่ต้องใช้น้ำ ความร้อนในการอัด ทำให้เกลือในปุ๋ยละลายออกมาช่วยประสานเนื้อปุ๋ย ดังแสดงไว้ในภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 เครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์แบบเกลียวอัด (Screw Extruder) [59]

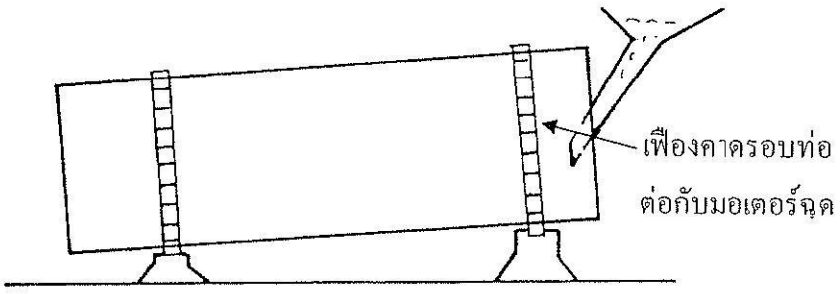
สำหรับเครื่องมือที่ใช้แม่พิมพ์แบบหลายรู เป็นเครื่องที่ใช้บดเนื้อสัตว์ ค่าความชื้นในกากปุ๋ยควรปริมาณมาก จึงจะอัดปุ๋ยผ่านรูของแม่พิมพ์ออกมาเป็นเส้น ถ้าใช้ความชื้นน้อยจะทำให้เครื่องติดไม่สามารถที่จะอัดปุ๋ยออกมาจากแม่พิมพ์ได้ และถ้าความชื้นมีค่ามากเกินไป ปุ๋ยที่ได้ออกมาจะไม่ออกมาเป็นเม็ด ค่าความชื้นที่เหมาะสม มีค่าประมาณ 75-80 เปอร์เซ็นต์ ข้อดีของการใช้เครื่องอัดประเภทนี้ คือ ไม่ต้องบดวัตถุดิบ

แบบลูกกลิ้ง (Pellet Press) มีลักษณะเป็นลูกกลิ้ง 2 ลูก หมุนไปทิศทางเดียวกัน แล้วทำการรีดปุ๋ยให้ผ่านรูแม่พิมพ์ ลักษณะเม็ดปุ๋ยที่ออกมาเป็นท่อนสั้น ดังแสดงไว้ในภาพที่ 2.3 เครื่องอัดเม็ดแบบลูกกลิ้ง สามารถอัดเม็ดปุ๋ยได้เร็วกว่าแบบเกลียวอัดค่อนข้างมาก แต่มีราคาแพง ในอดีตเครื่องมือดังกล่าวต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศ แต่ในปัจจุบันนี้ช่างไทยมีความสามารถในการออกแบบและทำการสร้างขึ้นจำหน่ายภายในประเทศเอง

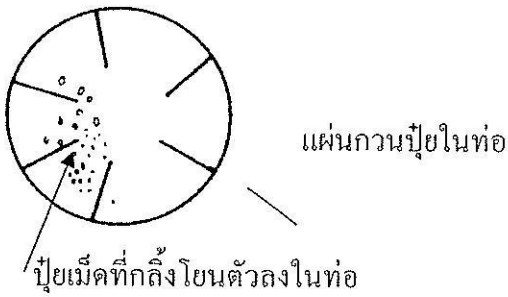


ภาพที่ 2.3 เครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์แบบลูกกลิ้ง (Pellet Press) [59]

2. เครื่องปั้นเม็ด มีหลักการทำงานโดยการหมุนเหวี่ยงให้ปุ๋ยแตกออกเป็นเม็ด จากนั้นปุ๋ยผ่านการอัดเม็ดด้วยอุปกรณ์ที่อยู่ในเครื่องปั้นเม็ด หรือเครื่องกวาด เครื่องปั้นเม็ดมี 2 แบบ คือ แบบท่อ ดังภาพที่ 2.4 และแบบจาน ดังภาพที่ 2.5

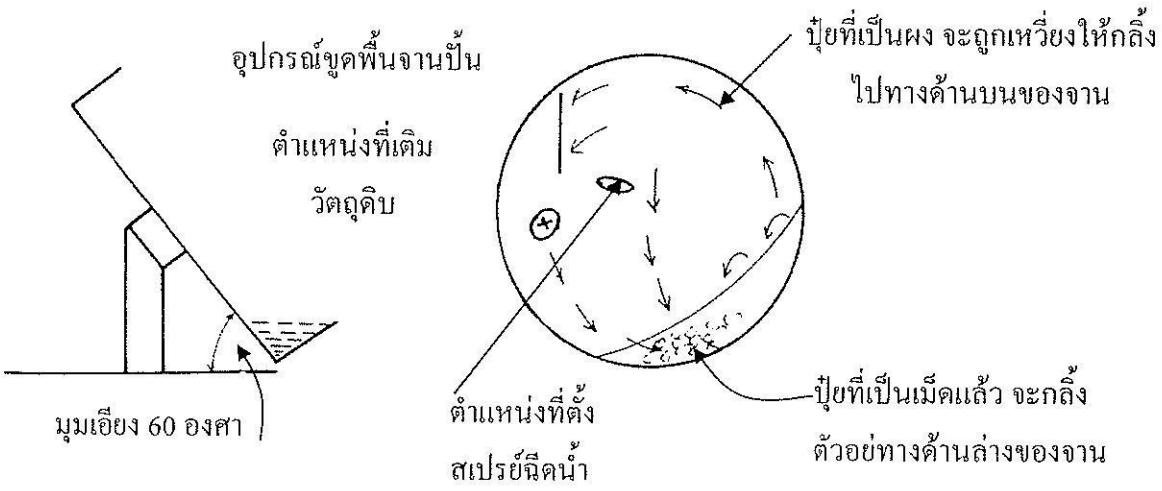


ภาพด้านข้างของท่อปั้นเม็ด



ภาพตัดขวางของท่อปั้น

ภาพที่ 2.4 ท่อปั้นเม็ด (Drum Granulator) [59]



ภาพที่ 2.5 จานปั้นเม็ด (Pan Granulator) [59]

2.5.2 มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ [57]

มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ เป็นดังนี้

1. ปริมาณอินทรียวัตถุ มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 25-50 โดยน้ำหนักของผลิตภัณฑ์
2. อัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio) ไม่เกินร้อยละ 20
3. ระดับค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity : EC) ไม่เกิน 3.5 เดซิซีเมนต่อเมตร
4. ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) อยู่ในช่วง 5.5-8.5
5. ปริมาณของธาตุอาหารหลักของพืช ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P_2O_5) และโปตัสเซียม (K_2O) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 1.0, 0.5 และ 0.5 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ
6. ความชื้นและสารระเหยได้ ไม่เกินร้อยละ 35 โดยน้ำหนัก
7. มีขนาดที่ไหลผ่านตะแกรงร่อนช่องสี่เหลี่ยม ขนาด 12.5 * 12.5 มิลลิเมตร ได้หมด
8. มีเศษวัสดุอื่นๆ ที่ไม่ต้องการ ได้แก่ หิน กรวด ทราย เศษพลาสติก ฯลฯ ไม่เกินร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก
9. ไม่มีวัสดุ เช่น เศษแก้ว วัสดุแหลมคม และโลหะอื่นๆ เป็นต้น ที่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้
10. ปลอดภัยจากธาตุโลหะหนัก สารพิษที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ สัตว์ และสิ่งแวดล้อม
11. ปลอดภัยจากจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคต่อมนุษย์ สัตว์และพืช

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การวางแนวคิดในงานวิจัย

ตลาดสุรนครเมืองใหม่ จังหวัดนครราชสีมา เป็นตลาดขายส่งและตลาดขายปลีกบางส่วนของผลผลิตทางการเกษตร ในแต่ละวันมีปริมาณของเศษผักและผลไม้ที่มาจากการตัดแต่งไม่น้อยกว่า 5-10 ตันต่อวัน และนับวันปริมาณของเสียดังกล่าวมีค่ามากขึ้น ส่งผลต่อพื้นที่ในการฝังกลบของเสียที่เหลือจากการนำไปใช้ประโยชน์ของชาวบ้านที่ต้องการนำเอาของเสียดังกล่าวไปใช้ในการเลี้ยงสัตว์ การทำปุ๋ยอินทรีย์น้ำ และแนวโน้มพื้นที่ฝังกลบมีค่าลดลง เนื่องจากความเจริญเติบโตของธุรกิจบ้านจัดสรรภายในเขตเทศบาลและนอกเขตเทศบาลนคร นครราชสีมา

งานวิจัยนี้ต้องการศึกษาการผลิตปุ๋ยอินทรีย์น้ำ และปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากเศษผักและผลไม้ของตลาดสุรนคร จังหวัดนครราชสีมา วิเคราะห์อัตราส่วนองค์ประกอบในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ที่อัตราส่วนของของเสียต่อกากน้ำตาลต่อน้ำ มากกว่า 3:1:10 โดยน้ำหนัก ระยะเวลาในการหมัก มี 2 ค่า คือ 10 วัน และ 15 วัน โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ค่า จากตัวอย่างที่เก็บมาในครั้งเดียวกัน วิเคราะห์สมบัติของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ และปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ได้จากกากเปียกของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ โดยปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ได้มาจากกากปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ใช้ระยะเวลาหมัก 30 วัน อัตราส่วนของของเสียต่อกากน้ำตาลต่อน้ำ เท่ากับ 3 : 1 : 10 ซึ่งเป็นค่าพื้นฐานที่นิยมใช้กันในงานวิจัยหรือการผลิตปุ๋ยน้ำสูตรต่างๆ

3.2 วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือในการทดลอง

3.2.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ของเสีย ในที่นี้ คือ เศษผักและผลไม้
2. มีด
3. กากน้ำตาล มีสมบัติดังตารางที่ 3.1
4. รำละเอียด
5. ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด เตรียมจากกากปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ที่ใช้เวลาหมัก 30 วัน
6. ตาชั่ง ขนาด 20 กิโลกรัม
7. ถังพลาสติก ขนาด 2.5 ลิตร 5 ลิตร และขนาด 25 ลิตร
8. ตะกร้าพลาสติก
9. ขันน้ำพลาสติก
10. ถุงดำขนาดกลาง

11. กระเบื้องแผ่นเรียบ
12. ขวดน้ำสเปรย์
13. อุปกรณ์เครื่องแก้ว
14. เทอร์โมมิเตอร์

3.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องหั่นเศษผักและเศษผลไม้
2. เครื่องอัดเม็ดปุ๋ย
3. พีเอชมิเตอร์ (pH Meter)
4. Spectrophotometer
5. ตู้อบ (Oven)
6. เตาเผา (Furnace)
7. ชุดเจลดาลห์ไนโตเจน (Kjeldahl Nitrogen Apparatus)
8. Flame Emission Spectrophotometer
9. Electrical Conductivity Meter

ตารางที่ 3.1 สมบัติกากน้ำตาลที่ใช้ในการทดลอง

พารามิเตอร์ที่วัด	หน่วย	ครั้งที่หาค่า					ค่าเฉลี่ย	SD*
		1	2	3	4	5		
พีเอช	-	5.1	5.2	5.1	5.3	5.2	5.18	0.08
ความถ่วงจำเพาะ	-	1.81	1..78	1.82	1.85	1.86	1.84	0.02
ค่าการนำไฟฟ้า	(dS/m)	10.12	10.14	9.87	10.12	10.13	10.08	0.12
ของแข็งทั้งหมด	(%)	75	78	74	76	75	75.60	1.52
ความชื้น	(%)	25	22	26	24	25	24.40	1.52
ของแข็งระเหยง่าย	(%)	45	42	46	47	45	45.00	1.87
อินทรีย์คาร์บอน	(%)	25.0	23.3	25.6	26.1	25.0	25.00	1.06
ไนโตรเจนทั้งหมด	(%)	0.85	0.86	0.85	0.87	0.86	0.86	0.01
ฟอสฟอรัส	(%)	0.13	0.11	0.12	0.1	0.11	0.11	0.01
โปตัสเซียม	(%)	2.6	2.4	2.5	2.4	2.5	2.48	0.08

SD ย่อมาจากคำว่า Standard Deviation หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน*

3.3 พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์ แสดงไว้ในตารางที่ 3.2

ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ กากเปียกและกากแห้งของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ รวมทั้งปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดในงานวิจัยทำการวิเคราะห์ซ้ำ 3 ค่า โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง ที่ระยะเวลาการหมักแต่ละค่า จากการเก็บเศษผักและผลไม้ในครั้งเดียวกัน ค่าพารามิเตอร์ที่วิเคราะห์ ได้แก่ พีเอช ค่าการนำไฟฟ้า ของแข็งทั้งหมด Total volatile and fixed solid อินทรีย์คาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปตัสเซียม เป็นต้น ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ค่าพารามิเตอร์ที่วิเคราะห์ (ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ กากเปียกและกากแห้งของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ, ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด)

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
1. พีเอช	Electrometric Method [60-63]
2. ค่าการนำไฟฟ้า	Electro Conductivity Method [60-62]
3. ของแข็งทั้งหมด	Total Residue Dried at 103-105°C [60-64]
4. Total volatile & fixed solid	Total Volatile and Fixed Residue Dried at 550°C [60-64]
5. อินทรีย์คาร์บอน	Walkey – Black Method [60-64]
6. ไนโตรเจน	Total Kjeldahl Nitrogen Method [60-63]
7. ฟอสฟอรัส	Vanadomolybdophosphoric Acid Colorimetric Method [60-63]
8. โปตัสเซียม	Flame Emission Spectrophotometry [62-63]

3.4 กระบวนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์น้ำ และปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด

3.4.1 กระบวนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

กระบวนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์น้ำประกอบไปด้วยการเก็บเศษผักและผลไม้ การเตรียมวัตถุดิบและการหมักเศษผักและผลไม้ให้ได้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ การเก็บเศษผักและผลไม้เริ่มต้นจากการออกไปที่ตลาดสุรนคร ซึ่งติดต่อขอความร่วมมือจากทางเจ้าของตลดาแล้ว นั่งรอเพื่อรอเก็บเศษผักและผลไม้ ในช่วงเวลาที่ไม่มีการทิ้งขยะ ทำการเก็บขนเศษผักและผลไม้ในบริเวณที่ทางตลาดจัดสรรเอาไว้ แล้วขนกลับมายังมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ตัดเศษผักและผลไม้ที่ได้ให้มีขนาดประมาณ 0.5 นิ้ว ถึง 1 นิ้ว ด้วยเครื่องหั่นเศษผักและผลไม้ แบ่งตัวอย่างบางส่วนไปวิเคราะห์ค่าของแข็งทั้งหมด ของแข็งแขวนลอย ความชื้น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปตัสเซียม ชั่งน้ำหนักรวมของเศษผักและ

