# บทที่ 4
# ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

## 4.1 ข้อมูลลักษณะทางกายภาพ เคมีและชีวภาพ

### 4.1.1 สีและกลิ่น

การสังเกตสีด้วยสายตา และกลิ่นโดยใช้จมูกสูดดม ในการทำปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์แบบเปิดและไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศในถังหมักชีวภาพ ตลอดระยะเวลาการหมักปุ๋ย 100 วัน ลงบันทึกประจำวัน แสดงผลดังตารางที่ 4-1 และ 4-2 ตามลำดับ

จากตารางที่ 4-1 และ 4-2 แสดงลักษณะทางกายภาพสี กลิ่น เนื้อปุ๋ย ลักษณะอื่น และปริมาณการเติมน้ำในการทำปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์แบบเปิดและไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศในถังหมักชีวภาพพบว่า ในการหมักปุ๋ยทั้งสองแบบมีการย่อยสลายเกิดขึ้นทั้งแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน เพราะในแต่ละวันจะมีเปิดถังหมักชีวภาพเพื่อทำการวัดอุณหภูมิ ความชื้นและความเป็นกรดด่าง ทำให้มีอากาศเข้าไปภายในถังหมักชีวภาพทั้งสองแม้ในถังหมักชีวภาพแบบไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศ และยังมีการผสมปุ๋ยในวันที่มีการพรมน้ำตาม ลักษณะความแห้งของเนื้อปุ๋ย โดยในวันที่ 3 ของการหมักเริ่มมีกลิ่นแอมโมเนียรุนแรงมากขึ้น จากนั้นกลิ่นแอมโมเนียเริ่มจางทุกวันจนกระทั่งไม่มีกลิ่นในวันที่ 7-8 แต่ปุ๋ยหมักในถังหมักชีวภาพแบบไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศจะมีกลิ่นเหม็นเน่าและกลิ่นแอมโนเนียรุนแรงมากกว่า สังเกตได้จากมีอาการแสบตาแสบจมูกและมีไอระเหยมากกว่า หลังจากวันที่ 14 เริ่มมีกลิ่นหอมคล้ายดินและปุ๋ยจนถึงวันที่ 100 ในส่วนสีของปุ๋ยหมัก ช่วง 3 วันแรกจะมีสีเหลืองน้ำตาลเด่นชัดจากเศษอาหารและขี้เลื่อย เนื่องจากขี้เลื่อยเป็นส่วนที่ย่อยสลายช้ากว่าสลายเศษอาหารอื่นและมีค่า C/N Ratio สูงมากถึง 225 (ทิพวรรณ สิทธิรังสรรค์, 2547) ต่อมาวันที่ 6 เริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลืองคล้ำขึ้นมีฝ้าและผงสีขาวทั่วไปซึ่งเพิ่มมากขึ้นในวันที่ 8 เพราะมีการย่อยสลายมากขึ้นและเส้นใยราสีขาวลดลงในถังหมักชีวภาพแบบเปิดและไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศ ในวันที่ 24 และวันที่ 17 ตามลำดับและในวันสุดท้ายของการหมักปุ๋ยหมักในถังหมักชีวภาพแบบเปิดและไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศเปลี่ยนเป็นสีคล้ำน้ำตาลอ่อนและสีคล้ำน้ำตาลดำตามลำดับ แต่ปุ๋ยหมักในถังหมักชีวภาพแบบไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศจะมีสีเหลืองคล้ำน้ำตาลเข้มดำในวันที่ 40 และได้กลายเป็นสีคล้ำน้ำตาลดำในวันที่ 45 จนถึงวันสุดท้ายของการหมัก จะเห็นได้ว่าจากลักษณะทางกายภาพของปุ๋ยหมักทั้งสองแบบเริ่มมีสภาพคงตัวในวันที่ 40-45 ในระยะเวลาใกล้เคียงไม่มีความแตกต่างกันจากลักษณะของสีน้ำตาลคล้ำ และกลิ่นคล้ายดินซึ่งเป็นตัวชี้วัดบ่งบอกถึงความสมบูรณ์

**ตารางที่ 4-1** ลักษณะทางกายภาพสี กลิ่น เนื้อปุ๋ย ลักษณะอื่นและปริมาณการเติมน้ำในการทำปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์แบบเปิดเครื่องเป่าอากาศในถังหมักชีวภาพ

| ตัวอย่างวันที่ | ปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์แบบเปิดเครื่องเป่าอากาศในถังหมักชีวภาพ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | สี | กลิ่น | เนื้อปุ๋ย | ลักษณะอื่น | ปริมาณการเติมน้ำ (มิลลิลิตร) |
| 0 | สีเหลืองเขียวมีเศษผักอาหาร | กลิ่นอาหาร | จำแนกลักษณะวัตถุดิบ/เศษผักอาหารด้วยตาเปล่าชัดเจน | ไม่มีหนอน | ไม่ได้พรมน้ำ |
| 1 | สีเหลืองเขียวมีเศษผักอาหาร | กลิ่นอาหารหมัก | ยังพอจำแนกลักษณะวัตถุดิบ/เศษผักอาหารด้วยตาเปล่า | เริ่มมีหนอน | ไม่ได้พรมน้ำ |
| 2 | สีเหลืองเขียวเข้มมีเศษผักอาหาร | กลิ่นอาหารเหม็นเปรี้ยว | ลักษณะวัตถุดิบ/เศษผักอาหารเริ่มเละ | หนอนลดลง | ไม่ได้พรมน้ำ |
| 3 | สีเหลืองเขียวน้ำตาลมีเศษผักอาหาร | เริ่มปรากฏมีกลิ่นแอมโมเนีย | ลักษณะวัตถุดิบ/เศษผักอาหารเริ่มเละกระจายทั่วไป | หนอนลดลง แสบตา มีไอระเหย | ไม่ได้พรมน้ำ |
| 4 | สีเหลืองเขียวน้ำตาลมีเศษผักอาหาร | กลิ่นแอมโมเนียเพิ่มมากขึ้น | ลักษณะวัตถุดิบ/เศษผักอาหารเริ่มเละกระจายทั่วไป | ไม่มีหนอน แสบตา มีไอระเหย | ไม่ได้พรมน้ำ |
| 5 | สีเหลืองน้ำตาลเข้มมีเศษผักอาหาร | กลิ่นแอมโมเนียจางลง | ลักษณะวัตถุดิบ/เศษผักอาหารเละมากขึ้น | ไม่มีหนอน แสบตา มีไอระเหยลดลง | ไม่ได้พรมน้ำ |
| 6 | สีเหลืองคล้ำน้ำตาลเข้ม | กลิ่นแอมโมเนียจางลง | ลักษณะวัตถุดิบ/เศษผักอาหารมีราสีขาวเจริญบนเศษวัสดุ | ไม่มีหนอน แสบตา มีไอระเหยลดลง | ไม่ได้พรมน้ำ |
| 7 | สีเหลืองคล้ำน้ำตาลเข้ม | กลิ่นแอมโมเนียจางลง | ลักษณะทั่วไปมีเส้นใยราสีขาวขึ้นกระจายและแทรกระหว่างเศษวัสดุ | ไม่มีหนอน แสบตา มีไอระเหยน้อย | ไม่ได้พรมน้ำ |

**ตารางที่ 4-1** ลักษณะทางกายภาพสี กลิ่น เนื้อปุ๋ย ลักษณะอื่นและปริมาณการเติมน้ำในการทำปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์แบบเปิดเครื่องเป่าอากาศในถังหมักชีวภาพ (ต่อ)

| ตัวอย่างวันที่ | ปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์แบบเปิดเครื่องเป่าอากาศในถังหมักชีวภาพ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | สี | กลิ่น | เนื้อปุ๋ย | ลักษณะอื่น | ปริมาณการเติมน้ำ (มิลลิลิตร) |
| 8 | สีเหลืองคล้ำน้ำตาลเข้มมากขึ้น | ไม่มีกลิ่นแอมโมเนีย | ลักษณะทั่วไปมีเส้นใยราสีขาวเกิดมากขึ้น | ไม่มีหนอน แสบตาน้อย | ไม่ได้พรมน้ำ |
| 9 | สีเหลืองคล้ำน้ำตาลเข้มมากขึ้น | ไม่มีกลิ่นแอมโมเนีย | มีเส้นใยราสีขาวเกิดมากขึ้นกระจายทั่วไป | ไอระเหยหายไป ไม่แสบตา | ไม่ได้พรมน้ำ |
| 10 | สีเหลืองคล้ำน้ำตาลเข้มมากขึ้น | ไม่มีกลิ่นแอมโมเนีย | มีเส้นใยราสีขาวเกิดมากขึ้นกระจายทั่วไป | ไม่แสบตา | ไม่ได้พรมน้ำ |
| 14 | สีเหลืองคล้ำน้ำตาลเข้มมากขึ้น | กลิ่นคล้ายดิน-ปุ๋ยจาง | มีเส้นใยราสีขาวเกิดมากขึ้นกระจายทั่วไป | สภาพปกติ | ไม่ได้พรมน้ำ |
| 21 | สีเหลืองคล้ำน้ำตาลเข้ม | กลิ่นคล้ายดิน-ปุ๋ย | ลักษณะผงแห้งมีเส้นใยราสีขาวเกิดคงที่กระจายทั่วไป | สภาพปกติ | ไม่ได้พรมน้ำ |
| 24 | สีเหลืองคล้ำน้ำตาลเข้ม | กลิ่นคล้ายดิน-ปุ๋ย | ลักษณะผงแห้งมีเส้นใยราสีขาวเริ่มลดลง | สภาพปกติ | เริ่มพรมน้ำ 750 มล |
| 25 | สีเหลืองคล้ำน้ำตาลเข้มจางลง | กลิ่นคล้ายดิน-ปุ๋ย | ลักษณะผงแห้งเนื้อปุ๋ยด้านล่างจับเป็นก้อนตีแตกง่ายมีเส้นใยเกิดขึ้นเล็กน้อย | สภาพปกติ | พรมน้ำ 750 มล ทุกวัน |
| 31 | สีเหลืองคล้ำน้ำตาลเข้มจางลง | กลิ่นคล้ายดิน-ปุ๋ย | ลักษณะผงแห้งเนื้อปุ๋ยแห้งเป็นผงมีเส้นใยเกิดขึ้นเล็กน้อย | สภาพปกติ | เพิ่มพรมน้ำ 1,500 มล ทุกวัน |
| 35 | สีเหลืองคล้ำน้ำตาลเข้มจางลง | กลิ่นคล้ายดิน-ปุ๋ย | ลักษณะผงแห้งเนื้อปุ๋ยแห้งเป็นผงมากขึ้นมีเส้นใยเกิดขึ้นเล็กน้อย | สภาพปกติ | เพิ่มพรมน้ำ 2,250 มล |

**ตารางที่ 4-1** ลักษณะทางกายภาพสี กลิ่น เนื้อปุ๋ย ลักษณะอื่นและปริมาณการเติมน้ำในการทำปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์แบบเปิดเครื่องเป่าอากาศในถังหมักชีวภาพ (ต่อ)

| ตัวอย่างวันที่ | ปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์แบบเปิดเครื่องเป่าอากาศในถังหมักชีวภาพ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | สี | กลิ่น | เนื้อปุ๋ย | ลักษณะอื่น | ปริมาณการเติมน้ำ (มิลลิลิตร) |
| 41 | สีเหลืองคล้ำน้ำตาลเข้มจางลง | กลิ่นคล้ายดิน-ปุ๋ย | ลักษณะผงแห้งเนื้อปุ๋ยแห้งเป็นผงมากขึ้น มีเส้นใยเกิดขึ้นเล็กน้อย | สภาพปกติ | เพิ่มพรมน้ำ 4,500 มล |
| 42 | สีเหลืองคล้ำน้ำตาลอ่อน | กลิ่นคล้ายดิน-ปุ๋ย | ลักษณะผงแห้งเป็นฝุ่นแต่ชุ่มชื่นกว่าเดิม | สภาพปกติ | พรมน้ำ 3,000 มล ทุกวัน |
| 45 | สีเหลืองคล้ำน้ำตาลอ่อน | กลิ่นคล้ายดิน-ปุ๋ย | ลักษณะผงแห้งเป็นฝุ่นและชุมชื่นกว่าเดิม | สภาพปกติ | พรมน้ำ 3,000 มล ทุกวัน |
| 57 | สีคล้ำน้ำตาลอ่อน | กลิ่นคล้ายดิน-ปุ๋ย | ลักษณะร่วนซุยเป็นผงเริ่มแห้ง | สภาพปกติ | พรมน้ำ 6,000 มล ทุก 3 วัน |
| 70 | สีคล้ำน้ำตาลอ่อน | กลิ่นคล้ายดิน-ปุ๋ย | ลักษณะร่วนซุยเป็นผงแห้งมากขึ้น | สภาพปกติ | พรมน้ำ 7,500 มล ทุก 3 วัน |
| 78 | สีคล้ำน้ำตาลอ่อน | กลิ่นคล้ายดิน-ปุ๋ย | ลักษณะร่วนซุยเป็นผงแห้งมากขึ้น | สภาพปกติ | พรมน้ำ 6,000 มล |
| 88 | สีคล้ำน้ำตาลอ่อน | กลิ่นคล้ายดิน-ปุ๋ย | ลักษณะร่วนซุยเป็นผงแห้ง | สภาพปกติ | พรมน้ำ 6,000 มล |
| 96 | สีคล้ำน้ำตาลอ่อน | กลิ่นคล้ายดิน-ปุ๋ย | ลักษณะร่วนซุยเป็นผงแห้ง | สภาพปกติ | พรมน้ำ 6,000 มล |
| 100 | สีคล้ำน้ำตาลอ่อน | กลิ่นคล้ายดิน-ปุ๋ย | ลักษณะร่วนซุยเป็นผงแห้งเล็กน้อย | สภาพปกติ | ไม่ได้พรมน้ำ |

