

## บทที่ 4

### ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

จากการศึกษารูปแบบของถังหมักขยะอินทรีย์ในครัวเรือนที่มีการเติมอากาศด้วยวิธีแพสซีฟแบบต่างๆ 5 ประเภท ต่อสมรรถนะการหมัก โดยวัสดุที่ใช้ในการหมักได้แก่เศษอาหาร และใบไม้แห้ง มีการเติมวัสดุหมักวันละ 1 ครั้งจนวัสดุหมักเต็มถัง โดยมีระยะเวลาในการศึกษาทั้งสิ้น 150 วัน ซึ่งในบทนี้ได้กล่าวถึง ลักษณะสมบัติของวัสดุหมัก การเปลี่ยนแปลงลักษณะสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ระยะเวลาที่เหมาะสมต่อกระบวนการหมัก และลักษณะสมบัติของปุ๋ยหมักที่ได้เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 4.1 ลักษณะสมบัติของวัสดุหมักเริ่มต้น และปริมาณของวัสดุหมักที่เติม

วัสดุหมักที่ใช้ในการศึกษาเป็นเศษอาหารจากการเตรียมอาหาร และเศษอาหารที่เหลือจากการรับประทาน นำมาผสมกับใบไม้แห้ง และปุ๋ยหมักที่ได้จากการหมักขยะอินทรีย์ของเทศบาลเมืองเวียงฝาง จ.เชียงใหม่ โดยผลการสุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ที่สัปดาห์ละ 1 ครั้ง รวมทั้งสิ้น 5 ครั้ง พบว่า วัสดุหมักมีพีเอชอยู่ในช่วง 5.85 – 6.24 มีความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 59.63 – 64.70 มีปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์อยู่ในช่วงร้อยละ 33.87 – 37.45 มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ในช่วงร้อยละ 0.54 – 0.80 มีค่าอัตราส่วนคาร์บอนและไนโตรเจนอยู่ในช่วง 42.34 – 64.13 มีปริมาณของแข็งระเหยได้อยู่ในช่วงร้อยละ 68.98 – 79.48 มีปริมาณเถ้าอยู่ในช่วงร้อยละ 20.52 – 31.02 โดยลักษณะสมบัติของวัสดุหมักเริ่มต้นมีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ปริมาณวัสดุหมักที่เติมในแต่ละวันมีค่าเท่ากับ 1.76 กก./วัน วัสดุหมักถูกเติมจนเต็มถัง และพบว่าถังใบที่ 3 มีวัสดุหมักเต็มถังก่อนถังใบอื่นจึงได้หยุดการเติมวัสดุหมักในถังทุกใบ โดยปริมาณวัสดุหมักที่เติมมีค่ารวมทั้งสิ้น 52.8 กก.

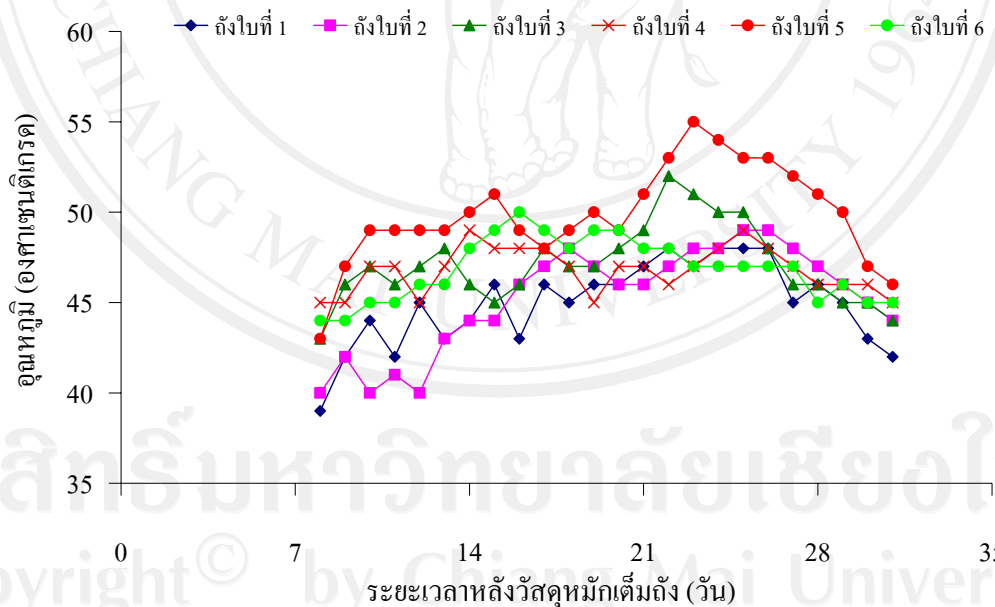
#### 4.2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุหมักช่วงเติมวัสดุหมัก

ในช่วงการเติมวัสดุหมักได้มีการวัดอุณหภูมิของวัสดุหมักภายในถังหมักทุกใบ ที่ตำแหน่งกึ่งกลางความสูงของชั้นวัสดุหมัก โดยทำการวิเคราะห์ทุกวันตั้งแต่มีการเติมวัสดุหมักครบ 1 สัปดาห์ เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของวัสดุหมักในแต่ละถัง ผลการตรวจวัดได้แสดงไว้ในตารางที่ ก.1 ภาคผนวก ก และรูปที่ 4.1 ซึ่งพบว่า การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุหมักในถังทุกใบมีแนวโน้มเหมือนกัน คืออุณหภูมิของวัสดุหมักจะมีค่าสูงขึ้นเรื่อยๆจนมีค่าสูงสุดในช่วง 48-52 °ซ แล้วจึงมีค่าลดลงจนมีค่าอยู่ในช่วง 43-47 °ซ สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากภายในถังเกิดการย่อยสลายวัสดุ

หมักโดยจุลินทรีย์ ผลลัพธ์ที่ได้จากการย่อยสลายได้แก่พลังงานความร้อนส่งผลให้อุณหภูมิของวัสดุหมักมีค่าสูงขึ้น โดยมีรายละเอียดของการเปลี่ยนอุณหภูมิในแต่ละถังดังนี้

ตารางที่ 4.1 ลักษณะสมบัติของวัสดุหมัก

ตัวอย่างที่	pH	ความชื้น (%)	C (% น้ำหนักแห้ง)	N (% น้ำหนักแห้ง)	C/N Ratio (น้ำหนักแห้ง)	VS (% น้ำหนักแห้ง)
1	6.24	64.70	34.63	0.54	64.13	79.48
2	6.18	59.63	33.87	0.80	42.34	68.98
3	5.85	63.01	35.42	0.64	55.34	75.55
4	5.96	61.58	37.45	0.61	61.40	78.94
5	6.02	62.21	35.78	0.79	45.30	74.67
ค่าเฉลี่ย	6.05	62.23	35.43	0.68	53.70	75.52
SD	0.16	1.86	1.35	0.11	9.62	4.21



รูปที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุหมักที่ตำแหน่งกึ่งกลางความสูงวัสดุหมักทั้ง 6 ถัง ในช่วงที่มีการเติมวัสดุหมัก

อุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางของชั้นวัสดุหมักของถังหมักไบโogas ที่ 1 เมื่อเริ่มต้นทำการวัดมีค่าเท่ากับ 39 °ซ และมีค่าเพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงสุดที่ 48 °ซ เมื่อมีการเติมวัสดุหมักได้ 22 วัน เมื่อสิ้นสุดการเติมวัสดุ



เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิของวัสดุหมักในแต่ละถังและทำการวิเคราะห์ความแตกต่างของอุณหภูมิในแต่ละถังโดยใช้วิธี One-way-ANOVA (ภาคผนวก ข ตารางที่ ข.1) พบว่ามีรายละเอียดดังนี้

ถังหมักทุกใบมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจนอยู่ในช่วงเทอร์โมฟิลิกภายในระยะเวลา 8 – 16 วันหลังเริ่มเติมวัสดุหมักและยังมีค่าอยู่ในช่วงนี้เป็นระยะเวลา 13 – 23 วัน ถังหมักใบที่ 5 มีอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเทอร์โมฟิลิกสูงที่สุดเท่ากับ 50.42 °ซ โดยมีอุณหภูมิอยู่ในช่วงเทอร์โมฟิลิกเป็นระยะเวลา 22 วัน ซึ่งเป็นระยะเวลาที่นานกว่าทุกถัง ยกเว้นถังใบที่ 4 เนื่องจากถังหมักใบที่ 5 มีการเติมอากาศโดยใช้ท่อแอลดีพีอีและมีการระบายความร้อนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักน้อยกว่าถังใบที่ 1, 2, 3 และ 4 เพราะไม่มีการเจาะช่องเปิดด้านข้างถัง และถังใบที่ 6 ไม่มีการเติมอากาศด้วยวิธีใดๆ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่บริเวณกึ่งกลางของชั้นวัสดุหมักภายในถังใบที่ 5 ในช่วงการเติมวัสดุหมัก มีค่าแตกต่างกับถังใบที่ 1, 2, 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ )

เมื่อพิจารณาระหว่างถังใบที่ 1 และ 2 ซึ่งเป็นถังที่มีการเติมอากาศโดยเจาะช่องเปิดบริเวณด้านข้างถึงจำนวน 8 และ 16 ช่องตามลำดับ พบว่าถังใบที่ 1 และ 2 มีอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเทอร์โมฟิลิกใกล้เคียงกันและมีอุณหภูมิอยู่ในช่วงเทอร์โมฟิลิกเป็นระยะเวลาใกล้เคียงกัน ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่บริเวณกึ่งกลางของวัสดุหมักภายในถังใบที่ 1 และ 2 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ )

เมื่อพิจารณาระหว่างถังใบที่ 1 และ 3 ซึ่งเป็นถังที่มีการเติมอากาศโดยเจาะช่องเปิดบริเวณด้านข้างถึงด้านล่างจำนวน 8 ช่องเท่ากันแต่ต่างกันที่ถังใบที่ 3 มีการติดตั้งท่อระบายอากาศเพิ่มจากถังใบที่ 1 พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเทอร์โมฟิลิกของถังใบที่ 3 มีค่าสูงกว่าถังใบที่ 1 ในขณะที่เดียวกันถังใบที่ 3 มีอุณหภูมิอยู่ในช่วงเทอร์โมฟิลิกเป็นระยะเวลาที่นานกว่าถังใบที่ 1 เนื่องจากภายในถังใบที่ 3 มีการติดตั้งท่อระบายอากาศแบบปล่องเพิ่มขึ้นทำให้ก๊าซที่เกิดจากการย่อยสลายซึ่งมีอุณหภูมิสูงมีการระบายออกจากถังทางปล่องทำให้เกิดการดึงอากาศออกจากช่องเปิดด้านข้างของถังได้มากขึ้น มีผลทำให้เกิดการเติมอากาศที่ดีกว่าถังหมักที่ทำการเจาะช่องเปิดด้านข้างอย่างเฉียว จึงทำให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ดีกว่าถังใบที่ 1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่บริเวณกึ่งกลางของวัสดุหมัก ภายในถังใบที่ 1 และ 3 มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ )

เมื่อพิจารณาระหว่างถังใบที่ 2 และ 4 ซึ่งเป็นถังที่มีการเติมอากาศโดยเจาะช่องเปิดบริเวณด้านข้างถึงด้านล่างจำนวน 16 ช่องเท่ากันแต่ต่างกันที่ถังใบที่ 4 มีการติดตั้งท่อระบายอากาศเพิ่มจากถังใบที่ 2 พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเทอร์โมฟิลิกของถังใบที่ 4 มีค่าสูงกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของถังใบที่ 2 และถังใบที่ 4 มีอุณหภูมิอยู่ในช่วงเทอร์โมฟิลิกเป็นระยะเวลาที่นานกว่าถังใบที่ 2 เนื่องจากภายใน

ถึงใบที่ 4 มีการติดตั้งท่อระบายอากาศแบบปล่องเพิ่มขึ้น ทำให้มีการเติมอากาศที่ดีกว่าถังหมักที่ทำการเจาะช่องเปิดด้านข้างอย่างเดียวดังแสดงสาเหตุดังกล่าวมาแล้ว ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่บริเวณกึ่งกลางของวัสดุหมักภายในถังใบที่ 2 และ 4 มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ )

เมื่อพิจารณาระหว่างถังใบที่ 3 และ 4 ซึ่งเป็นถังที่มีการเติมอากาศโดยติดตั้งท่อระบายอากาศแบบปล่องเหมือนกันแต่แตกต่างกันที่จำนวนช่องเปิดบริเวณด้านข้างถึงด้านล่างพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของถังใบที่ 3 และ 4 มีค่าใกล้เคียงกันและมีอุณหภูมิอยู่ในช่วงเทอร์โมฟิลิกเป็นระยะเวลาใกล้เคียงกัน ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่บริเวณกึ่งกลางของวัสดุหมักภายในถังใบที่ 3 และ 4 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ )

เมื่อพิจารณถังใบที่ 6 ซึ่งเป็นถังควบคุมไม่มีการเติมอากาศ พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเทอร์โมฟิลิกของถังใบที่ 6 มีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิเฉลี่ยของถังใบที่ 1, 2, 3 และ 4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่บริเวณกึ่งกลางของวัสดุหมักภายในถังใบที่ 6 มีค่าแตกต่างกับถังใบที่ 1 2 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ ) ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุหมักภายในถังใบที่ 6 มีค่าไม่แตกต่างกับถังใบที่ 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ ) เนื่องจากถังใบที่ 6 มีปฏิริยาการย่อยสลายวัสดุหมักแตกต่างกับถังอื่นๆ คือเป็นการย่อยสลายแบบไม่มีการเติมอากาศ และเป็นถังที่มีการสูญเสียความร้อนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับถังอื่นๆ เนื่องจากไม่มีการเจาะช่องเปิดบริเวณด้านข้าง และด้านบนของถังหมัก

โดยทั่วไปพลังงานความร้อนที่ได้จากการหมักแบบไม่มีการเติมอากาศ มักจะมีค่าต่ำกว่าการหมักแบบมีการเติมอากาศ Misra et al. (2003) แต่ในการทดลองครั้งนี้ ถังใบที่ 6 มีอุณหภูมิเฉลี่ยช่วงเติมวัสดุหมัก และมีระยะเวลาที่อุณหภูมิอยู่ในช่วงเทอร์โมฟิลิก ใกล้เคียงกับถังใบที่ 3 และ 4 อาจเป็นเพราะในการศึกษาครั้งนี้มีการเติมวัสดุหมักทุกวัน ซึ่งในวัสดุหมักที่ใส่ลงไปจะมีอากาศแทรกอยู่จึงมีผลให้เกิดการเติมอากาศเข้าไปในถังเพิ่มขึ้นและอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลเกี่ยวข้องได้แก่อัตราการเติมอากาศของถังใบที่ 3 และ 4 เนื่องจากการเติมอากาศเป็นแบบแพสซีฟซึ่งไม่สามารถควบคุมอัตราการเติมอากาศได้ ความร้อนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักในถังอาจทำให้มีอัตราการเติมอากาศที่สูงเกินไปทำให้อุณหภูมิภายในถังหมักมีระยะเวลาอยู่ในช่วงเทอร์โมฟิลิกสั้นกว่า Li et al. (2007) หรือสามารถบอกได้ว่าถังหมักหรือกองวัสดุหมักที่มีขนาดเล็กและมีอัตราการเติมอากาศที่สูงภายในกองวัสดุหมักจะไม่สามารถเก็บรักษาอุณหภูมิได้ดีเท่ากับกองวัสดุหมักที่มีขนาดใหญ่กว่า Misra et al. (2003)

### 4.3 การเปลี่ยนแปลงของลักษณะสมบัติของวัสดุหมักช่วงหลังเติมวัสดุหมักเต็มถึง

หลังจากทำการเติมวัสดุหมักลงในถังหมักทั้ง 6 ใบในปริมาณที่เท่ากันทุกวัน พบว่าถังใบที่ 3 เป็นถังใบแรกที่วัสดุหมักเต็มถึงหมักจึงได้หยุดการเติมวัสดุหมักในถังทุกใบและทำการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของวัสดุหมักจนกระทั่งสิ้นสุดกระบวนการหมักรวมระยะเวลาทั้งสิ้น 120 วัน โดยทำการเก็บตัวอย่างจากบริเวณกึ่งกลางของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 4.3.1 การเปลี่ยนแปลงของลักษณะสมบัติของวัสดุหมักในแต่ละชั้น

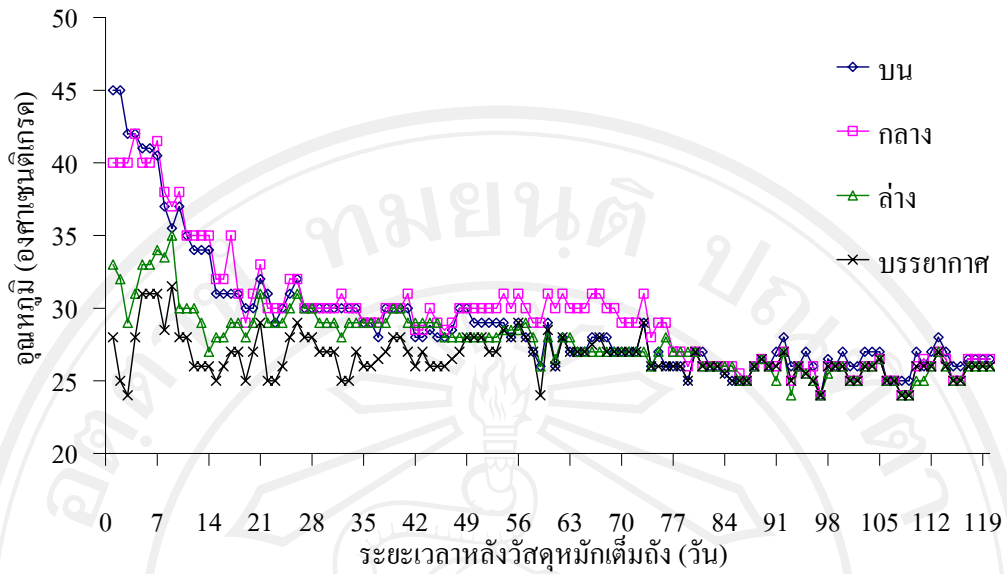
ผลการเปลี่ยนแปลงลักษณะสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของวัสดุหมักบริเวณกึ่งกลางชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง ตั้งแต่เติมวัสดุหมักเต็มถึงจนสิ้นสุดกระบวนการหมักสามารถแบ่งออกได้ดังต่อไปนี้

##### 4.3.1.1 การเปลี่ยนแปลงของลักษณะสมบัติทางกายภาพ

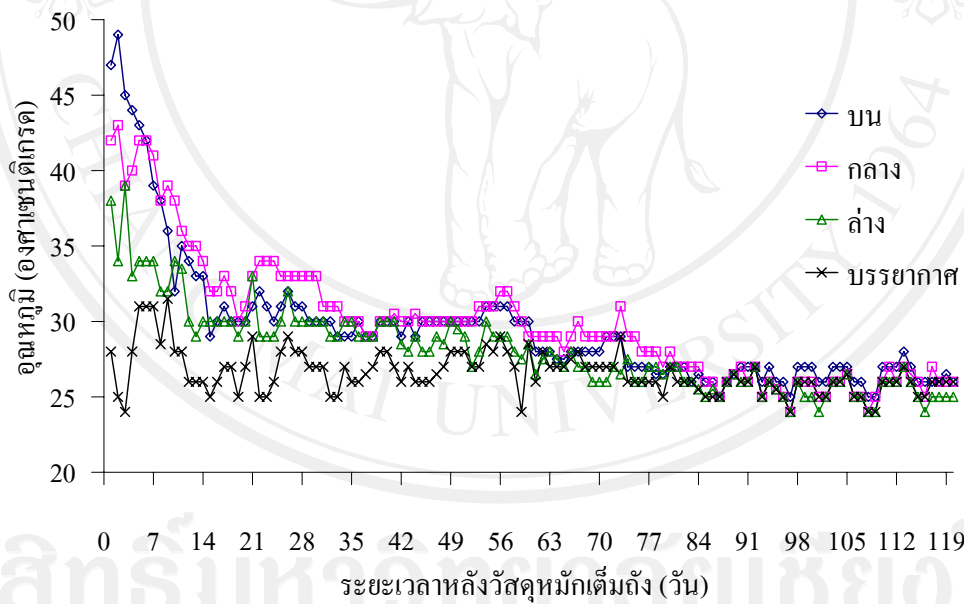
###### ก. อุณหภูมิ

ผลการตรวจวัดอุณหภูมิของวัสดุหมักที่จุดกึ่งกลางของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง ภายในถังหมักทั้ง 6 ถัง ตั้งแต่เติมวัสดุหมักเต็มถึงจนสิ้นสุดกระบวนการหมักรวมระยะเวลาทั้งสิ้น 120 วัน ได้แสดงในภาคผนวก ค ตารางที่ ค.1 โดยมีรายละเอียดของการเปลี่ยนแปลงดังต่อไปนี้