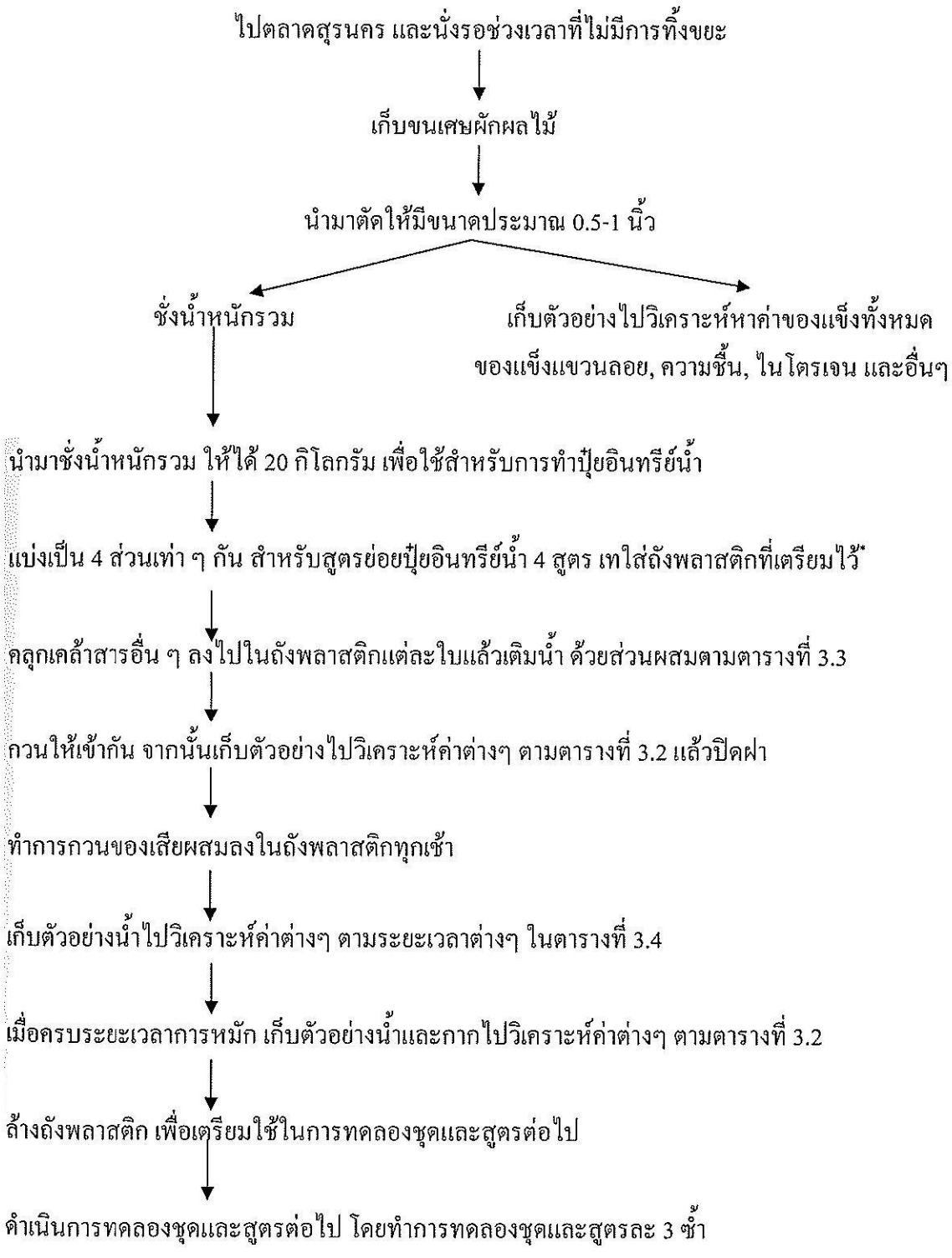
ผลไม้ที่เหลือ ให้ได้ 4 เท่าของน้ำหนักเศษผักและผลไม้ที่ใช้การผลิตปุ๋ยอินทรีย์น้ำแต่ละสูตร แบ่งออกเป็น 4 ส่วนเท่าๆ กัน สำหรับสูตรย่อยปุ๋ยอินทรีย์น้ำ เทลงในถังพลาสติกที่เตรียมไว้ คลุกเคล้าส่วนผสมอื่นๆ ตามสูตรย่อยแต่ละสูตร และเติมน้ำลงไปด้วยส่วนผสมตามตารางที่ 3.3 กวนให้เข้ากันดี เก็บตัวอย่างไปวิเคราะห์สมบัติของปุ๋ย ตามตารางที่ 3.2 แล้วปิดฝา กวนเศษผักและผลไม้ทุกเช้าและเก็บตัวอย่างไปวิเคราะห์สมบัติของปุ๋ย ตามตารางที่ 3.2 เมื่อครบระยะเวลาหมัก เก็บตัวอย่างน้ำและกากไปวิเคราะห์สมบัติของปุ๋ย ตามตารางที่ 3.2 ล้างถังพลาสติก เพื่อเตรียมเอาใช้ในการทดลองชุดและสูตรต่อไป โดยในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง กระบวนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์น้ำ แสดงไว้ในภาพที่ 3.1

ตารางที่ 3.3 องค์ประกอบวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการทำปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

สูตร	สูตรย่อย	องค์ประกอบของปุ๋ย					น้ำหนักรวม (กิโลกรัม)
		เศษผักผลไม้ (กิโลกรัม)	กากน้ำตาล (กิโลกรัม)	น้ำประปา (ลิตร)	รำละเอียด (กิโลกรัม)	ปุ๋ยเม็ด (กิโลกรัม)	
1	1	4.5	1	10	-	-	15.5
	2	4.5	1	10	-	2	17.5
	3	4.5	1	10	1	-	16.5
	4	4.5	1	10	1	2	18.5
2	1	7	1	10	-	-	18
	2	7	1	10	-	2	20
	3	7	1	10	1	-	19
	4	7	1	10	1	2	21

ตารางที่ 3.4 ช่วงเวลาเก็บตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์น้ำ และกากปุ๋ยอินทรีย์น้ำไปวิเคราะห์ โดยใช้ระยะเวลาหมัก 10 วัน และ 15 วัน ตามลำดับ

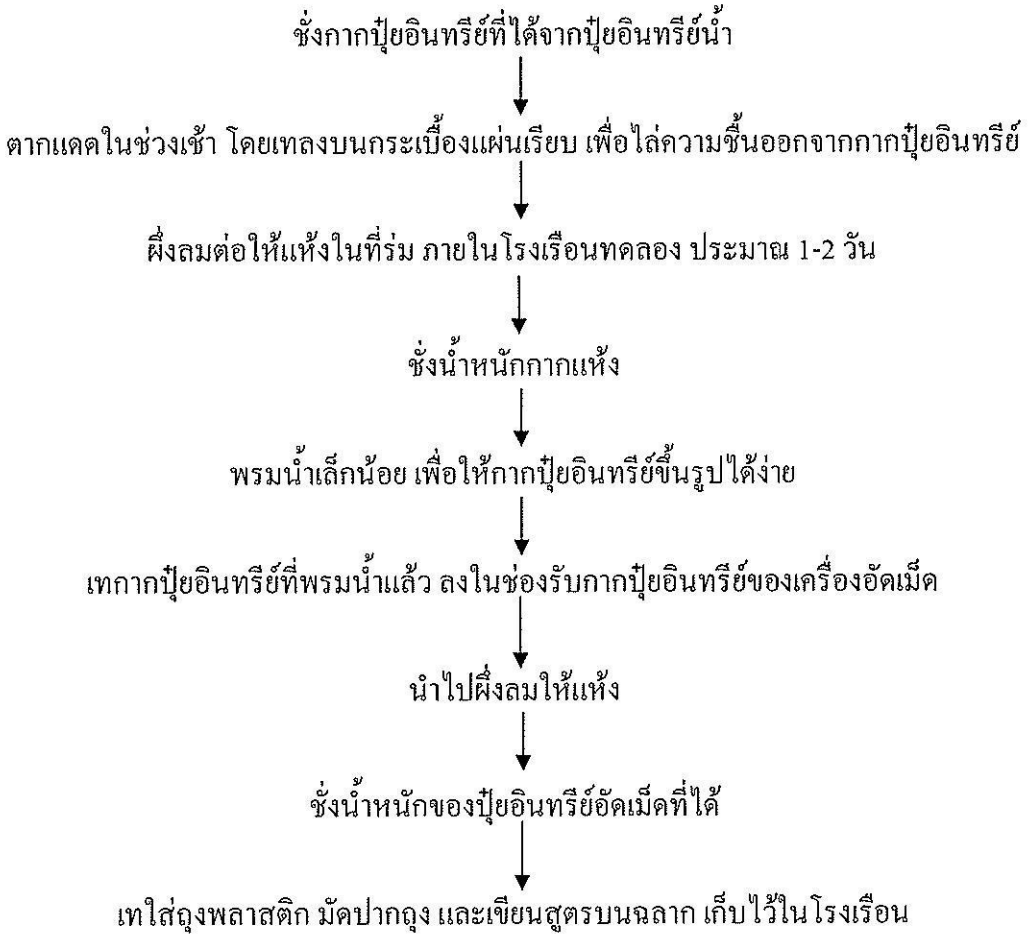
ระยะเวลาหมัก (วัน)	วันเก็บตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์
10	วันที่เริ่มต้นหมัก (วันที่ศูนย์), วันที่ 2, วันที่ 4, วันที่ 6, วันที่ 8 และวันที่ 10 ซึ่งมีการเก็บกากไปวิเคราะห์ด้วย
15	วันที่เริ่มต้นหมัก (วันที่ศูนย์), วันที่ 3, วันที่ 6, วันที่ 9, วันที่ 12 และวันที่ 15 ซึ่งมีการเก็บกากไปวิเคราะห์ด้วย



ภาพที่ 3.1 กระบวนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

3.4.2 กระบวนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ได้มาจากกากเปียกที่แยกออกจากน้ำของปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ได้ในแต่ละสูตร เก็บตัวอย่างไปวิเคราะห์สมบัติตามตารางที่ 3.2 ชั่งน้ำหนักกากเปียกที่ได้ เทลงในกระเบื้องแผ่นเรียบ เพื่อทำการตากแดดในช่วงเช้า เพื่อไล่ความชื้น และนำมาผึ่งลมต่อให้แห้งในที่ร่ม ภายในโรงเรือนทดลอง อีกประมาณ 1-2 วัน ชั่งกากแห้งที่ได้ เก็บตัวอย่างไปวิเคราะห์สมบัติตามตารางที่ 3.2 ชั่งน้ำหนักกากแห้งที่เหลือ พรมน้ำเล็กน้อย เพื่อให้การขึ้นรูปปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดด้วยเครื่องอัดเม็ด ทำได้ง่ายขึ้น เทกากที่พรมน้ำแล้วลงในช่อง (Hopper) ของเครื่องอัดเม็ด วางถาดที่ทางออกของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด จากนั้นนำเอาปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ได้ไปผึ่งลมในที่ร่ม ชั่งน้ำหนักของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่แห้งแล้ว เก็บตัวอย่างไปวิเคราะห์ตามตารางที่ 3.2 โดยทำการวิเคราะห์สมบัติ 3 ซ้ำ กระบวนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดแสดงไว้ในภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 กระบวนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด

3.4.3 กระบวนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในงานวิจัย

ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ ได้มาจากกากเปียกของปุ๋ยน้ำที่ทำการหมักเศษผักและผลไม้ ของตลาดเมืองใหม่สุรนคร ตามอัตราส่วนของเสียต่อกากน้ำตาลและน้ำ เท่ากับ 3:1:10 โดยน้ำหนัก ใช้ปริมาณเศษผักและผลไม้ที่ใช้ทำปุ๋ยน้ำ 42 กิโลกรัม กากน้ำตาล 12 กิโลกรัม และน้ำประปา 120 ลิตร หรือ 120 กิโลกรัม ซึ่งตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 1 คืน เพื่อไล่คลอรีนที่มีอยู่ในน้ำประปา โดยทำการหมักในถังพลาสติก ขนาด 200 ลิตร ใบที่ 1 และในถังพลาสติกใบที่ 2 ใช้ปริมาณของเสียกากน้ำตาลและปริมาณน้ำ เช่นเดียวกับถังพลาสติกใบที่ 1 ทำการหมักของเสียให้กลายเป็นปุ๋ยน้ำหมักด้วยระยะเวลา 30 วัน ทำการเก็บตัวอย่างปุ๋ยน้ำหมักไปวิเคราะห์องค์ประกอบ ตามตารางที่ 3.2 ในวันเริ่มต้นทำการหมัก วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7 วันที่ 10 วันที่ 15 วันที่ 20 วันที่ 25และวันที่ 30 เมื่อครบระยะเวลาการหมักแล้ว แยกกากออกจากปุ๋ยน้ำหมัก ชั่งน้ำหนักเปียก วิเคราะห์องค์ประกอบตามตารางที่ 3.2 แล้วดำเนินการทำปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ตามภาพที่ 3.2 ส่วนน้ำปุ๋ยที่ได้ เก็บไว้ใช้ทดลองในงานวิจัยอื่นๆ ต่อไป โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ และทำการวิเคราะห์สมบัติของปุ๋ย 3 ซ้ำ

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

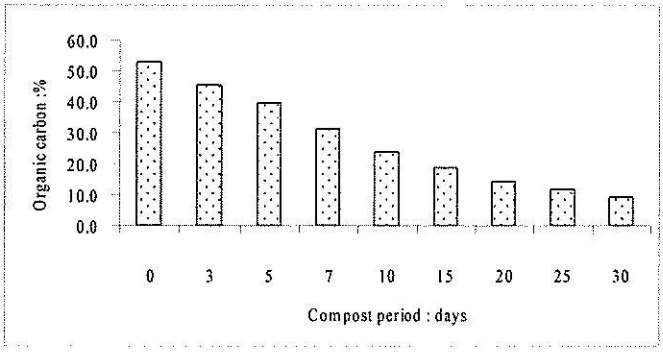
วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์น้ำ เป็นเศษผักและผลไม้ที่เก็บมาจากตลาดสุรนครเมืองใหม่ จังหวัดนครราชสีมา มีสมบัติดังนี้ ร้อยละของแข็งทั้งหมด 20.3 ร้อยละความชื้น 79.7 ร้อยละของแข็งระเหยง่าย 95.6 ร้อยละอินทรีย์คาร์บอน 53.1 ร้อยละไนโตรเจน 1.9 ร้อยละฟอสฟอรัส 1.50 ร้อยละโปตัสเซียม 0.21 และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน 31.69 ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.1

4.1 สมบัติของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ใช้ในงานวิจัย

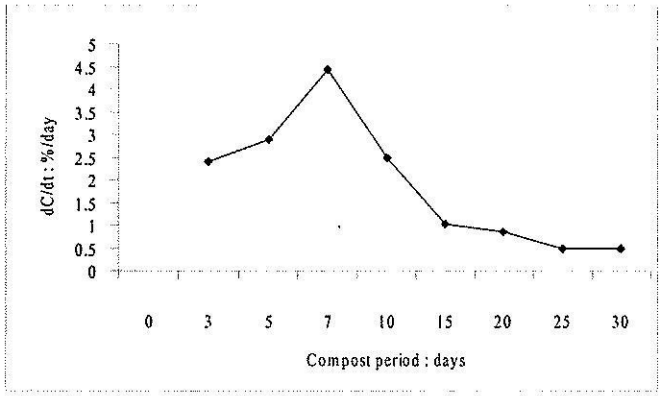
ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้จากกากเปียกปุ๋ยอินทรีย์น้ำของเศษผักและผลไม้ ของตลาดสุรนคร จังหวัดนครราชสีมา ในอัตราส่วนของของเสียต่อกากน้ำตาลต่อน้ำ เท่ากับ 3: 1: 10 โดยน้ำหนัก ใช้ปริมาณของเศษผักและผลไม้ 42 กิโลกรัม กากน้ำตาล 14 กิโลกรัม และน้ำประปา 140 กิโลกรัม ซึ่งตั้งไว้ 1 คืน เพื่อไล่คลอรีนในน้ำ โดยใช้ระยะเวลาหมัก 30 วัน และทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง กากเปียกที่ได้ทำให้แห้งด้วยแสงแดดในช่วงเช้าและผึ่งลมต่อในที่ร่มภายในโรงเรือนทดลอง 1-2 วัน อัดให้เป็นเม็ดด้วยเครื่องอัดเม็ด ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ได้ มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ 3.32 ค่าการนำไฟฟ้า 7.28 ร้อยละของอินทรีย์คาร์บอน และร้อยละไนโตรเจน เท่ากับ 9.3 และ 0.7 ตามลำดับ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.1 สมบัติของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ได้ มีสมบัติตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์น้ำ [57]