**ตารางที่ 4-2** ลักษณะทางกายภาพสี กลิ่น เนื้อปุ๋ย ลักษณะอื่นและปริมาณการเติมน้ำในการทำปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์แบบไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศในถังหมักชีวภาพ

| ตัวอย่าง วันที่ | ปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์แบบไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศในถังหมักชีวภาพ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | สี | กลิ่น | เนื้อปุ๋ย | ลักษณะอื่น | ปริมาณการเติมน้ำ (มิลลิลิตร) |
| 0 | สีเหลืองเขียวมีเศษผักอาหาร | กลิ่นอาหาร | จำแนกลักษณะวัตถุดิบ/เศษผักอาหารด้วยตาเปล่าชัดเจน | ไม่มีหนอน | ไม่ได้พรมน้ำ |
| 1 | สีเหลืองเขียวมีเศษผักอาหาร | กลิ่นอาหารหมัก | ยังพอจำแนกลักษณะวัตถุดิบ/เศษผักอาหารด้วยตาเปล่า | เริ่มมีหนอน | ไม่ได้พรมน้ำ |
| 2 | สีเหลืองเขียวเข้มมีเศษผักอาหาร | กลิ่นอาหารเหม็นเปรี้ยว | ลักษณะวัตถุดิบ/เศษผักอาหารเริ่มเละ | มีหนอนมากขึ้น | ไม่ได้พรมน้ำ |
| 3 | สีเหลืองเขียวน้ำตาลเข้ม มีเศษผักอาหาร | กลิ่นอาหารเหม็นเน่า เริ่มมีกลิ่นแอมโมเนีย | ลักษณะวัตถุดิบ/เศษผักอาหารเละมากขึ้น กระจายทั่วไป | มีหนอนมากขึ้น แสบตามาก มีไอระเหยมาก | ไม่ได้พรมน้ำ |
| 4 | สีเหลืองเขียวน้ำตาลเข้ม มีเศษผักอาหาร | กลิ่นอาหารเหม็นเน่า เพิ่มกลิ่นแอมโมเนีย | ลักษณะวัตถุดิบ/เศษผักอาหารเละมากขึ้น กระจายทั่วไป | หนอนเริ่มลดลง แสบตามากขึ้น มีไอระเหยมากขึ้น | ไม่ได้พรมน้ำ |
| 5 | สีเหลืองน้ำตาลเข้มมีเศษผักอาหาร | กลิ่นแอมโมเนียมาก | ลักษณะวัตถุดิบ/เศษผักอาหารเละกระจายทั่วไป | หนอนลดลง แสบตาลดลง มีไอระเหย | ไม่ได้พรมน้ำ |
| 6 | สีเหลืองคล้ำน้ำตาลเข้ม | กลิ่นแอมโมเนียมาก | ลักษณะวัตถุดิบ/เศษผักอาหารมีราสีขาวเจริญบนเศษวัสดุ | หนอนลดลง ยังแสบตา มีไอระเหย | ไม่ได้พรมน้ำ |

**ตารางที่ 4-2** ลักษณะทางกายภาพสี กลิ่น เนื้อปุ๋ย ลักษณะอื่นและปริมาณการเติมน้ำในการทำปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์แบบไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศในถังหมักชีวภาพ (ต่อ)

| ตัวอย่าง วันที่ | ปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์แบบไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศในถังหมักชีวภาพ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | สี | กลิ่น | เนื้อปุ๋ย | ลักษณะอื่น | ปริมาณการเติมน้ำ (มิลลิลิตร) |
| 7 | สีเหลืองคล้ำน้ำตาลเข้ม | กลิ่นแอมโมเนียจางลง | ลักษณะทั่วไปมีเส้นใยราสีขาวเกิดขึ้น กระจายและแทรกระหว่างเศษวัสดุ | หนอนลดลง แสบตา มีไอระเหยลดลง | ไม่ได้พรมน้ำ |
| 8 | สีเหลืองคล้ำน้ำตาลเข้มมากขึ้น | มีกลิ่นแอมโมเนียจาง | ลักษณะทั่วไปมีเส้นใยราสีขาวเกิดมากขึ้น | หนอนลดลง แสบตาน้อย | ไม่ได้พรมน้ำ |
| 9 | สีเหลืองคล้ำน้ำตาลเข้มมากขึ้น | ไม่มีกลิ่นแอมโมเนีย | มีเส้นใยราสีขาวเกิดมากขึ้นกระจายทั่วไป | ไม่มีหนอน ไม่แสบตา ไม่มีไอระเหย | ไม่ได้พรมน้ำ |
| 10 | สีเหลืองคล้ำน้ำตาลเข้มมากขึ้น | ไม่มีกลิ่นแอมโมเนีย | มีเส้นใยราสีขาวเกิดมากขึ้นกระจายทั่วไป | ไม่แสบตาไม่มีไอระเหย | ไม่ได้พรมน้ำ |
| 14 | สีเหลืองคล้ำน้ำตาลเข้มมากขึ้น | กลิ่นคล้ายดิน-ปุ๋ยจาง จาง | มีเส้นใยราสีขาวเกิดมากขึ้นกระจายทั่วไป | สภาพปกติ | ไม่ได้พรมน้ำ |
| 16 | สีเหลืองคล้ำน้ำตาลเข้ม | กลิ่นคล้ายดิน-ปุ๋ย | มีเส้นใยราสีขาวเกิดมากขึ้นกระจายทั่วไป | สภาพปกติ | ไม่ได้พรมน้ำ |
| 17 | สีเหลืองคล้ำน้ำตาลเข้ม | กลิ่นคล้ายดิน-ปุ๋ย | ลักษณะผงแห้งมีเส้นใยราสีขาวเริ่มลดลง | สภาพปกติ | เริ่มพรมน้ำ 750 มล |
| 18 | สีเหลืองคล้ำน้ำตาลเข้ม | กลิ่นคล้ายดิน-ปุ๋ย | ลักษณะผงแห้งมีเส้นใยราสีขาวลดลง | สภาพปกติ | พรมน้ำ 750 มล |
| 21 | สีเหลืองคล้ำน้ำตาลเข้ม | กลิ่นคล้ายดิน-ปุ๋ย | มีเส้นใยราสีขาวเกิดคงที่กระจายทั่วไป | สภาพปกติ | ไม่ได้พรมน้ำ |
| 28 | สีเหลืองคล้ำน้ำตาลเข้ม | กลิ่นคล้ายดิน-ปุ๋ย | ลักษณะเป็นผงแห้งมีเส้นใยราสีขาวลดลง | สภาพปกติ | เริ่มพรมน้ำ 1,500 มล |

**ตารางที่ 4-2** ลักษณะทางกายภาพสี กลิ่น เนื้อปุ๋ย ลักษณะอื่นและปริมาณการเติมน้ำในการทำปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์แบบไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศในถังหมักชีวภาพ (ต่อ)

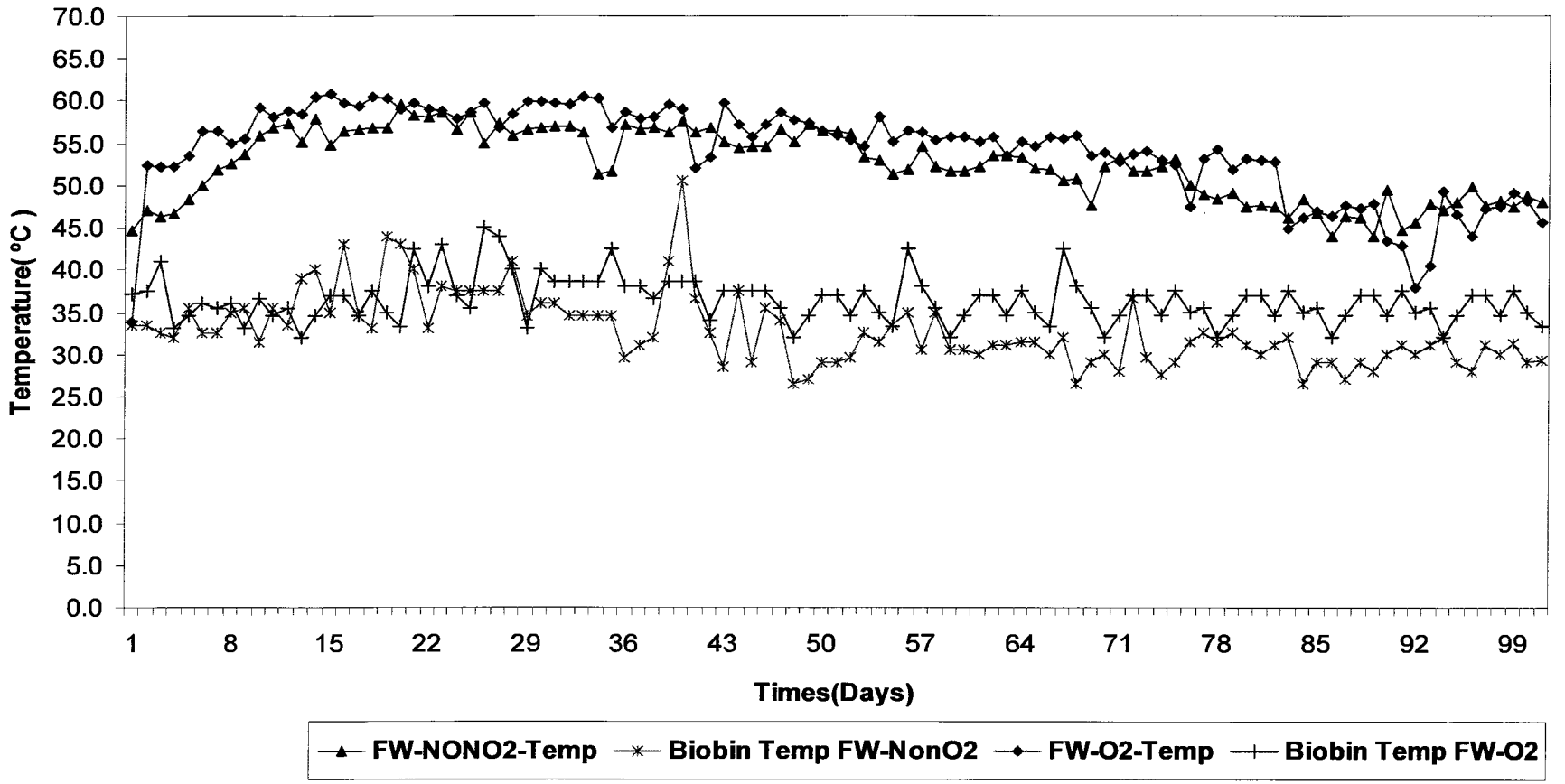
| ตัวอย่างวันที่ | ปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์แบบไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศในถังหมักชีวภาพ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | สี | กลิ่น | เนื้อปุ๋ย | ลักษณะอื่น | ปริมาณการเติมน้ำ (มิลลิลิตร) |
| 29 | สีเหลืองคล้ำน้ำตาลเข้ม | กลิ่นคล้ายดิน-ปุ๋ย | ลักษณะผงแห้งเนื้อปุ๋ยด้านล่างจับเป็นก้อนตีแตกง่ายมีเส้นใยเกิดขึ้นเล็กน้อย | สภาพปกติ | พรมน้ำ1,500 มล ทุกวัน |
| 34 | สีเหลืองคล้ำน้ำตาลเข้ม | กลิ่นคล้ายดิน-ปุ๋ย | ลักษณะผงแห้งเนื้อปุ๋ยแห้งเป็นผงมากขึ้นมีเส้นใยเกิดขึ้นเล็กน้อย | สภาพปกติ | เพิ่มพรมน้ำ 4,500 มล ทุกวัน |
| 40 | สีเหลืองคล้ำน้ำตาลเข้มดำ | กลิ่นคล้ายดิน-ปุ๋ย | ลักษณะผงแห้งเนื้อปุ๋ยแห้งเป็นผงชุ่มชื่นมีเส้นใยเกิดขึ้นเล็กน้อย | สภาพปกติ | ไม่ได้พรมน้ำ |
| 45 | สีคล้ำน้ำตาลดำ | กลิ่นคล้ายดิน-ปุ๋ย | ลักษณะผงแห้งเป็นฝุ่นแต่ชุ่มชื่นกว่าเดิมยังมีเส้นใยเกิดขึ้นเล็กน้อย | สภาพปกติ | ไม่ได้พรมน้ำ |
| 70 | สีคล้ำน้ำตาลดำ | กลิ่นคล้ายดิน-ปุ๋ย | ลักษณะร่วนซุยชุ่มชื่นไม่มีเส้นใย | สภาพปกติ | ไม่ได้พรมน้ำ |
| 90 | สีคล้ำน้ำตาลดำ | กลิ่นคล้ายดิน-ปุ๋ย | ลักษณะร่วนซุยเป็นผงเริ่มแห้ง | สภาพปกติ | พรมน้ำ 6,000 มล |
| 93 | สีคล้ำน้ำตาลดำ | กลิ่นคล้ายดิน-ปุ๋ย | ลักษณะร่วนซุยเป็นผงแห้งมากขึ้น | สภาพปกติ | พรมน้ำ 6,000 มล |
| 94 | สีคล้ำน้ำตาลดำ | กลิ่นคล้ายดิน-ปุ๋ย | ลักษณะร่วนซุยเป็นผงชุ่มชื่น | สภาพปกติ | ไม่ได้พรมน้ำ |
| 100 | สีคล้ำน้ำตาลดำ | กลิ่นคล้ายดิน-ปุ๋ย | ลักษณะร่วนซุยเป็นผงชุ่มชื่น | สภาพปกติ | ไม่ได้พรมน้ำ |