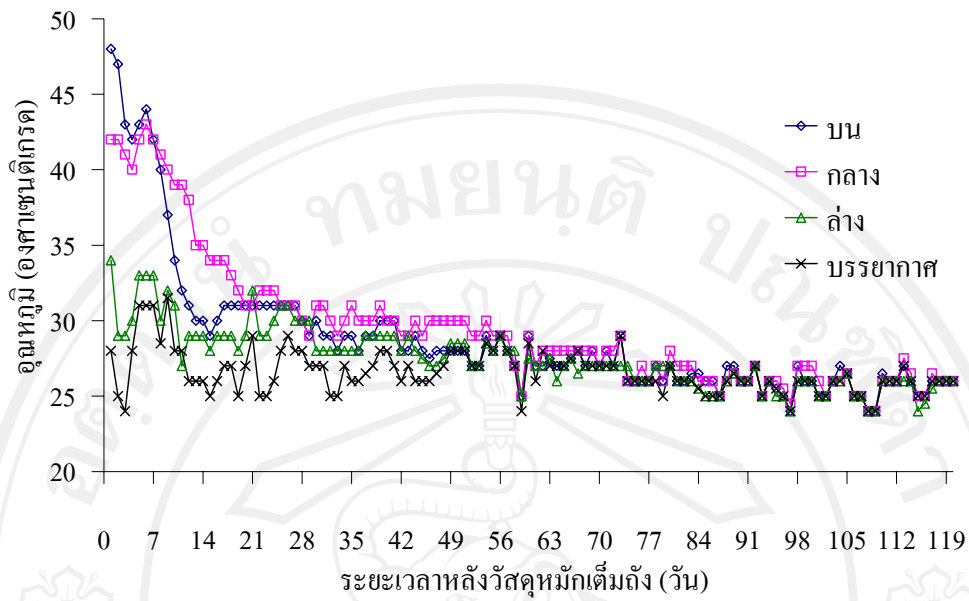
จากผลการทดลองพบว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุหมักทั้ง 6 ถังมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ ในระหว่างการหมักวัสดุหมักจะมีอุณหภูมิสูงที่สุดในช่วงแรกของการหมัก และมีค่าลดลงจนมีค่าเข้าใกล้อุณหภูมิตามธรรมชาติ โดยในช่วงสัปดาห์แรกหลังเติมวัสดุหมักเต็มถึงอุณหภูมิของวัสดุหมักชั้นบนมีอุณหภูมิสูงกว่าชั้นกลาง และชั้นล่าง เนื่องจากวัสดุหมักชั้นบนยังมีอายุหมักน้อยโดยมีช่วงอายุหมัก 1-7 วัน จึงยังมีสารอินทรีย์ในสัดส่วนที่สูงและมีอัตราการย่อยสลายที่สูงกว่าวัสดุหมักในชั้นกลาง และชั้นล่างซึ่งถูกเติมลงมาเป็นระยะเวลาเกินกว่า 1 สัปดาห์แล้ว พลังงานความร้อนที่เกิดจากการหมักของวัสดุหมักชั้นบนจึงมีค่าสูงกว่าชั้นกลาง และชั้นล่าง ส่งผลให้อุณหภูมิของวัสดุหมักชั้นบนมีค่าสูงที่สุด หลังจากสัปดาห์ที่สองเป็นต้นไปอุณหภูมิของวัสดุหมักชั้นกลางมีค่าสูงกว่าชั้นบน และชั้นล่าง อันเนื่องมาจากอัตราการย่อยสลายของสารอินทรีย์ของวัสดุหมักชั้นบนเริ่มลดลงและมีการถ่ายเทความร้อนสู่บรรยากาศได้เร็วกว่าวัสดุหมักชั้นอื่น และวัสดุหมักชั้นกลางมีการถ่ายเทความร้อนสู่ภายนอกได้น้อยกว่าชั้นอื่นๆ โดยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 ได้แสดงดังรูปที่ 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6 และ 4.7 ตามลำดับ



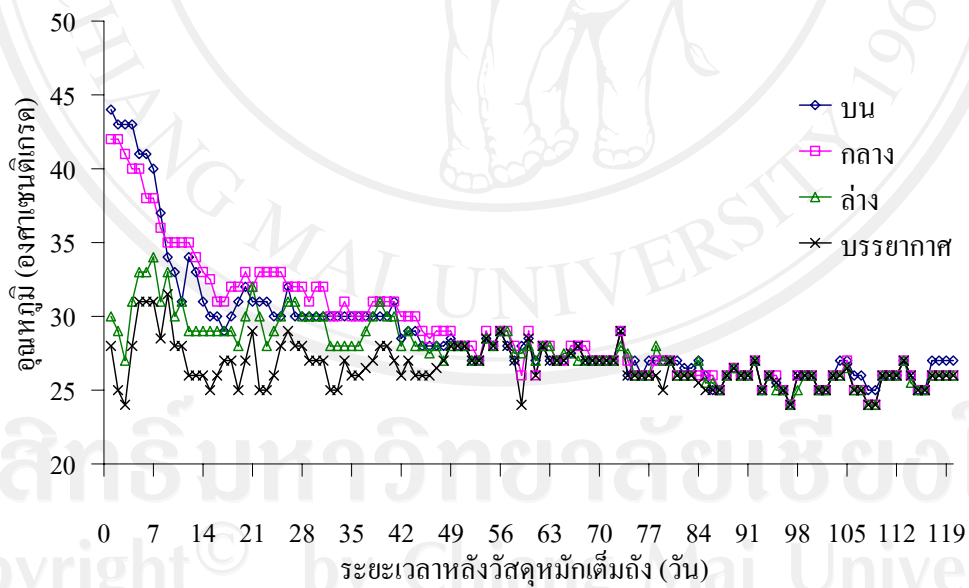
รูปที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 1



รูปที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 2

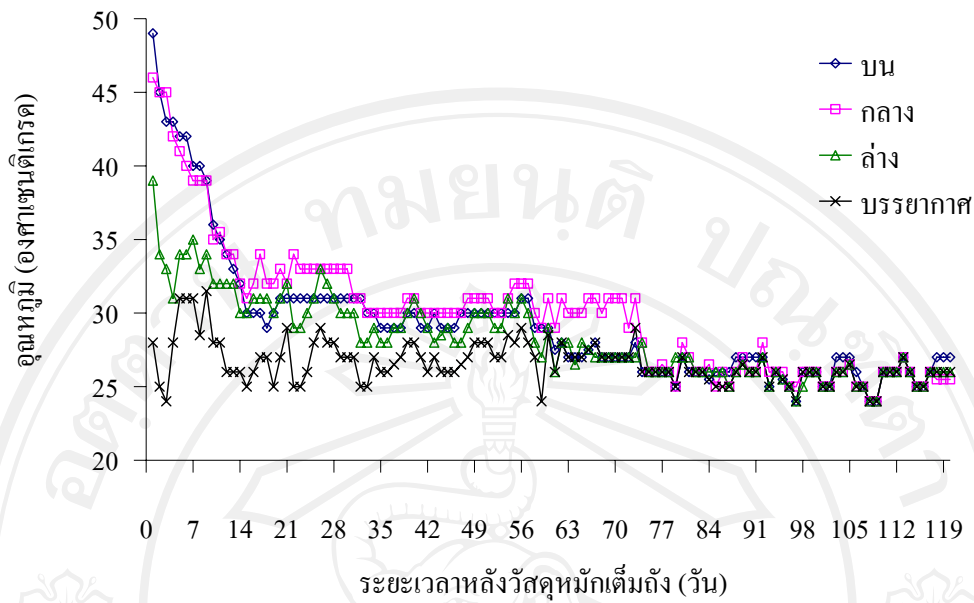


รูปที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักไบที่ 3

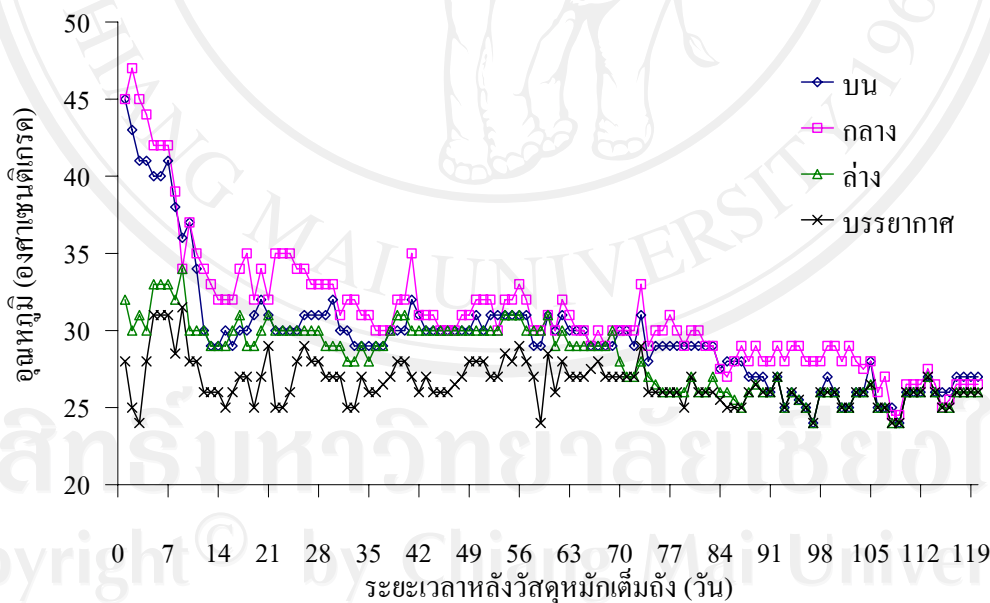


รูปที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักไบที่ 4





รูปที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักไบที่ 5



รูปที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักไบที่ 6

ข. ความชื้น

ในการทดลองนี้มีการพยายามควบคุมความชื้นของวัสดุหมักภายในถังหมักให้มีค่าอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 55 – 65 เพราะความชื้นเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อ

กระบวนการหมักจุลินทรีย์จะเจริญเติบโตได้ดีเมื่อมีความชื้นที่เหมาะสมซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่ออัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยค่าความชื้นที่เหมาะสมได้แก่ ร้อยละ 55-65 (Stetiford, 1996) ถ้าหากความชื้นมีค่าต่ำกว่าร้อยละ 40-45 จะทำให้สารอาหารต่างๆ ไม่สามารถละลายน้ำและถูกจุลินทรีย์ดูดซึมไปใช้ได้ (Haug, 1980) และถ้าหากความชื้นมีค่า สูงถึงร้อยละ 65-80 อาจทำให้กองปุ๋ยมีการระบายอากาศไม่เพียงพอ ส่งผลให้เกิดการหมักแบบไร้อากาศได้ (Rynketal, 1992) ในการทดลองนี้ ได้ใช้การทดสอบความชื้นของวัสดุหมักบริเวณชั้นบนของวัสดุหมักแบบต่างๆ โดยการใช้มือบีบวัสดุหมักแล้วถ้ามีน้ำหยดออกมาแสดงว่า ความชื้นของวัสดุหมักอยู่ในช่วงที่ต้องการ ถ้าหากไม่มีน้ำหยดออกมาแสดงว่าความชื้นมีค่าน้อยจึงทำการสเปรย์น้ำบริเวณผิวหน้าของวัสดุหมักเพื่อให้มีค่าความชื้นอยู่ในช่วงที่ต้องการ และในการทดลองนี้ได้ทำการสเปรย์น้ำบริเวณผิวหน้าของวัสดุหมักที่ตำแหน่งส่วนบริเวณช่องเปิดระบายอากาศด้านล่างของถังหมักใบที่ 1- 4 ทุกวัน โดยถังใบที่ 5-6 ไม่มีการสเปรย์น้ำแต่อย่างใด อนึ่งในช่วงที่มีการเติมวัสดุหมัก และช่วงหลังการเติมวัสดุหมัก 21 วัน ไม่มีการสเปรย์น้ำชั้นวัสดุหมัก

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความชื้นของวัสดุหมัก ตั้งแต่เริ่มต้นการทดลองจนถึงสิ้นสุดกระบวนการหมักทั้ง 6 ถัง รวมระยะเวลาทั้งหมด 120 วันหลังวัสดุหมักเต็มถัง ได้แสดงในภาคผนวก ค ตารางที่ ค.2 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การเปลี่ยนแปลงความชื้นของวัสดุหมักในแต่ละชั้นภายในถังใบที่ 1, 2, 3 และ 4 มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ ในระหว่างการหมักความชื้นของวัสดุหมักทุกชั้นมีค่าลดลงเรื่อยๆ ตามระยะเวลาในการหมัก โดยวัสดุหมักชั้นล่างของถังทั้ง 4 จะมีความชื้นน้อยกว่าชั้นบน และชั้นกลาง เนื่องจากมีการเจาะช่องระบายอากาศที่ด้านข้างบริเวณด้านล่างของถัง ทำให้ความชื้นถูกถ่ายเทออกสู่บรรยากาศได้มากกว่าชั้นอื่นๆ จากผลการทดลองพบว่า ถังใบที่ 2 และ 4 ที่มีการเจาะช่องเปิดด้านข้างจำนวน 16 ช่อง จะมีความชื้นของวัสดุหมักชั้นล่างน้อยกว่าถังใบที่ 1 และ 3 ที่มีการเจาะช่องระบายอากาศด้านข้างจำนวนน้อยกว่า อนึ่งในช่วง 3 สัปดาห์แรกไม่มีการสเปรย์น้ำทางช่องเปิดด้านข้างของถังหมักใบที่ 1-4 จึงทำให้ความชื้นของวัสดุหมักชั้นล่างมีค่าค่อนข้างต่ำอย่างเห็นได้ชัดกว่าวัสดุหมักชั้นอื่น

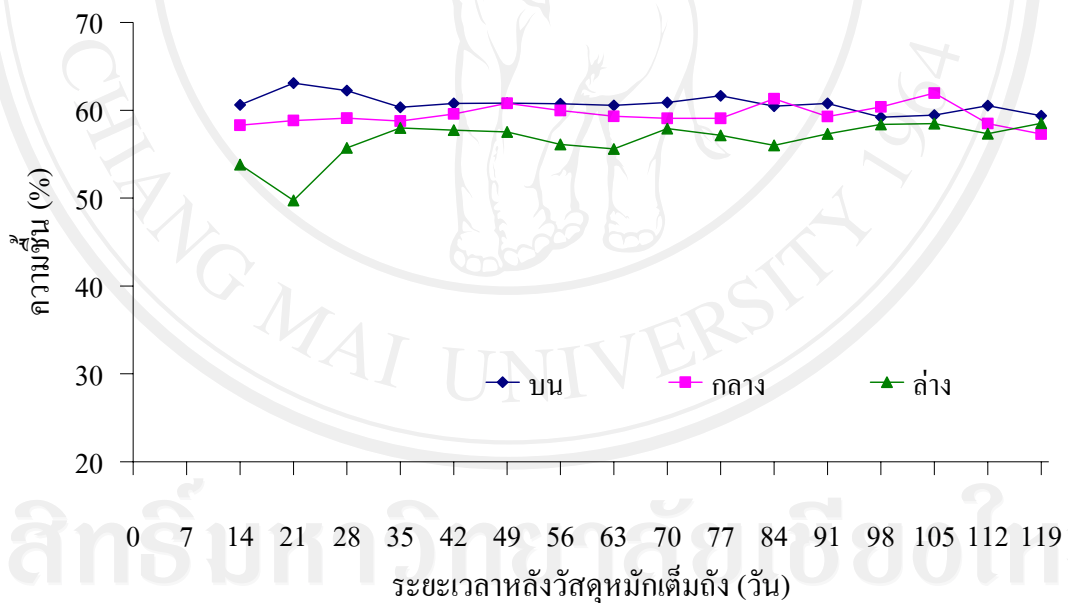
การเปลี่ยนแปลงความชื้นในแต่ละชั้นของวัสดุหมักภายในถังใบที่ 5 และ 6 มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงเหมือนกับถังใบที่ 1, 2, 3 และ 4 แต่ความชื้นของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าใกล้เคียงกัน ไม่แตกต่างกัน เนื่องจากถังใบที่ 5 และ 6 ไม่ได้มีการเจาะช่องระบายอากาศด้านข้าง

การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 1 ได้แสดงดังรูปที่ 4.8 ผลการศึกษาพบว่าในระหว่างการหมักปริมาณความชื้นของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 59.38-60.62 , 57.22-58.29 และ 58.53-53.83 ตามลำดับ

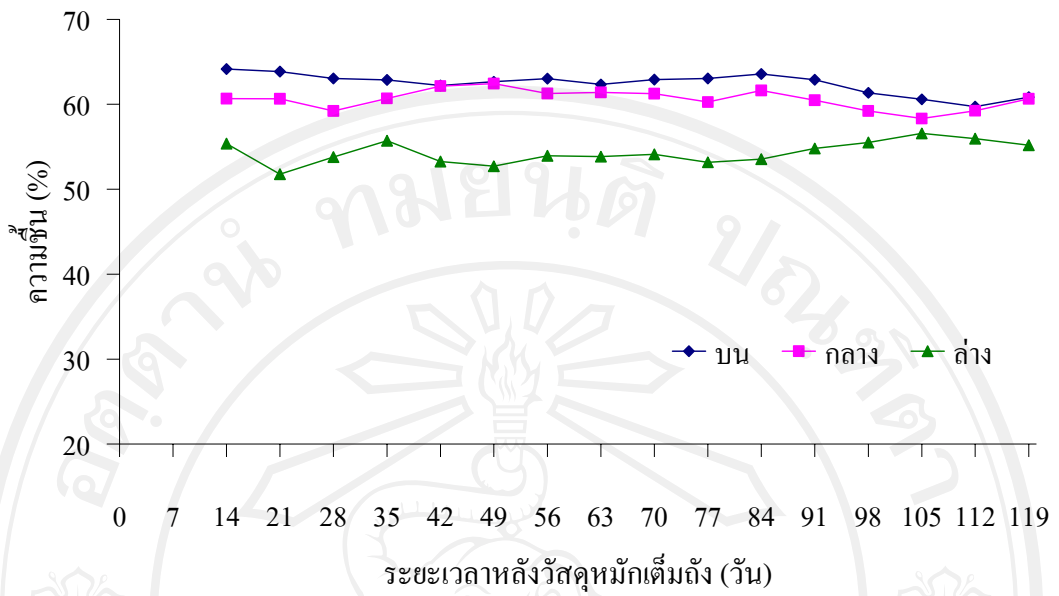
การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 2 ได้แสดงดังรูปที่ 4.9 ผลการศึกษาพบว่าในระหว่างการหมักปริมาณความชื้นของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 60.85-64.16, 60.64-60.66 และ 55.19-55.38 ตามลำดับ

การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 3 ได้แสดงดังรูปที่ 4.10 ผลการศึกษาพบว่าในระหว่างการหมักปริมาณความชื้นของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 58.57-58.89, 54.47-58.36 และ 50.56-52.57 ตามลำดับ