ปริมาณกากเปียกที่เหลือจากการทำปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ปริมาณกากแห้งและปริมาณปุ๋ยเม็ด เมื่อเทียบกับวัตถุดิบรวม (เศษผักและผลไม้, กากน้ำตาล และน้ำ) มีค่าเท่ากับ 15, 7.39 และ 6.51 ตามลำดับ และเมื่อเทียบกับเศษผักผลและผลไม้ มีค่าร้อยละ 62.2, 30.6 และ 27.0 ตามลำดับ

การเปลี่ยนแปลงสารอินทรีย์ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ เป็นดังภาพที่ 4.1 และอัตราการเปลี่ยนแปลงสารอินทรีย์ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ มีค่ามากที่สุด โดยใช้ระยะเวลาหมัก 7 วัน และจะมีค่าลดลงเรื่อยๆ เมื่อระยะเวลาการหมักมากกว่า 7 วัน ดังแสดงไว้ในภาพที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้มากที่สุด โดยใช้ระยะเวลาหมักเพียง 7 วัน การย่อยสลายของเสียดังกล่าวอธิบายได้ด้วยสมการที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงสารอินทรีย์ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ



ภาพที่ 4.2 อัตราการเปลี่ยนแปลงสารอินทรีย์ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

$$\frac{dC}{dt} = 7.6126 * \exp(-0.3056 * t) \qquad \ldots\ldots 4.1$$

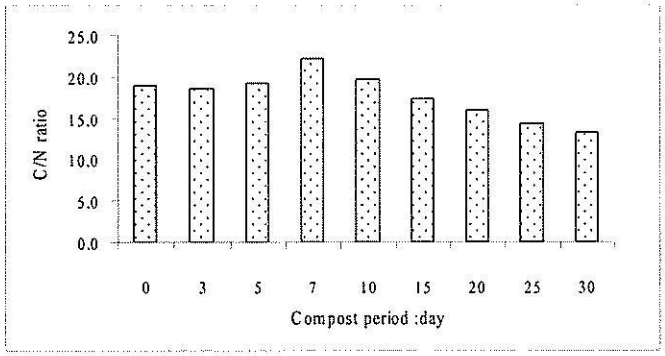
เมื่อ dC/dt คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงสารอินทรีย์ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ หน่วย ร้อยละต่อวัน

t คือ ระยะเวลาหมัก หน่วย วัน

ตารางที่ 4.1 สมบัติของปุ๋ยอินทรีย์น้ำและปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด

ตัวแปรที่วิเคราะห์	เศษผัก และผลไม้	วัตถุดิบ รวม	วันที่วิเคราะห์ปุ๋ยน้ำ									กาก เปียก	กาก แห้ง	ปุ๋ย เม็ด
			0	3	5	7	10	15	20	25	30			
1. ปริมาณ (kg)	42	174	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	26.1	12.9	11.3
2. ความเป็นกรดเป็นด่าง	-	3.55	3.55	3.52	3.50	3.45	3.40	3.38	3.35	3.33	3.32	3.3	3.3	3.3
3. ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)	-	7.15	7.52	7.42	7.38	7.35	7.36	7.35	7.33	7.31	7.28	7.28	7.25	7.24
4. อุณหภูมิ (C)	-	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5
5. ของแข็งทั้งหมด (%)	20.3	34.2	34.2	29.7	25.8	19.3	17.3	15.3	13.5	12.3	11.4	52.8	98.1	98.1
6. ความชื้น (%)	79.7	65.8	65.8	70.4	74.3	80.8	82.7	84.8	86.5	87.8	88.7	47.2	1.9	1.9
7. ของแข็งระเหยง่าย (%)	95.6	95.2	95.2	82.2	71.9	55.9	42.5	33.3	25.7	21.2	16.7	16.5	15.8	15.7
8. อินทรีย์คาร์บอน (%)	53.1	52.9	52.9	45.7	39.9	31.1	23.6	18.5	14.3	11.8	9.3	9.1	8.8	8.7
9. ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	1.9	2.8	2.8	2.5	2.1	1.4	1.2	1.1	0.9	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6
10. ฟอสฟอรัส (%)	1.50	0.62	0.62	0.60	0.56	0.52	0.46	0.41	0.38	0.36	0.31	0.31	0.30	0.29
11. โปตัสเซียม (%)	0.21	0.22	0.22	0.21	0.18	0.16	0.15	0.13	0.13	0.10	0.08	0.08	0.07	0.07
12. อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน	31.69	18.8	18.8	18.6	19.2	22.2	19.7	17.3	15.8	14.4	13.2	12.9	14.2	13.9
13. ร้อยละผลผลิต	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.0	7.4	6.5
14. ร้อยละผลผลิตต่อวัตถุดิบ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	62.2	30.6	27.0

อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) ของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 22.1 โดยใช้ระยะเวลาหมัก เพียง 7 วัน และมีค่าลดลง เมื่อใช้ระยะเวลาในการหมักมากกว่า 7 วัน เป็นดังภาพที่ 4.3 ซึ่งอาจเป็นผลมาจากจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำมีค่าลดลง



ภาพที่ 4.3 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) ของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

4.2 ผลของระยะเวลาหมักต่อสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

ร้อยละของกากเปียกต่อวัตถุดิบรวม, ร้อยละของกากเปียกต่อเศษผักและผลไม้ ปริมาณ 4.5 กิโลกรัม ที่ใช้ระยะเวลาหมัก 10 วัน มีค่ามากกว่าผลที่ได้จากการใช้ระยะเวลาหมัก 15 วัน ทั้งสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 เป็นดังตารางที่ 4.2 และสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ (ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง, ค่าการนำไฟฟ้า, ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอน, ปริมาณไนโตรเจน และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน) ที่ใช้ระยะเวลาหมักเพียง 10 วัน มีค่ามากกว่าสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ใช้ระยะเวลาหมัก 15 วัน เป็นดังภาพที่ 4.4 แสดงว่าการย่อยสลายของปริมาณของเสียที่มีปริมาณเท่ากัน ใช้ระยะเวลาไม่ควรเกิน 10 วัน เนื่องจากปริมาณจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำมีปริมาณลดลง เมื่อระยะเวลาหมักมีค่ามากว่า 10 วัน และการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำมีแนวโน้มลดลง เมื่อใช้ระยะเวลาหมักมากขึ้น แต่ยังคงมีกิจกรรมการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่อยู่ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ เป็นดังตารางที่ 4.3 เมื่อพิจารณาที่ปริมาณของเสีย 7 กิโลกรัม ที่ใช้ระยะเวลาหมัก 10 วัน เทียบกับระยะเวลาหมัก 15 วัน พบว่า การเปลี่ยนแปลงมีลักษณะเช่นเดียวกับกรณีใช้ปริมาณของเสีย 4.5 กิโลกรัม ดังตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.5

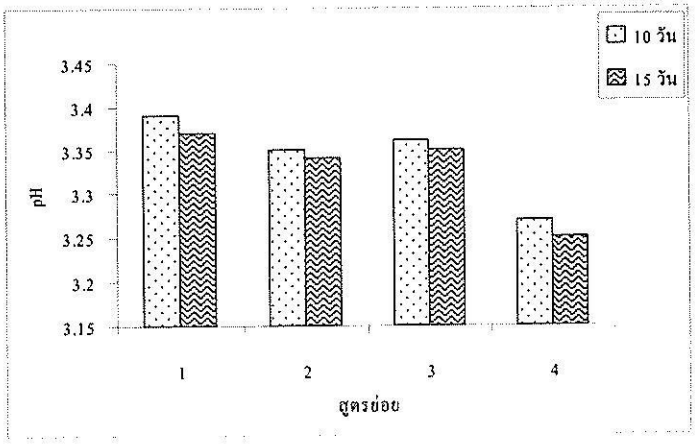
ตารางที่ 4.2 ร้อยละของกากเปียกต่อวัตถุดิบรวม, ร้อยละของกากเปียกต่อเศษผักและผลไม้ปริมาณ 4.5 กิโลกรัม ที่ระยะเวลาหมัก 10 วัน และ 15 วัน

สูตร	สูตรย่อย	ระยะเวลาหมัก 10 วัน		ระยะเวลาหมัก 15 วัน	
		กากเปียกต่อวัตถุดิบรวม (%)	กากเปียกต่อของเสีย* (%)	กากเปียกต่อวัตถุดิบรวม (%)	กากเปียกต่อของเสีย* (%)
1**	1	20.6	71.1	17.2	59.1
	2	16.0	62.2	13.5	52.4
	3	19.5	71.3	15.9	58.2
	4	14.9	61.1	12.6	52.0
2***	1	24.2	62.1	22.9	58.9
	2	21.1	60.1	19.2	54.9
	3	23.1	62.6	21.3	57.7
	4	19.8	59.4	17.7	53.1

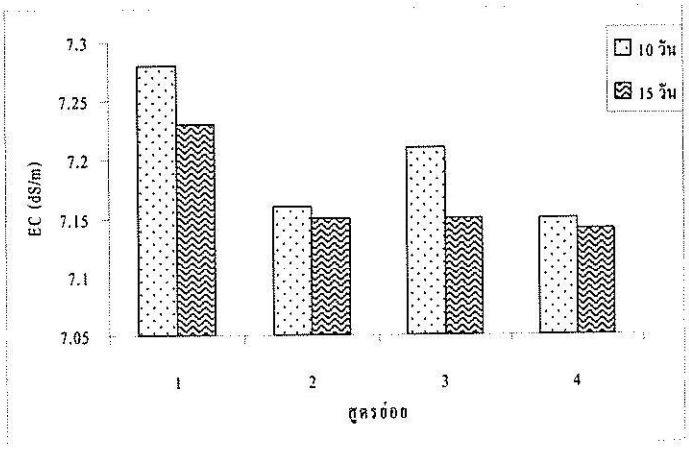
** ของเสีย หมายถึง เศษผักและผลไม้*

***สูตรที่ 1 ใช้ปริมาณเศษผักและผลไม้ 4.5 กิโลกรัม*

**** สูตรที่ 2 ใช้ปริมาณเศษผักและผลไม้ 7 กิโลกรัม*



(ก) ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง



(ข) ค่าการนำไฟฟ้า

ภาพที่ 4.4 สมบัติของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ จากเศษผักและผลไม้ ปริมาณ 4.5 กิโลกรัม ที่ระยะเวลาหมัก 10 วัน และ 15 วัน

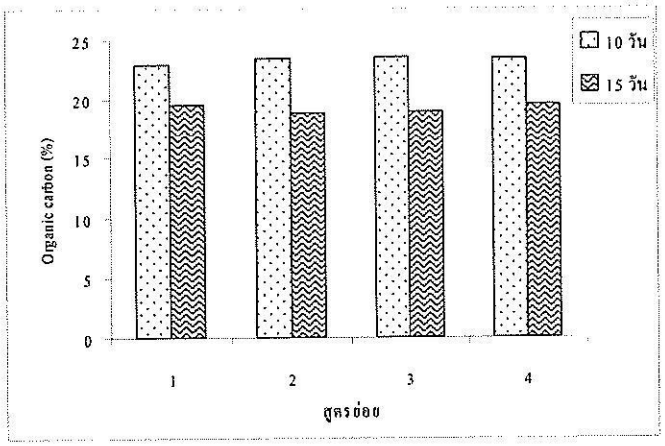
(ก) ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง

(ข) ค่าการนำไฟฟ้า

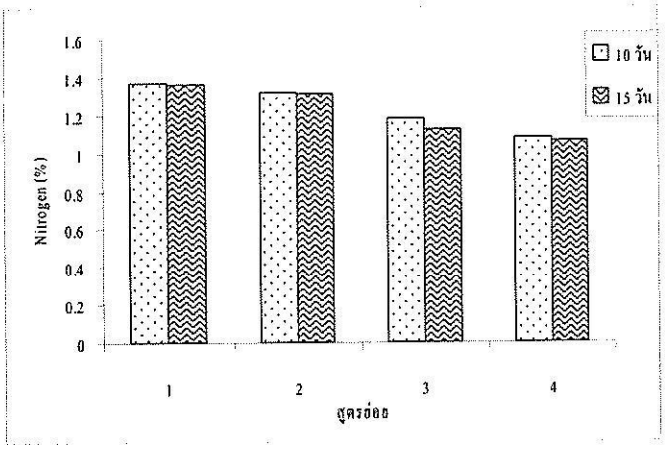
(ค) ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอน

(ง) ปริมาณไนโตรเจน

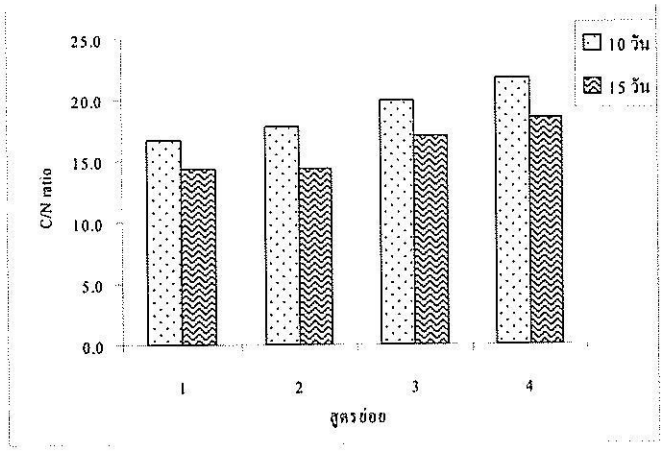
(จ) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน



(ค) ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอน



(ง) ปริมาณไนโตรเจน



(จ) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน

ภาพที่ 4.4 (ต่อ)

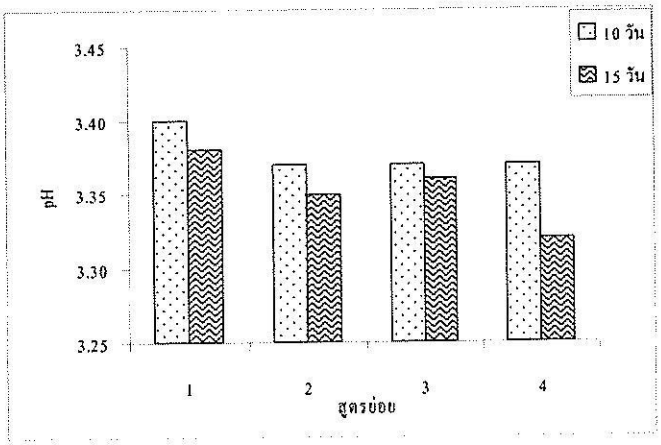
ตารางที่ 4.3 ปริมาณจุลินทรีย์ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ที่ระยะเวลาหมัก 10 วัน และ 15 วัน เมื่อใช้ปริมาณของเสีย (ก) 4.5 กิโลกรัม (ข) 7 กิโลกรัม