ของปุ๋ยหมัก (Vesilind *et al.*, 2002) แต่ในส่วนที่แตกต่าง คือ ในถังหมักชีวภาพแบบไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศจะกลิ่นเหม็นเน่าและกลิ่นแอมโมเนียมากกว่า เนื่องมาจากมีกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนทำให้เกิดกลิ่นที่ไม่ดีจากกลิ่นของแอมโมเนียอิออน และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Tchobanoglous *et al.*, 1993) และมีสีคล้ำดำมากกว่า ในส่วนลักษณะเนื้อปุ๋ยจะมีการย่อยสลายทำให้เศษอาหาร เศษกิ่งไม้ใบไม้ที่มีการแยกลักษณะชัดเจนในช่วง 6 วันแรกกลายเป็นเนื้อปุ๋ยที่มีขนาดอนุภาคเล็กลงสัมผัสได้จากลักษณะที่เป็นผงแห้งเป็นฝุ่น ซึ่งปุ๋ยหมักในถังหมักชีวภาพแบบไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศจะแห้งมากกว่าแบบเปิดเครื่องเป่าอากาศในวันที่ 17 และวันที่ 24 ตามลำดับ จนต้องได้เริ่มพรมน้ำเนื่องจากการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจนจะมีน้ำเป็นสารตั้งต้น ดังเช่นสมการที่ (2-2) (Tchobanoglous *et al.*, 1993) จึงมีการใช้น้ำมากกว่าและทำให้แห้งเร็วกว่า

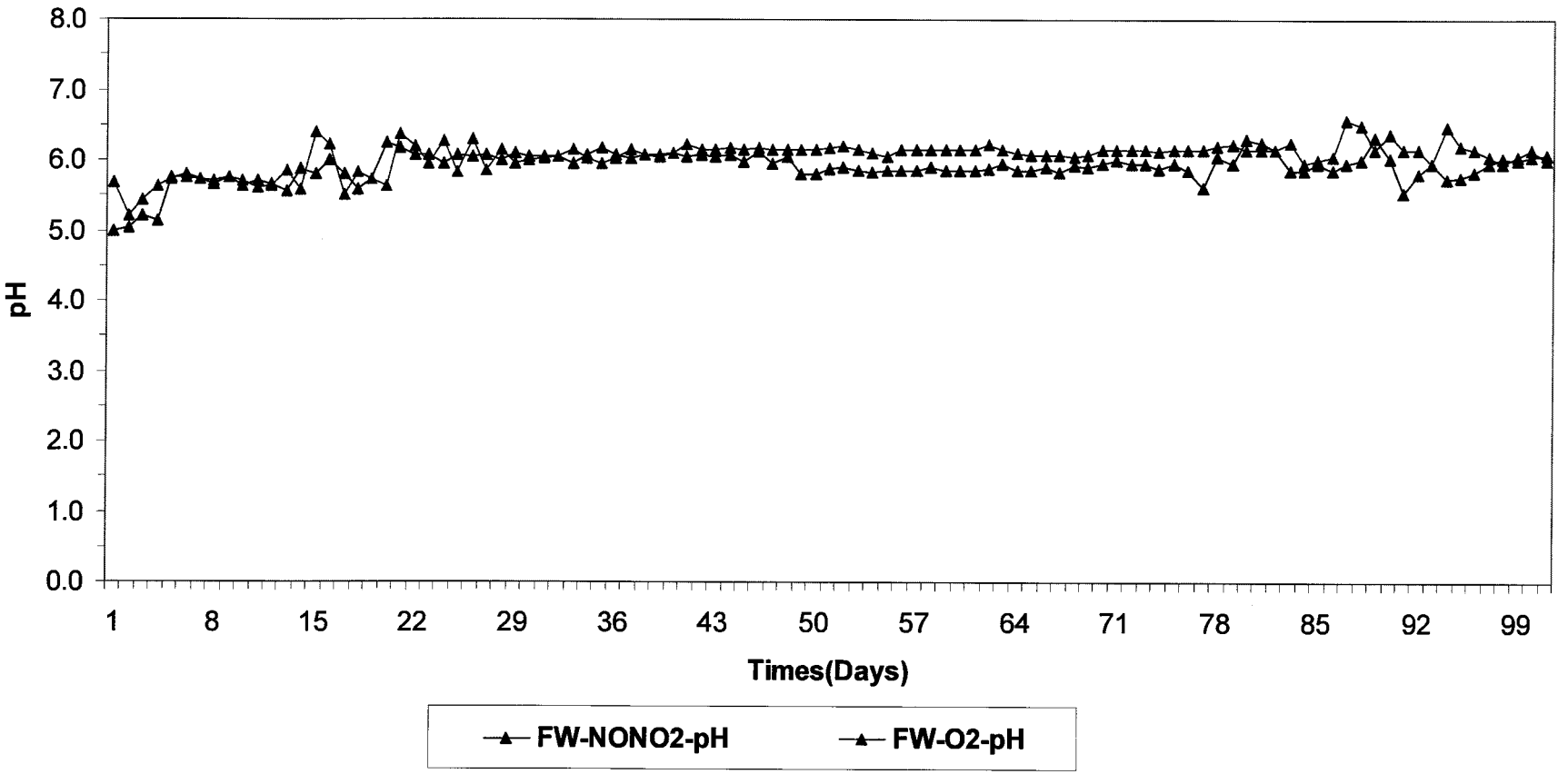
**4.1.2. อุณหภูมิ ความชื้นและความเป็นกรดด่าง** ลักษณะทางกายภาพและเคมีของปุ๋ยหมักทั้งสองแบบวัดด้วยเทอร์โมมิเตอร์ เครื่องวัดความชื้น และเครื่องวัดความเป็นกรดด่างแบบดิจิตอล ในการทำปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์แบบเปิดและไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศในถังหมักชีวภาพตลอดระยะเวลาการหมัก 100 วัน แสดงผลดังกราฟภาพที่ 4-1, 4-2, และ 4-3 ตามลำดับ

จากภาพที่ 4-1 แสดงกราฟการเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิเฉลี่ยจาก 5 จุดในระหว่างการหมักปุ๋ยจากขยะอินทรีย์ในถังหมักชีวภาพแบบเปิดและไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศตลอดระยะเวลาการหมัก 100 วัน โดยปุ๋ยหมักแบบเปิดเครื่องเป่าอากาศมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดทั้ง 5 จุด คือ 60.84 °C ในวันที่ 14 และมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยมากกว่า 55 °C ระยะเวลานานถึง 34 วันนับจากวันที่ 5-39 ส่วนปุ๋ยหมักแบบไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดทั้ง 5 จุด คือ 59.52 °C ในวันที่ 19 และมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยมากกว่า 55 °C ระยะเวลานานน้อยกว่าแบบเปิดเครื่องเป่าอากาศจำนวน 24 วันนับจากวันที่ 9-32 เป็นที่สังเกตว่าอุณหภูมิภายในถังหมักชีวภาพทั้งสองแบบไม่มีความสัมพันธ์กันกับอุณหภูมิในกองปุ๋ยเพราะมีค่าขึ้นลงไม่แน่นอนโดยอุณหภูมิภายในถังหมักชีวภาพแบบเปิดเครื่องเป่าอากาศอยู่ในช่วง 32.0-42.5 °C และแบบไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศในช่วง 26.5-50.5 °C นอกจากนี้พบว่ารูปแบบของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของการหมักปุ๋ยทั้งสองแบบมีลักษณะเดียวกัน คือ ในช่วง 1-2 วันแรกอุณหภูมิเริ่มมีค่าสูงขึ้นและสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในวันที่ 3-5 เมื่ออุณหภูมิขึ้นถึงจุดสูงสุดและรักษาระดับอุณหภูมิที่มากกว่า 55 °C ในระยะเวลาช่วงหนึ่งประมาณ 24-34 วัน ซึ่งเป็นช่วงแรกของการย่อยสลายของจุลินทรีย์กลุ่มเมโซฟิลิก และเข้าสู่ช่วงย่อยสลายของจุลินทรีย์กลุ่มเทอร์โมฟิลิก (Gerard, 1997; Vesilind *et al*, 2002; Tchobanoglous *et al.*, 1993) ซึ่งในช่วงแรกนี้ Tremier และคณะ, 2005 เรียกว่า "Active phase" ส่วน Baby และคณะ, 2005 แบ่งช่วงนี้ออกเป็น 2 ระยะ คือ 1) ระยะ Mesophilic และ 2) ระยะ Thermophilic จากนั้นอุณหภูมิเริ่มลดลงและขึ้นลงในช่วงแคบ 42 -48 °C จากวันที่ 80 จนถึงวันสุดท้ายวันที่ 100 โดยในช่วงหลังนี้ Tremier และ