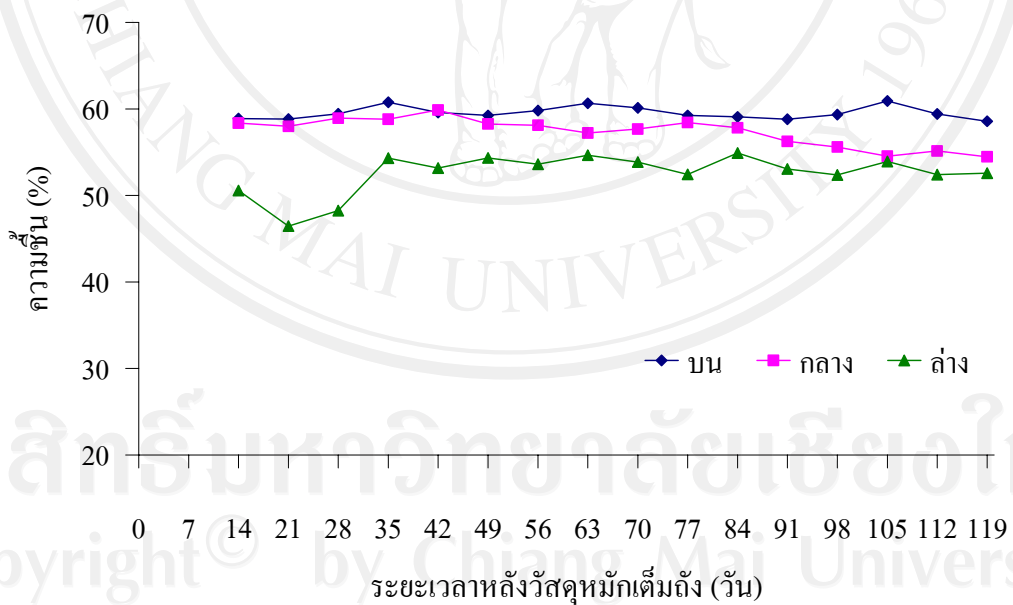
การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 4 ได้แสดงดังรูปที่ 4.11 ผลการศึกษาพบว่าในระหว่างการหมักปริมาณความชื้นของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 54.85-62.38, 59.53-59.72 และ 48.01-48.34 ตามลำดับ



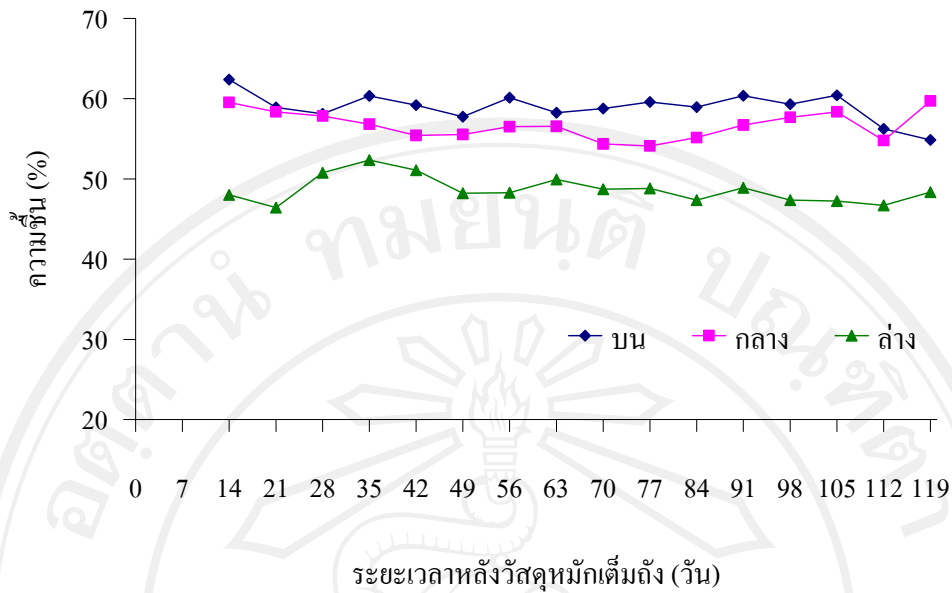
รูปที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 1



รูปที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 2

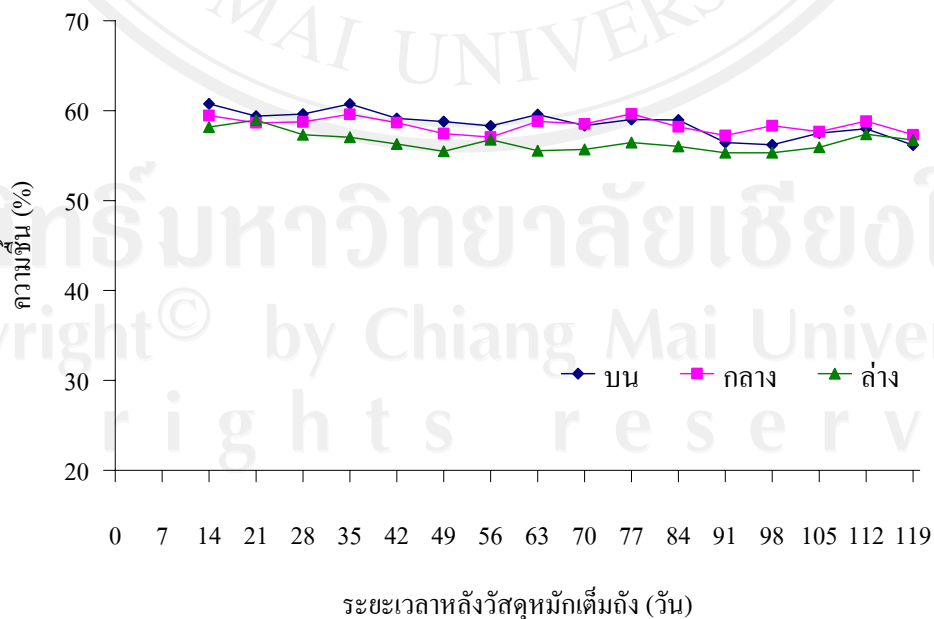


รูปที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 3



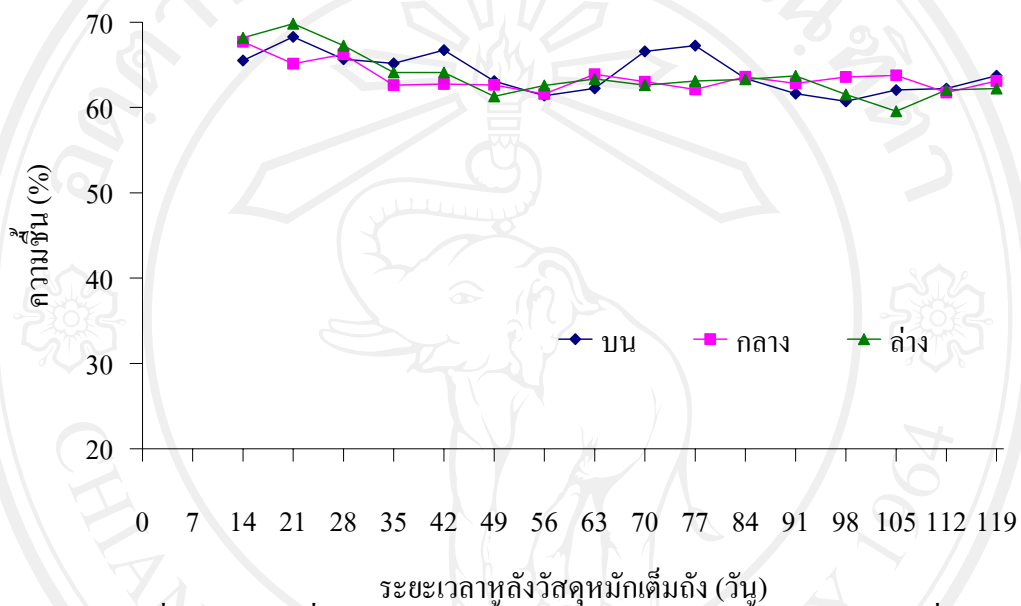
รูปที่ 4.11 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 4

การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 5 ได้แสดงดังรูปที่ 4.12 ผลการศึกษาพบว่าในระหว่างการหมักปริมาณความชื้นของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 56.16-60.77, 57.32-59.45 และ 56.72-58.18 ตามลำดับ โดยความชื้นของวัสดุหมักทุกชั้นมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันคือความชื้นมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาการหมักมีค่าเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.12 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 5

การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของวัสดุหมักแต่ละชั้น ในถังหมักใบที่ 6 ได้แสดงดังรูปที่ 4.13 ผลการศึกษาพบว่าในระหว่างการหมักปริมาณความชื้นของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 63.72-65.51, 63.11-67.70 และ 62.21-68.18 ตามลำดับ โดยความชื้นของวัสดุหมักทุกชั้นมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันคือความชื้นมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาการหมักมีค่าเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.13 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 6

#### ค. เถ้าและของแข็งระเหยได้

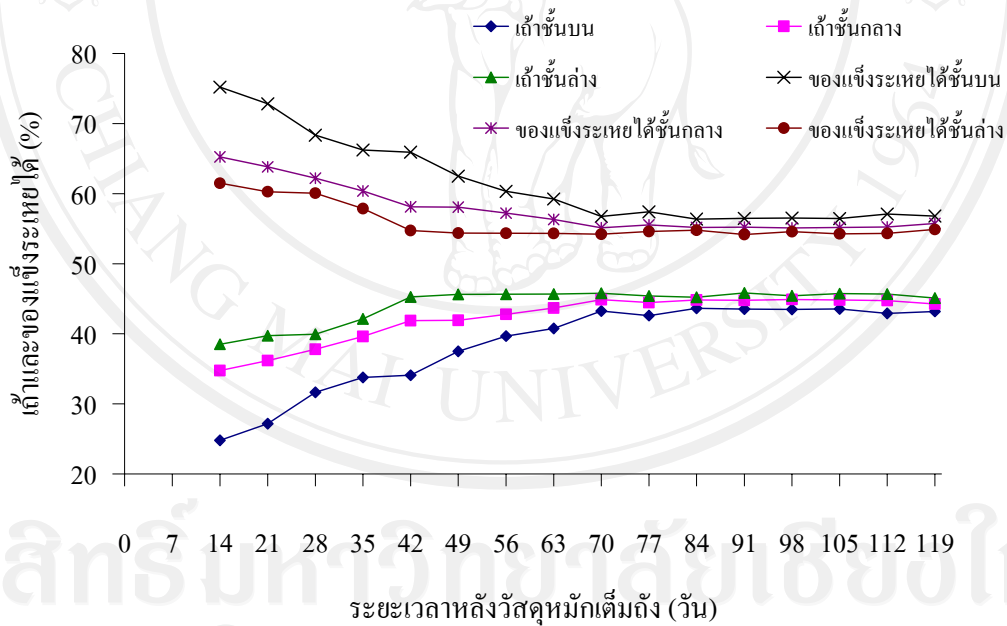
ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณเถ้าและของแข็งระเหยได้ของวัสดุหมัก ตั้งแต่วัสดุหมักเต็มถังจนถึงสิ้นสุดกระบวนการหมักรวมระยะเวลาทั้งสิ้น 120 วัน ได้แสดงในภาคผนวก ค ตารางที่ ค.3 และ ค.4 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การเปลี่ยนแปลงปริมาณเถ้าและของแข็งระเหยได้ของวัสดุหมักในแต่ละชั้นภายในถังหมักทั้ง 6 ใบ มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือในระหว่างการหมักปริมาณเถ้าของวัสดุหมักมีค่าเพิ่มขึ้นจนมีค่าคงที่ตามระยะเวลาในการหมัก ในขณะที่ปริมาณของแข็งระเหยได้ของวัสดุหมักมีค่าลดลงจนมีค่าคงที่ตามระยะเวลาในการหมัก สามารถอธิบายได้ว่ากระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์เกิดขึ้นตลอดช่วงการหมัก โดยปริมาณสารอินทรีย์จะมีค่าลดลงทำให้ปริมาณของแข็งระเหยได้มีค่าลดลง ในขณะที่ปริมาณเถ้ามีค่าเพิ่มขึ้นตลอดการทดลอง

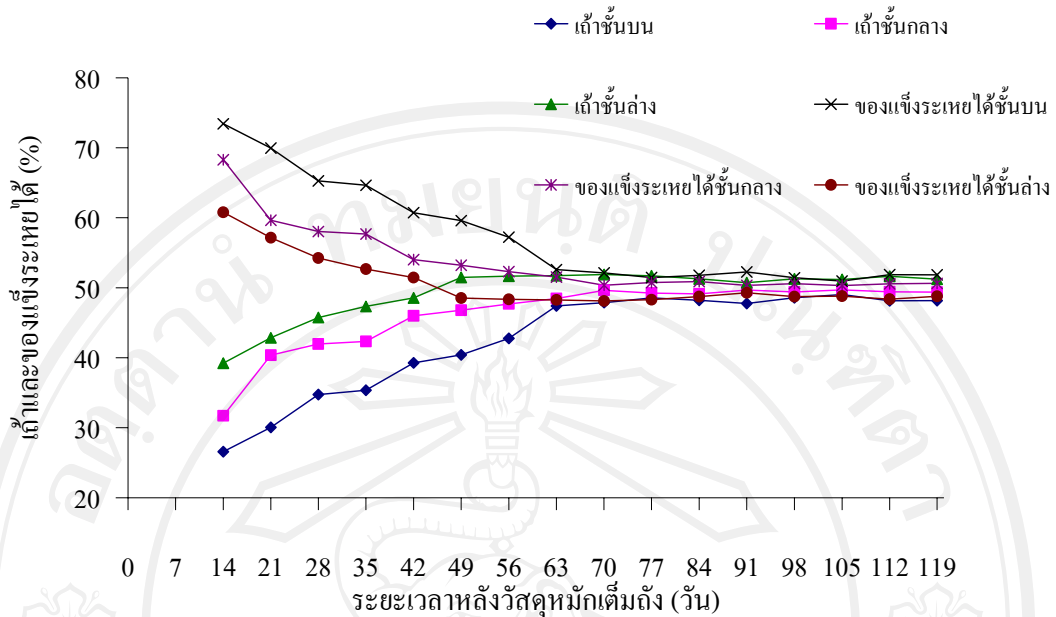
การเปลี่ยนแปลงปริมาณเถ้าและของแข็งระเหยได้ของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 1 ได้แสดงดังรูปที่ 4.14 ผลการศึกษาพบว่าในระหว่างการหมักปริมาณเถ้าของวัสดุหมัก

ชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 24.79 เป็น 43.18, 34.75 เป็น 44.26 และ 38.51 เป็น 45.12 ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณของแข็งระเหยได้ของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าลดลงจากร้อยละ 75.21 เป็น 56.82, 65.25 เป็น 55.74 และ 61.49 เป็น 54.88 ตามลำดับ และจากผลการศึกษาพบว่า วัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีปริมาณเถ้าและของแข็งระเหยได้ของวัสดุหมักคงที่วันที่ 70, 70 และ 49 หลังวัสดุหมักเต็มถัง ตามลำดับ

การเปลี่ยนแปลงปริมาณเถ้าและของแข็งระเหยได้ของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 2 ได้แสดงดังรูปที่ 4.15 ผลการศึกษาพบว่าในระหว่างการหมักปริมาณเถ้าของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 26.57 เป็น 48.16, 31.7 เป็น 49.38 และ 39.22 เป็น 51.21 ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณของแข็งระเหยได้ของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าลดลงจากร้อยละ 73.43 เป็น 51.84, 68.3 เป็น 50.62 และ 60.78 เป็น 48.79 ตามลำดับ และจากผลการศึกษาพบว่า วัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีปริมาณเถ้าและของแข็งระเหยได้ของวัสดุหมักคงที่วันที่ 70, 70 และ 49 หลังวัสดุหมักเต็มถัง



รูปที่ 4.14 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเถ้าและของแข็งระเหยได้ของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 1

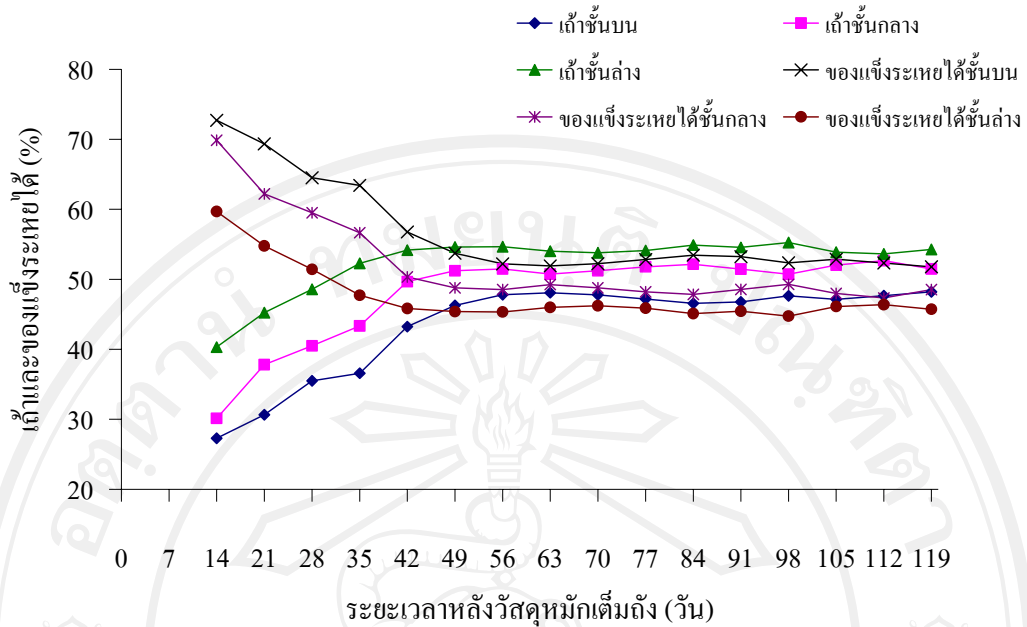


รูปที่ 4.15 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเถาและของแข็งระเหยได้ของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักไบที่ 2

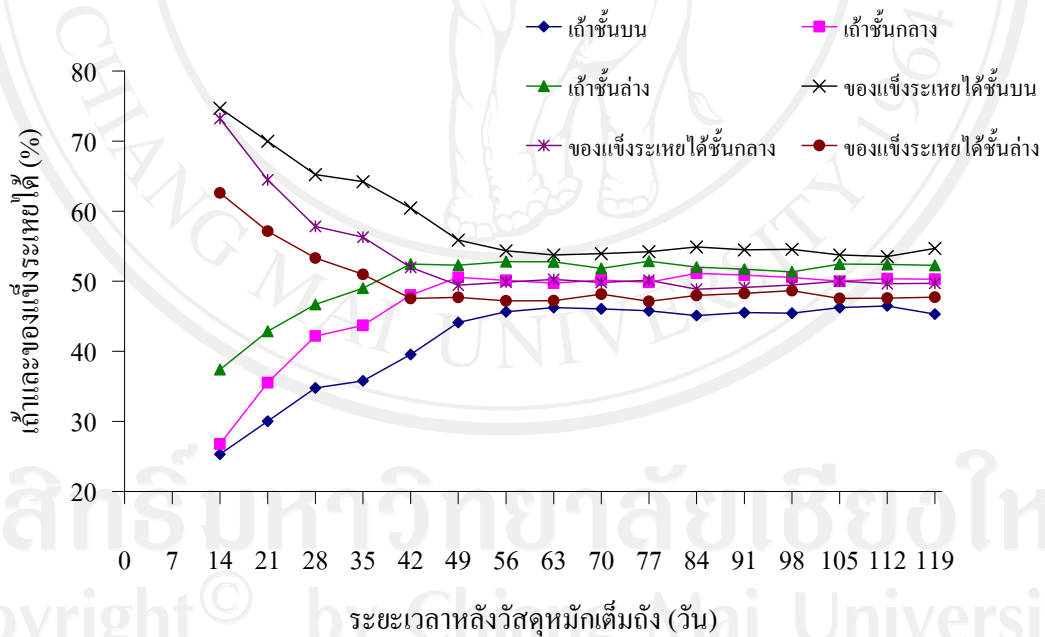
การเปลี่ยนแปลงปริมาณเถาและของแข็งระเหยได้ของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักไบที่ 3 ได้แสดงดังรูปที่ 4.16 ผลการศึกษาพบว่าในระหว่างการหมักปริมาณเถาของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 27.28 เป็น 48.22, 30.13 เป็น 51.48 และ 40.31 เป็น 54.28 ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณของแข็งระเหยได้ของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าลดลงจากร้อยละ 72.72 เป็น 51.78, 69.87 เป็น 48.52 และ 59.69 เป็น 45.72 ตามลำดับ และจากผลการศึกษาพบว่า วัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีปริมาณเถาและของแข็งระเหยได้ของวัสดุหมักคงที่วันที่ 49, 49 และ 42 หลังวัสดุหมักเต็มถัง ตามลำดับ