สูตร	สูตรย่อย	ระยะเวลาหมัก 10 วัน	ระยะเวลาหมัก 15 วัน
		ร้อยละของของแข็งระเหยง่าย (%)	ร้อยละของของแข็งระเหยง่าย (%)
1**	1	41.20	35.10
	2	41.25	33.50
	3	41.15	34.12
	4	42.02	35.20
2***	1	47.16	34.00
	2	45.10	34.20
	3	44.62	35.60
	4	42.05	36.80

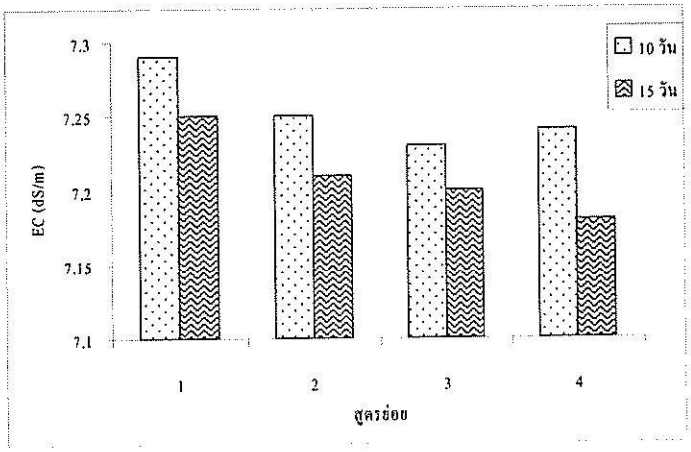
** ของเสีย หมายถึง เศษผักและผลไม้*

***สูตรที่ 1 ใช้ปริมาณเศษผักและผลไม้ 4.5 กิโลกรัม*

**** สูตรที่ 2 ใช้ปริมาณเศษผักและผลไม้ 7 กิโลกรัม*



(ก) ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง



(ข) ค่าการนำไฟฟ้า

ภาพที่ 4.5 สมบัติของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ จากเศษผักและผลไม้ ปริมาณ 7 กิโลกรัม ที่ระยะเวลาหมัก 10 วัน และ 15 วัน

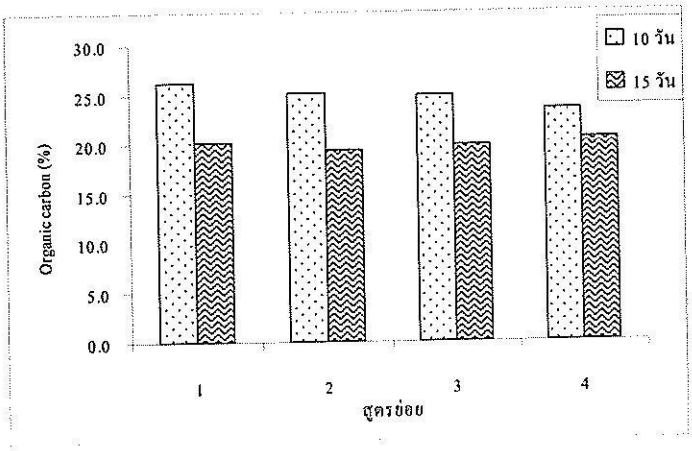
(ก) ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง

(ข) ค่าการนำไฟฟ้า

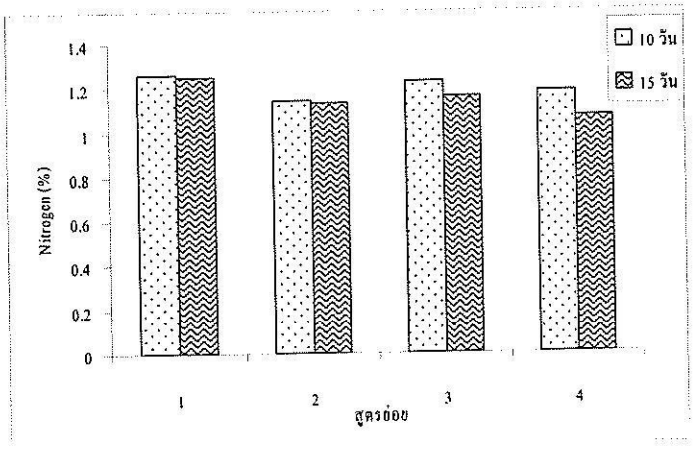
(ค) ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอน

(ง) ปริมาณไนโตรเจน

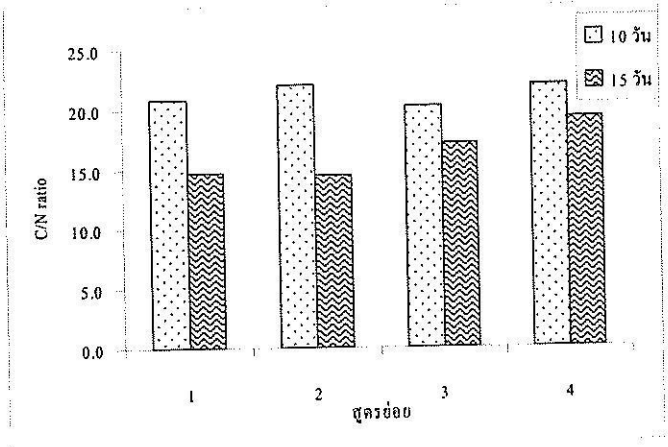
(จ) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน



(ค) ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอน



(ง) ปริมาณไนโตรเจน



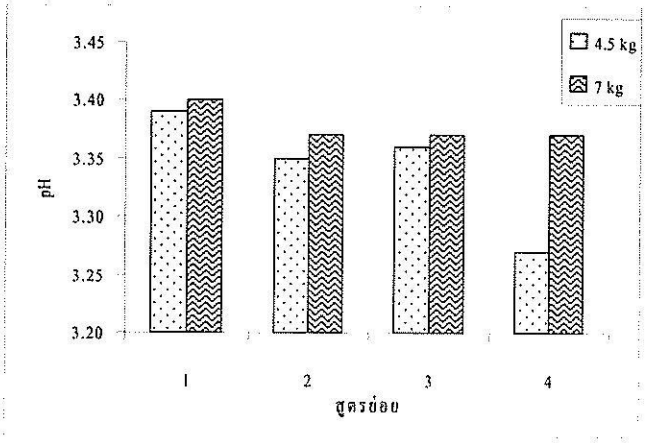
(จ) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน

ภาพที่ 4.5 (ต่อ)

4.3 ผลของปริมาณของเสียต่อสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

พิจารณาที่ระยะเวลาหมัก 10 วัน เมื่อใช้ปริมาณของเสีย เท่ากับ 4.5 กิโลกรัม สมบัติของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ (ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง, ค่าการนำไฟฟ้า, ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอน, ปริมาณไนโตรเจน และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน) ทั้ง 2 สูตร มีค่าน้อยกว่าสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ที่ได้จากปริมาณของเสีย 7 กิโลกรัม เป็นดังภาพที่ 4.6 เพราะปริมาณจุลินทรีย์ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ที่ปริมาณของเสีย 4.5 กิโลกรัม มีค่าน้อยกว่าปริมาณจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ที่ปริมาณของเสีย 7 กิโลกรัม ดังตารางที่ 4.3 เพราะสารอินทรีย์ระเหยง่าย ประกอบไปด้วยจุลินทรีย์จำนวนหนึ่ง

ในทำนองเดียวกัน ที่ระยะเวลาหมัก เท่ากับ 15 วัน เมื่อใช้ปริมาณของเสีย เท่ากับ 7 กิโลกรัม สมบัติของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ (ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง, ค่าการนำไฟฟ้า, ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอน) ทั้ง 2 สูตร มีค่าน้อยกว่าสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ที่ได้จากปริมาณของเสีย 7 กิโลกรัม แต่ปริมาณไนโตรเจน และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ใช้ปริมาณของเสีย 4.5 กิโลกรัม มีค่ามากกว่าที่ปริมาณของเสีย 7 กิโลกรัม เป็นดังภาพที่ 4.7



(ก) ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง

ภาพที่ 4.6 สมบัติของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ที่ใช้ปริมาณของเสีย 4.5 กิโลกรัม และ 7 กิโลกรัม ที่ระยะเวลาหมัก 10 วัน

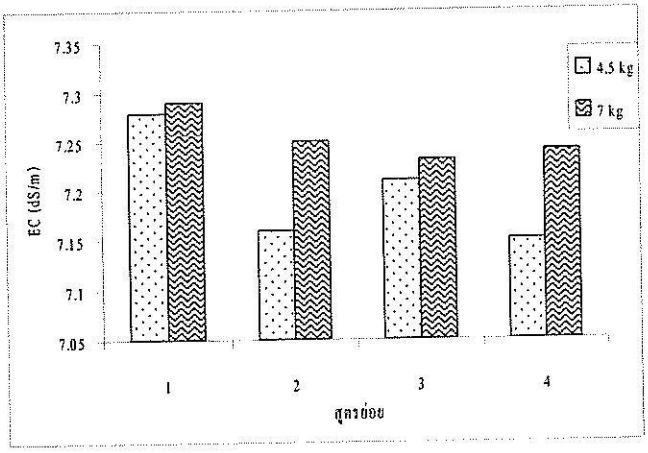
(ก) ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง

(ข) ค่าการนำไฟฟ้า

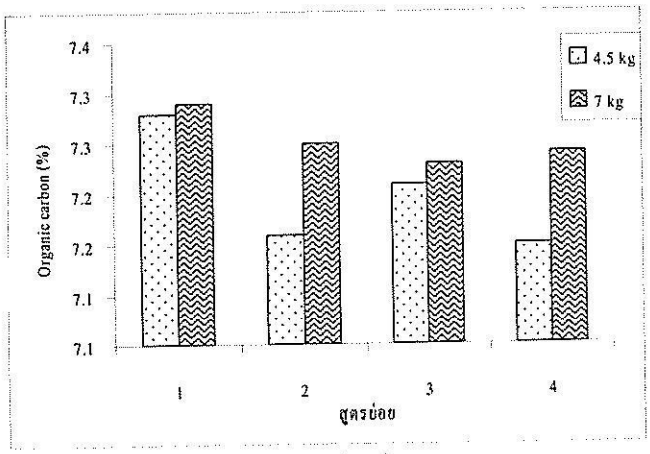
(ค) ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอน

(ง) ปริมาณไนโตรเจน

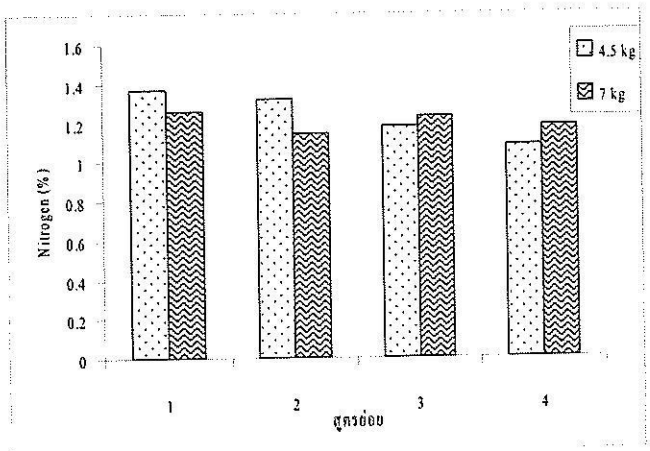
(จ) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน



(ข) ค่าการนำไฟฟ้า

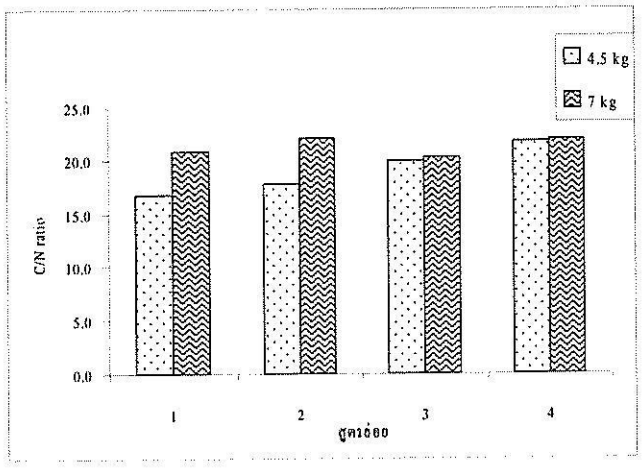


(ค) ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอน



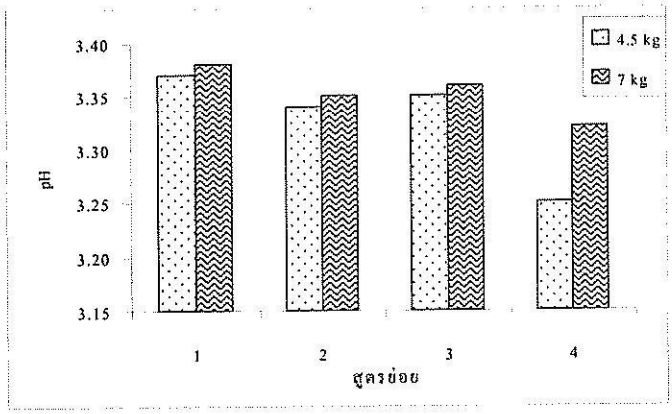
(ง) ปริมาณไนโตรเจน

ภาพที่ 4.6 (ต่อ)



(จ) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน

ภาพที่ 4.6 (ต่อ)



(ก) ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง

ภาพที่ 4.7 สมบัติของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ที่ใช้ปริมาณของเสีย 4.5 กิโลกรัม และ 7 กิโลกรัม ที่ระยะเวลาหมัก 15 วัน

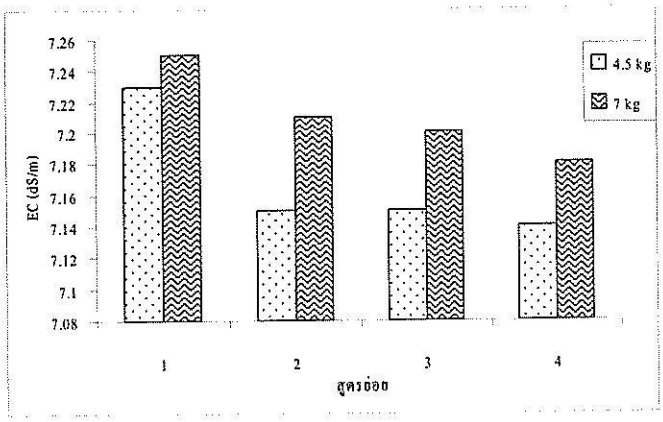
(ก) ความเป็นกรดเป็นด่าง

(ข) ค่าการนำไฟฟ้า

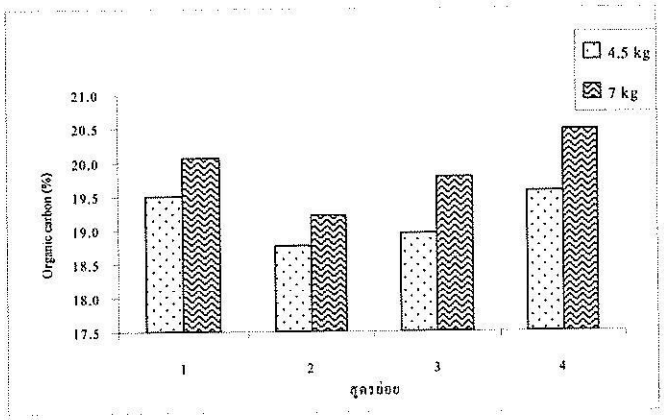
(ค) ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอน

(ง) ปริมาณไนโตรเจน

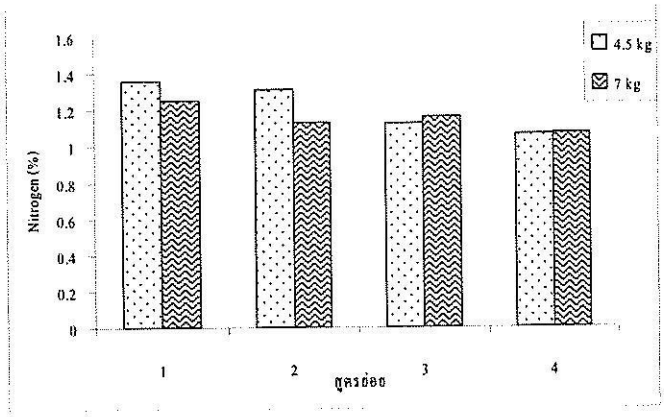
(จ) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน



(ข) ค่าการนำไฟฟ้า

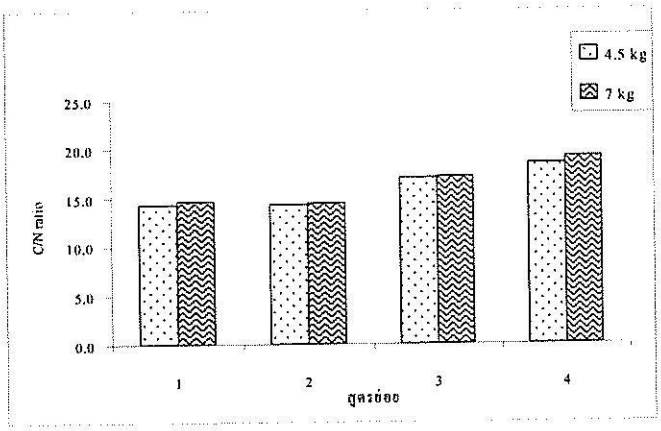


(ค) ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอน



(ง) ปริมาณไนโตรเจน

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)



(จ) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน

ภาพที่ 4.7 (ต่อ)

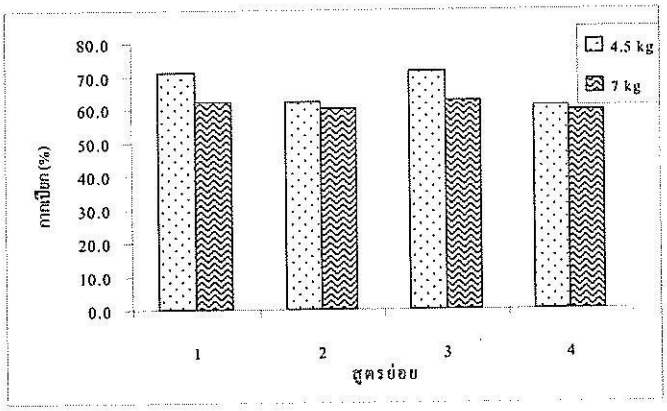
4.4 ร้อยละผลผลิตของกากเปียก กากแห้ง และปุ๋ยเม็ด

พิจารณาที่ระยะเวลาหมัก 10 วัน ร้อยละผลผลิตของกากเปียก, ร้อยละผลผลิตของกากแห้ง และร้อยละของปุ๋ยเม็ดมีค่าลดลง เมื่อปริมาณของเสียที่ใช้มีค่ามากขึ้น ดังตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.8 และที่ระยะเวลาการหมัก 15 วัน ร้อยละของผลผลิต (กากเปียก, กากแห้ง และปุ๋มเม็ด) มีลักษณะเช่นเดียวกับที่ระยะเวลาการหมัก 10 วัน ดังภาพที่ 4.9

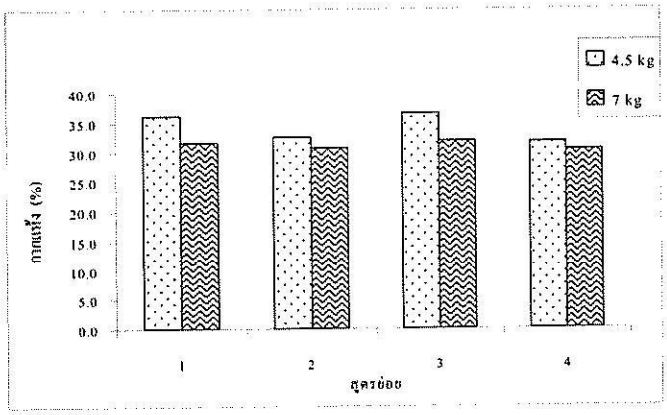
ตารางที่ 4.4 ร้อยละของกากเปียก กากแห้ง และปุ๋ยเม็ดต่อเศษผักและผลไม้

สูตร	สูตรย่อย	ระยะเวลาหมัก 10 วัน			ระยะเวลาหมัก 15 วัน		
		กากเปียก	กากแห้ง	ปุ๋ยเม็ด	กากเปียก	กากแห้ง	ปุ๋ยเม็ด
1	1	71.1	36.0	31.6	59.1	30.4	29.8
	2	62.2	32.4	30.7	56.0	28.0	26.9
	3	71.3	36.4	31.3	58.2	33.6	28.0
	4	61.1	31.6	29.3	52.0	28.0	26.2
2	1	62.1	31.6	27.3	58.9	27.9	25.9
	2	60.1	30.6	26.7	54.9	26.6	25.4
	3	62.6	31.9	26.9	57.7	31.6	26.3
	4	59.4	30.3	26.4	53.1	25.1	23.1

** ค่าในตารางมีหน่วยเป็นร้อยละ*



(ก) กากเปียก



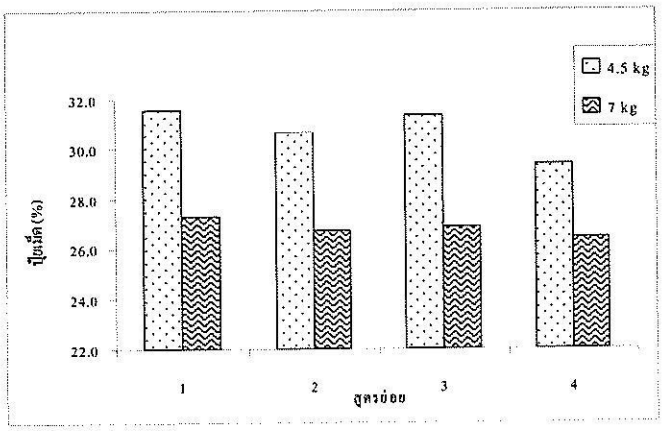
(ข) กากแห้ง

ภาพที่ 4.8 ร้อยละผลผลิต ที่ระยะเวลาหมัก 10 วัน เมื่อใช้ปริมาณของเสีย 4.5 กิโลกรัม และ 7 กิโลกรัม

(ก) กากเปียก

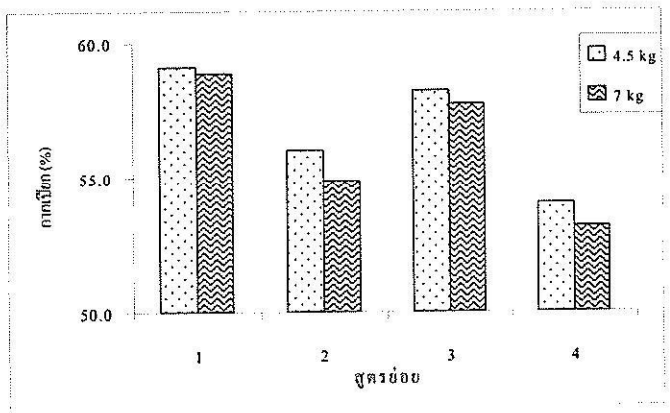
(ข) กากแห้ง

(ค) ปุ๋ยเม็ด



(ค) ปุ๋ยเม็ด

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)



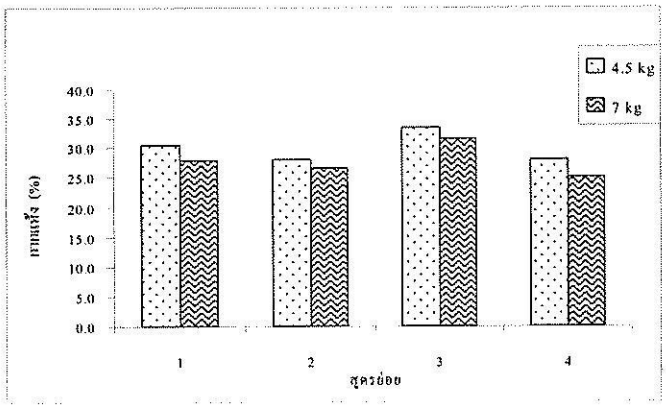
(ก) กากเปียก

ภาพที่ 4.9 ร้อยละผลผลิต ที่ระยะเวลาหมัก 15 วัน เมื่อใช้ปริมาณของเสีย 4.5 กิโลกรัม และ 7 กิโลกรัม

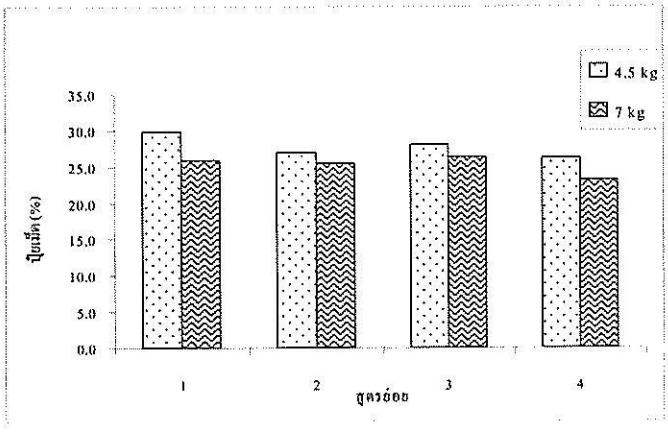
(ก) กากเปียก

(ข) กากแห้ง

(ค) ปุ๋ยเม็ด



(ข) กากแห้ง



(ค) ปุ๋ยเม็ด

ภาพที่ 4.9 (ต่อ)

4.5 เปรียบเทียบสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ได้กับมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

ปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ได้ทั้งสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 มีสมบัติตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์น้ำ [57] โดยปุ๋ยอินทรีย์น้ำสูตรที่ 1 มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 3.33-3.37 ค่าการนำไฟฟ้า 7.14-7.23 ds/m ร้อยละอินทรีย์คาร์บอน 18.8-19.6 และร้อยละไนโตรเจน (จากพืช) 1.06-1.36 สำหรับปุ๋ยอินทรีย์น้ำสูตรที่ 2 มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 3.32-3.38 ค่าการนำไฟฟ้า 7.18-7.25 ds/m ร้อยละอินทรีย์คาร์บอน 19.2-20.5 และร้อยละไนโตรเจน (จากพืช) 1.07-1.25 ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ได้กับมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

รายการ		ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง	ค่าการนำไฟฟ้า : ds/m	อินทรีย์คาร์บอน : %	ไนโตรเจน : %
มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์น้ำ [57]		≤ 4.5	≤ 10	≥ 5	≤ 2
สูตรที่1**	สูตรย่อย 1	3.37	7.23	19.5	1.36
	สูตรย่อย 2	3.34	7.15	18.8	1.31
	สูตรย่อย 3	3.35	7.15	19.0	1.12
	สูตรย่อย 4	3.33	7.14	19.6	1.06
สูตรที่ 2***	สูตรย่อย 1	3.38	7.25	20.1	1.25
	สูตรย่อย 2	3.35	7.21	19.2	1.13
	สูตรย่อย 3	3.36	7.20	19.8	1.16
	สูตรย่อย 4	3.32	7.18	20.5	1.07

**ปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ใช้ในการปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดในงานวิจัย ในหัวข้อที่ 4.1*

***สูตรที่ 1 ใช้ปริมาณเศษผักและผลไม้ 4.5 กิโลกรัม*

****สูตรที่ 2 ใช้ปริมาณเศษผักและผลไม้ 7 กิโลกรัม*

บทที่ 5
บทสรุป

5.1 สรุปผลการวิจัย

1. เศษผักและผลไม้ของตลาดสุรนคร จังหวัดนครราชสีมา สามารถนำมาผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ตามอัตราส่วนของเศษผักและผลไม้ต่อกากน้ำตาลต่อน้ำ 3:1:10 โดยน้ำหนัก เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์มากที่สุด โดยใช้เวลาเพียง 7 วัน ค่าความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ย มีค่า 3.3 ค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ย มีค่า 3.24 ค่าเฉลี่ยร้อยละสารอินทรีย์คาร์บอน มีค่า 8.7 อัตราส่วนค่าของคาร์บอนต่อไนโตรเจนเฉลี่ย มีค่า 13.9 ปริมาณกากเปียกที่ได้ต่อปริมาณเศษผักและผลไม้ มีค่าค่าเฉลี่ยร้อยละ 62.2 ปริมาณปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด (ปุ๋ยเม็ด) มีค่าค่าเฉลี่ยร้อยละ 27.0 นอกจากนี้แล้วสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ได้ มีค่าตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์น้ำของกรมส่งเสริมการเกษตร

2. ปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากเศษผักและผลไม้ ที่ใช้ระยะเวลาหมัก 10 วัน มีสมบัติดีกว่าปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ใช้ระยะเวลาหมัก 15 วัน ทั้งสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 เมื่อพิจารณาที่ปริมาณของเสียเท่ากัน และปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากเศษผักและผลไม้ ปริมาณ 4.5 กิโลกรัม มีสมบัติดีกว่าปุ๋ยอินทรีย์จากเศษผักและผลไม้ที่ใช้ปริมาณ 7 กิโลกรัม เมื่อพิจารณาระยะเวลาหมักเท่ากัน เพราะจุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำได้ดีที่สุดที่ 7 วัน หลังจากนั้นอัตราการย่อยสลายมีค่าลดลง

3. การเพิ่มปริมาณของของเสียที่นำมาผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ทำให้ร้อยละกากเปียก กากแห้งและปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด (ปุ๋ยเม็ด) ต่อเศษผักและผลไม้ มีค่าลดลง เมื่อใช้ระยะเวลาหมัก 10 วัน และ 15 วัน ตามลำดับ

4. การเพิ่มระยะเวลาในกระบวนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ทำให้ร้อยละกากเปียก กากแห้งและปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด (ปุ๋ยเม็ด) ต่อเศษผักและผลไม้ มีค่าลดลง เมื่อใช้ปริมาณของเสีย 4.5 กิโลกรัม และ 7.0 กิโลกรัม ตามลำดับ

5. สมบัติของปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ได้จากเศษผักและผลไม้ ทั้ง 2 สูตร มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 3.32-3.37 ค่าการนำไฟฟ้า 7.14-7.25 เดซิซีเมนต่อเมตร ร้อยละอินทรีย์คาร์บอน 18.8-20.5 และร้อยละไนโตรเจน 1.06-1.36 โดยมีค่าตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์น้ำของกรมส่งเสริมการเกษตร

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการวิเคราะห์คุณสมบัติทางชีววิทยาของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ แต่ละสูตรย่อยของสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 ว่าประกอบไปด้วยจุลินทรีย์ชนิดใดบ้าง ชนิดที่ช่วยให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้มากขึ้น และชนิดใดที่ยับยั้งการย่อยสลายสารอินทรีย์ และปริมาณของจุลินทรีย์แต่ละชนิดมีค่ามากน้อยเพียงใด