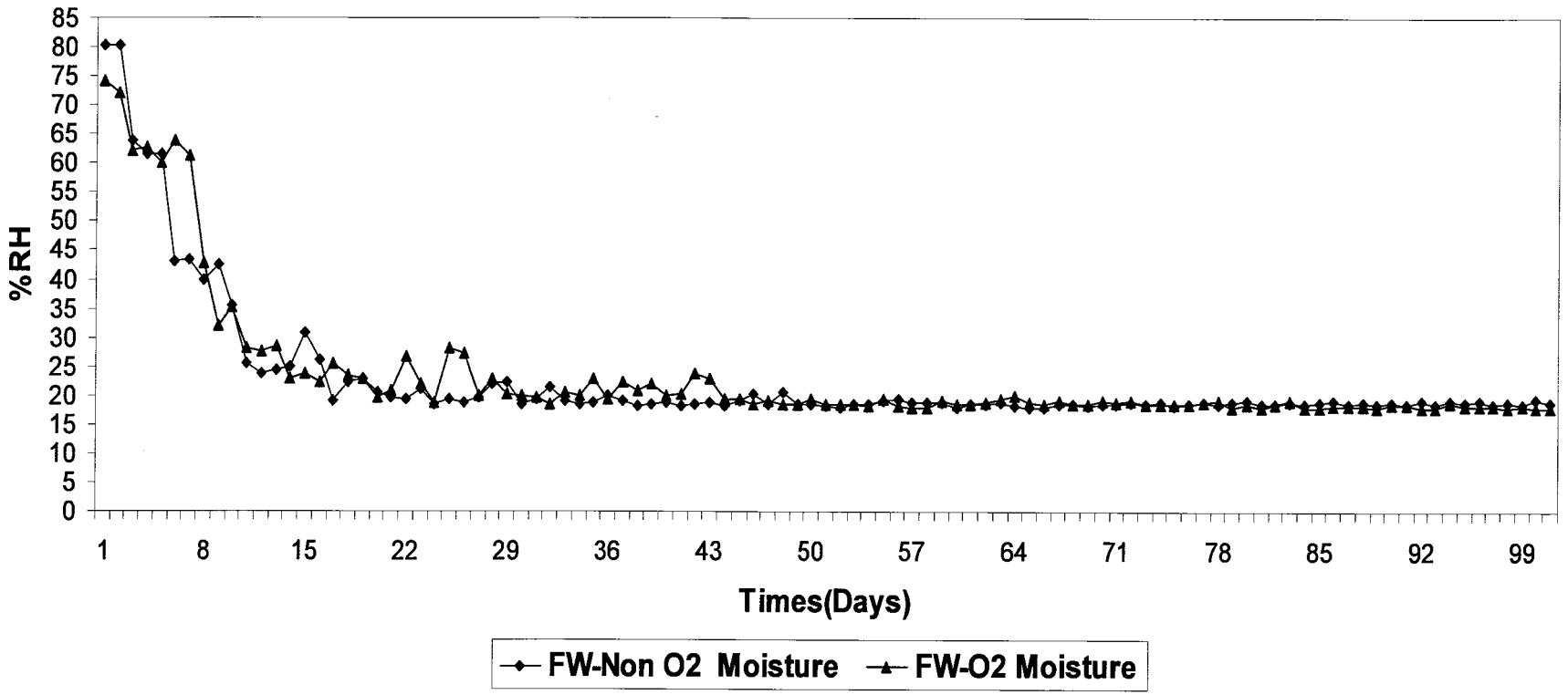
คณะ, 2005 เรียกว่า " Curing phase" สำหรับ Baby และคณะ, 2005 ได้แบ่งช่วงนี้ออกเป็นระยะที่ 3 คือ ระยะ Curing ซึ่งยังมีผู้วิจัยอีกหลายท่านที่กำหนดช่วงของการย่อยสลายเป็น 3 ระยะแต่เรียกชื่อแตกต่างกัน ดังนี้ (1) ระยะ Mesophilic-heating (2) ระยะ Thermophilic และ (3) ระยะ Cooling (Hassen *et al.*, 2001; Alberti, 1984; Mustin, 1987; Leton and Stentiford, 1990) ซึ่งในการหมักปุ๋ยเกิดกระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพจากการเมตาบอริซึมของจุลินทรีย์เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน จึงทำให้มีอุณหภูมิในกองปุ๋ยสูงขึ้นอย่างรวดเร็วอาจสูงมากกว่า 70 °C (De Bertoldi *et al.*, 1983) และสารอินทรีย์แตกตัวออกอยู่ในรูปง่ายโดยความร้อนที่เพิ่มขึ้นภายในกองปุ๋ยเกิดจากการย่อยสลายในระยะหนึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปตามขั้นตอนและจำนวนขององค์ประกอบทางเคมีของสารอินทรีย์สัมพันธ์กับลักษณะทางกายภาพของสีและเนื้อปุ๋ยที่เปลี่ยนเศษอาหาร เศษใบไม้ และรำเป็นสีเหลืองคล้ำขึ้นมีฝ้าและผงสีขาวทั่วไป จากนั้นเริ่มย่อยสลายขี้เลื่อยเปลี่ยนเป็นสีเหลืองคล้ำน้ำตาลเข้มจากการเกิดเมตาบอริซึมของจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน แบบเคโมเฮทเตอร์โรโทป (Chemo-heterototrophs) เรียกกระบวนการนี้ว่า เมตาบอริซึมของการหายใจ (Respiratory metabolism) การเกิดเมตาบอริซึมของจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนเรียกว่า เมตาบอริซึมของการหมัก (Fermentative metabolism) จึงทำให้ในช่วงนี้สามารถรักษาระดับอุณหภูมิสูงได้ช่วงระยะหนึ่งซึ่งเมื่อสารอินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายได้ลดน้อยลง กิจกรรมของจุลินทรีย์ก็ลดลง จึงทำให้อุณหภูมิในกองปุ๋ยเริ่มลดลงเช่นกัน จากนั้นจะเข้าสู่ระยะการย่อยสลายที่คงที่ ปุ๋ยหมักจะเริ่มรักษาสภาพและมีความคงตัว (cured and stabilized) (Tchobanoglous *et al.*, 1993) ลักษณะการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในภาพที่ 4-1 สัมพันธ์กับในภาพที่ 4-2 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างเฉลี่ยในระหว่างการหมักปุ๋ยจากขยะอินทรีย์ในถังหมักชีวภาพแบบเปิดและไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศตลอดระยะเวลาการหมัก 100 วัน เนื่องจากการย่อยสลายปุ๋ยหมักทั้งสองแบบในช่วง 1-2 วันแรกที่มีค่าเป็นกรด pH 5.1-5.2 จากนั้นค่า pH เริ่มสูงขึ้นและรักษาให้อยู่ในช่วงค่า pH 5.5-6.5 ตลอดระยะเวลาการทดลองเพื่อมีสภาพที่เหมาะสมในการหมักปุ๋ยตามที่ต้องการควบคุมได้ (Chikae *et al.*, 2005) ซึ่งสามารถรักษาได้ในช่วง pH 5.5-8.0 เนื่องจากในช่วงแรกของการย่อยสลายจะมีจุลินทรีย์กลุ่มหนึ่งที่รับผิดชอบที่ทำให้เกิดการย่อยสลายแบบไฮโดรไลซิง (Hydrolysis) โพลิเมอร์ของสารอินทรีย์และไขมันให้เป็นโครงสร้างพื้นฐานและ จุลินทรีย์กลุ่มที่สอง ที่ทำการหมักทำลายผลผลิตจากการย่อยสลายของกลุ่มที่หนึ่งให้อยู่ในรูปกรดอินทรีย์ที่ง่ายๆ คือ จุลินทรีย์กลุ่มสร้างกรด มีผลทำให้ค่า pH ลดต่ำลง จากนั้นปุ๋ยหมักในถังหมักชีวภาพแบบไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศ จะมีจุลินทรีย์กลุ่มที่สามทำการเปลี่ยนแปลงไฮโดรเจนและกรดอะซิติกให้กลายเป็นก๊าซมีเทนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การย่อยสลายจุลินทรีย์ช่วงนี้ไม่มีการใช้ออกซิเจนเลย เรียกว่า เมททาโนเจนนิก (methanogenic) มีผลทำให้ค่า pH เพิ่มสูงขึ้น ส่วนปุ๋ยหมักในถังหมักชีวภาพแบบเปิดเครื่องเป่าอากาศ จะมีการย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจนที่มีผลผลิตเป็น




**ภาพที่ 4-1** กราฟการเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิเฉลี่ยการทำปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์แบบเปิดและไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศและอุณหภูมิภายในของถังหมักชีวภาพตลอดระยะเวลาการหมัก 100 วัน




**ภาพที่ 4-2** กราฟการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างเฉลี่ยในการทำปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์แบบเปิดและไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศในถังหมักชีวภาพ ตลอดระยะเวลาการหมัก 100 วัน




**ภาพที่ 4-3** กราฟการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นเฉลี่ยในการทำปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์แบบเปิดและไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศในถังหมักชีวภาพตลอดระยะเวลาการหมัก 100 วัน

ทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ได้แก่ ฮิวมัส, ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, น้ำ, ไนเตรต, ไนเตรท, ซัลเฟต, แอมโมเนียมอิออน, และธาตุอาหารอื่นๆ เป็นต้น ดังแสดงในสมการที่ (2-2) (Tchobanoglous *et al.*, 1993)

จากภาพที่ 4-3 แสดงกราฟการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นเฉลี่ยจาก 5 จุดของปุ๋ยหมักในถังหมักชีวภาพแบบเปิดและไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศที่มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงเหมือนกัน คือ ในช่วง 2-3 วันแรกมีค่าความชื้นสูงเนื่องจากมีปริมาณน้ำจากเศษอาหารและเศษใบไม้บดย่อย มีค่าความชื้น 75-80 % จากนั้นเมื่อเกิดการย่อยสลายความชื้นลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 4-8 มีค่าระหว่าง 60-30% และมีค่าคงที่ขึ้นลงในช่วงแคบๆ คือ ในช่วง 20-35 % ในปุ๋ยหมักในถังหมักชีวภาพแบบเปิดเครื่องเป่าอากาศ มีระยะเวลานานกว่าแบบไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศ 15 วัน คือ วันที่ 9-45 และวันที่ 9-30 ตามลำดับ จากนั้นเริ่มมีค่าคงที่ในช่วง 20-25 % จนถึงวันสุดท้ายของการทดลอง ซึ่งเมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พ.ศ. 2544 ซึ่งกำหนดให้ความชื้นและสิ่งที่ระเหยได้ ต้องไม่เกินร้อยละ 35 โดยน้ำหนัก ดังนั้น จึงถือว่าปุ๋ยหมักอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานและพบว่าในระหว่างการทดลองการหมักปุ๋ยทั้งสองแบบสามารถควบคุมระดับความชื้นเฉลี่ยในช่วง 50-60 % ได้เพียงระยะเวลา 5-7 วัน แต่ได้ใช้การสังเกตและการสัมผัสเนื้อปุ๋ยร่วมด้วย จึงได้ทำการพรมเพิ่มน้ำในกองปุ๋ยทั้งสองแบบเพื่อเพิ่มความชื้นให้แก่กองปุ๋ยช่วยให้สภาวะการย่อยสลายของจุลินทรีย์เหมาะสมและดีขึ้น และน้ำยังเป็นสารตั้งต้นที่ใช้เกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์แบบใช้ออกซิเจนในสมการที่ (2-2) (Tchobanoglous *et al.*, 1993) โดยเฉพาะการย่อยสลายจุลินทรีย์พวกใช้ออกซิเจนที่ทำให้เกิดความร้อน Autothermal thermophilic aerobic digestion (ATAD) (Haug, 1993) ดังแสดงผลการบันทึกปริมาณน้ำที่เติมในตารางที่ 4-1

**4.1.3 ผลวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ และเคมี (Physical and Chemical Analysis)**

ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ และเคมีของปุ๋ยหมัก ได้แก่ การวัดค่าร้อยละความชื้น ค่าร้อยละของสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด ค่าร้อยละของสารอินทรีย์ไนโตรเจนทั้งหมด อัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio) และค่าการนำไฟฟ้า จัดเก็บตัวอย่างในการทำปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์แบบเปิดและไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศในถังหมักชีวภาพ ในวันเริ่มต้น, วันที่ 7, วันที่ 14, วันที่ 35, วันที่ 40, วันที่ 45 และวันที่สุดท้าย 100 วัน ทำการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการของภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี แสดงผลดังภาพที่ 4-4, 4-5 และ 4-6

จากภาพที่ 4-4 แสดงค่าความชื้นจากการตรวจทางห้องปฏิบัติการในการทำปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์แบบเปิดและไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศในถังหมักชีวภาพในระยะเวลาที่ศึกษาพบว่า มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงเหมือนกันกับการวัดค่าความชื้นเฉลี่ยประจำวัน แต่จะแตกต่างเฉพาะ