การเปลี่ยนแปลงปริมาณเถาและของแข็งระเหยได้ของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักไบที่ 4 ได้แสดงดังรูปที่ 4.17 ผลการศึกษาพบว่าในระหว่างการหมักปริมาณเถาของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 25.30 เป็น 45.31, 26.79 เป็น 50.29 และ 37.39 เป็น 52.28 ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณของแข็งระเหยได้ของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าลดลงจากร้อยละ 74.70 เป็น 54.69, 73.21 เป็น 48.71 และ 62.61 เป็น 47.72 ตามลำดับ และจากผลการศึกษาพบว่า วัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีปริมาณเถาและของแข็งระเหยได้ของวัสดุหมักคงที่วันที่ 56, 49 และ 42 หลังวัสดุหมักเต็มถัง ตามลำดับ





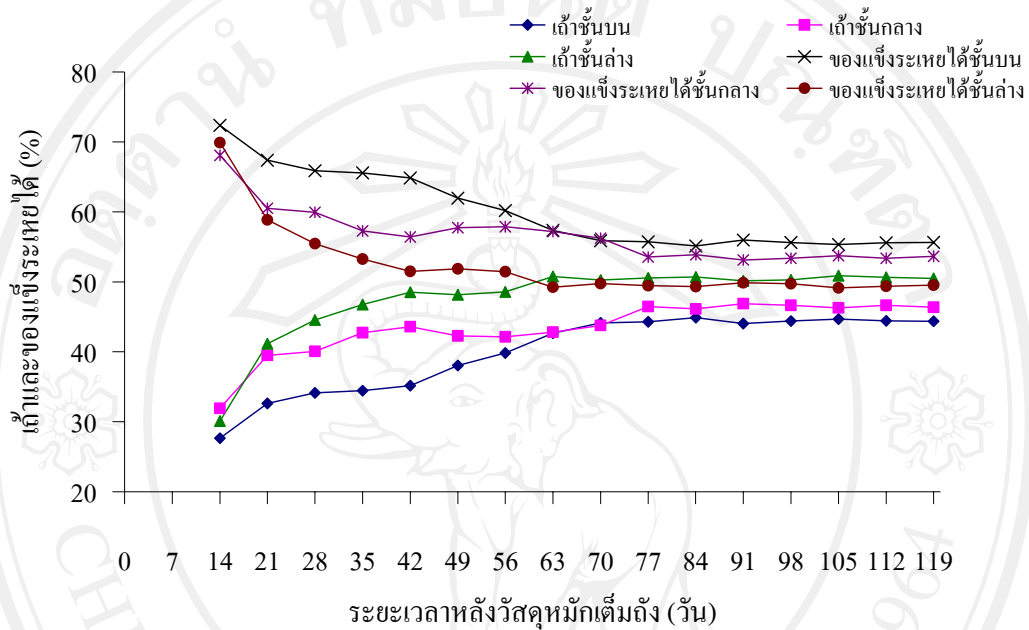
รูปที่ 4.16 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเถาและของแข็งระเหยได้ของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 3



รูปที่ 4.17 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเถาและของแข็งระเหยได้ของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 4

การเปลี่ยนแปลงปริมาณเถาและของแข็งระเหยได้ของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 5 ได้แสดงดังรูปที่ 4.18 ผลการศึกษาพบว่าในระหว่างการหมักปริมาณเถาของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 27.65 เป็น 44.36, 31.92 เป็น 46.35 และ 30.12 เป็น 50.47

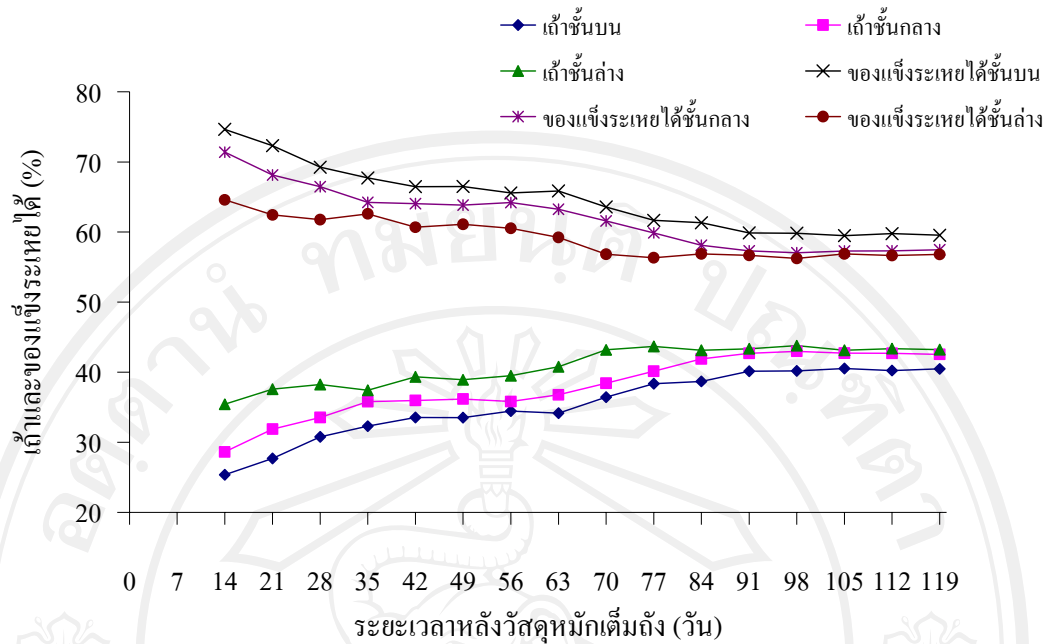
ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณของแข็งระเหยได้ของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าลดลงจากร้อยละ 72.35 เป็น 55.64, 68.08 เป็น 53.65 และ 69.88 เป็น 49.53 ตามลำดับ และจากผลการศึกษาพบว่า วัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่างมีปริมาณเถ้าและของแข็งระเหยได้ของวัสดุหมักคงที่วันที่ 77, 77 และ 63 หลังวัสดุหมักเต็มถัง ตามลำดับ



รูปที่ 4.18 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเถ้าและของแข็งระเหยได้ของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 5

การเปลี่ยนแปลงปริมาณเถ้าและของแข็งระเหยได้ของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 6 ได้แสดงดังรูปที่ 4.19 ผลการศึกษาพบว่าในระหว่างการหมักปริมาณเถ้าของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 25.35 เป็น 40.46, 28.62 เป็น 42.54 และ 35.42 เป็น 43.21 ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณของแข็งระเหยได้ของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าลดลงจากร้อยละ 74.65 เป็น 59.54, 71.38 เป็น 57.46 และ 64.58 เป็น 56.79 ตามลำดับ และจากผลการศึกษาพบว่า วัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่างมีปริมาณเถ้าและของแข็งระเหยได้ของวัสดุหมักคงที่วันที่ 91, 84 และ 77 หลังวัสดุหมักเต็มถัง ตามลำดับ

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าเมื่อพิจารณาจากปริมาณของเถ้าและของแข็งระเหยได้การหมักในถังหมักทั้ง 6 ถังจะเข้าสู่สภาวะเสถียรในช่วง 42-91 วันวัสดุหมักชั้นล่างจะเข้าสู่สภาวะเสถียรที่อายุการหมักประมาณ 42-77 วัน โดยจะเข้าสู่สภาวะเสถียรก่อนวัสดุหมักชั้นอื่นประมาณ 1-2 สัปดาห์ ส่วนวัสดุหมักชั้นบน และชั้นกลาง จะเข้าสู่สภาวะเสถียรภายในระยะเวลาที่ใกล้เคียงกัน



รูปที่ 4.19 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเหี่ยวและของแข็งระเหยได้ของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 6

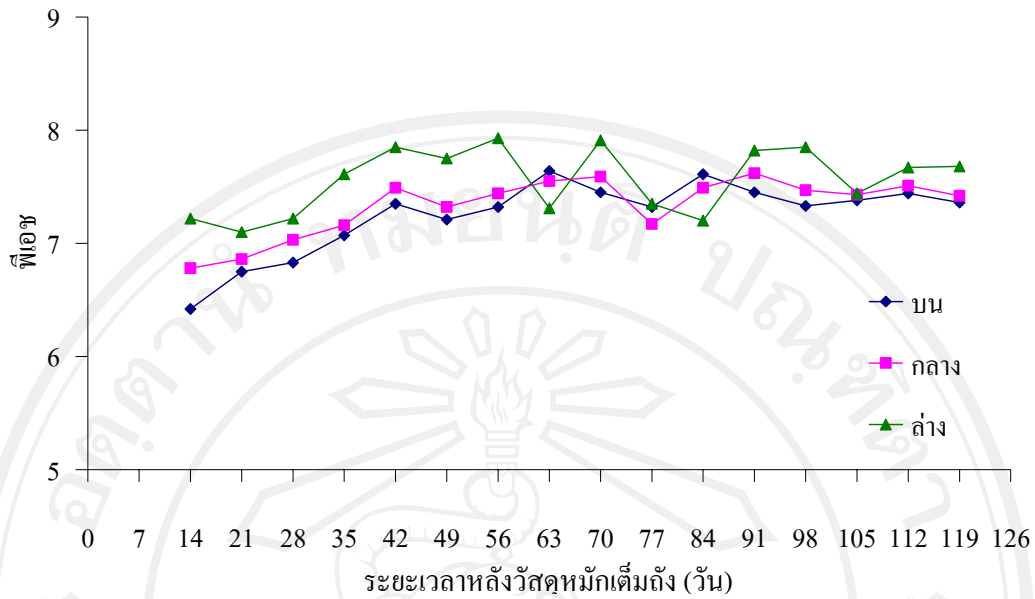
#### 4.3.2.2 การเปลี่ยนแปลงของลักษณะสมบัติทางเคมี

##### ก. ฟิเอช

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่าฟิเอชของวัสดุหมักทั้ง 6 ถัง ตั้งแต่เดิม วัสดุหมักเต็มถึงจนกระทั่งสิ้นสุดกระบวนการหมักรวมระยะเวลาทั้งสิ้น 120 วัน ได้แสดงใน ภาคผนวก ค ตารางที่ ค.5 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การเปลี่ยนแปลงค่าฟิเอชของวัสดุหมักแต่ละชั้นของถังหมักทั้ง 6 ใบ มี แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือในระหว่างการหมักค่าฟิเอชของวัสดุหมัก ในแต่ละชั้นมีค่าเพิ่มขึ้นจนมีค่าฟิเอชอยู่ในช่วง 7 – 8 ตามระยะเวลาในการหมัก สามารถอธิบายได้ว่า กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์เกิดขึ้นตลอดช่วงการหมัก การที่ค่าฟิเอชของวัสดุหมักมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากในปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์จุลินทรีย์จะใช้กรดอินทรีย์ระเหยได้เป็นแหล่งพลังงาน ในการดำรงชีพและการสร้างเซลล์ใหม่ ทำให้กรดอินทรีย์ระเหยได้ภายในถังหมักมีปริมาณลดลง และ ในระหว่างการย่อยสลายเกิดก๊าซแอมโมเนียขึ้น ส่งผลให้ค่าฟิเอชของวัสดุหมักมีค่าสูงขึ้นจนมีค่าเป็น กลาง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ เจนวิทย์ กรอบทอง (2544), อานุกาพ แก้วทอง (2541), อนุวัฒน์ เฟื่องจันทร์ (2546), อัครบัญญัติ อัครสุขบุตร (2547)

การเปลี่ยนแปลงค่าฟิเอชของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 1 ได้แสดงดัง รูปที่ 4.20 พบว่าในระหว่างการหมักค่าฟิเอชของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าเพิ่มขึ้น จาก 6.42 เป็น 7.36, 6.78 เป็น 7.42 และ 7.22 เป็น 7.68 ตามลำดับ

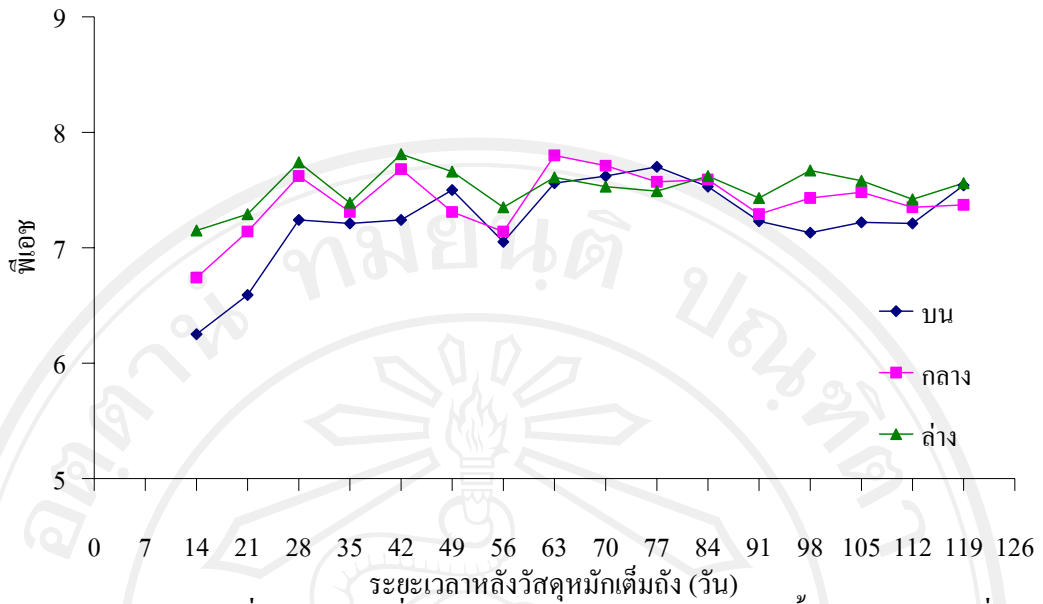


รูปที่ 4.20 การเปลี่ยนแปลงพีเอชของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 1

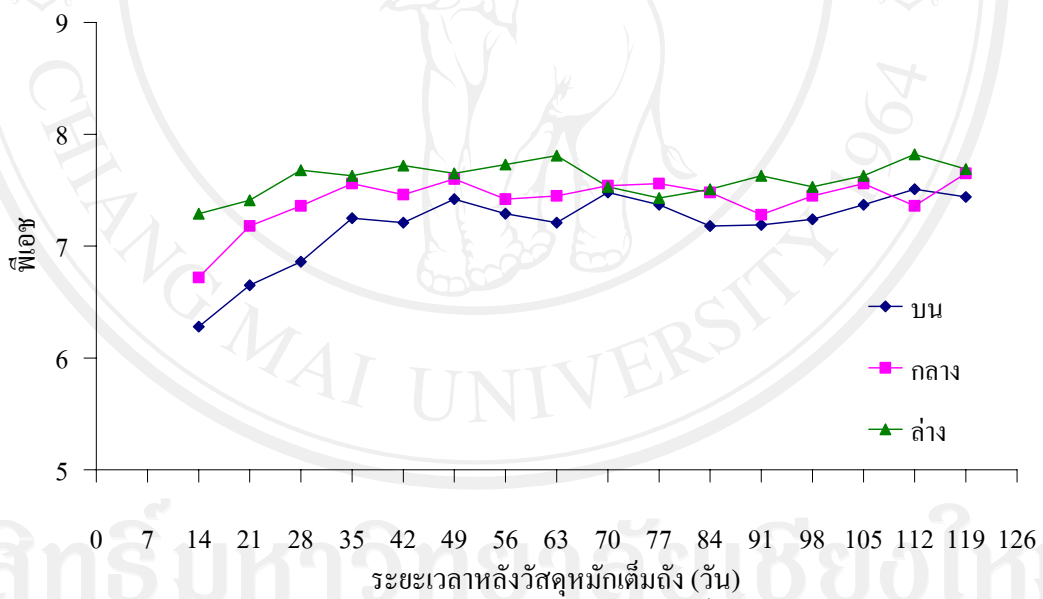
การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 2 ได้แสดงดังรูปที่ 4.21 พบว่าในระหว่างการหมักค่าพีเอชของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าเปลี่ยนแปลงจาก 6.25 เป็น 7.54, 6.74 เป็น 7.37 และ 7.15 เป็น 7.56 ตามลำดับ

การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 3 ได้แสดงดังรูปที่ 4.22 พบว่าในระหว่างการหมักค่าพีเอชของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าเปลี่ยนแปลงจาก 6.28 เป็น 7.44, 6.72 เป็น 7.65 และ 7.29 เป็น 7.69 ตามลำดับ

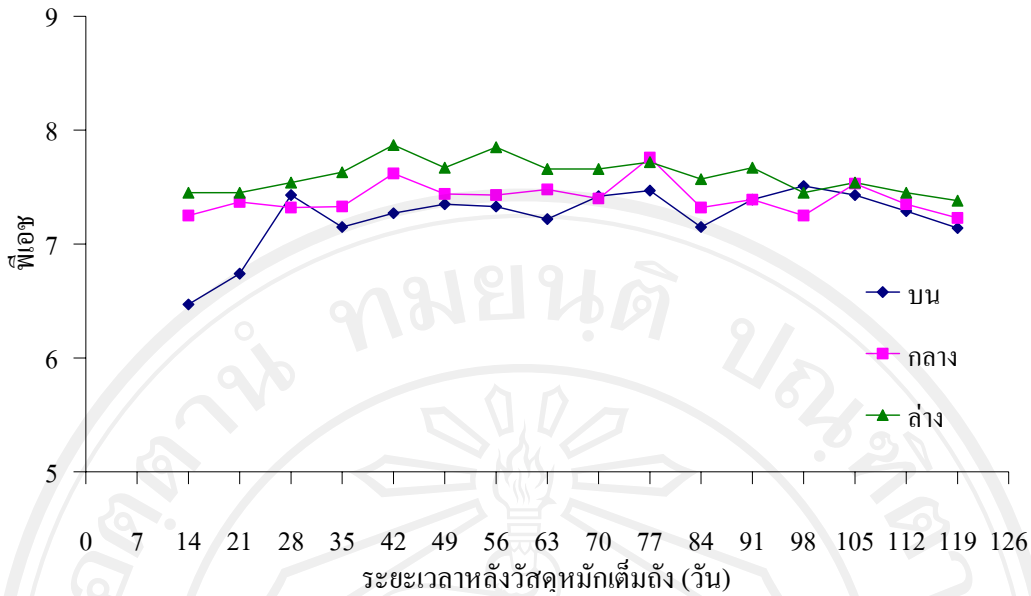
การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 4 ได้แสดงดังรูปที่ 4.23 พบว่าในระหว่างการหมักค่าพีเอชของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าเปลี่ยนแปลงจาก 6.47 เป็น 7.14, 7.25 เป็น 7.23 และ 7.45 เป็น 7.38 ตามลำดับ



รูปที่ 4.21 การเปลี่ยนแปลงพีเอชของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 2

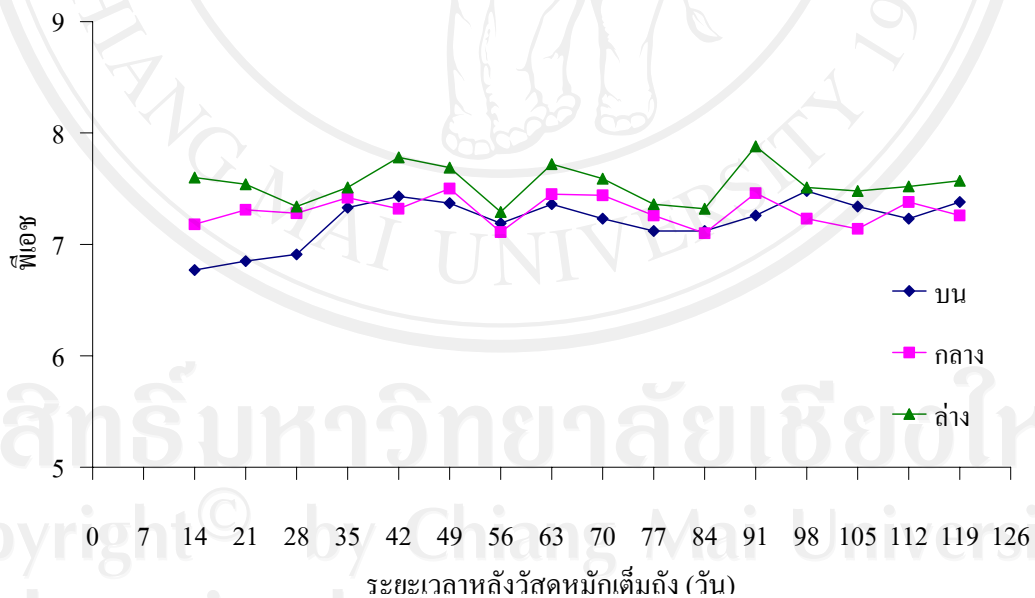


รูปที่ 4.22 การเปลี่ยนแปลงพีเอชของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 3