2. ควรวิเคราะห์คุณสมบัติของรำละเอียดที่ใช้เป็นองค์ประกอบในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ว่าประกอบไปด้วยอะไรบ้าง และส่วนประกอบใดบ้างที่มีประโยชน์ต่อจุลินทรีย์ที่ช่วยในการย่อยสลายสารอินทรีย์

3. อาจทำการทดสอบคุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ในการขับไล่แมลงที่มาวางไข่ตามผลอ่อนของผลไม้ เพื่อเป็นการลดปริมาณของแมลงและช่วยให้ผลผลิตที่ได้มีสภาพที่ดี ขายได้ราคามากขึ้น

4. ควรมีการทดสอบการใช้ประโยชน์ของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด กับพืชที่มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น เช่น พืชสวนครัว (แตง คะน้า ผักบุ้งจีน ผักชี หอม กระเทียม) เป็นต้น ไม้ดอกและไม้ผล เพื่อเป็นแนวทางในการลดการใช้สารเคมี (ปุ๋ยเคมี, ยากำจัดวัชพืชและแมลง) และหันมาทำการเกษตรในลักษณะของเกษตรอินทรีย์

บรรณานุกรม

1. พาณิชย์ ยศปัญญา. (2545). กลุ่มส่งเสริมกสิกรรมไร้สารพิษวังน้ำเขียว แบบอย่างพึ่งตนเองในสังคมใหม่. วารสารมติชนบท เทคโนโลยีชาวบ้าน. 14(289): 66-70.
2. กองสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม เทศบาลนครพิษณุโลก. (2542). การผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากขยะ . (อัดสำเนา)
3. กรมควบคุมมลพิษ กองจัดการสารอันตรายและกากของเสีย ฝ่ายลดและใช้ประโยชน์ของเสีย. (2547). ขยะลดลงใน 3 เทศบาล. (ออนไลน์). ได้จาก: http://pcdv1.pcd.gp.th/Information/Sources/Waste.htm
4. Available: http://wta.siamindustry.com/data/agri_01.html
5. วิฑูรย์ ปัญญากุล. และเจษณี สุขจิรัตติกาล. (2546). สถานการณ์เกษตรอินทรีย์ไทย เกษตรอินทรีย์โลก. กรุงเทพฯ: มูลนิธิสายใยแผ่นดิน.
6. วิฑูรย์ ปัญญากุล. และเจษณี สุขจิรัตติกาล. (2546). การตลาดเกษตรอินทรีย์ กรุงเทพฯ: มูลนิธิสายใยแผ่นดิน.
7. วิฑูรย์ ปัญญากุล. (2546). ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเกษตรอินทรีย์. ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: มูลนิธิสายใยแผ่นดิน.
8. Available: http://www.Surin.go.th/kaset2.hm
9. Available: http://junjawa.thaigov.net
10. Available: http://www.thai.net/oardk/natural.html
11. Available: http://www.greennetorganic.com/content-thai/philosophy/organic.html
12. บุษบา วรากรวรวุฒิ. (2536). เกษตรยั่งยืน การรณรงค์ในส่วนของกรมส่งแสริมการเกษตร. วารสารวิชาการเกษตร. 11(3): 169-174.
13. ทัศนีย์ อัตตะนันทน์. (2547). บทบาทของสารปรับปรุงบำรุงดิน. (ออนไลน์). ได้จาก: http://www.sfst.org/conference/Codition/conditionerrole.htm
14. ดำริ ถาวรมาศ และนิตยา หาญศักดิ์. (2520). ดินดี. วารสารดินและปุ๋ย. 5: 85-87.
15. จำลอง กกรัมย์. (2538). ปุ๋ยอินทรีย์. หนังสือพิมพ์กสิกร. 68(1): 77-79.
16. Available: http://ecoschools.net/ecoschool/student/knowledge/fertilizer/text8_3.htm
17. มุกดา สุขสวัสดิ์. (2547). ปุ๋ยและการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพ. ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โอเดียนท์สโตร์.
18. Available: http://www.energythai.net
19. เทรูโอะ ฮิหวะ. (2545). อนาคตที่เกิดใหม่. กรุงเทพฯ: สยามออฟเซ็ท

บรรณานุกรม (ต่อ)

20. เพชร กตัญญูกุล. (2537). การหมุนเวียนวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร หนังสือพิมพ์กสิกร. 67(1): 32-37.

21. กฤษณา รุ่งโรจน์วณิชย์. (2546). ขยะอินทรีย์จะเอาไปไหนดี?. วารสารเคหการเกษตร. 27(1): 1-6.

22. ลดาวัลย์ วัฒนะจีระและคณะ. (2546). การทำปุ๋ยหมักจากเศษใบไม้แห้งและขยะ โดยวิธีหมักแบบใช้ออกซิเจน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ภาษาไทย). 11(2): 71-76

23. อานุภาพ แก้งกอง. (2548). การผลิตปุ๋ยหมักจากเศษหญ้า เศษใบไม้แห้งและกากตะกอนน้ำเสียด้วยวิธีกองแบบมีการระบายอากาศ. วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

24. นันทกร บุญเกิด. (2536). จุลินทรีย์สร้างปุ๋ยให้ดิน. หนังสือพิมพ์กสิกร. 66(5): 472-476.

25. อาณัฐ ตันโช. (2548). เกษตรธรรมชาติ. ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช).

26. มุกดา สุขสวัสดิ์. (2545). เกษตรธรรมชาติ. กรุงเทพฯ: โอเดียนท์สโตร์.

27. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2541). โครงการชีววิถี เพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน. ครั้งที่ 19. กรุงเทพฯ: ฝ่ายประชาสัมพันธ์ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.

28. กระทรวงศึกษาธิการและสำนักพิมพ์ร่วมด้วยช่วยกัน. (2542). ทฤษฎีใหม่ในหลวง ชีวิตที่พอเพียง. กรุงเทพฯ: ร่วมด้วยช่วยกัน.

29. ทิพวรรณ สิทธิรังสรรค์. (2546). การปลูกพืชผักโดยวิธีเกษตรธรรมชาติ. (ออนไลน์). ได้จาก: http://www.ku.ac.th/e-magazine/november43/plant/

30. เครือข่ายเกษตรกรรมทางเลือก. (2547). ความรู้เรื่องการทำกสิกรรมธรรมชาติไร้สารพิษ. (ออนไลน์). ได้จาก: http://www.thaiaan.net

31. อานัฐ ตันโช. (2548). เกษตรธรรมชาติ : แนวคิด หลักการและจุลินทรีย์ท้องถิ่น. ครั้งที่ 2. เชียงใหม่: Trio Advertising & Media.

32. ธวัชชัย ณ นคร. (2526). ประโยชน์ของการไถกลบอินทรียวัตถุลงดิน. วารสารดินและปุ๋ย. 5: 83-84.

33. ธงชัย มาลา. (2546). ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ : เทคนิคการผลิตและการใช้ประโยชน์. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

34. มุกดา สุขสวัสดิ์. (2545). ปุ๋ยอินทรีย์. กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.

35. ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา. (2547). ปุ๋ยอินทรีย์กับดินและพืช. วารสารดินและปุ๋ย. 6: 155-166.

บรรณานุกรม (ต่อ)

36. อนนท์ สุขสวัสดิ์. (2543). ปุ๋ยพืชสดในนาข้าว : ศักยภาพและปัญหา. วารสารดินและปุ๋ย. 22(2): 75-94.

37. นภดล ชัยกิจและคณะ. (2547). ความรู้เรื่องปุ๋ย, ธาตุอาหารของพืชและการปรับปรุงบำรุงดิน. (ออนไลน์). ได้จาก: http://www.chainat.go.th/intra/Idd/Report/Documents/Documents02.htm

38. Available: http://www.tei.or.th/songkhalake/knowledge/knowledges.html

39. Available: http://Library.uru.ac.th./webdb/images/SupanBioTech01.htm

40. สำนักงานเกษตร จังหวัดนครราชสีมา ฝ่ายป้องกันและกำจัดศัตรูพืช. (2543). น้ำหมักพืช. (อัดสำเนา).

41. ลุงสี เคหการเกษตร. (2541). ปุ๋ยหมักน้ำ. วารสารเคหการเกษตร. 22(3): 10

42. Available: http://Library.uru.ac.th/webdb/images/101_life_01.htm

43. Available: http://www.Surin.go.th/kaset3.htm

44. Available: http://www.thai.net/oardk/techno/organic%20fertilizer.html

45. คำเกิด ศรีอินปันและคณะ. (2544). ปุ๋ยน้ำชีวภาพ สูตรกล้อมแกล้ม. 7(1): 1-204.

46. คำเกิด ศรีอินปันและคณะ. (2545). 100 สูตร สารสกัดสมุนไพร ป้องกันกำจัดโรคแมลงศัตรูพืช. 8(2): 1-204.

47. ทิพวรรณ สิทธิรังสรรค์. (2547). ปุ๋ยหมัก ดินหมักและปุ๋ยน้ำชีวภาพ. ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ: โอเดียนท์สโตร.

48. นฤมล วชิรปัทมาและเยาวพา จิระเกียรติกุล. (2548). การตรวจวัดปริมาณของธาตุอาหารในน้ำสกัดชีวภาพที่ได้มาจากวัตถุดิบต่างชนิด. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 13(2): 1-12.

49. Available: http://www.moac.go.th/people/html/msg_type1_731.htm

50. Available: http://www.geocities.com/jesuke/dd1.html

51. Available: http://tak.doae.go.th/Technic3.htm

52. รายงานพิเศษ. (2544) ปุ๋ยน้ำหมัก ปุ๋ยชาวบ้าน วารสารมติชน เทคโนโลยีชาวบ้าน. 13(263): 43-46.

53. ประเวศ แสงเพชร. (2544). ปุ๋ยหมักน้ำ กำลังมาแรง. วารสารมติชน เทคโนโลยีชาวบ้าน. 13(263): 49.

54. Available: http://www.Idd.go.th/new_hp/vichakan/ fertilize/ferti.html

55. ผกามาส ใจฉลาด. (2545). ผลิตปุ๋ยน้ำชีวภาพแบบง่ายๆ สูตรเด็ดของวิทยาเขตจันทบุรี ช่วยลดต้นทุน ผลผลิตงาม. วารสารมติชน เทคโนโลยีชาวบ้าน. 14(289): 18.

บรรณานุกรม (ต่อ)

56. จารุรัตน์ พุ่มประเสริฐและธัญพิสิษฎ์ พรุงจิก. (2548). ผลของน้ำสกัดชีวภาพต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและการลดต้นทุนการผลิตของคะน้า ในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 13(2): 13-22.

57. Available: http://www.doa.go.th

58. Available: http://kamphaengphet.doae.go.th/plan/101_organic_01.htm

59. สมบูรณ์ ประภาพรรณสวัสดิ์. (2537). ปุ๋ยอินทรีย์เม็ด. หนังสือพิมพ์กสิกร. 67: 179-183.

60. กรรณิการ์ สิริสิงห์. (2525).เคมีของน้ำ น้ำโสโครก และการวิเคราะห์. ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: คณะสาธารณสุข มหาวิทยาลัยมหิดล.

61. ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และเพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ. (2536). ปฏิบัติการอย่างง่าย สำหรับการวิเคราะห์น้ำเสีย. กรุงเทพฯ: สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.

62. มงคล ตัะอุ่น. (2548). เทคนิคและการวิเคราะห์ ในห้องปฏิบัติการดิน พืช น้ำและปุ๋ย. ขอนแก่น: ภาควิชาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

63. จำเป็น อ่อนทอง. (2545). คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช. สงขลา: ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

64. คณาจารย์ ภาควิชาธรณีศาสตร์. (2536). คู่มือปฏิบัติการปฐพีวิทยาเบื้องต้น. สงขลา: ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ประวัติผู้วิจัย

อาจารย์สนั่น ตั้งสถิตย์ เป็นอาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เกิดที่อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เมื่อปี พ.ศ. 2531 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เมื่อปี พ.ศ. 2535 มีประสบการณ์ในงานวิจัยทางด้านการใช้ประโยชน์จากของเสีย (Waste Utilization) การออกแบบและการแก้ไขปัญหาในการเดินระบบบำบัดน้ำเสีย (Design, Adjustment and Operation of Wastewater Treatment Plants) สถานที่ติดต่อคือที่ สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

ตาราง ก1 ข้อมูลเฉลี่ยของสูตรที่ 1 สูตรย่อยที่ 1 ระยะเวลาการหมัก 10 วัน และปริมาณของเสีย 4.5 กิโลกรัม

ตัวแปรที่วิเคราะห์	เศษผักและผลไม้	วัตถุดิบรวม	วันที่วิเคราะห์ปุ๋ยน้ำ						กากเปียก	กากแห้ง	ปุ๋ยเม็ด
			0	2	4	6	8	10			
1. ปริมาณ (kg)	4.5	15.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	3.2	1.62	1.42
2. ความเป็นกรดเป็นด่าง	-	3.54	3.54	3.52	3.48	3.45	3.42	3.39	3.39	3.37	3.37
3. ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)	-	7.52	7.52	7.41	7.38	7.35	7.31	7.28	7.28	7.26	7.26
4. อุณหภูมิ (C)	-	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5
5. ของแข็งทั้งหมด (%)	21.2	33.8	33.8	30.1	27.2	23.5	19.2	17.3	53.2	98.2	98.2
6. ความชื้น (%)	78.8	66.2	66.2	69.9	72.8	76.5	80.8	82.7	46.8	1.8	1.8
7. ของแข็งระเหยง่าย (%)	96.20	91.12	91.12	82.21	73.11	62.12	53.21	41.21	41.20	41.10	41.10
8. อินทรีย์คาร์บอน (%)	53.4	50.6	50.6	45.7	40.6	34.5	29.6	22.9	22.9	22.8	22.8
9. ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	1.8	2.81	2.81	2.58	2.21	1.71	1.42	1.37	1.37	1.21	1.15
10. ฟอสฟอรัส (%)	1.50	0.62	0.62	0.58	0.56	0.51	0.48	0.46	0.46	0.42	0.42
11. โปตัสเซียม (%)	0.22	0.22	0.22	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	0.12	0.10	0.10
12. อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน	29.7	18.0	18.0	17.7	18.4	20.2	20.8	16.7	16.7	18.9	19.9
13. Yield (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	20.6	10.5	9.2
14. Yield per waste (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	71.1	36.0	31.6

ตาราง ก2 ข้อมูลเฉลี่ยของสูตรที่ 1 สูตรย่อยที่ 2 ระยะเวลาการหมัก 10 วัน และปริมาณของเสีย 4.5 กิโลกรัม