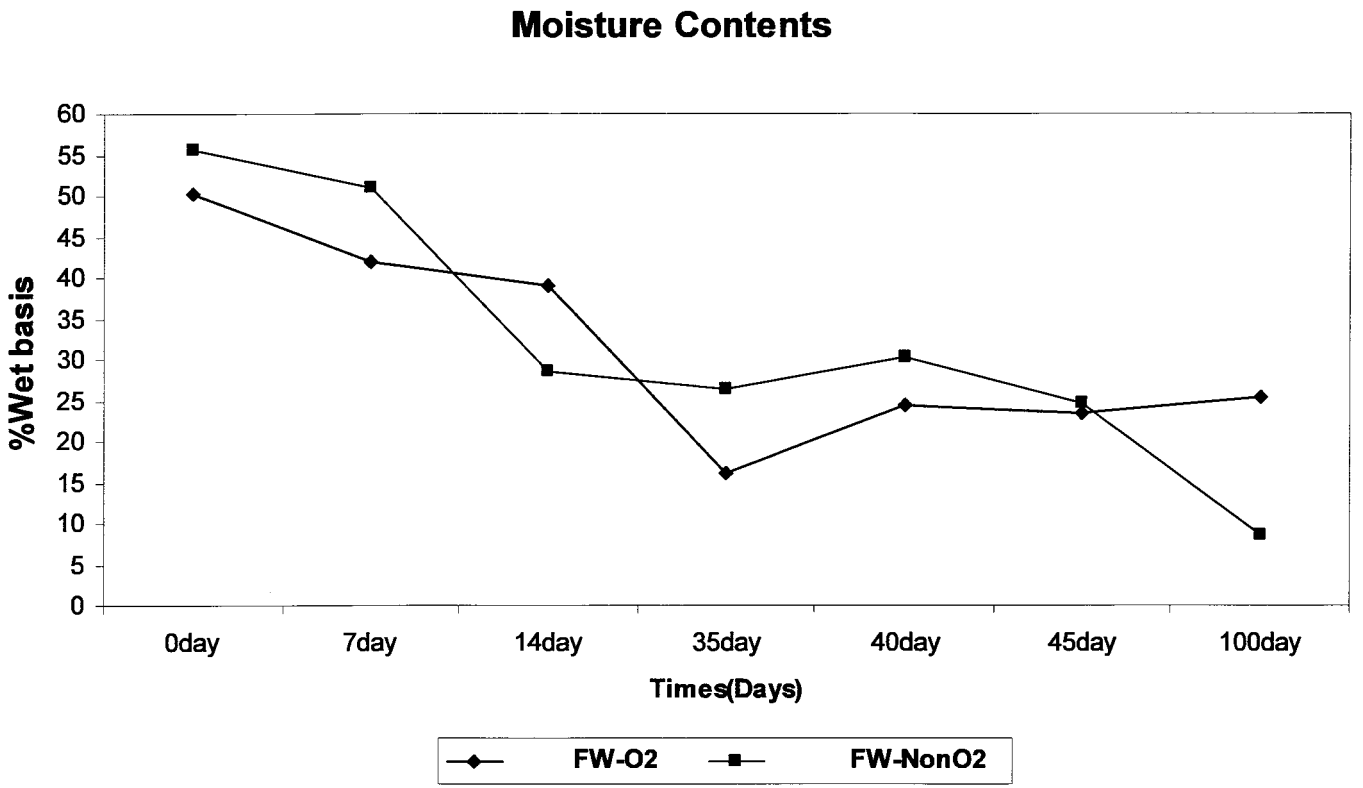
ช่วงวันที่ทำการเก็บตัวอย่างในการหมักปุ๋ยทั้งสองแบบในภาพที่ 4-3 คือ ปุ๋ยหมักทั้งสองแบบมีค่าความชื้นสูงในวันเริ่มต้นจากนั้นค่าความชื้นจะลดลงในวันที่ 7, วันที่ 14 และวันที่ 30 โดยปุ๋ยหมักแบบเปิดเครื่องเป่าอากาศพบว่า ค่าความชื้นลดลงจาก 50.25 % เป็น 41.85 %, 39.05 % และ 16.05 % ตามลำดับและค่าความชื้นของปุ๋ยหมักแบบไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศลดลงจาก 55.70 % เป็น 50.93 %, 28.45 % และ 26.39 % ตามลำดับ หลังจากนั้นเมื่อผู้วิจัยได้ทำการพรมน้ำเพิ่มมากขึ้นในปุ๋ยหมักทั้งสองแบบ ทำให้ค่าความชื้นมีค่าสูงขึ้นในวันที่ 40 เป็น 24.49 % และ 30.28 % ตามลำดับ เมื่อมีการย่อยสลายต่อเนื่อง ค่าความชื้นของปุ๋ยหมักแบบเปิดเครื่องเป่าอากาศลดลงในวันที่ 40 จาก 24.49 % เป็น 23.45 % ในวันที่ 45 และเพิ่มขึ้นในวันสุดท้ายเป็น 25.28 % ส่วนค่าความชื้นของปุ๋ยหมักแบบไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศลดลงในวันที่ 40 จาก 30.28 % เป็น 24.73 % ในวันที่ 45 และลดลงอย่างมากในวันสุดท้ายเป็น 8.62 % ซึ่งมีค่าต่ำกว่าแบบเปิดเครื่องเป่าอากาศมาก แต่เมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พ.ศ. 2544 ซึ่งกำหนดให้ความชื้นและสิ่งที่ระเหยได้ ต้องไม่เกินร้อยละ 35 โดยน้ำหนักจึงถือว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

จากภาพที่ 4-5 แสดงลักษณะทางเคมี คือ ค่าร้อยละสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด ค่าร้อยละสารอินทรีย์ไนโตรเจนทั้งหมด และค่าอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio) ของปุ๋ยหมักทั้งสองแบบตลอดระยะเวลาที่ศึกษาพบว่า รูปแบบการเปลี่ยนแปลงของสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดมีค่าลดลงจากวันเริ่มต้นจนถึงวันสุดท้าย คือ ปุ๋ยหมักแบบเปิดเครื่องเป่าอากาศและไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศมีค่าสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดลดลงในช่วง 36.26-16.75 % และ 34.86-10.32 % ตามลำดับ ส่วนรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของสารอินทรีย์ไนโตรเจนทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้นจากวันเริ่มต้นในวันที่ 7 และจากนั้นจะมีค่าลดลงจนถึงวันสุดท้าย คือ ปุ๋ยหมักแบบเปิดเครื่องเป่าอากาศค่าสารอินทรีย์ไนโตรเจนทั้งหมดเพิ่มขึ้นจากวันเริ่มต้น 2.13 % เป็น 4.63 % ในวันที่ 7 จากนั้นมีค่าลดลงจากวันที่ 7 จนถึงวันสุดท้ายในช่วง 4.27-3.12 % เช่นเดียวกันกับปุ๋ยหมักแบบไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศค่าสารอินทรีย์ไนโตรเจนทั้งหมดเพิ่มขึ้นจากวันเริ่มต้น 3.06 % เป็น 9.11 % จากนั้นมีค่าลดลงจากวันที่ 7 ถึงวันสุดท้ายในช่วง 4.56-2.67 % เป็นผลทำให้ค่า C/N Ratio ลดลงมีค่าน้อยกว่า 20 : 1 โดยในปุ๋ยหมักแบบเปิดและไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศมีค่า C/N Ratio ในช่วง 17.02-5.02 และ 11.39-3.11 ตามลำดับ ซึ่งค่านี้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมักของกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พ.ศ. 2544 กำหนดให้ต่ำกว่า 20 : 1 เป็นผลของปฏิกิริยาที่มีจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนทำการย่อยสลายเศษอาหารและสารอินทรีย์ซึ่งเป็นสารอาหารแหล่งคาร์บอนและแหล่งพลังงาน ซึ่งการเกิดเมตาบอริซึมจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน ทำให้สารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดลดลงมีการเปลี่ยนรูปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนีย และแอมโมเนียมไอออน มีผลให้สารอินทรีย์ไนโตรเจนทั้งหมดเพิ่มขึ้นในช่วงวันที่ 7 และเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่นต่อเนื่อง จุลินทรีย์จะทำการย่อยสลาย

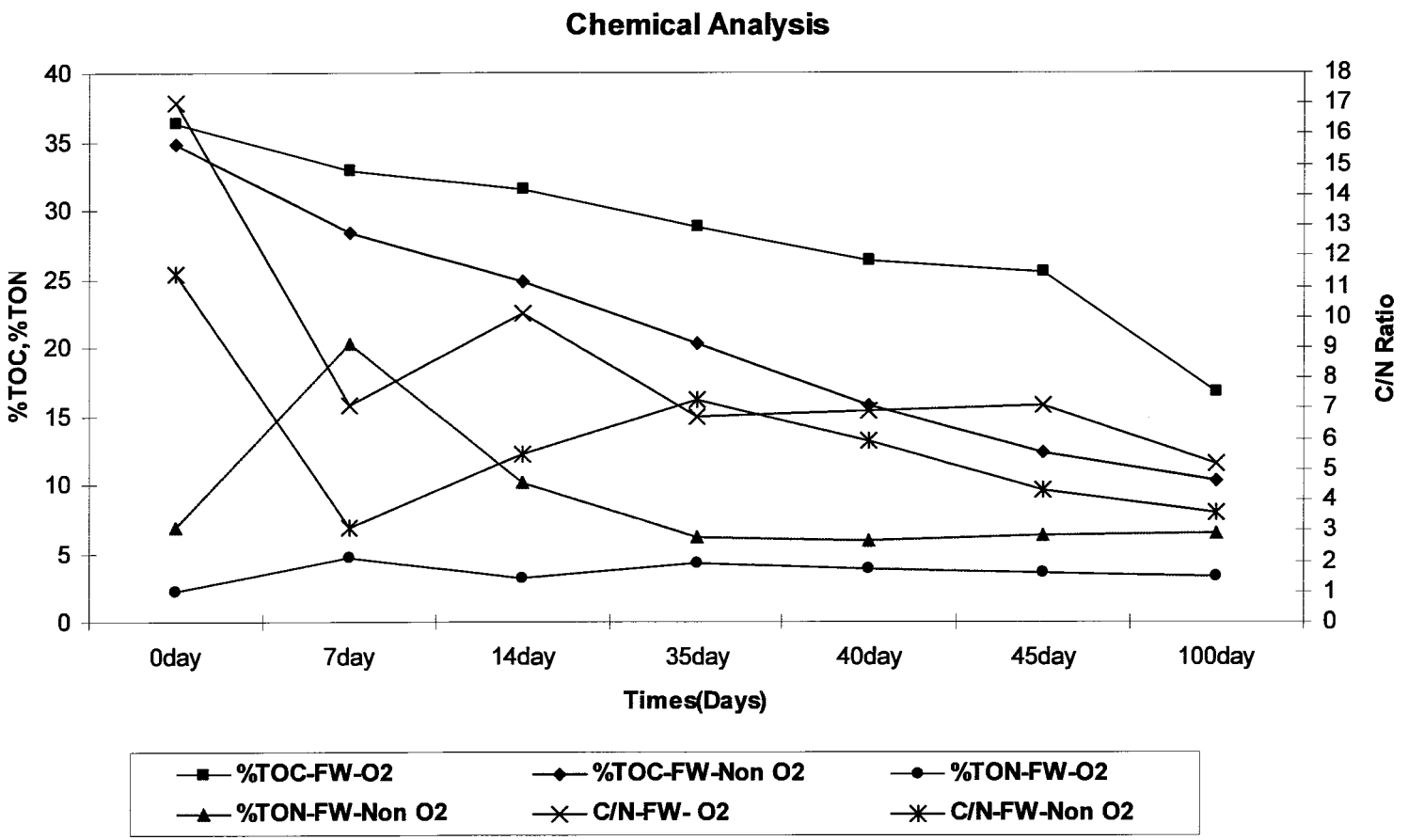
เปลี่ยนรูปให้เป็นไนเตรท และไนเตรต (Haug, 1993; Tchobanoglous *et al.*, 1993) ซึ่งเป็นรูปธาตุที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ (available form) (ศรีสม สุวรรณวงศ์, 2547) และ Vesilind และคณะ, 2002 ได้เสนอว่าในระยะสุดท้ายของการหมักปุ๋ยค่า C/N Ratio อาจจะลดลงเหลือ 12 : 1 ได้ เพราะหากค่า C/N Ratio มีค่าสูงกว่านี้แสดงว่ายังมีการย่อยสลายได้อีก ดังนั้นปุ๋ยหมักที่มีความคงตัวควรมีค่า C/N Ratio ต่ำกว่า 12 : 1 และยังมีประเด็นที่ Kayhanian และ Tchobanoglous, 1992 ได้ให้ข้อสังเกตว่าหากค่า C/N Ratio ต่ำกว่า 15 : 1-30 : 1 นั้น สารไนโตรเจนที่มีค่าสูงเกินจะสามารถถูกย่อยสลายหายกลายเป็นก๊าซแอมโมเนียได้ แต่ให้ระมัดระวังปัญหาที่เกิดจากความเป็นพิษของก๊าซแอมโมเนีย (ammonia toxicity) ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายของจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจน อย่างไรก็ตามถือว่าเป็นลักษณะเฉพาะของการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนแต่ไม่พบในการย่อยสลายในแบบใช้ออกซิเจน ค่า C/N Ratio ที่เหมาะสมในการเริ่มต้นหมักปุ๋ยควรมีค่าต่ำกว่า 30 : 1-15 : 1 เพราะสารไนโตรเจนไม่มีผลต่อการจำกัดอัตราการย่อยสลายและเป็นสิ่งที่จำเป็นในการสังเคราะห์ของเซลล์จุลินทรีย์ใหม่ คือ $C_5H_7O_2N$ (Hoover and Porges, 1952; Kayhanian and Tchobanoglous, 1992) แสดงได้ดังสมการที่ (4-1)

$$5CO_2 + 2H_2O + NH_3 + \text{energy} \longrightarrow C_5H_7O_2N \qquad (4\text{-}1)$$