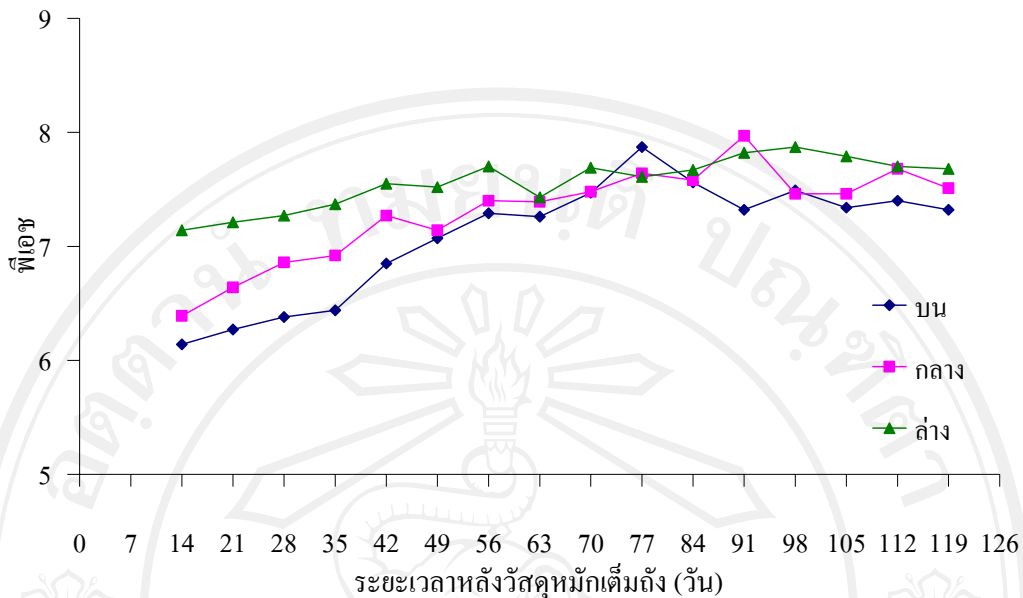
รูปที่ 4.23 การเปลี่ยนแปลงพีเอชของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 4

การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 5 ได้แสดงดังรูปที่ 4.24 พบว่าในระหว่างการหมักค่าพีเอชของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าเปลี่ยนแปลงจาก 6.77 เป็น 7.38, 7.18 เป็น 7.26 และ 7.60 เป็น 7.57 ตามลำดับ



รูปที่ 4.24 การเปลี่ยนแปลงพีเอชของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 5

การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 6 ได้แสดงดังรูปที่ 4.25 พบว่าในระหว่างการหมักค่าพีเอชของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าเปลี่ยนแปลงจาก 6.14 เป็น 7.32, 6.39 เป็น 7.51 และ 7.14 เป็น 7.68 ตามลำดับ



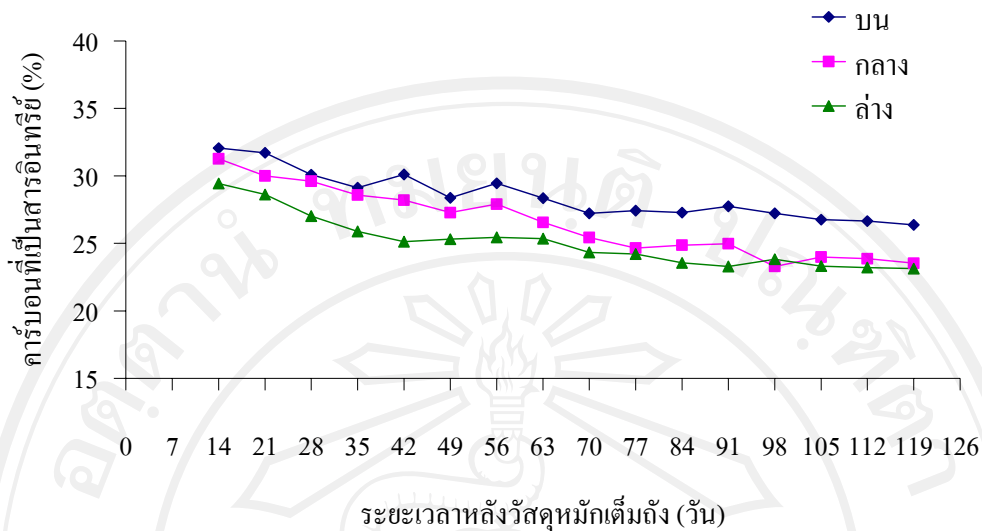
รูปที่ 4.25 การเปลี่ยนแปลงพีเอชของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักไบที่ 6

#### ข. คาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ของวัสดุหมักทั้ง 6 ถังตั้งแต่เติมวัสดุหมักเต็มถังจนกระทั่งสิ้นสุดกระบวนการหมักรวมระยะเวลาทั้งสิ้น 120 วัน ได้แสดงในภาคผนวก ค ตารางที่ ค.6 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ของวัสดุหมักแต่ละชั้นของถังหมักทั้ง 6 ไบ มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือในระหว่างการหมักปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ของวัสดุหมักในแต่ละชั้นมีค่าลดลงตามระยะเวลาในการหมักสามารถอธิบายได้ว่ากระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์เกิดขึ้นตลอดช่วงการหมัก เนื่องจากคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์มีความจำเป็นต่อจุลินทรีย์ในกระบวนการหมักโดยจะเป็นแหล่งพลังงานในการดำรงชีพและการสร้างเซลล์ใหม่ดังนั้นคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์จะมีค่าลดลงตามช่วงเวลาการหมัก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ เจนวิทย์ กรอบทอง (2544), อานุภาพ แก้วทอง (2541), อนุวัฒน์ เพ็ญจันทร์ (2546), อัครบัญญัติ อัครสุขบุตร (2547)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักไบที่ 1 ได้แสดงดังรูปที่ 4.26 พบว่าในระหว่างการหมักปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าลดลงจากร้อยละ 32.06 เป็น 26.37, 31.27 เป็น 25.53 และ 29.43 เป็น 23.13 ตามลำดับ



รูปที่ 4.26 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 1

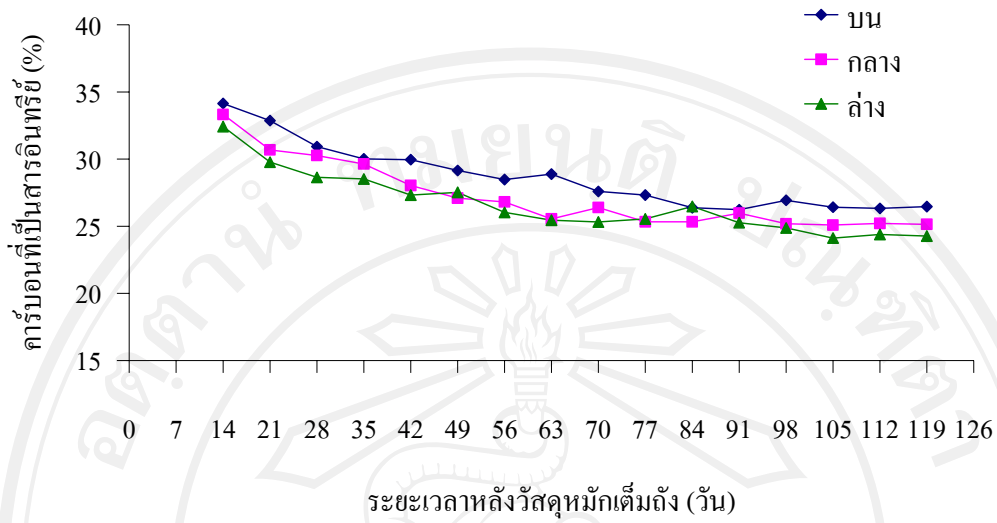
การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 2 ได้แสดงดังรูปที่ 4.27 พบว่าในระหว่างการหมักปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าลดลงจากร้อยละ 34.15 เป็น 26.47, 33.32 เป็น 25.14 และ 32.42 เป็น 24.27 ตามลำดับ

การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 3 ได้แสดงดังรูปที่ 4.28 พบว่าในระหว่างการหมักปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าลดลงจากร้อยละ 32.40 เป็น 24.39, 30.13 เป็น 20.31 และ 28.60 เป็น 21.54 ตามลำดับ

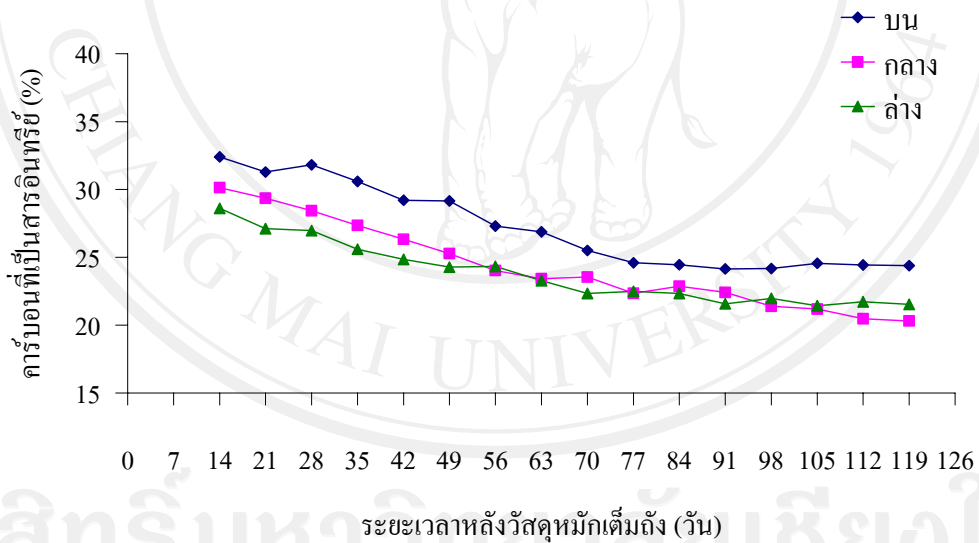
การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 4 ได้แสดงดังรูปที่ 4.29 พบว่าในระหว่างการหมักปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าลดลงจากร้อยละ 31.16 เป็น 20.39, 29.28 เป็น 19.17 และ 27.18 เป็น 18.66 ตามลำดับ

การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 5 ได้แสดงดังรูปที่ 4.30 พบว่าในระหว่างการหมักปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าลดลงจากร้อยละ 31.68 เป็น 21.08, 29.38 เป็น 20.27 และ 28.78 เป็น 20.32 ตามลำดับ

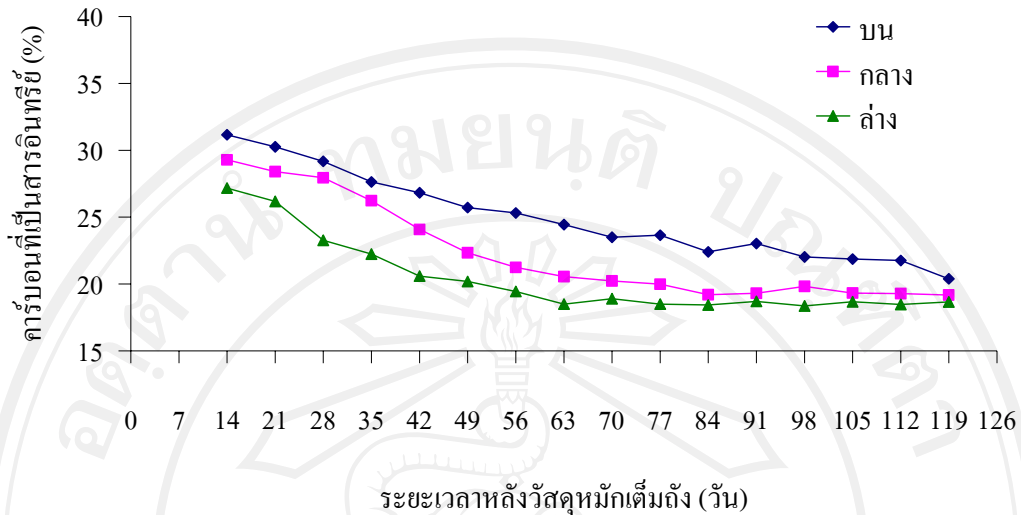




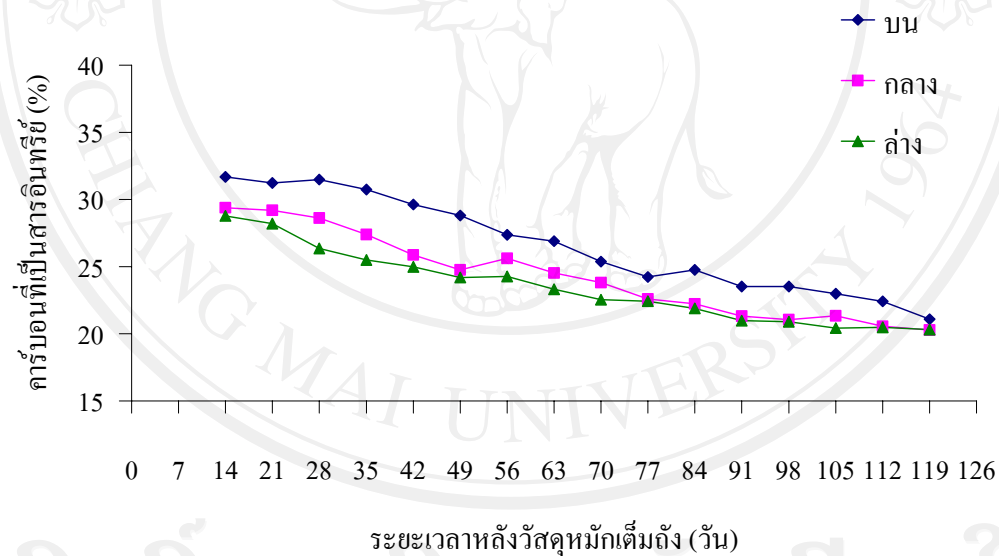
รูปที่ 4.27 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 2



รูปที่ 4.28 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 3

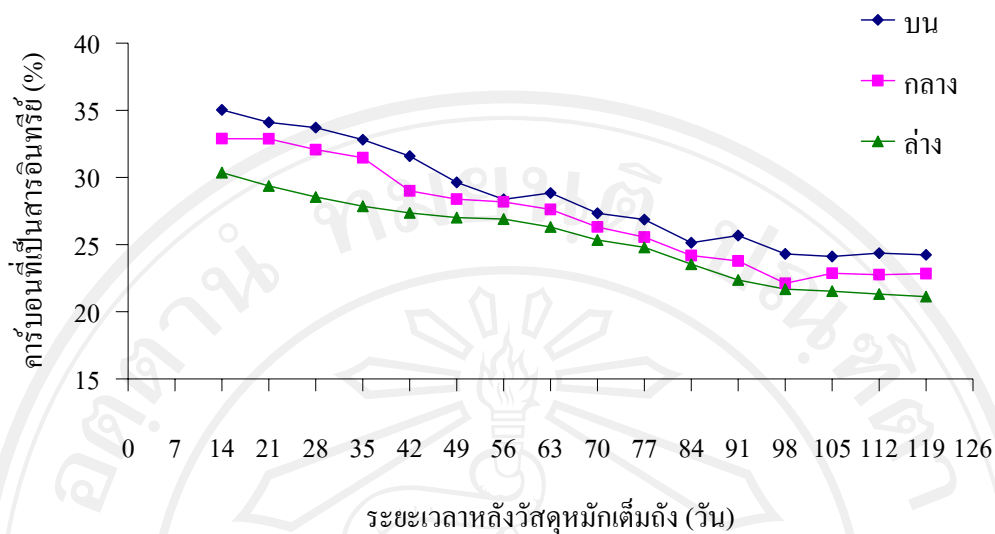


รูปที่ 4.29 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 4



รูปที่ 4.30 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 5

การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 6 ได้แสดงดังรูปที่ 4.31 พบว่าในระหว่างการหมักปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าลดลงจากร้อยละ 35.04 เป็น 24.24, 32.89 เป็น 22.84 และ 30.37 เป็น 21.14 ตามลำดับ



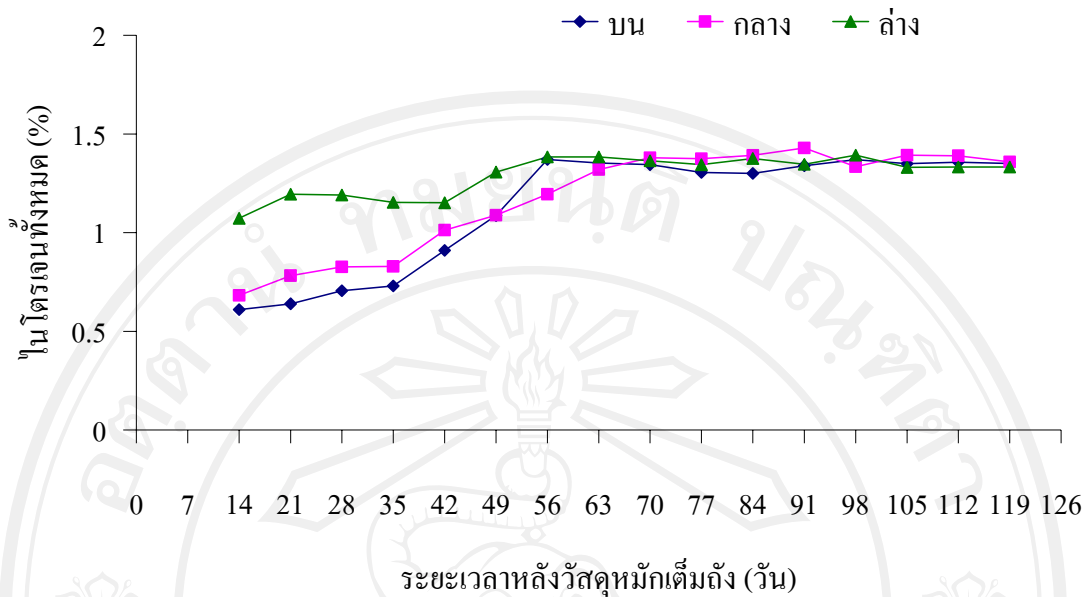
รูปที่ 4.31 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 6

#### ค. ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของวัสดุหมักทั้ง 6 ถัง ตั้งแต่เติมวัสดุหมักเต็มถึงจนกระทั่งสิ้นสุดกระบวนการหมักรวมระยะเวลาทั้งสิ้น 120 วัน ได้แสดงในภาคผนวก ค ตารางที่ ค.7 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของวัสดุหมักแต่ละชั้นของถังหมักทั้ง 6 ใบ มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ ในระหว่างการหมักปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของวัสดุหมักในแต่ละชั้นมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการหมัก สามารถอธิบายได้ว่า กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์เกิดขึ้นตลอดช่วงการหมัก เนื่องจากในระหว่างกระบวนการหมักจุลินทรีย์ทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ทำให้ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนมีค่าลดลงส่งผลให้ร้อยละของสารอินทรีย์คาร์บอนต่อน้ำหนักแห้งของปุ๋ยหมักมีค่าลดลง ส่วนปริมาณไนโตรเจนที่แท้จริงของปุ๋ยหมักไม่ได้มีปริมาณมากขึ้น แต่ร้อยละของไนโตรเจนต่อน้ำหนักแห้งของปุ๋ยหมักมีค่าเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้นซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ เจนวิทย์ กอบทอง (2544), อานุกาพ แก้วทอง (2541), อนุวัฒน์ เฟื่องจันทร์ (2546), อัครบัญญัติ อัครสุขบุตร (2547)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 1 ได้แสดงดังรูปที่ 4.32 พบว่าในระหว่างการหมักปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0.61 เป็น 1.35, 0.68 เป็น 1.36 และ 1.07 เป็น 1.33 ตามลำดับ