ตัวแปรที่วิเคราะห์	เศษผักและผลไม้	วัตถุดิบรวม	วันที่วิเคราะห์ปุ๋ยน้ำ						กากเปียก	กากแห้ง	ปุ๋ยเม็ด
			0	2	4	6	8	10			
1. ปริมาณ (kg)	4.5	17.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	2.8	1.46	1.38
2. ความเป็นกรดเป็นด่าง	-	3.60	3.60	3.52	3.47	3.42	3.38	3.35	3.35	3.34	3.34
3. ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)	-	7.46	7.46	7.42	7.39	7.32	7.21	7.16	7.16	7.12	7.10
4. อุณหภูมิ (C)	-	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5
5. ของแข็งทั้งหมด (%)	21.2	34.5	34.5	31.1	26.8	23.7	20.1	17.6	54.1	98.6	98.4
6. ความชื้น (%)	78.8	65.5	65.5	68.9	73.2	76.3	79.9	82.4	45.9	1.4	1.6
7. ของแข็งระเหยง่าย (%)	96.20	91.14	91.14	81.12	72.02	62.11	53.21	42.11	41.25	41.23	41.21
8. อินทรีย์คาร์บอน (%)	53.4	50.6	50.6	45.1	40.0	34.5	29.6	23.4	22.9	22.9	22.9
9. ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	1.8	2.79	2.79	2.54	2.22	1.68	1.43	1.32	1.32	1.26	1.22
10. ฟอสฟอรัส (%)	1.50	0.63	0.63	0.56	0.53	0.51	0.47	0.45	0.45	0.43	0.43
11. โปตัสเซียม (%)	0.22	0.21	0.21	0.19	0.18	0.15	0.13	0.11	0.11	0.10	0.10
12. อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน	29.7	18.1	18.1	17.7	18.0	20.5	20.7	17.7	17.4	18.2	18.8
13. Yield (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	16.0	8.3	7.9
14. Yield per waste (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	62.2	32.4	30.7

ตาราง ก3 ข้อมูลเฉลี่ยของสูตรที่ 1 สูตรย่อยที่ 3 ระยะเวลาการหมัก 10 วัน และปริมาณของเสีย 4.5 กิโลกรัม

ตัวแปรที่วิเคราะห์	เศษผักและผลไม้	วัตถุดิบรวม	วันที่วิเคราะห์ปุ๋ยน้ำ						กากเปียก	กากแห้ง	ปุ๋ยเม็ด
			0	2	4	6	8	10			
1. ปริมาณ (kg)	4.5	16.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	3.21	1.64	1.41
2. ความเป็นกรดเป็นด่าง	-	3.62	3.62	3.53	3.50	3.48	3.41	3.36	3.36	3.35	3.35
3. ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)	-	7.38	7.38	7.35	7.31	7.28	7.25	7.21	7.21	7.20	7.20
4. อุณหภูมิ (C)	-	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5
5. ของแข็งทั้งหมด (%)	21.2	34.2	34.2	31.3	28.1	25.3	21.2	18.2	55.3	98.6	98.7
6. ความชื้น (%)	78.8	65.8	65.8	68.7	71.9	74.7	78.8	81.8	44.7	1.4	1.3
7. ของแข็งระเหยง่าย (%)	96.20	91.21	91.21	83.12	74.11	62.52	51.11	42.25	41.15	41.07	40.05
8. อินทรีย์คาร์บอน (%)	53.4	50.7	50.7	46.2	41.2	34.7	28.4	23.5	22.9	22.8	22.3
9. ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	1.8	2.83	2.83	2.61	2.22	1.62	1.24	1.18	1.18	1.15	1.15
10. ฟอสฟอรัส (%)	1.50	0.64	0.64	0.60	0.57	0.52	0.48	0.45	0.45	0.43	0.43
11. โปตัสเซียม (%)	0.22	0.23	0.23	0.21	0.19	0.17	0.14	0.11	0.11	0.10	0.10
12. อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน	29.7	17.9	17.9	17.7	18.5	21.4	22.9	19.9	19.4	19.8	19.3
13. Yield (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	19.5	9.9	8.5
14. Yield per waste (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	71.3	36.4	31.3

ตาราง ก4 ข้อมูลเฉลี่ยของสูตรที่ 1 สูตรย่อยที่ 4 ระยะเวลาการหมัก 10 วัน และปริมาณของเสีย 4.5 กิโลกรัม

ตัวแปรที่วิเคราะห์	เศษผักและผลไม้	วัตถุดิบรวม	วันที่วิเคราะห์ปุ๋ยน้ำ						กากเปียก	กากแห้ง	ปุ๋ยเม็ด
			0	2	4	6	8	10			
1. ปริมาณ (kg)	4.5	18.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	2.75	1.42	1.32
2. ความเป็นกรดเป็นด่าง	-	3.57	3.57	3.51	3.46	3.41	3.33	3.27	3.27	3.24	3.24
3. ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)	-	7.36	7.36	7.31	7.27	7.24	7.20	7.15	7.15	7.14	7.14
4. อุณหภูมิ (C)	-	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5
5. ของแข็งทั้งหมด (%)	21.2	34.2	34.2	31.3	28.1	24.6	21.3	18.5	54.2	98.5	98.6
6. ความชื้น (%)	78.8	65.8	65.8	68.7	71.9	75.4	78.7	81.5	45.8	1.5	1.4
7. ของแข็งระเหยง่าย (%)	96.20	92.23	92.23	82.21	73.11	62.14	53.11	42.13	42.02	42.02	42.01
8. อินทรีย์คาร์บอน (%)	53.4	51.2	51.2	45.7	40.6	34.5	29.5	23.4	23.3	23.3	23.3
9. ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	1.8	2.82	2.82	2.51	2.11	1.63	1.27	1.08	1.08	1.06	1.06
10. ฟอสฟอรัส (%)	1.50	0.63	0.63	0.59	0.56	0.52	0.48	0.45	0.45	0.44	0.44
11. โปตัสเซียม (%)	0.22	0.23	0.23	0.21	0.19	0.16	0.14	0.13	0.13	0.11	0.11
12. อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน	29.7	18.2	18.2	18.2	19.2	21.2	23.2	21.7	21.6	22.0	22.0
13. Yield (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	14.9	7.7	7.1
14. Yield per waste (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	61.1	31.6	29.3

ตาราง ข1 ข้อมูลเฉลี่ยของสูตรที่ 2 สูตรย่อยที่ 1 ระยะเวลาการหมัก 10 วัน และปริมาณของเสีย 7 กิโลกรัม

ตัวแปรที่วิเคราะห์	เศษผักและผลไม้	วัตถุดิบรวม	วันที่วิเคราะห์ปุ๋ยน้ำ						กากเปียก	กากแห้ง	ปุ๋ยเม็ด
			0	2	4	6	8	10			
1. ปริมาณ (kg)	7	18	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	4.35	2.21	1.91
2. ความเป็นกรดเป็นด่าง	-	3.62	3.62	3.58	3.54	3.49	3.44	3.40	3.40	3.38	3.38
3. ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)	-	7.42	7.42	7.40	7.36	7.32	7.30	7.29	7.29	7.27	7.25
4. อุณหภูมิ (C)	-	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5
5. ของแข็งทั้งหมด (%)	21.2	45.3	45.3	39.3	33.2	26.1	21.3	17.6	52.3	98.1	98.1
6. ความชื้น (%)	78.8	54.7	54.7	60.8	66.8	73.9	78.7	82.4	47.7	1.9	1.9
7. ของแข็งระเหยง่าย (%)	96.20	95.10	95.10	82.14	74.70	67.10	55.09	47.16	47.16	45.18	45.11
8. อินทรีย์คาร์บอน (%)	53.4	52.8	52.8	45.6	41.5	37.3	30.6	26.2	26.2	25.1	25.1
9. ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	1.7	2.81	2.81	2.57	2.23	1.82	1.31	1.26	1.26	1.22	1.22
10. ฟอสฟอรัส (%)	1.50	0.62	0.62	0.58	0.56	0.51	0.48	0.46	0.46	0.42	0.42
11. โปตัสเซียม (%)	0.22	0.21	0.21	0.19	0.17	0.15	0.14	0.12	0.12	0.10	0.10
12. อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน	31.4	18.8	18.8	17.8	18.6	20.5	23.4	20.8	20.8	20.6	20.5
13. Yield (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	24.2	12.3	10.6
14. Yield per waste (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	62.1	31.6	27.3

ตาราง ข2 ข้อมูลเฉลี่ยของสูตรที่ 2 สูตรย่อยที่ 2 ระยะเวลาการหมัก 10 วัน และปริมาณของเสีย 7 กิโลกรัม

ตัวแปรที่วิเคราะห์	เศษผักและผลไม้	วัตถุดิบรวม	วันที่วิเคราะห์ปุ๋ยน้ำ						กากเปียก	กากแห้ง	ปุ๋ยเม็ด
			0	2	4	6	8	10			
1. ปริมาณ (kg)	7	20	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	4.21	2.14	1.87
2. ความเป็นกรดเป็นด่าง	-	3.63	3.63	3.59	3.55	3.48	3.42	3.37	3.37	3.36	3.36
3. ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)	-	7.40	7.40	7.36	7.33	7.30	7.28	7.25	7.25	7.24	7.24
4. อุณหภูมิ (C)	-	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5
5. ของแข็งทั้งหมด (%)	21.2	51.2	51.2	45.1	40.2	34.4	27.4	23.3	54.2	98.4	98.4
6. ความชื้น (%)	78.8	48.8	48.8	54.9	59.8	65.6	72.6	76.7	45.8	1.6	1.6
7. ของแข็งระเหยง่าย (%)	96.20	95.14	95.14	82.12	73.14	63.21	56.01	45.13	45.10	44.87	44.72
8. อินทรีย์คาร์บอน (%)	53.4	52.9	52.9	45.6	40.6	35.1	31.1	25.1	25.1	24.9	24.8
9. ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	1.7	2.80	2.80	2.57	2.23	1.81	1.38	1.14	1.10	1.10	1.09
10. ฟอสฟอรัส (%)	1.50	0.63	0.63	0.56	0.53	0.51	0.47	0.45	0.45	0.44	0.43
11. โปตัสเซียม (%)	0.22	0.21	0.21	0.20	0.17	0.15	0.13	0.12	0.12	0.10	0.10
12. อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน	31.4	18.9	18.9	17.8	18.2	19.4	22.5	22.0	22.8	22.7	22.8
13. Yield (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	21.1	10.7	9.4
14. Yield per waste (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	60.1	30.6	26.7

ตาราง ข3 ข้อมูลเฉลี่ยของสูตรที่ 2 สูตรย่อยที่ 3 ระยะเวลาการหมัก 10 วัน และปริมาณของเสีย 7 กิโลกรัม

ตัวแปรที่วิเคราะห์	เศษผักและผลไม้	วัตถุดิบรวม	วันที่วิเคราะห์ปุ๋ยน้ำ						กากเปียก	กากแห้ง	ปุ๋ยเม็ด
			0	2	4	6	8	10			
1. ปริมาณ (kg)	7	19	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	4.38	2.23	1.88
2. ความเป็นกรดเป็นด่าง	-	3.61	3.61	3.52	3.52	3.48	3.41	3.37	3.37	3.36	3.36
3. ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)	-	7.41	7.41	7.36	7.31	7.27	7.24	7.23	7.23	7.21	7.21
4. อุณหภูมิ (C)	-	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5
5. ของแข็งทั้งหมด (%)	21.2	47.2	47.2	42.2	38.4	30.2	23.4	18.3	53.2	98.5	98.5
6. ความชื้น (%)	78.8	52.8	52.8	57.8	61.6	69.8	76.6	81.7	46.8	1.5	1.5
7. ของแข็งระเหยง่าย (%)	96.20	95.12	95.12	83.21	74.12	63.27	55.11	44.75	44.62	44.51	44.50
8. อินทรีย์คาร์บอน (%)	53.4	52.8	52.8	46.2	41.2	35.2	30.6	24.9	24.8	24.7	24.7
9. ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	1.7	2.82	2.82	2.72	2.21	1.83	1.48	1.23	1.22	1.20	1.18
10. ฟอสฟอรัส (%)	1.50	0.61	0.61	0.59	0.57	0.52	0.48	0.45	0.45	0.43	0.43
11. โปตัสเซียม (%)	0.22	0.22	0.22	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.12	0.10	0.10
12. อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน	31.4	18.7	18.7	17.0	18.6	19.2	20.7	20.2	20.3	20.6	21.0
13. Yield (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	23.1	11.7	9.9
14. Yield per waste (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	62.6	31.9	26.9

ตาราง ข4 ข้อมูลเฉลี่ยของสูตรที่ 2 สูตรย่อยที่ 4 ระยะเวลาการหมัก 10 วัน และปริมาณของเสีย 7 กิโลกรัม

ตัวแปรที่วิเคราะห์	เศษผัก และผลไม้	วัตถุดิบ รวม	วันที่วิเคราะห์ปุ๋ยน้ำ						กากเปียก	กากแห้ง	ปุ๋ยเม็ด
			0	2	4	6	8	10			
1. ปริมาณ (kg)	7	21	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	4.16	2.12	1.85
2. ความเป็นกรดเป็นด่าง	-	3.56	3.56	3.52	3.47	3.41	3.35	3.29	3.29	3.25	3.25
3. ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)	-	7.41	7.41	7.37	7.34	7.30	7.26	7.24	7.24	7.22	7.22
4. อุณหภูมิ (C)	-	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5
5. ของแข็งทั้งหมด (%)	21.2	48.3	48.3	41.5	35.1	28.2	22.1	18.2	53.4	98.4	98.5
6. ความชื้น (%)	78.8	51.7	51.7	58.5	64.9	71.8	77.9	81.8	46.6	1.6	1.5
7. ของแข็งระเหยง่าย (%)	96.20	95.61	95.61	83.12	73.14	63.15	54.21	44.12	42.05	42.04	42.03
8. อินทรีย์คาร์บอน (%)	53.4	53.1	53.1	46.2	40.6	35.1	30.1	24.5	23.4	23.4	23.4
9. ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	1.7	2.82	2.82	2.73	2.20	1.81	1.37	1.12	1.18	1.15	1.15
10. ฟอสฟอรัส (%)	1.50	0.62	0.62	0.59	0.56	0.51	0.46	0.43	0.43	0.42	0.42
11. โปตัสเซียม (%)	0.22	0.21	0.21	0.19	0.17	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.10
12. อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน	31.4	18.8	18.8	16.9	18.5	19.4	22.0	21.9	19.8	20.3	20.3
13. Yield (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	19.8	10.1	8.8
14. Yield per waste (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	59.4	30.3	26.4

ตาราง ค1 ข้อมูลเฉลี่ยของสูตรที่ 1 สูตรย่อยที่ 1 ระยะเวลาการหมัก 15 วัน และปริมาณของเสีย 4.5 กิโลกรัม

ตัวแปรที่วิเคราะห์	เศษผักและผลไม้	วัตถุดิบรวม	วันที่วิเคราะห์ปุ๋ยน้ำ						กากเปียก	กากแห้ง	ปุ๋ยเม็ด
			0	3	6	9	12	15			
1. ปริมาณ (kg)	4.5	15.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	2.66	1.37	1.34
2. ความเป็นกรดเป็นด่าง	-	3.55	3.55	3.52	3.48	3.44	3.40	3.37	3.37	3.35	3.35
3. ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)	-	7.50	7.50	7.43	7.37	7.33	7.27	7.23	7.22	7.21	7.21
4. อุณหภูมิ (C)	-	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5
5. ของแข็งทั้งหมด (%)	21.3	33.6	33.6	29.8	25.3	21.4	18.3	15.2	52.1	98.2	98.1
6. ความชื้น (%)	78.7	65.5	65.5	70.1	74.6	79.3	82.4	85.1	47.9	1.8	1.9
7. ของแข็งระเหยง่าย (%)	95.40	92.21	92.21	81.30	66.30	51.80	38.50	35.10	35.10	32.80	31.74
8. อินทรีย์คาร์บอน (%)	53.0	51.2	51.2	45.2	36.8	28.8	21.4	19.5	19.5	18.2	17.6
9. ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	1.74	2.82	2.82	2.51	2.15	1.51	1.41	1.36	1.12	1.10	1.10
10. ฟอสฟอรัส (%)	1.52	0.61	0.61	0.58	0.56	0.51	0.48	0.46	0.46	0.42	0.42
11. โปตัสเซียม (%)	0.22	0.21	0.21	0.20	0.16	0.14	0.12	0.12	0.12	0.10	0.10
12. อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน	30.5	18.2	18.2	18.0	17.1	19.1	15.2	14.3	17.4	16.6	16.0
13. Yield (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	17.2	8.8	8.6
14. Yield per waste (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	59.1	30.4	29.8