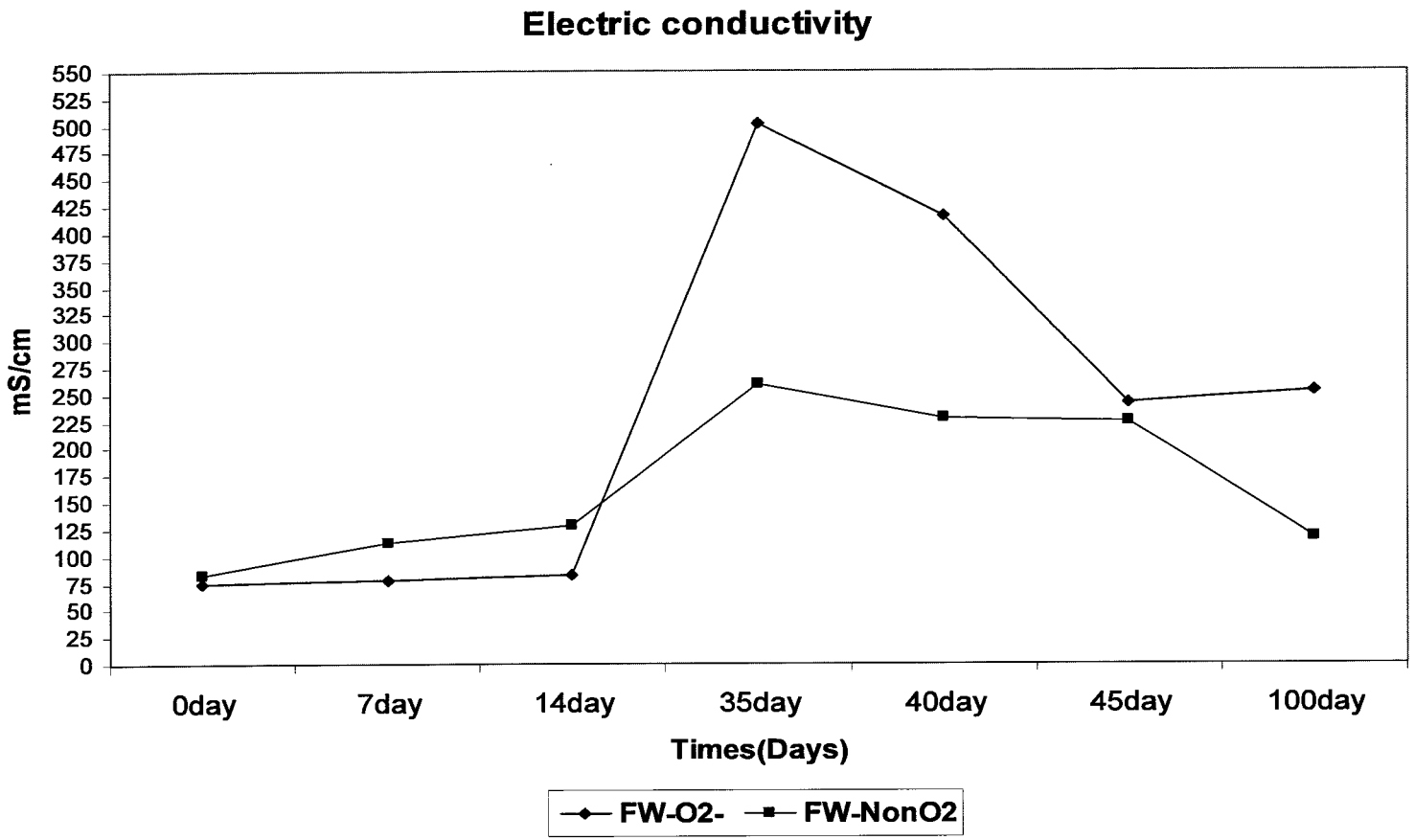
จากภาพที่ 4-6 แสดงค่าการนำไฟฟ้าจากการตรวจทางห้องปฏิบัติการในการทำปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์แบบเปิดและไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศอากาศในถังหมักชีวภาพในระยะเวลาที่ศึกษาพบว่า การนำไฟฟ้าของปุ๋ยหมักทั้งสองแบบมีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงเหมือนกัน คือ ค่า EC เพิ่มขึ้นจากวันเริ่มต้นอย่างช้าๆจนถึงวันที่ 14 จากนั้นจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในวันที่ 35 เริ่มลดลงในวันที่ 40 จนถึงวันสุดท้าย โดยค่า EC ของปุ๋ยหมักแบบเปิดเครื่องเป่าอากาศในวันเริ่มต้นถึงวันที่ 14 อยู่ในช่วง 74.58-82.14 (*m*S/cm) จากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 30 คือ 500.44 *m*S/cm และลดลงในวันที่ 40 *m*S/cm จาก 416.34 *m*S/cm เป็น 241.75 *m*S/cm ในวันที่ 45 และ 253.15 *m*S/cm ในวันสุดท้าย ค่า EC ของปุ๋ยหมักแบบไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศในวันเริ่มต้นจนถึงวันที่ 14 อยู่ในช่วง 82.43-127.80 *m*S/cm จากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 30 คือ 258.81 *m*S/cm และลดลงในวันที่ 40 จาก 226.91 *m*S/cm เป็น 224.61 *m*S/cm ในวันที่ 45 และ 116.30 *m*S/cm ในวันสุดท้าย และยังพบว่าแม้ว่าในช่วงแรกค่า EC ของปุ๋ยหมักแบบเปิดเครื่องเป่าอากาศมีค่าต่ำกว่าแบบไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศแต่ต่อมากลับมีค่า EC เพิ่มขึ้นในวันที่ 35 สูงมากกว่าประมาณ 1 เท่าตัว และรักษาระดับค่า EC สูงกว่าจนถึงวันสุดท้าย ซึ่งค่า EC บ่งบอกถึงระดับการนำไฟฟ้าของปุ๋ยหมัก ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน




**ภาพที่ 4-4** ค่าความชื้นจากการตรวจทางห้องปฏิบัติการในการทำปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์แบบเปิดและไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศในถังหมักชีวภาพ




**ภาพที่ 4-5** ลักษณะทางเคมีจากการตรวจทางห้องปฏิบัติการในการทำปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์แบบเปิดและไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศในถังหมักชีวภาพ




**ภาพที่ 4-6** ค่าการนำไฟฟ้าจากการตรวจทางห้องปฏิบัติการในการทำปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์แบบเปิดและไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศในถังหมักชีวภาพ

ปุ๋ยหมักของกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พ.ศ. 2544 โดยกำหนดระดับค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity) ต้องไม่เกิน 3.5 เดซิซีเมน/เมตร (dS/m) หรือต้องไม่เกิน 350 ไมโครซีเมน/เซนติเมตร (*m*S/cm)

**4.1.4 ผลวิเคราะห์ลักษณะทางชีวภาพ (Microbial analysis)**

โดยจัดเก็บตัวอย่างในการทำปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์แบบเปิดและไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศในถังหมักชีวภาพ จำนวน 1 กิโลกรัมในวันที่เริ่มต้น, วันที่ 7, วันที่14, วันที่ 30, วันที่ 40 วันที่ 45, และวันที่สุดท้ายคือ 100 วัน การวิเคราะห์ข้อมูลในห้องปฏิบัติการของภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี แสดงผลดังตารางที่ 4-3 และ 4-4

จากตารางที่ 4-3 แสดงลักษณะทางชีวภาพของปริมาณของแบคทีเรีย รา แอคติโนมัยซิสที่มีชีวิตทั้งหมดและแบคทีเรียที่ก่อโรคในการทำปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์แบบเปิดเครื่องเป่าอากาศในถังหมักชีวภาพในระยะเวลาที่ศึกษาพบว่า จำนวนจุลินทรีย์ที่ช่วยในการย่อยสลาย คือ จำนวนแบคทีเรียที่มีชีวิตทั้งหมดมีค่าลดลงจากเริ่มต้นจนถึงวันสุดท้ายในช่วง $3.40x10^{7}$-$2.0x10^{2}$ cell /g dry matter ส่วนจำนวนรา และแอคติโนมัยซิสที่มีชีวิตทั้งหมดมีการเปลี่ยนแปลงเหมือนกันคือ มีจำนวนเพิ่มขึ้นจากวันเริ่มต้นจนถึงวันที่ 40 ในช่วง 0-$3.8x10^{4}$ และช่วง 0-$8.00x10^{5}$ cell/g dry matter ตามลำดับ จากนั้นเริ่มลดลงจนถึงวันสุดท้าย

สำหรับจำนวนแบคทีเรียที่ก่อโรคพบว่าจำนวนอีโคไลและซัลมอนเนลล่าทั้งหมดมีค่าลดลงจากวันเริ่มต้นจนถึงวันที่ 14 ในช่วง $5.20x10^{6}$-$4.50x10^{3}$ CFU/g dry matter และช่วง $2.60x10^{4}$-$7.30x10^{1}$ CFU/g dry matter ตามลำดับ จากนั้นในวันที่ 45 จนถึงวันสุดท้ายไม่พบเชื้อทั้งสองเลย ส่วนจำนวนชิเกลล่าและโคลิฟอร์มทั้งหมดมีค่าลดลงจากวันเริ่มต้นจนถึงวันสุดท้าย โดยจำนวนชิเกลล่าทั้งหมดลดลงจาก $1.89x10^{4}$ เหลือ 153 CFU/g dry matter และจำนวนโคลิฟอร์มทั้งหมดลดลงจาก $9.20x10^{8}$ เหลือ $2.80x10^{3}$ MPN/g dry matter ตามลำดับ

จากตารางที่ 4-4 แสดงลักษณะทางชีวภาพปริมาณของแบคทีเรีย รา แอคติโนมัยซิสที่มีชีวิตทั้งหมดและแบคทีเรียที่ก่อโรคในการทำปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์แบบไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศในถังหมักชีวภาพตลอดระยะเวลาที่ศึกษาพบว่า จำนวนจุลินทรีย์ที่ช่วยในการย่อยสลายคือ จำนวนแบคทีเรียที่มีชีวิตทั้งหมดมีค่าลดลงจากเริ่มต้นจนถึงวันสุดท้ายช่วง $4.70x10^{6}$-$1.60x10^{3}$cell/g dry matter แต่ในวันที่ 35 กลับไม่พบแบคทีเรียเลย จำนวนราและแอคติโนมัยซิสที่มีชีวิตทั้งหมดมีการเปลี่ยนแปลงเหมือนกันคือ มีจำนวนเพิ่มขึ้นจากวันเริ่มต้นจนถึงวันที่ 14 ในช่วง 0-$3.1x10^{5}$ CFU/g dry matter และช่วง 0-$1.50x10^{6}$cell/g dry matter ตามลำดับ และจากวันที่ 35 จนถึงวันสุดท้ายไม่พบราเลย แต่กลับพบจำนวนแอคติโนมัยซิสในวันสุดท้าย