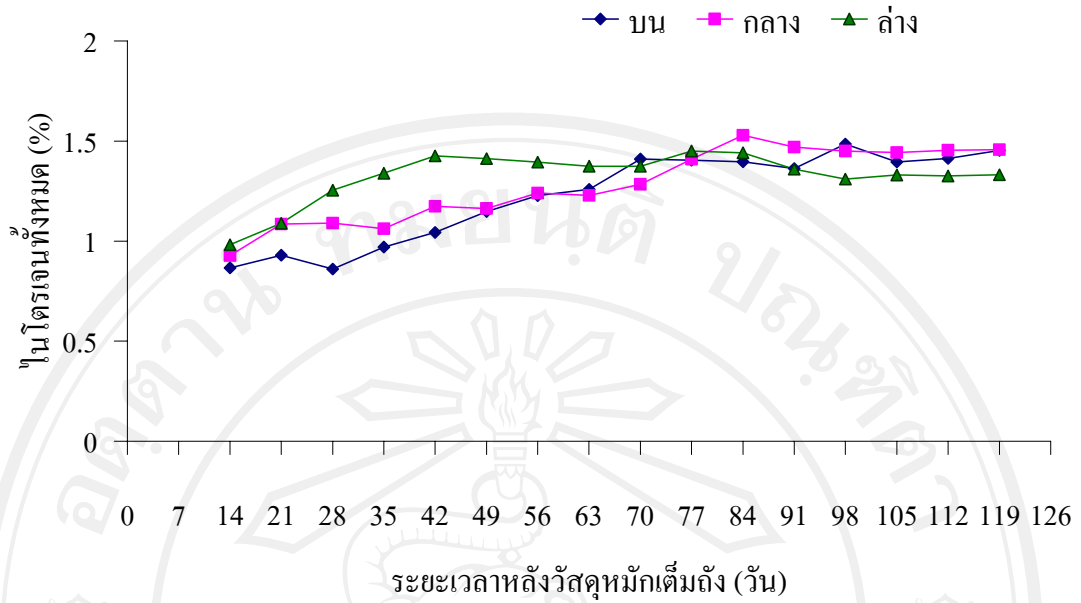
รูปที่ 4.32 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 1

การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 2 ได้แสดงดังรูปที่ 4.33 พบว่าในระหว่างการหมักปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0.87 เป็น 1.45, 0.93 เป็น 1.46 และ 0.98 เป็น 1.33 ตามลำดับ

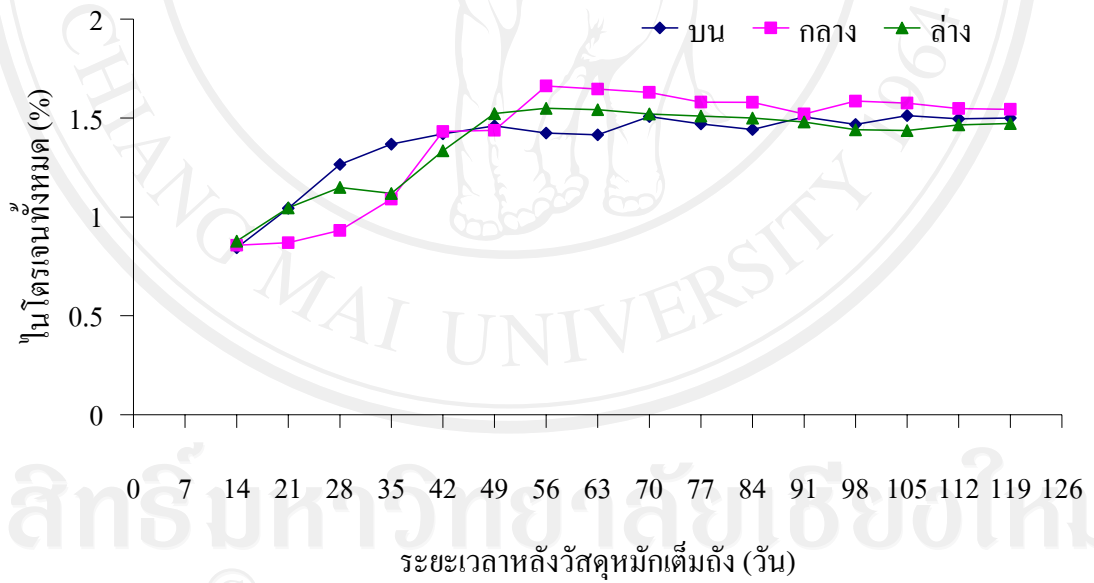
การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 3 ได้แสดงดังรูปที่ 4.34 พบว่าในระหว่างการหมักปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0.84 เป็น 1.50, 0.86 เป็น 1.54 และ 0.88 เป็น 1.47 ตามลำดับ

การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 4 ได้แสดงดังรูปที่ 4.35 พบว่าในระหว่างการหมักปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0.68 เป็น 1.18, 0.83 เป็น 1.25 และ 1.00 เป็น 1.30 ตามลำดับ

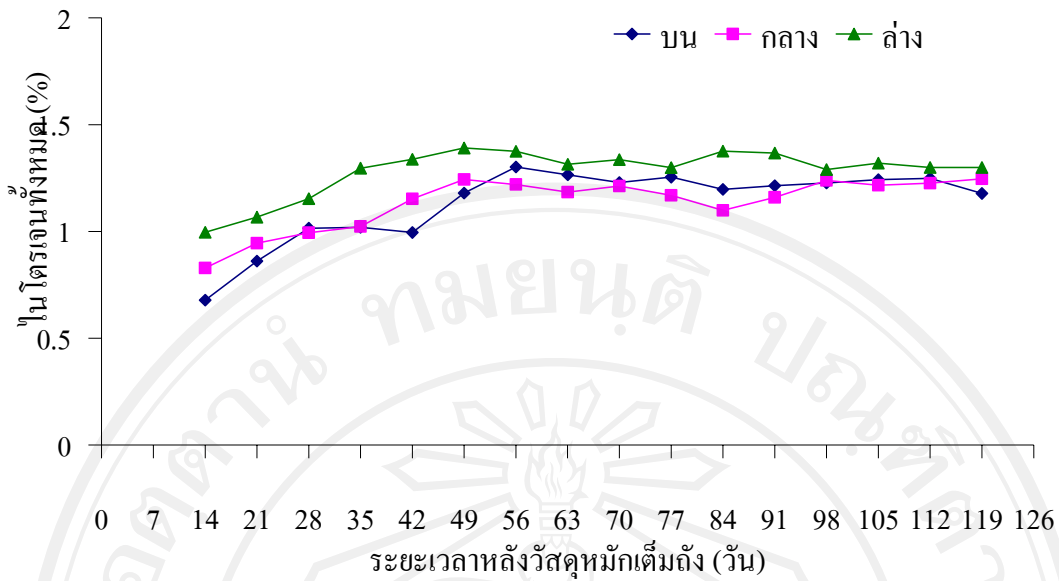
การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 5 ได้แสดงดังรูปที่ 4.36 พบว่าในระหว่างการหมักปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0.81 เป็น 1.14, 0.96 เป็น 1.25 และ 1.10 เป็น 1.17 ตามลำดับ



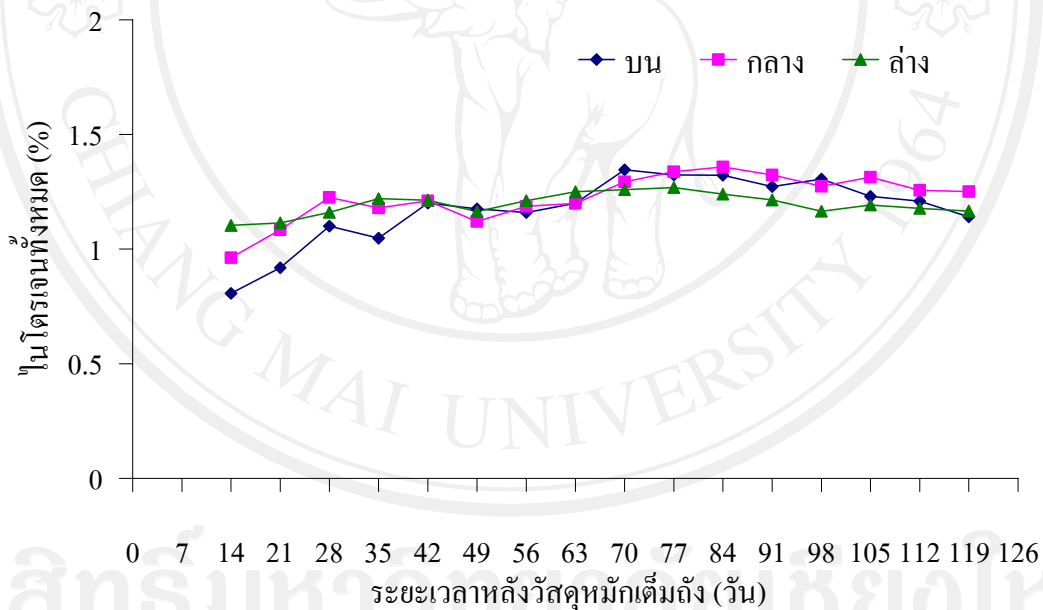
รูปที่ 4.33 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 2



รูปที่ 4.34 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 3

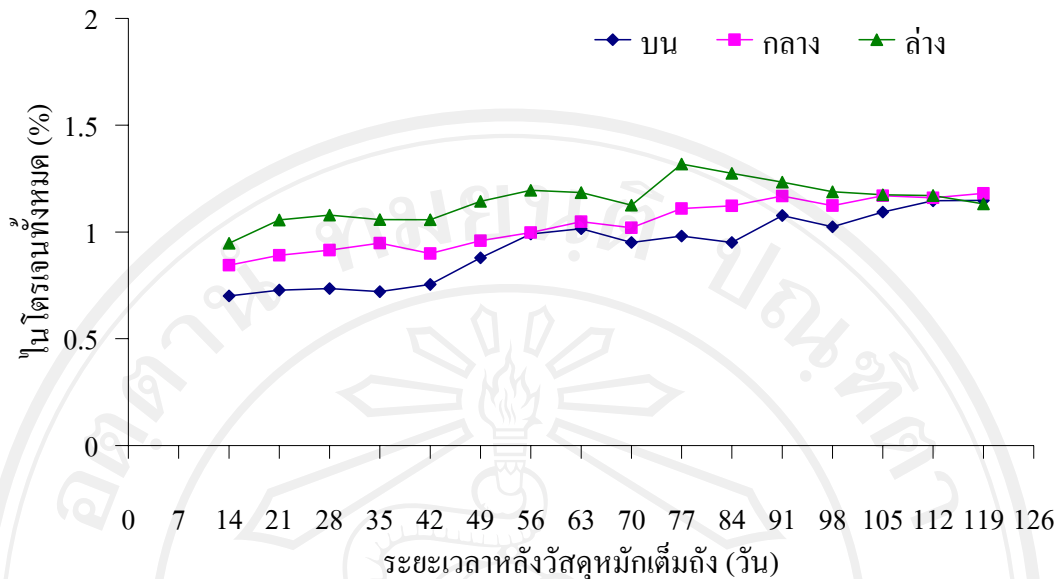


รูปที่ 4.35 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 4



รูปที่ 4.36 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 5

การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 6 ได้แสดงดังรูปที่ 4.37 พบว่าในระหว่างการหมักปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0.70 เป็น 1.15, 0.84 เป็น 1.18 และ 0.95 เป็น 1.13 ตามลำดับ



รูปที่ 4.37 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 6

#### ง. อัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจน

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนของวัสดุหมักทั้ง 6 ถัง ตั้งแต่เติมวัสดุหมักเติมถึงจนกระทั่งสิ้นสุดกระบวนการหมักรวมระยะเวลาทั้งสิ้น 120 วัน ได้แสดงในภาคผนวก ค ตารางที่ ค.8 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

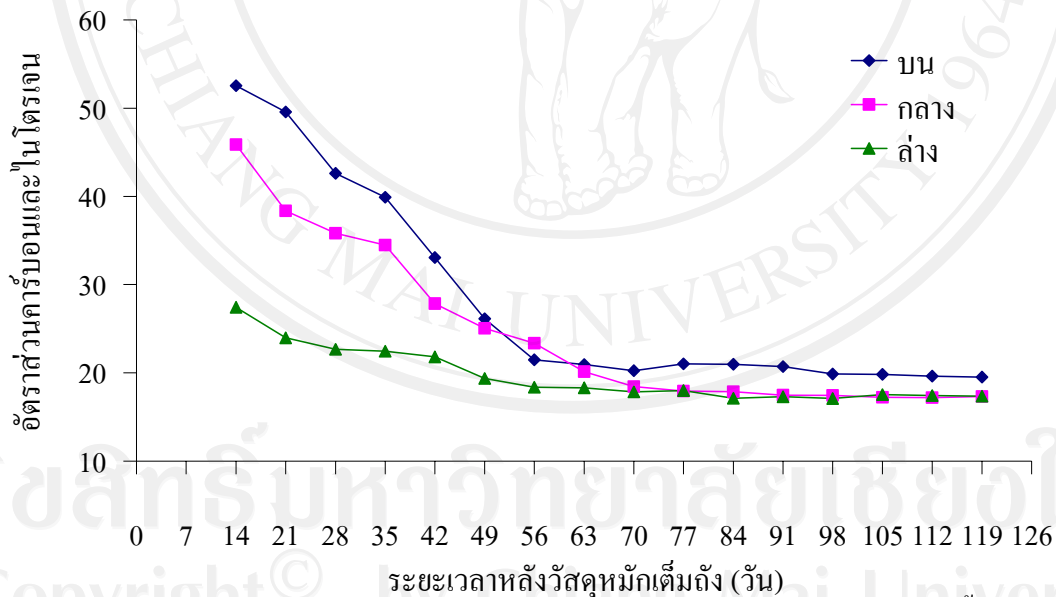
การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนของวัสดุหมักแต่ละชั้นของถังหมักทั้ง 6 ใบ มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือในระหว่างการหมักอัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนของวัสดุหมักมีค่าลดลงจนมีค่าคงที่ตามระยะเวลาในการหมัก 120 วันหลังวัสดุหมักเติมถึง สามารถอธิบายได้ว่ากระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์เกิดขึ้นตลอดช่วงการหมักเนื่องจากในระหว่างกระบวนการหมักปริมาณคาร์บอนที่เป็นส่วนประกอบของสารอินทรีย์มีค่าลดลง ส่วนปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของวัสดุหมักมีค่าเพิ่มขึ้นส่งผลให้อัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนของวัสดุหมักมีค่าลดลงจนมีค่าคงที่เมื่อกระบวนการหมักเสร็จสิ้นสมบูรณ์แล้วซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ เจริญวิทย์ กรอบทอง (2544), อานุกาพ แก้วทอง (2541), อนุวัฒน์ เฟื่องจันทร์ (2546), อัครบัญญัติ อัครสุขบุตร (2547)

การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 1 ได้แสดงดังรูปที่ 4.38 พบว่าในระหว่างการหมักอัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าลดลงจาก 52.56 เป็น 19.53, 45.87 เป็น 17.32 และ 27.44 เป็น 17.36 ตามลำดับ และพบว่าวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีอัตราส่วน

ของคาร์บอนและไนโตรเจนของวัสดุหมักคองที่ตั้งแต่วันที่ 77, 77 และ 56 หลังวัสดุหมักเต็มถึงตามลำดับ

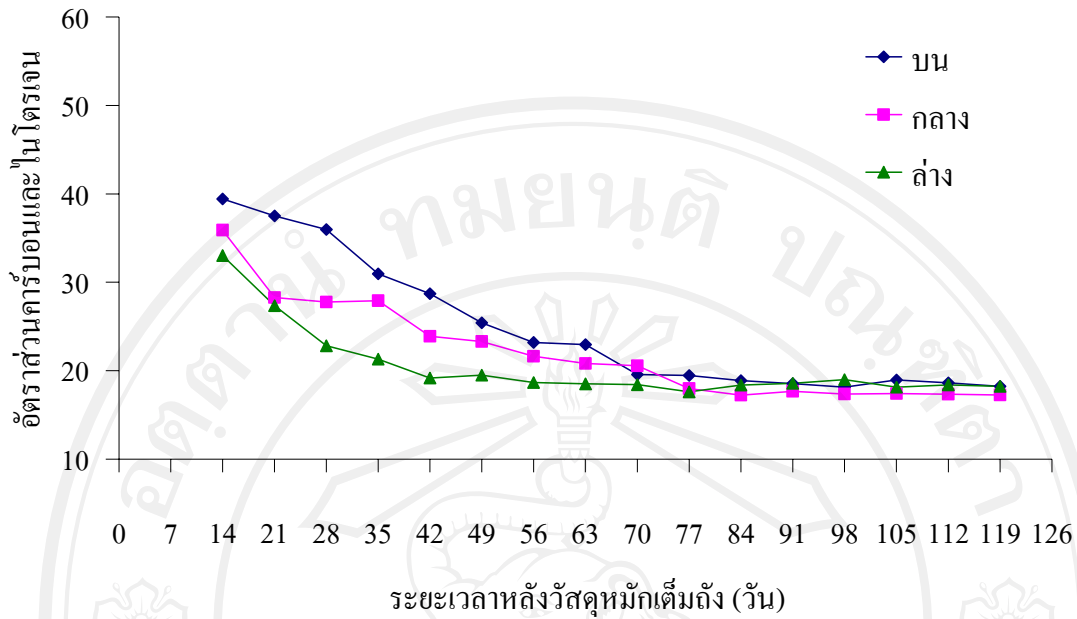
การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 2 ได้แสดงดังรูปที่ 4.39 พบว่าในระหว่างการหมักอัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าลดลงจาก 39.42 เป็น 18.22, 35.91 เป็น 17.26 และ 33.03 เป็น 18.23 ตามลำดับ และพบว่าวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีอัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนของวัสดุหมักคองที่ตั้งแต่วันที่ 77, 77 และ 42 หลังวัสดุหมักเต็มถึงตามลำดับ

การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 3 ได้แสดงดังรูปที่ 4.40 พบว่าในระหว่างการหมักอัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าลดลงจาก 38.39 เป็น 16.26, 35.18 เป็น 13.15 และ 32.58 เป็น 14.63 ตามลำดับ และพบว่าวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีอัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนของวัสดุหมักคองที่วันที่ 70, 56 และ 49 หลังวัสดุหมักเต็มถึงตามลำดับ

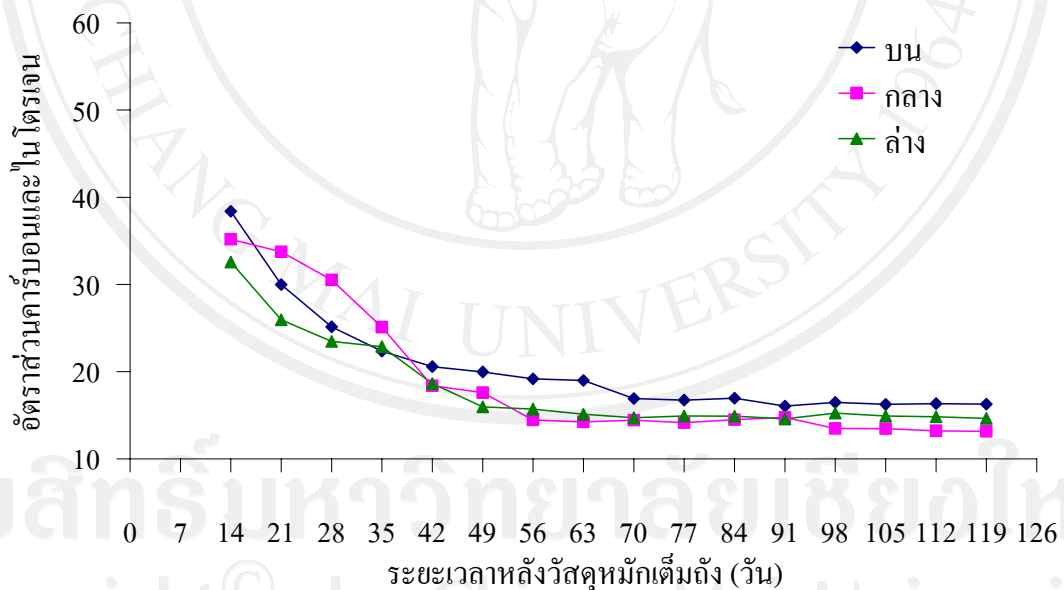


รูปที่ 4.38 การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนคาร์บอนและไนโตรเจนของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 1