ตาราง ค2 ข้อมูลเฉลี่ยของสูตรที่ 1 สูตรย่อยที่ 2 ระยะเวลาการหมัก 15 วัน และปริมาณของเสีย 4.5 กิโลกรัม

ตัวแปรที่วิเคราะห์	เศษผักและผลไม้	วัตถุดิบรวม	วันที่วิเคราะห์ปุ๋ยน้ำ						กากเปียก	กากแห้ง	ปุ๋ยเม็ด
			0	3	6	9	12	15			
1. ปริมาณ (kg)	4.5	17.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	2.36	1.26	1.21
2. ความเป็นกรดเป็นด่าง	-	3.56	3.56	3.51	3.48	3.43	3.40	3.34	3.34	3.32	3.32
3. ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)	-	7.45	7.45	7.36	7.31	7.24	7.18	7.15	7.15	7.14	7.14
4. อุณหภูมิ (C)	-	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5
5. ของแข็งทั้งหมด (%)	21.3	34.3	34.3	30.2	25.1	20.2	17.8	15.1	51.7	98.2	98.2
6. ความชื้น (%)	78.7	65.7	65.7	69.8	74.9	79.8	82.2	84.9	48.3	1.8	1.8
7. ของแข็งระเหยง่าย (%)	95.40	91.10	91.10	82.10	65.10	50.20	37.40	33.80	33.50	32.50	31.10
8. อินทรีย์คาร์บอน (%)	53.0	50.6	50.6	45.6	36.2	27.9	20.8	18.8	18.6	18.1	17.3
9. ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	1.74	2.80	2.80	2.51	2.06	1.50	1.37	1.31	1.15	1.12	1.10
10. ฟอสฟอรัส (%)	1.52	0.62	0.62	0.57	0.53	0.50	0.47	0.46	0.46	0.45	0.45
11. โปตัสเซียม (%)	0.22	0.22	0.22	0.20	0.18	0.15	0.13	0.11	0.11	0.10	0.10
12. อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน	30.5	18.1	18.1	18.2	17.6	18.6	15.2	14.3	16.2	16.1	15.7
13. Yield (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	13.5	7.2	6.9
14. Yield per waste (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	52.4	28.0	26.9

ตาราง ค3 ข้อมูลเฉลี่ยของสูตรที่ 1 สูตรย่อยที่ 3 ระยะเวลาการหมัก 15 วัน และปริมาณของเสีย 4.5 กิโลกรัม

ตัวแปรที่วิเคราะห์	เศษผักและผลไม้	วัตถุดิบรวม	วันที่วิเคราะห์ปุ๋ยน้ำ						กากเปียก	กากแห้ง	ปุ๋ยเม็ด
			0	3	6	9	12	15			
1. ปริมาณ (kg)	4.5	16.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	2.62	1.51	1.26
2. ความเป็นกรดเป็นด่าง	-	3.60	3.60	3.52	3.47	3.42	3.38	3.35	3.35	3.32	3.32
3. ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)	-	7.47	7.47	7.37	7.31	7.24	7.19	7.15	7.15	7.14	7.14
4. อุณหภูมิ (C)	-	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5
5. ของแข็งทั้งหมด (%)	21.3	34.4	34.4	30.5	26.4	19.8	17.3	15.1	50.7	98.2	98.1
6. ความชื้น (%)	78.7	65.6	65.6	69.5	73.6	80.2	82.7	84.9	49.3	1.8	1.9
7. ของแข็งระเหยง่าย (%)	95.40	90.20	90.20	79.41	64.12	52.10	39.12	34.12	34.12	33.14	33.14
8. อินทรีย์คาร์บอน (%)	53.0	50.1	50.1	44.1	35.6	28.9	21.7	19.0	19.0	18.4	18.4
9. ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	1.74	2.81	2.81	2.52	2.05	1.52	1.21	1.12	1.05	1.04	1.04
10. ฟอสฟอรัส (%)	1.52	0.63	0.63	0.61	0.56	0.51	0.47	0.46	0.45	0.44	0.44
11. โปตัสเซียม (%)	0.22	0.22	0.22	0.20	0.18	0.16	0.14	0.12	0.12	0.11	0.11
12. อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน	30.5	17.8	17.8	17.5	17.4	19.0	18.0	16.9	18.1	17.7	17.7
13. Yield (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	15.9	9.2	7.6
14. Yield per waste (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	58.2	33.6	28.0

ตาราง ค4 ข้อมูลเฉลี่ยของสูตรที่ 1 สูตรย่อยที่ 4 ระยะเวลาการหมัก 15 วัน และปริมาณของเสีย 4.5 กิโลกรัม

ตัวแปรที่วิเคราะห์	เศษผักและผลไม้	วัตถุดิบรวม	วันที่วิเคราะห์ปุ๋ยน้ำ						กากเปียก	กากแห้ง	ปุ๋ยเม็ด
			0	3	6	9	12	15			
1. ปริมาณ (kg)	4.5	18.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	2.34	1.26	1.18
2. ความเป็นกรดเป็นด่าง	-	3.58	3.58	3.52	3.45	3.38	3.35	3.33	3.33	3.31	3.31
3. ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)	-	7.41	7.41	7.31	7.28	7.23	7.18	7.14	7.14	7.13	7.12
4. อุณหภูมิ (C)	-	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5
5. ของแข็งทั้งหมด (%)	21.3	34.5	34.5	30.5	26.1	20.1	17.6	15.2	54.3	98.4	98.4
6. ความชื้น (%)	78.7	65.5	65.5	69.5	73.9	79.9	82.4	84.8	45.7	1.6	1.6
7. ของแข็งระเหยง่าย (%)	95.40	91.25	91.25	81.11	70.11	50.12	40.21	35.20	35.20	34.54	34.52
8. อินทรีย์คาร์บอน (%)	53.0	50.7	50.7	45.1	39.0	27.8	22.3	19.6	19.6	19.2	19.2
9. ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	1.74	2.82	2.82	2.52	2.17	1.47	1.23	1.06	1.05	1.03	1.01
10. ฟอสฟอรัส (%)	1.52	0.63	0.63	0.57	0.55	0.51	0.48	0.46	0.46	0.44	0.44
11. โปตัสเซียม (%)	0.22	0.22	0.22	0.20	0.18	0.16	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11
12. อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน	30.5	18.0	18.0	17.9	17.9	18.9	18.2	18.4	18.6	18.6	19.0
13. Yield (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	12.6	6.8	6.4
14. Yield per waste (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	52.0	28.0	26.2

ตาราง ง1 ข้อมูลเฉลี่ยของสูตรที่ 2 สูตรย่อยที่ 1 ระยะเวลาการหมัก 15 วัน และปริมาณของเสีย 7 กิโลกรัม

ตัวแปรที่วิเคราะห์	เศษผักและผลไม้	วัตถุดิบรวม	วันที่วิเคราะห์ปุ๋ยน้ำ						กากเปียก	กากแห้ง	ปุ๋ยเม็ด
			0	3	6	9	12	15			
1. ปริมาณ (kg)	7	18	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	4.12	1.95	1.81
2. ความเป็นกรดเป็นด่าง	-	3.62	3.62	3.53	3.50	3.45	3.40	3.38	3.38	3.36	3.35
3. ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)	-	7.48	7.48	7.42	7.38	7.32	7.28	7.25	7.25	7.23	7.22
4. อุณหภูมิ (C)	-	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5
5. ของแข็งทั้งหมด (%)	22.3	45.4	45.4	39.2	32.1	25.3	19.2	16.1	52.1	98.1	98.1
6. ความชื้น (%)	77.7	65.5	65.5	70.1	74.6	79.3	82.4	85.1	47.9	1.9	1.9
7. ของแข็งระเหยง่าย (%)	95.41	92.22	92.22	82.41	69.11	51.20	40.61	36.10	34.00	29.36	29.24
8. อินทรีย์คาร์บอน (%)	53.0	51.2	51.2	45.8	38.4	28.4	22.6	20.1	18.9	16.3	16.2
9. ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	1.72	2.81	2.81	2.55	2.15	1.41	1.32	1.25	1.25	1.24	1.20
10. ฟอสฟอรัส (%)	1.50	0.61	0.61	0.57	0.54	0.52	0.49	0.47	0.47	0.45	0.45
11. โปตัสเซียม (%)	0.22	0.21	0.21	0.20	0.15	0.13	0.12	0.11	0.11	0.11	0.10
12. อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน	30.8	18.2	18.2	18.0	17.9	20.2	17.1	16.0	15.1	13.2	13.5
13. Yield (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	22.9	10.8	10.1
14. Yield per waste (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	58.9	27.9	25.9

ตาราง ง2 ข้อมูลเฉลี่ยของสูตรที่ 2 สูตรย่อยที่ 2 ระยะเวลาการหมัก 15 วัน และปริมาณของเสีย 7 กิโลกรัม

ตัวแปรที่วิเคราะห์	เศษผักและผลไม้	วัตถุดิบรวม	วันที่วิเคราะห์ปุ๋ยน้ำ						กากเปียก	กากแห้ง	ปุ๋ยเม็ด
			0	3	6	9	12	15			
1. ปริมาณ (kg)	7	20	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	3.84	1.86	1.78
2. ความเป็นกรดเป็นด่าง	-	3.61	3.61	3.55	3.49	3.42	3.38	3.35	3.35	3.33	3.31
3. ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)	-	7.47	7.47	7.42	7.37	7.31	7.27	7.21	7.21	7.20	7.20
4. อุณหภูมิ (C)	-	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5
5. ของแข็งทั้งหมด (%)	22.3	46.2	46.2	38.4	33.2	26.1	18.7	15.8	50.1	98.1	98.1
6. ความชื้น (%)	77.7	53.8	53.8	61.6	66.8	73.9	81.3	84.2	49.9	1.9	1.9
7. ของแข็งระเหยง่าย (%)	95.41	91.25	91.25	81.21	68.10	49.21	38.40	34.60	34.42	33.80	33.50
8. อินทรีย์คาร์บอน (%)	53.0	50.7	50.7	45.1	37.8	27.3	21.3	19.2	19.1	18.8	18.6
9. ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	1.72	3.03	3.03	2.64	2.14	1.38	1.24	1.13	1.13	1.10	1.08
10. ฟอสฟอรัส (%)	1.50	0.61	0.61	0.58	0.54	0.51	0.48	0.45	0.45	0.42	0.42
11. โปตัสเซียม (%)	0.22	0.21	0.21	0.19	0.16	0.15	0.13	0.11	0.11	0.10	0.10
12. อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน	30.8	16.7	16.7	17.1	17.7	19.8	17.2	17.0	16.9	17.1	17.2
13. Yield (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	19.2	9.3	8.9
14. Yield per waste (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	54.9	26.6	25.4

ตาราง ง3 ข้อมูลเฉลี่ยของสูตรที่ 2 สูตรย่อยที่ 3 ระยะเวลาการหมัก 15 วัน และปริมาณของเสีย 4.5 กิโลกรัม

ตัวแปรที่วิเคราะห์	เศษผักและผลไม้	วัตถุดิบรวม	วันที่วิเคราะห์ปุ๋ยน้ำ						กากเปียก	กากแห้ง	ปุ๋ยเม็ด
			0	3	6	9	12	15			
1. ปริมาณ (kg)	7	19	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	4.04	2.21	1.84
2. ความเป็นกรดเป็นด่าง	-	3.61	3.61	3.53	3.49	3.45	3.38	3.36	3.36	3.34	3.31
3. ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)	-	7.48	7.48	7.41	7.35	7.30	7.24	7.20	7.20	7.18	7.18
4. อุณหภูมิ (C)	-	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5
5. ของแข็งทั้งหมด (%)	22.3	47.3	47.3	39.1	33.5	27.2	19.0	16.1	50.2	98.2	98.1
6. ความชื้น (%)	77.7	52.7	52.7	60.9	66.5	72.8	81.0	83.9	49.8	1.8	1.9
7. ของแข็งระเหยง่าย (%)	95.41	91.12	91.12	81.04	68.21	49.60	39.30	35.60	35.60	35.20	35.10
8. อินทรีย์คาร์บอน (%)	53.0	50.6	50.6	45.0	37.9	27.6	21.8	19.8	19.8	19.6	19.5
9. ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	1.72	2.81	2.81	2.51	2.12	1.49	1.22	1.16	1.16	1.14	1.14
10. ฟอสฟอรัส (%)	1.50	0.62	0.62	0.57	0.54	0.51	0.47	0.45	0.45	0.44	0.44
11. โปตัสเซียม (%)	0.22	0.22	0.22	0.20	0.18	0.17	0.15	0.12	0.12	0.11	0.11
12. อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน	30.8	18.0	18.0	17.9	17.9	18.5	17.9	17.0	14.8	14.5	14.5
13. Yield (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	21.3	11.6	9.7
14. Yield per waste (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	57.7	31.6	26.3

ตาราง ง4 ข้อมูลเฉลี่ยของสูตรที่ 2 สูตรย่อยที่ 4 ระยะเวลาการหมัก 15 วัน และปริมาณของเสีย 4.5 กิโลกรัม

ตัวแปรที่วิเคราะห์	เศษผักและผลไม้	วัตถุดิบรวม	วันที่วิเคราะห์ปุ๋ยน้ำ						กากเปียก	กากแห้ง	ปุ๋ยเม็ด
			0	3	6	9	12	15			
1. ปริมาณ (kg)	7	21	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	3.72	1.76	1.62
2. ความเป็นกรดเป็นด่าง	-	3.59	3.59	3.55	3.49	3.38	3.35	3.32	3.32	3.28	3.24
3. ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)	-	7.46	7.46	7.40	7.36	7.29	7.25	7.18	7.18	7.17	7.17
4. อุณหภูมิ (C)	-	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5
5. ของแข็งทั้งหมด (%)	22.3	48.2	48.2	40.2	34.1	27.4	18.4	15.4	50.1	98.2	98.2
6. ความชื้น (%)	77.7	51.8	51.8	59.8	65.9	72.6	81.6	84.6	49.9	1.8	1.8
7. ของแข็งระเหยง่าย (%)	95.41	92.21	92.21	81.40	70.58	51.11	41.10	36.86	36.80	36.78	36.75
8. อินทรีย์คาร์บอน (%)	53.0	51.2	51.2	45.2	39.2	28.4	22.8	20.5	20.4	20.4	20.4
9. ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	1.72	3.02	3.02	2.51	2.06	1.52	1.18	1.07	1.05	1.04	1.04
10. ฟอสฟอรัส (%)	1.50	0.63	0.63	0.58	0.55	0.52	0.49	0.46	0.46	0.45	0.45
11. โปตัสเซียม (%)	0.22	0.20	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11
12. อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน	30.8	17.0	17.0	18.0	19.0	18.7	19.4	19.1	19.5	19.6	19.6
13. Yield (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	17.7	8.4	7.7
14. Yield per waste (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	53.1	25.1	23.1