สำหรับจำนวนแบคทีเรียที่ก่อโรคพบว่า จำนวนอีโคไลทั้งหมดมีค่าลดลงจากวันเริ่มต้นจนถึงวันที่ 14 ในช่วง $4.30x10^{3}$-$4.60x10^{2}$ CFU/g dry matter และจำนวนซัลมอนเนลล่าทั้งหมดมีค่าลดลงจากวันเริ่มต้นจนถึงวันที่ 7 ในช่วง $2.80x10^{4}$-$1.60x10^{1}$CFU/g dry matter จากนั้นในวันที่ 35 จนถึงวันสุดท้ายไม่พบเชื้อทั้งสองเลย ส่วนจำนวนชิเกลล่าและโคลิฟอร์มทั้งหมดมีค่าลดลงจากวันเริ่มต้นจนถึงวันสุดท้าย โดยจำนวนชิเกลล่าทั้งหมดลดลงจาก $6.30x10^{4}$ เหลือ 56 CFU /g dry matter และจำนวนโคลิฟอร์มทั้งหมดลดลงจาก $9.20x10^{6}$ เหลือ 23 MPN/g dry matter

จากการเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ที่ช่วยในการย่อยสลายและแบคทีเรียที่ก่อโรคในปุ๋ยหมักทั้งสองแบบนี้มีจำนวนที่สัมพันธ์กับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง 3 ช่วง คือ ในช่วงแรกจะเป็นจุลินทรีย์กลุ่มไซโคฟิลิกและกลุ่มเมโซฟิลิกทำการย่อยสลาย และช่วงที่สองเข้าสู่ช่วงย่อยสลายของจุลินทรีย์กลุ่มเทอร์โมฟิลิก ในช่วงที่สามระยะการเย็นตัว (Cooling phase) จะยังคงมีจุลินทรีย์กลุ่มเมโซฟิลิกย่อยสลายต่อเนื่อง (Gerard, 1997; Vesilind *et al.*, 2002; Tchobanoglous *et al.*, 1993; Hassen *et al.*, 2001) และพบว่าในระหว่างการย่อยสลายเอนไซม์ของจุลินทรีย์ในการหมักปุ๋ยจะมีความสัมพันธ์กับจำนวนประชากรของจุลินทรีย์ 3 กลุ่มได้แก่ จุลินทรีย์กลุ่มแอโรบิกเฮทเตอร์โรโทปแอคติโนมัยซิส และรา (Tiquia *et al.*, 1996) แต่เมื่อมีอุณหภูมิสูงมากขึ้นสันนิษฐานว่าจะมีผลทำให้จุลินทรีย์และแบคทีเรียที่ก่อโรคถูกทำลายและตาย (Golueke, 1977) และมีจำนวนลดลงเรื่อยๆ อีกทั้งสารอาหารหรือสารอินทรีย์ได้ถูกย่อยสลายหมดไปไม่มีอาหารสำหรับจุลินทรีย์และแบคทีเรียที่ก่อโรคทำให้ตายและลดจำนวนลงได้ (ดวงพร คันธโชติ, 2537; เสาวนีย์ ธรรมสถิติ, 2547; สุมณฑา วัฒนสินธุ์, 2545) ซึ่งจำนวนแบคทีเรียที่ก่อโรคในปุ๋ยหมักส่วนใหญ่แล้วจะอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมักของกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พ.ศ. 2544 (ไม่เกิน 1,000 CFU/g dry matter) และมาตรฐานของปุ๋ยหมักในประเทศอังกฤษ (BSI, 2002) ต้องการให้ปุ๋ยหมักที่ผลิตขายจะต้องไม่มีเชื้อ *Salmonella spp.* และต้องมีจำนวนของเชื้อ *E. coli* ไม่เกินจำนวน 1,000 กลุ่มหรือ ($10^{3}$ CFU/g dry matter) ในจานเพาะเชื้อต่อกรัมของปุ๋ยหมัก นอกจากนี้ หน่วยงาน US. EPA ได้กำหนดถึงความต้องการที่ให้มีการควบคุมแบคทีเรียก่อโรคในกระบวนการหมักปุ๋ย โดยกำหนดค่าเฉพาะของอุณหภูมิมาตรฐาน โดย *Salmonella spp.* จะตายในเวลา 1 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 55 °C, และตายในเวลา 15-20 นาทีที่อุณหภูมิ 60 °C, *Shigella spp.* จะตายในเวลา 1 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 55 °C และ *Escherichia coli* ส่วนใหญ่ตายในเวลา 1 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 55 °C และตายในเวลา 15-20 นาทีที่อุณหภูมิ 60 °C (Tchobanoglous *et al.*, 1993) ซึ่งจำนวนของจุลินทรีย์ในปุ๋ยหมักเป็นตัวชี้วัดหนึ่งที่บ่งบอกถึงคุณภาพของปุ๋ยหมักว่ามีความสมบูรณ์คงตัว (Ishii *et al.*, 2000; Ryckeboer *et al.*, 2003)

**ตารางที่ 4-3** ปริมาณของแบคทีเรีย รา แอคติโนมัยซิสที่มีชีวิตทั้งหมดและแบคทีเรียที่ก่อโรคในการทำปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์แบบเปิดเครื่องเป่าอากาศในถังหมักชีวภาพ

| วันที่เก็บตัวอย่าง | จำนวนจุลินทรีย์และแบคทีเรียที่ก่อโรคในปุ๋ยหมักโดยวิธีการทำให้เจือจางอย่างเป็นลำดับ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | จำนวนจุลินทรีย์ในปุ๋ยหมัก | | | จำนวนแบคทีเรียที่ก่อโรค | | | |
| | (cell/g dry matter) | | | บนอาหารเลี้ยงเชื้อ (CFU/g dry matter) | | | MPN/g dry matter |
| | จำนวนแบคทีเรียที่มีชีวิตทั้งหมด | จำนวนราที่มีชีวิตทั้งหมด | จำนวนแอคติโนมัยซิสทั้งหมด | จำนวนอีโคไลทั้งหมด | จำนวนซัลมอนเนลล่าทั้งหมด) | จำนวนชิเกลล่าทั้งหมด | จำนวนโคลิฟอร์มทั้งหมด |
| 0 | $3.40x10^{7}$ | 0 | 0 | $5.20x10^{6}$ | $2.60x10^{4}$ | $1.89x10^{4}$ | $9.20x10^{8}$ |
| 7 | $1.64x10^{5}$ | $3.80x10^{4}$ | $1.70x10^{5}$ | $4.80x10^{3}$ | $4.00x10^{2}$ | $8.30x10^{4}$ | $5.40x10^{5}$ |
| 14 | $1.13x10^{5}$ | $8.40x10^{3}$ | $8.00x10^{5}$ | $4.50x10^{3}$ | $7.30x10^{1}$ | $9.60x10^{3}$ | $3.50x10^{3}$ |
| 35 | $2.00x10^{2}$ | $3.10x10^{3}$ | $1.80x10^{3}$ | 0 | 0 | $1.70x10^{1}$ | $9.20x10^{1}$ |
| 40 | $3.00x10^{3}$ | $1.90x10^{4}$ | $1.80x10^{5}$ | 0 | 0 | $2.70x10^{3}$ | $1.80x10^{3}$ |
| 45 | $1.91x10^{5}$ | 0 | 0 | 0 | 0 | $1.31x10^{4}$ | $9.20x10^{3}$ |
| 100 | $5.30x10^{3}$ | 0 | $2.10x10^{2}$ | 0 | 0 | 153 | $2.80x10^{3}$ |

หมายเหตุ เกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมักของกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พ.ศ. 2544 (ไม่เกิน 1,000 CFU/g dry matter)

**ตารางที่ 4-4** ปริมาณของแบคทีเรีย รา แอคติโนมัยซิสที่มีชีวิตทั้งหมดและแบคทีเรียที่ก่อโรคในการทำปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์แบบไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศในถังหมักชีวภาพ

| วันที่เก็บตัวอย่าง | จำนวนจุลินทรีย์และแบคทีเรียที่ก่อโรคในปุ๋ยหมักโดยวิธีการทำให้เจือจางอย่างเป็นลำดับ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | จำนวนจุลินทรีย์ในปุ๋ยหมัก | | | จำนวนแบคทีเรียที่ก่อโรค | | | |
| | (cell/g dry matter) | | | บนอาหารเลี้ยงเชื้อ (CFU/g dry matter) | | | MPN/g dry matter |
| | จำนวนแบคทีเรียที่มีชีวิตทั้งหมด | จำนวนราที่มีชีวิตทั้งหมด | จำนวนแอคติโนมัยซิสทั้งหมด | จำนวนอีโคไลทั้งหมด | จำนวนซัลมอนเนลล่าทั้งหมด | จำนวนชิเกลล่าทั้งหมด | จำนวนโคลิฟอร์มทั้งหมด |
| 0 | $4.70x10^{6}$ | 0 | 0 | $4.30x10^{3}$ | $2.80x10^{4}$ | $6.30x10^{4}$ | $9.20x10^{6}$ |
| 7 | $2.30x10^{5}$ | $3.10x10^{5}$ | $7.00x10^{5}$ | $3.20x10^{3}$ | $1.60x10^{1}$ | 3 | $2.80x10^{2}$ |
| 14 | $1.04x10^{5}$ | $7.10x10^{4}$ | $1.50x10^{6}$ | $4.60x10^{2}$ | 0 | $6.20x10^{1}$ | $2.20x10^{2}$ |
| 35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 40 | $6.30x10^{3}$ | 0 | 0 | 0 | 0 | $8.20x10^{3}$ | $9.20x10^{2}$ |
| 45 | $8.70x10^{3}$ | 0 | 0 | 0 | 0 | $9.10x10^{3}$ | $7.10x10^{3}$ |
| 100 | $1.60x10^{3}$ | 0 | $1.20x10^{3}$ | 0 | 0 | 56 | 23 |

หมายเหตุ เกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมักของกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พ.ศ. 2544 (ไม่เกิน 1,000 CFU/g dry matter)

**4.1.5 การทดสอบคุณภาพปุ๋ยหมักโดยทดสอบการงอกเมล็ดพืช (Germination Test)**

ตัวชี้วัดที่เป็นการทดสอบคุณภาพปุ๋ยหมักโดยทดสอบการงอกของเมล็ดพืช คือ อัตราการงอกของเมล็ดพืช (Germination rate) หน่วยเป็นร้อยละ ดำเนินการทดสอบการงอกของเมล็ดพืชในปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์แบบเปิดและไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศในถังหมักชีวภาพเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยเก็บตัวอย่างปุ๋ยหมักในวันที่ 40 และวันที่ 100 และได้ทำการวัดความสูงของต้นพืชในแต่ละการทดสอบด้วย ซึ่งได้ดำเนินการทดสอบจำนวน 3 ครั้งซ้ำ ซึ่งผลการทดสอบแต่ละครั้งแสดงผลในตารางภาคผนวกที่ ผ-6 และตารางภาคผนวกที่ ผ-7 จากนั้นหาค่าเฉลี่ยลงบันทึกแสดงผลดังตารางที่ 4-5 และ 4-6