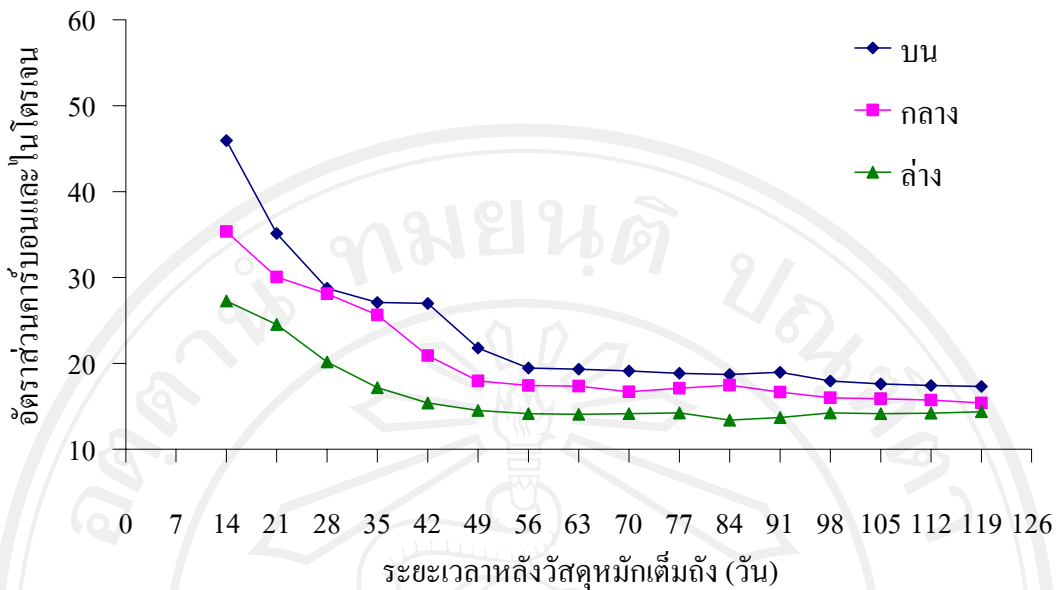


รูปที่ 4.39 การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนคาร์บอนและไนโตรเจนของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 2



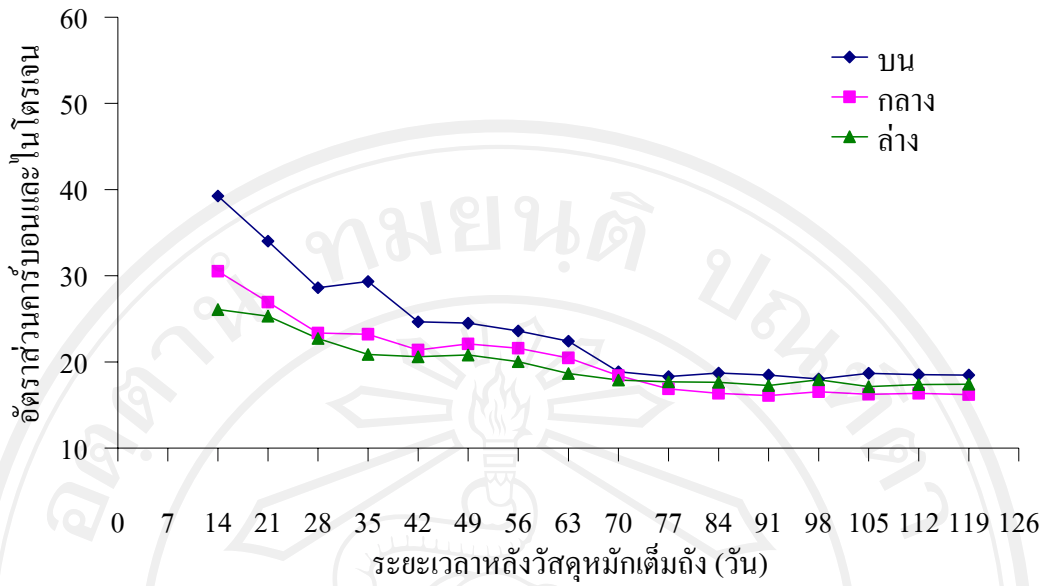
รูปที่ 4.40 การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนคาร์บอนและไนโตรเจนของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 3

การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 4 ได้แสดงดังรูปที่ 4.41 พบว่าในระหว่างการหมักอัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าลดลงจาก 45.94 เป็น 17.31, 35.35 เป็น 15.38 และ 27.28 เป็น 14.36 ตามลำดับ และพบว่าวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีอัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนของวัสดุหมักคงที่วันที่ 56, 49 และ 49 หลังวัสดุหมักเต็มถึง ตามลำดับ

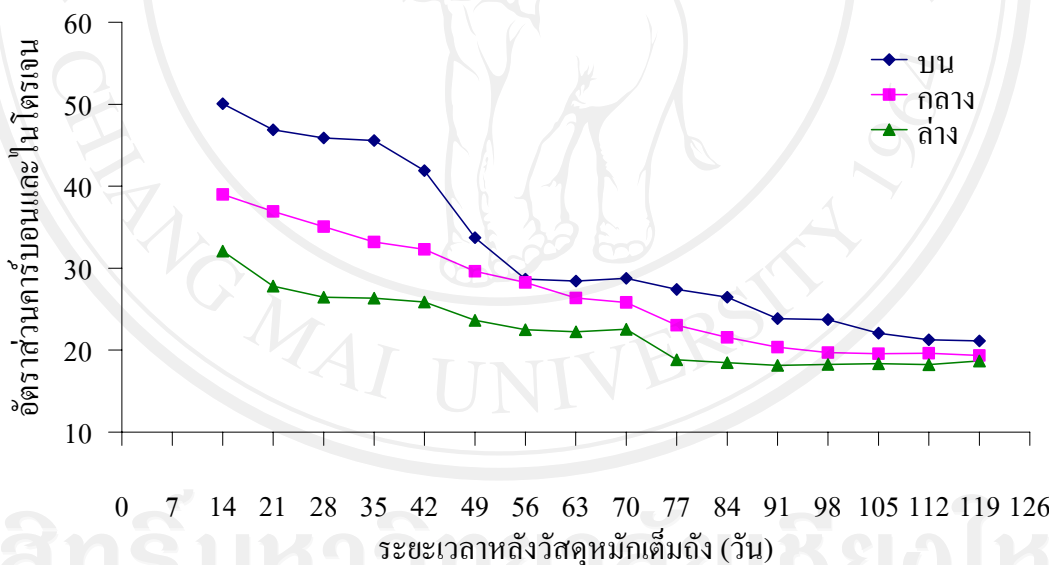


รูปที่ 4.41 การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนคาร์บอนและไนโตรเจนของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถึงหมักใบที่ 4 การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถึงหมักใบที่ 5 ได้แสดงดังรูปที่ 4.42 พบว่าในระหว่างการหมักอัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าลดลงจาก 39.25 เป็น 18.48, 30.53 เป็น 16.21 และ 26.08 เป็น 17.42 ตามลำดับ และพบว่า วัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีอัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนของวัสดุหมักคงที่วันที่ 77, 77 และ 63 หลังวัสดุหมักเต็มถึง ตามลำดับ

การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถึงหมักใบที่ 6 ได้แสดงดังรูปที่ 4.43 พบว่าในระหว่างการหมักอัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าลดลงจาก 50.06 เป็น 21.12, 38.99 เป็น 19.35 และ 32.07 เป็น 18.68 ตามลำดับ และพบว่าวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีอัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนของวัสดุหมักคงที่วันที่ 91, 84 และ 77 หลังวัสดุหมักเต็มถึง ตามลำดับ



รูปที่ 4.42 การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนคาร์บอนและไนโตรเจนของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถึงหมักไปที่ 5



รูปที่ 4.43 การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนคาร์บอนและไนโตรเจนของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถึงหมักไปที่ 6

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าเมื่อพิจารณาจากอัตราส่วนคาร์บอนและไนโตรเจน การหมักในถึงหมักทั้ง 6 ถึงจะเข้าสู่สภาวะเสถียรในช่วง 42-91 วัน วัสดุหมักชั้นล่างจะเข้าสู่สภาวะเสถียรที่อายุการหมักประมาณ 42-77 วัน โดยจะเข้าสู่สภาวะเสถียรก่อนวัสดุหมักชั้นอื่น ประมาณ 1-2 สัปดาห์ ส่วนวัสดุหมักชั้นบน และชั้นกลาง จะเข้าสู่สภาวะเสถียรภายในระยะเวลาที่ใกล้เคียงกัน

### 4.3.1.3 การเปลี่ยนแปลงของลักษณะสมบัติทางชีวภาพ

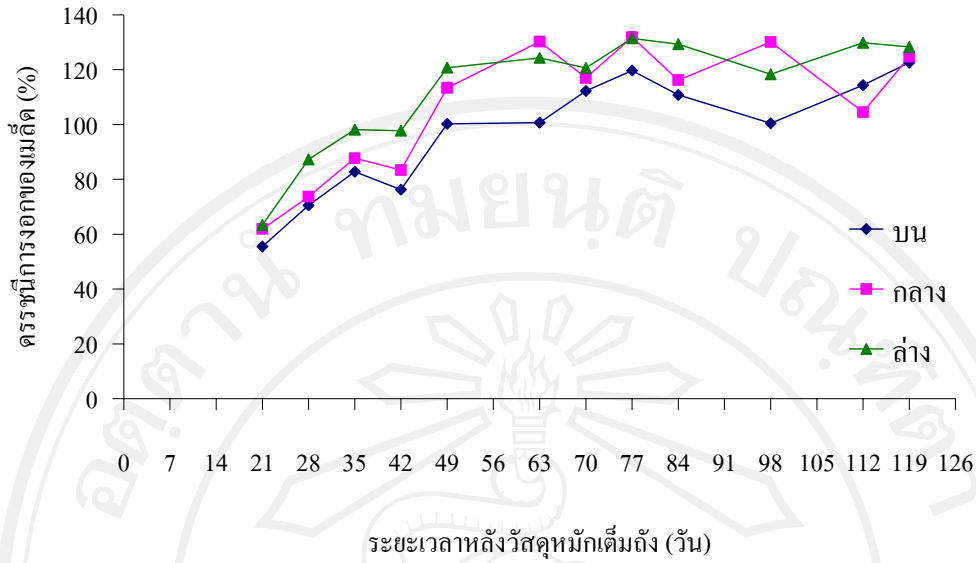
#### ดรชนีการงอกของเมล็ดผักกาด

มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 2548 ระบุว่า ปุ๋ยหมักที่ได้ที่แล้วต้องมีค่าดรชนีการงอกของเมล็ดมากกว่าร้อยละ 80 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงดรชนีการงอกของเมล็ดผักกาดของวัสดุหมักทั้ง 6 ถึง ตั้งแต่เติมวัสดุหมักเต็มถึงจนกระทั่งสิ้นสุดกระบวนการหมัก รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 120 วัน ได้แสดงในภาคผนวก ค ตารางที่ ค.9 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

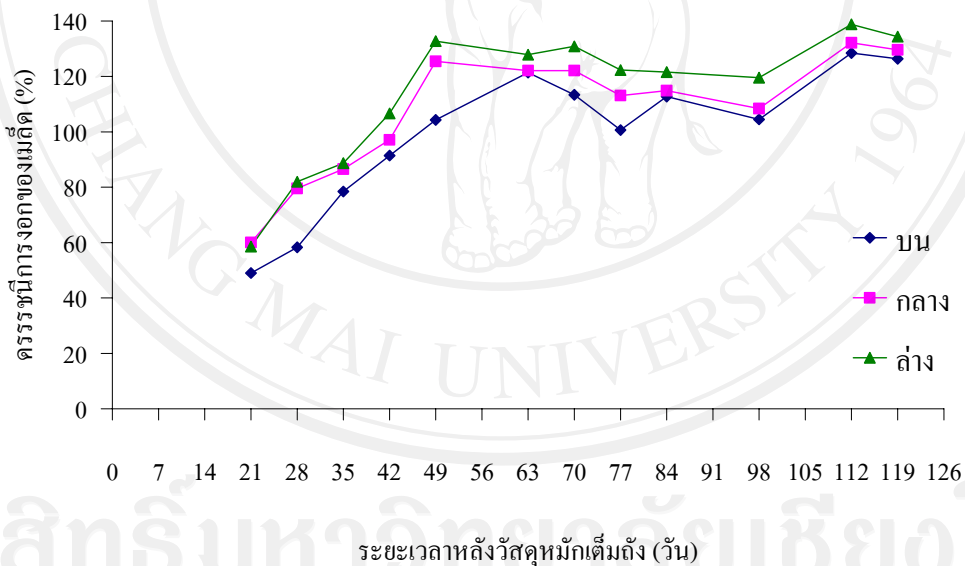
การเปลี่ยนแปลงดรชนีการงอกของเมล็ดผักกาดของวัสดุหมักแต่ละชั้นของถังหมักทั้ง 6 ใบ มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือในระหว่างการหมักดรชนีการงอกของเมล็ดผักกาดมีค่าเพิ่มขึ้นจากช่วงแรกของการหมักที่มีค่าต่ำกว่าร้อยละ 80 จนมีค่ามากกว่าร้อยละ 80 เมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น สามารถอธิบายได้ว่ากระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์เกิดขึ้นตลอดช่วงการหมัก เนื่องจากในช่วงแรกของการหมักสารที่เป็นพิษต่อพืช (Phototoxic substance) ได้แก่ แก๊สแอมโมเนียและกรดอินทรีย์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการหมักปุ๋ยมีค่ามากจนถึงระดับที่เป็นอันตรายต่อพืชค่าดรชนีการงอกของเมล็ดผักกาดจึงมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 80 ต่อมาเมื่อเกิดกระบวนการหมักขึ้นในถังหมักปริมาณสารที่เป็นพิษต่อพืชจึงมีค่าลดลงส่งผลให้ค่าดรชนีการงอกของเมล็ดผักกาดมีค่าเพิ่มขึ้นจนมีค่ามากกว่าร้อยละ 80 (กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2548)

การเปลี่ยนแปลงดรชนีการงอกของเมล็ดผักกาดของวัสดุหมักแต่ละชั้น ในถังหมักใบที่ 1 ได้แสดงดังรูปที่ 4.44 พบว่าในระหว่างการหมักดรชนีการงอกของเมล็ดผักกาดของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 55.5 เป็น 122.6, 61.9 เป็น 124.7 และ 63.4 เป็น 128.3 ตามลำดับ และพบว่าวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าดรชนีการงอกของเมล็ดผักกาดมากกว่าร้อยละ 80 วันที่ 42, 35 และ 28 หลังวัสดุหมักเต็มถัง ตามลำดับ

การเปลี่ยนแปลงดรชนีการงอกของเมล็ดผักกาดของวัสดุหมักแต่ละชั้น ในถังหมักใบที่ 2 ได้แสดงดังรูปที่ 4.45 พบว่าในระหว่างการหมักดรชนีการงอกของเมล็ดผักกาดของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 49.0 เป็น 126.4, 60.1 เป็น 129.6 และ 58.6 เป็น 134.4 ตามลำดับ และพบว่าวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าดรชนีการงอกของเมล็ดผักกาดมากกว่าร้อยละ 80 วันที่ 42, 35 และ 28 หลังวัสดุหมักเต็มถัง ตามลำดับ

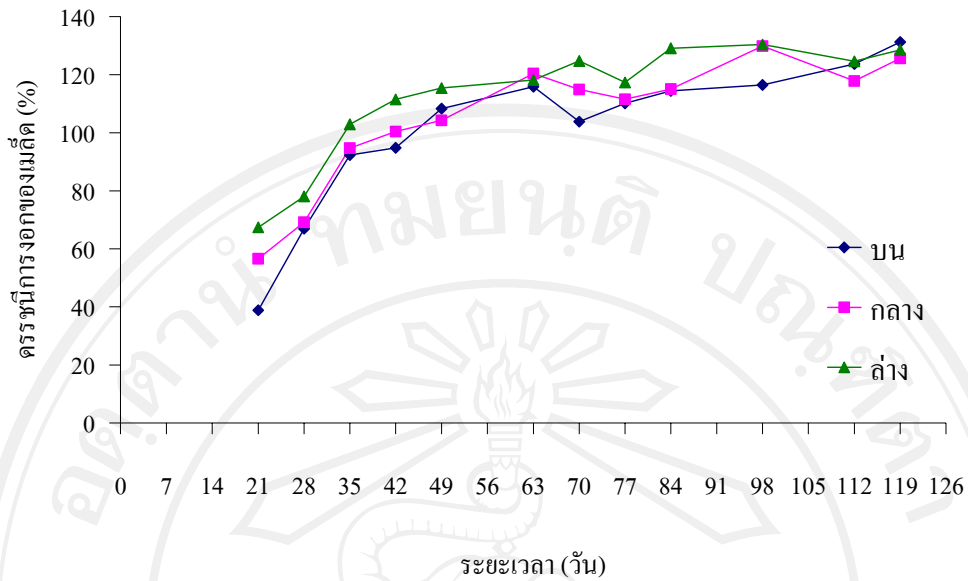


รูปที่ 4.44 การเปลี่ยนแปลงครชนีการงอกของเมล็ดฝักกาคของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 1



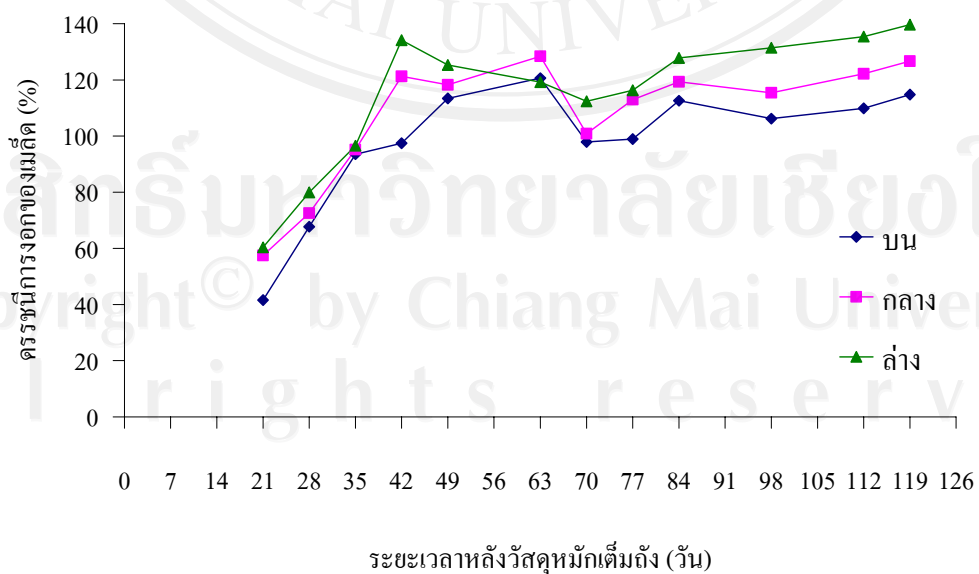
รูปที่ 4.45 การเปลี่ยนแปลงครชนีการงอกของเมล็ดฝักกาคของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 2

การเปลี่ยนแปลงครชนีการงอกของเมล็ดฝักกาคของวัสดุหมักแต่ละชั้น ในถังหมักใบที่ 3 ได้แสดงดังรูปที่ 4.46 พบว่าในระหว่างการหมักครชนีการงอกของเมล็ดฝักกาคของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 38.85 เป็น 131.3, 56.59 เป็น 125.7 และ 67.44 เป็น 128.5 ตามลำดับ และพบว่าวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าครชนีการงอกของเมล็ดฝักกาคมากกว่าร้อยละ 80 วันที่ 30, 30 และ 28 หลังวัสดุหมักเต็มถึง ตามลำดับ



รูปที่ 4.46 การเปลี่ยนแปลงดรชนีการรอกของเมล็ดฝักกาดของวัสดุหมักแต่ละชั้น ในถังหมักใบที่ 3

การเปลี่ยนแปลงดรชนีการรอกของเมล็ดฝักกาดของวัสดุหมักแต่ละชั้น ในถังหมักใบที่ 4 ได้แสดงดังรูปที่ 4.47 พบว่าในระหว่างการหมักดรชนีการรอกของเมล็ดฝักกาดของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 41.57 เป็น 114.8, 57.46 เป็น 126.7 และ 60.36 เป็น 139.7 ตามลำดับ และพบว่าวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าดรชนีการรอกของเมล็ดฝักกาดมากกว่าร้อยละ 80 วันที่ 30, 30 และ 28 หลังวัสดุหมักเต็มถัง ตามลำดับ