จากตารางที่ 4-5 แสดงผลการทดสอบการงอกของเมล็ดพืชในปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์แบบเปิดและไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศในถังหมักชีวภาพเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยใช้น้ำจากน้ำกรองสะอาดในปริมาณเท่ากันจำนวน 15 มิลลิลิตรต่อหนึ่งจานทดลอง ในปุ๋ยหมักอายุ 40 วัน และ 100 วันพบว่า ในวันที่ 3 ถึงวันที่ 6 มีจำนวนเฉลี่ยของเมล็ดต้นผักกาดกวางตุ้งที่งอกในปุ๋ยหมักอายุ 40 วันในแต่ละการทดสอบมีจำนวนเฉลี่ยเท่ากันทั้ง 4 วัน คือ 46.33, 45.67 และ 46.67 เมล็ด ตามลำดับ ซึ่งมีจำนวนน้อยกว่าจำนวนเฉลี่ยของเมล็ดที่งอกในปุ๋ยหมักอายุ 100 วันในแต่ละการทดสอบมีจำนวนเฉลี่ยเท่ากันทั้ง 4 วันเช่นกัน คือ 48, 48.67 และ 48 เมล็ด ตามลำดับ จึงมีผลทำให้อัตราเฉลี่ยการงอกของเมล็ดในปุ๋ยหมักอายุ 40 วัน คือ 92.66%, 91.34% และ 93.34% ตามลำดับ และอัตราเฉลี่ยการงอกของเมล็ดในปุ๋ยหมักอายุ 100 วัน คือ ร้อยละ 96.00%, 97.34% และ 96.00% ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าในการทดสอบทั้งสามแบบ ปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์แบบไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศอายุ 40 วัน มีจำนวนเฉลี่ยของเมล็ดที่งอกต่ำที่สุด คือ 45.67 เมล็ด แต่กลับมีจำนวนเฉลี่ยของเมล็ดที่งอกสูงสุดในปุ๋ยหมักอายุ 100 วัน คือ 48.67 เมล็ด เช่นเดียวกันกับอัตราเฉลี่ยการงอกของเมล็ดในปุ๋ยหมักอายุ 40 วันมีค่าต่ำสุด คือ 91.34% และปุ๋ยหมักอายุ 100 วันมีค่าสูงสุด คือ 97.34% ซึ่งในการทดสอบทั้งสามแบบมีอัตราเฉลี่ยการงอกของเมล็ดมีค่ามากกว่าร้อยละ 80 จึงสามารถสรุปได้ว่า ปุ๋ยหมักที่ได้จากขยะอินทรีย์แบบเปิดและไม่เปิดปั๊มอากาศในถังหมักชีวภาพมีความสมบูรณ์คงตัว และมีคุณภาพดี ไม่มีสารพิษต่อพืช (Phytotoxins) ที่ยับยั้งการเจริญเติบโตและต้องวัดความสูงของต้นพืชเปรียบเทียบร่วมด้วย (Takashi and Munehiro, 2005; Zubillaga and Lavado, 2006; Chen *et al.*, 2002; Bernai *et al.*, 1998; Tiquia *et al.*, 1997) ดังนั้นผู้ศึกษาวิจัยจึงได้ทำการวัดความสูงของต้นพืชเปรียบเทียบในวันที่ 3-6 เปรียบเทียบในการทดสอบทั้งสามแบบดังกล่าว แสดงผลได้ดังตารางที่ 4.6 และภาพที่ 4-7 และจากตารางที่ 4-6 แสดงผลการวัดความสูงของต้นพืชในการทำปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์แบบเปิดและไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศในถังหมักชีวภาพเปรียบเทียบกับชุดควบคุมในปุ๋ยหมักอายุ 40 วันและอายุ 100 วันพบว่า ความสูงเฉลี่ยของต้นพืชผักกาดกวางตุ้งในปุ๋ยหมักจากขยะ

**ตารางที่ 4-5** ผลการทดสอบการงอกของเมล็ดพืชในการทำปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์แบบเปิดและไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศในถังหมักชีวภาพเปรียบเทียบกับชุดควบคุมในปุ๋ยหมักอายุ 40 วันและอายุ 100 วัน

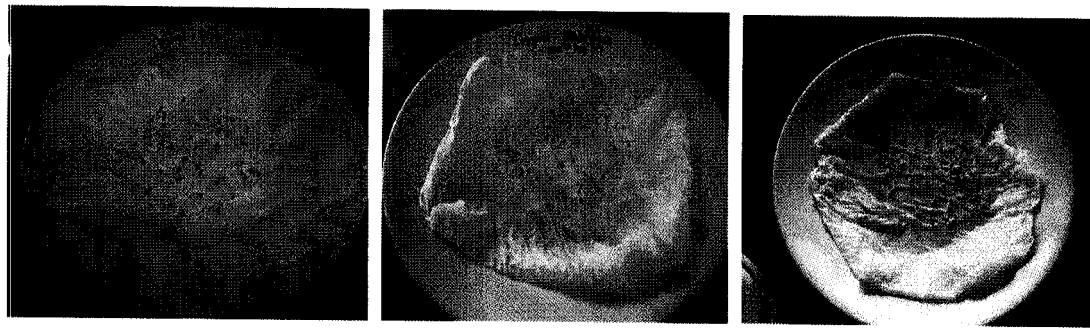
| อายุปุ๋ยหมัก | วันที่ทำการทดสอบ | จำนวนเมล็ดผักกาดกวางตุ้งทั้งหมด (เมล็ด) | จำนวนเฉลี่ยเมล็ดที่งอก (เมล็ด) | | | อัตราเฉลี่ยการงอกของเมล็ดพืช (%) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ปุ๋ยหมักแบบเปิดเครื่องเป่าอากาศ | ปุ๋ยหมักแบบไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศ | ชุดควบคุม | ปุ๋ยหมักแบบเปิดเครื่องเป่าอากาศ | ปุ๋ยหมักแบบไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศ | ชุดควบคุม |
| 40วัน | 3 | 50 | 46.33 | 45.67 | 46.67 | 92.66 | 91.34 | 93.34 |
| | 4 | 50 | 46.33 | 45.67 | 46.67 | 92.66 | 91.34 | 93.34 |
| | 5 | 50 | 46.33 | 45.67 | 46.67 | 92.66 | 91.34 | 93.34 |
| | 6 | 50 | 46.33 | 45.67 | 46.67 | 92.66 | 91.34 | 93.34 |
| 100วัน | 3 | 50 | 48.00 | 48.67 | 48.00 | 96.00 | 97.34 | 96.00 |
| | 4 | 50 | 48.00 | 48.67 | 48.00 | 96.00 | 97.34 | 96.00 |
| | 5 | 50 | 48.00 | 48.67 | 48.00 | 96.00 | 97.34 | 96.00 |
| | 6 | 50 | 48.00 | 48.67 | 48.00 | 96.00 | 97.34 | 96.00 |

**ตารางที่ 4-6** ผลการวัดความสูงของต้นพืชในการทำปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์แบบเปิดและไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศในถังหมักชีวภาพเปรียบเทียบกับชุดควบคุมในปุ๋ยหมักอายุ 40 วันและอายุ 100 วัน

| ปุ๋ยหมักอายุ | วันที่ทำการทดสอบ | ความสูงเฉลี่ยการงอกของต้นพืช (เซนติเมตร) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | ปุ๋ยหมักแบบเปิดเครื่องเป่าอากาศ | ปุ๋ยหมักแบบไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศ | ชุดควบคุม |
| 40วัน | 3 | 1 | 1 | 0.5 |
| | 4 | 3 | 2 | 2 |
| | 5 | 4 | 3 | 3 |
| | 6 | 5 | 4 | 0 |
| 100วัน | 3 | 2 | 1 | 0.5 |
| | 4 | 4 | 2 | 2 |
| | 5 | 5 | 3 | 3 |
| | 6 | 6 | 4 | 0 |

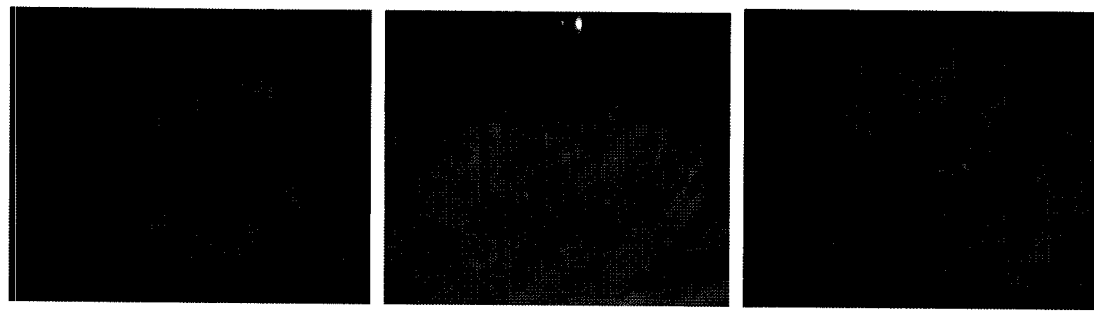
อินทรีย์แบบเปิดเครื่องเป่าอากาศในถังหมักชีวภาพอายุ 40 วันและอายุ 100 วันมีค่าสูงกว่าในการทดลองทำปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์แบบไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศรวมทั้งชุดควบคุมในวันที่ 3-6 คือ 1, 3, 4 และ 5 เซนติเมตร ตามลำดับ และยิ่งมีความสูงแตกต่างมากขึ้นในปุ๋ยหมักอายุ 100 วัน คือ 2, 4, 5 และ 6 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนความสูงเฉลี่ยของต้นพืชในปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์แบบไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศอายุ 40 วันและอายุ 100 วันมีค่าเท่ากัน คือ 1, 2, 3 และ 4 เซนติเมตร ตามลำดับ เช่นเดียวกันกับความสูงเฉลี่ยของต้นพืชในชุดทดลองอายุ 40 วันและอายุ 100 วันมีค่าเท่ากัน คือ 0.5, 2, 3 และ 0 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งความสูงเฉลี่ย 0 เซนติเมตร คือ ต้นพืชแห้งล้มตาย ดังแสดงในภาพที่ 4-8

จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่า ปุ๋ยหมักที่ได้จากการจากขยะอินทรีย์แบบเปิดเครื่องเป่าอากาศมีสารอาหารที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตมากกว่าปุ๋ยหมักที่ได้จากขยะอินทรีย์แบบไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศ และชุดควบคุม (Takashi and Munehiro, 2005) ถึงแม้ว่าจะมีอัตราเฉลี่ยการงอกของเมล็ดต่ำกว่าหรือสูงกว่าปุ๋ยหมักที่ได้จากขยะอินทรีย์แบบไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศและชุดควบคุมก็ตาม แต่ความสูงของต้นพืชก็สูงมากกว่าไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้ในการศึกษาของ Daniel Said–Pullicino และคณะ, 2006 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางเคมีของสารอินทรีย์ที่สามารถสกัดออกมาได้ด้วยน้ำในระหว่างการหมักปุ๋ยและมีอิทธิพลต่อความคงตัวและความสมบูรณ์ของปุ๋ยหมักพบว่าการหมักปุ๋ยเป็นการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของขยะอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ที่มีเมตาบอริซึมเกิดในสถานะของความสามารถในการละลายน้ำได้และสามารถนำมาเป็นตัวชี้วัดได้ว่าปุ๋ยหมักนั้นเข้าถึงสภาวะความคงตัวและมีความสมบูรณ์ โดยการประเมินได้หลายวิธี ซึ่งวิธีหนึ่งที่เป็นผลจากการศึกษาคือ สัดส่วนของสารอินทรีย์คาร์บอนที่สกัดด้วยน้ำได้ ได้แก่ อัตราส่วนของไฮโดรโฟบิกต่อไฮโรพิลิกคาร์บอนที่มีจำนวนเพิ่มขึ้น และการวิเคราะห์หาปริมาณสารนอนเซลลูโลสิก (non-cellulosic), โพลีแซคคาไรด์ (polysaccharides), สารประกอบฟีโนลิก (phenolic compounds) และสารอินทรีย์ไนโตรเจน(organic nitrogen) (Daniel Said-Pullicino *et al.*, 2006) ซึ่งสนับสนุนการทดลองครั้งนี้ เพราะว่าในการทดสอบการงอกของเมล็ดพืชและการวัดความสูงของต้นพืชได้ใช้น้ำสะอาดเป็นตัวทำละลายปุ๋ยหมัก เพื่อสกัดเอาสารอินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืชมาใช้ในการทดสอบ แต่การทดลองครั้งนี้ไม่ได้ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการว่าสารอินทรีย์ที่สกัดได้คือ สารอินทรีย์ชนิดใด แต่ทดสอบเฉพาะจำนวนร้อยละสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด และจำนวนร้อยละสารอินทรีย์ไนโตรเจนทั้งหมด และอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio) ดังแสดงผลในภาพที่ 4-5 ดังกล่าวข้างต้น



(ก) (ข) (ค)

**ภาพที่ 4-7** ภาพการเปรียบเทียบทดสอบการงอกของเมล็ดพืช (ก) ชุดควบคุม (ข) ปุ๋ยหมักแบบเปิดเครื่องเป่าอากาศ และ (ค) ปุ๋ยหมักแบบไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศในถังหมักชีวภาพ



(ก) (ข) (ค)

**ภาพที่ 4-8** ภาพการเปรียบเทียบการวัดความสูงของต้นพืชในการทดสอบการงอกของเมล็ดพืช (ก) ชุดควบคุม (ข) ปุ๋ยหมักแบบเปิดเครื่องเป่าอากาศ และ (ค) ปุ๋ยหมักแบบไม่เปิดเครื่องเป่าอากาศในถังหมักชีวภาพ