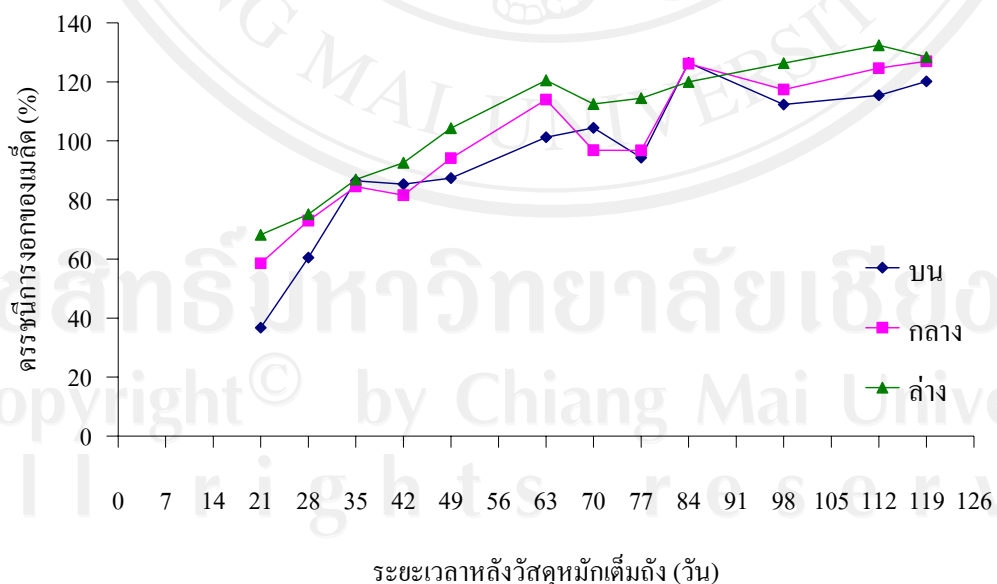


รูปที่ 4.47 การเปลี่ยนแปลงดรชนีการรอกของเมล็ดฝักกาดของวัสดุหมักแต่ละชั้น ในถังหมักใบที่ 4

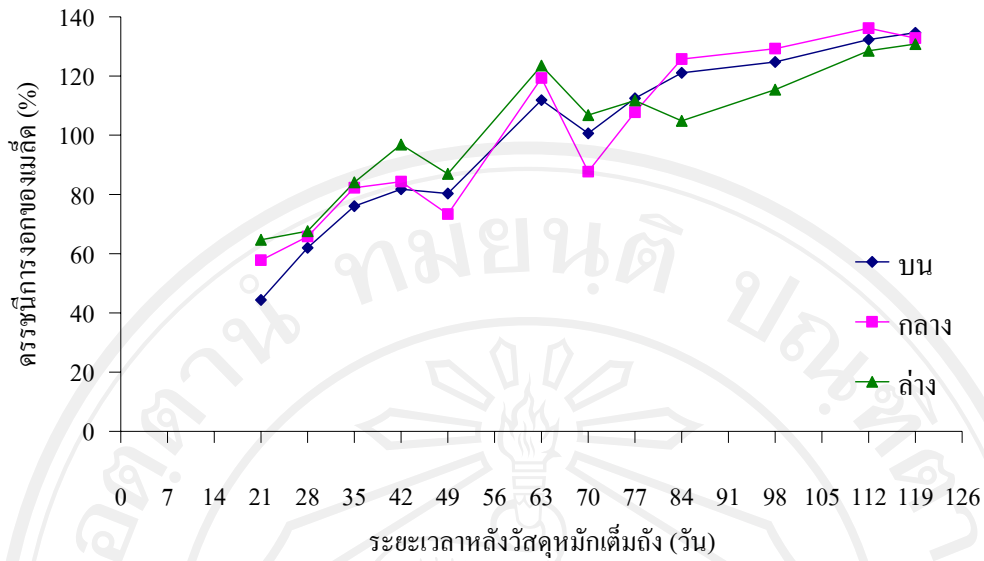
การเปลี่ยนแปลงครรชนีการงอกของเมล็ดฝักกาดของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถึงหมักใบที่ 5 ได้แสดงดังรูปที่ 4.48 พบว่าในระหว่างการหมักครรชนีการงอกของเมล็ดฝักกาดของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 36.73 เป็น 120.2, 58.54 เป็น 125.0 และ 68.18 เป็น 128.4 ตามลำดับ และพบว่าวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าครรชนีการงอกของเมล็ดฝักกาดมากกว่าร้อยละ 80 วันที่ 35, 35 และ 32 หลังวัสดุหมักเต็มถึง ตามลำดับ

การเปลี่ยนแปลงครรชนีการงอกของเมล็ดฝักกาดของวัสดุหมักแต่ละชั้น ในถึงหมักใบที่ 6 ได้แสดงดังรูปที่ 4.49 พบว่าในระหว่างการหมักครรชนีการงอกของเมล็ดฝักกาดของวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 44.39 เป็น 134.6, 57.78 เป็น 132.8 และ 64.71 เป็น 130.8 ตามลำดับ และพบว่าวัสดุหมักชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าครรชนีการงอกของเมล็ดฝักกาดมากกว่าร้อยละ 80 วันที่ 49, 42 และ 35 หลังวัสดุหมักเต็มถึง ตามลำดับ

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าเมื่อพิจารณาจากครรชนีการงอกของเมล็ดฝักกาด การหมักในถึงหมักทั้ง 6 ถึงจะเข้าสู่สภาวะเสถียรในช่วง 28-49 วันวัสดุหมักชั้นล่างจะเข้าสู่สภาวะเสถียรที่อายุการหมักประมาณ 28-35 วันโดยจะเข้าสู่สภาวะเสถียรก่อนวัสดุหมักชั้นอื่นประมาณ 1-2 สัปดาห์ ส่วนวัสดุหมักชั้นบน และชั้นกลาง จะเข้าสู่สภาวะเสถียรภายในระยะเวลาที่ใกล้เคียงกัน



รูปที่ 4.48 การเปลี่ยนแปลงครรชนีการงอกของเมล็ดฝักกาดของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถึงหมักใบที่ 5



รูปที่ 4.49 การเปลี่ยนแปลงดรชนีการงอกของเมล็ดผักกาดของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 6

### 4.3.2 การเปรียบเทียบสมรรถนะการหมักของถังหมักแต่ละชนิด

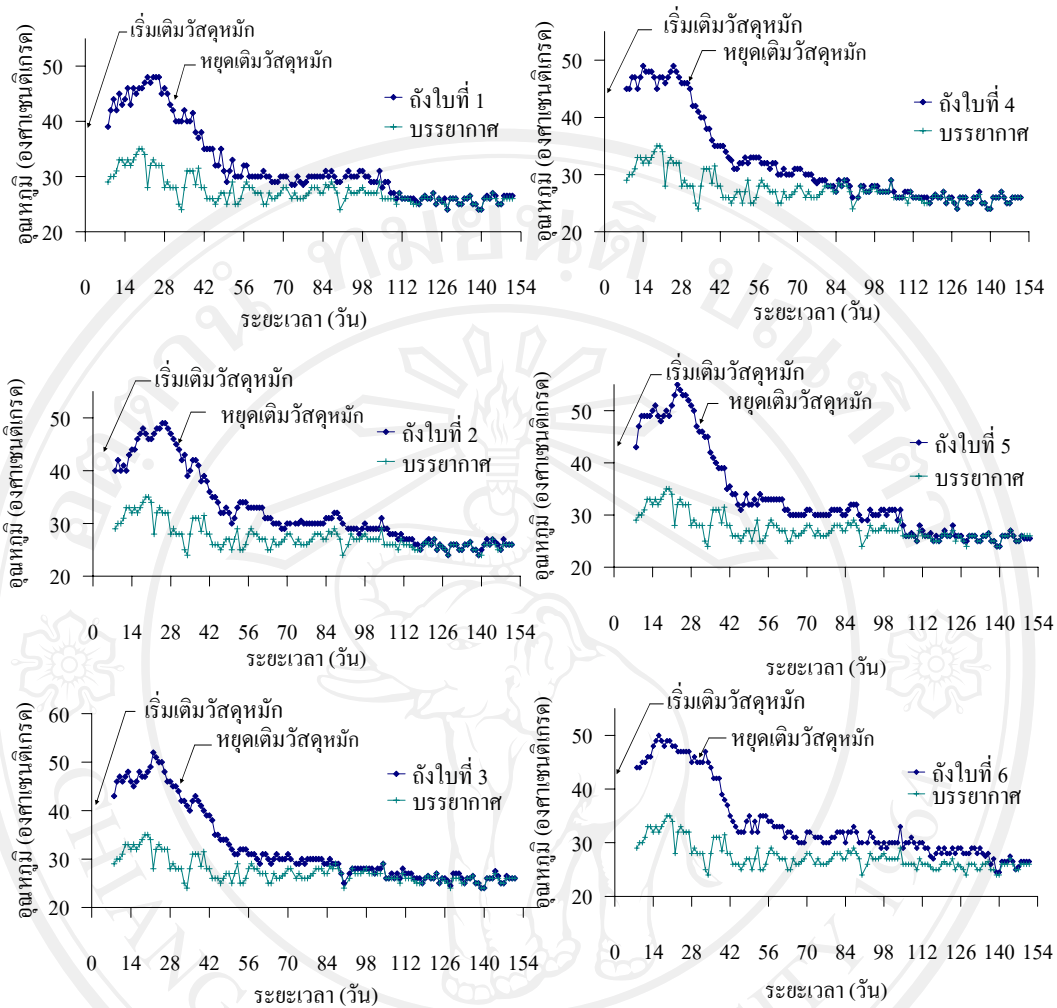
ในการเปรียบเทียบสมรรถนะการหมักของถังหมักแต่ละชนิดในที่นี้ได้ใช้การพิจารณา ลักษณะสมบัติของวัสดุหมักที่จุดกึ่งกลางถังเป็นหลัก โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 4.3.2.1 ลักษณะสมบัติทางกายภาพ

##### ก. อุณหภูมิ

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบอุณหภูมิของวัสดุหมักที่ตำแหน่งกึ่งกลางความสูงของวัสดุหมักทั้ง 6 ถัง ตั้งแต่วัสดุหมักเต็มถึงจนถึงสิ้นสุดกระบวนการหมักรวมระยะเวลาทั้งสิ้น 120 วัน ดังแสดงในรูปที่ 4.50 พบว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุหมักที่จุดกึ่งกลางความสูงของวัสดุหมักทั้ง 6 ใบ มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ ในระหว่างการหมักวัสดุหมักจะมีอุณหภูมิสูงสุดในช่วงแรกของการหมัก และมีค่าลดลงจนมีค่าเข้าใกล้อุณหภูมิบรรยากาศ วัสดุหมักทั้ง 6 ถังมีอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 40, 43, 43, 42, 46 และ 47 °ซ ตามลำดับ และพบว่าวัสดุหมักทั้ง 6 ถังมีอุณหภูมิเข้าใกล้บรรยากาศคงที่วันที่ 77, 77, 55, 49, 75 และ 108 หลังวัสดุหมักเต็มถึงตามลำดับ





รูปที่ 4.50 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุหมักที่ตำแหน่งกึ่งกลางความสูงของชั้นวัสดุหมักทั้ง 6 ชั้น

โดยถังใบที่ 4 ใช้เวลาในการหมักน้อยที่สุด ตามด้วยถังใบที่ 3, 5, 2, 1 และ 6 ตามลำดับเนื่องจากถังใบที่ 4 มีการติดตั้งท่อระบายอากาศแบบปล่องและมีการเจาะช่องเปิดระบายอากาศบริเวณด้านข้างจำนวน 16 ช่อง ทำให้มีการเดิมอากาศที่ดีกว่าถังหมักใบอื่นๆ เป็นผลทำให้ถังใบที่ 4 เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ดีกว่าถังอื่นๆ

ถังใบที่ 3 ใช้เวลาในการหมักน้อยเป็นอันดับที่ 2 เนื่องจากเนื่องจากถังใบที่ 3 มีการติดตั้งท่อระบายอากาศแบบปล่องและมีการเจาะช่องเปิดระบายอากาศบริเวณด้านข้างจำนวน 8 ช่อง ทำให้มีการเดิมอากาศที่ดีกว่าถังหมักใบที่ 5, 1, 2 และ 6 เป็นผลทำให้ถังใบที่ 3 เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ดีกว่าถังใบที่ 5, 1, 2 และ 6

ถังหมักใบที่ 5 ใช้เวลาในการหมักน้อยเป็นอันดับที่ 3 เนื่องจากเนื่องจากถังใบที่ 5 มีการเติมอากาศแบบแพสซีฟโดยใช้ท่อแอลดีพีอี ทำให้ถังใบที่ 5 มีการเติมอากาศที่ดีกว่าถังหมักใบที่ 1, 2 และ 6 เป็นผลทำให้ถังใบที่ 5 เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ดีกว่าถังใบที่ 1, 2 และ 6

ถังใบที่ 2 ใช้เวลาในการหมักน้อยเป็นอันดับที่ 4 เนื่องจากเนื่องจากถังใบที่ 2 มีการเจาะช่องเปิดระบายอากาศบริเวณด้านข้างจำนวน 16 ช่อง ทำให้มีการเติมอากาศที่ดีกว่าถังหมักใบที่ 1 และ 6 เป็นผลทำให้ถังใบที่ 1 เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ดีกว่าถังใบที่ 1 และ 6

ถังใบที่ 1 ใช้เวลาในการหมักน้อยเป็นอันดับที่ 5 เนื่องจากเนื่องจากถังใบที่ 1 มีการเจาะช่องเปิดระบายอากาศบริเวณด้านข้างจำนวน 8 ช่อง ทำให้มีการเติมอากาศที่ดีกว่าถังหมักใบที่ 6 เป็นผลทำให้ถังใบที่ 1 เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ดีกว่าถังใบที่ 6

ถังหมักใบที่ 6 ใช้ระยะเวลาในการหมักนานที่สุด เนื่องจาก เป็นถังควบคุมไม่มีการเติมอากาศมีปฏิกิริยาการย่อยสลายวัสดุหมักแตกต่างกับถังอื่นๆ คือเป็นการย่อยสลายสารอินทรีย์ส่วนใหญ่เป็นแบบไม่ใช้อากาศ

เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ One-way-ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยของวัสดุหมักในแต่ละถัง ดังแสดงในภาคผนวก ข ตารางที่ ข.2 พบว่ามีรายละเอียดดังนี้

อุณหภูมิเฉลี่ยของวัสดุหมักภายในถังใบที่ 1 และ 2 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ )

อุณหภูมิเฉลี่ยของวัสดุหมักภายในถังใบที่ 1 และ 3 พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ )

อุณหภูมิเฉลี่ยของวัสดุหมักภายในถังใบที่ 2, 4 และ 5 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ )

อุณหภูมิเฉลี่ยของวัสดุหมักภายในถังใบที่ 3 และ 4 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ )

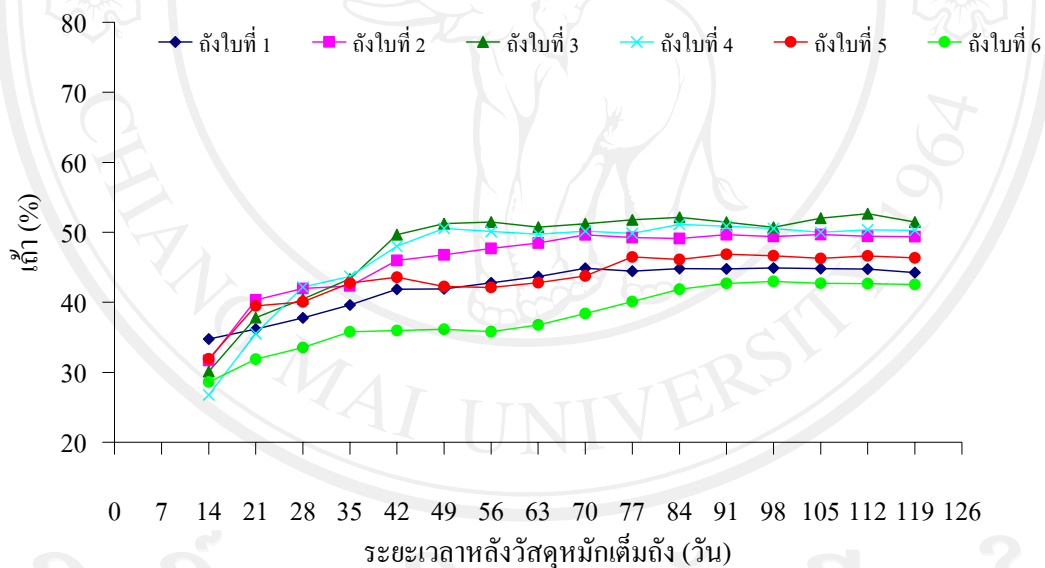
อุณหภูมิเฉลี่ยของวัสดุหมักภายในถังใบที่ 6 มีค่าแตกต่างกับถังใบที่ 1-5 อย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ )

#### ข. เถ้าและของแข็งระเหยได้

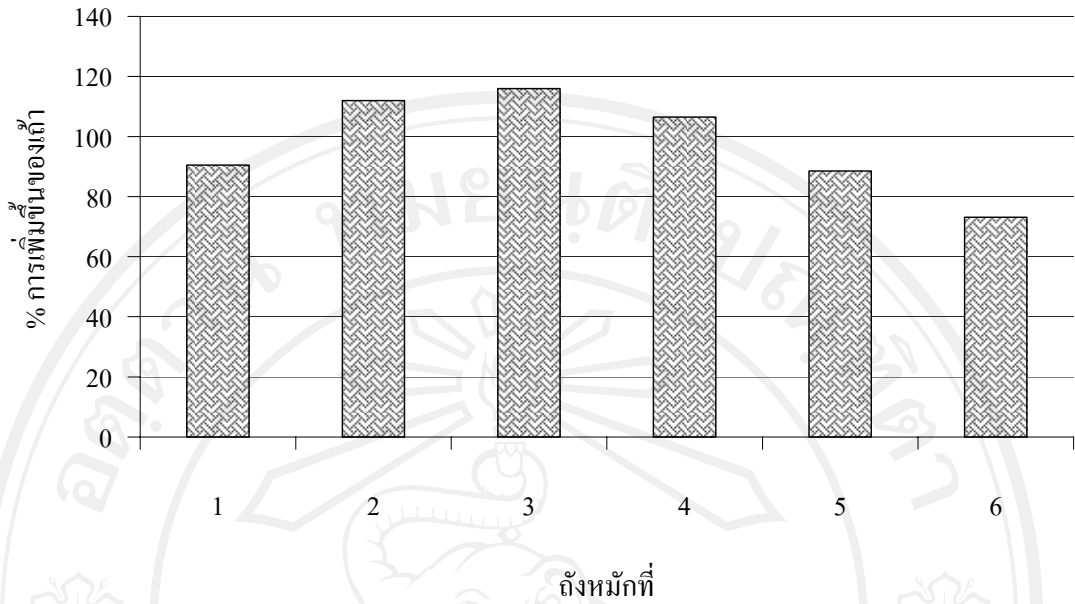
เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณเถ้าและของแข็งระเหยได้ของวัสดุหมักที่ตำแหน่งกึ่งกลางความสูงของชั้นวัสดุหมักทั้ง 6 ถัง ตั้งแต่วัสดุหมักเต็มถึงจนสิ้นสุดกระบวนการหมักรวมระยะเวลาทั้งสิ้น 120 วัน ดังแสดงในรูปที่ 4.51, 4.52, 4.53 และ 4.54 พบว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณเถ้าและของแข็งระเหยได้ของวัสดุหมักที่ตำแหน่งกึ่งกลางความสูงของชั้น

วัสดุหมักภายในถังหมักทั้ง 6 ใบ มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือในระหว่างการหมักปริมาณเถ้าของวัสดุหมักมีค่าเพิ่มขึ้นจนมีค่าคงที่ตามระยะเวลาในการหมัก โดยปริมาณเถ้าเมื่อเริ่มต้นการหมักของทุกถังมีค่าเท่ากับร้อยละ 24.48 และปริมาณเถ้าเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่าเท่ากับร้อยละ 42.37 – 52.87 ในขณะที่ปริมาณของแข็งระเหยได้ของวัสดุหมักมีค่าลดลงจนมีค่าคงที่ตามระยะเวลาในการหมัก ปริมาณของแข็งระเหยได้เมื่อเริ่มต้นการหมักของทุกถังมีค่าเท่ากับร้อยละ 75.52 และปริมาณเถ้าเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่าเท่ากับร้อยละ 47.13 – 57.63

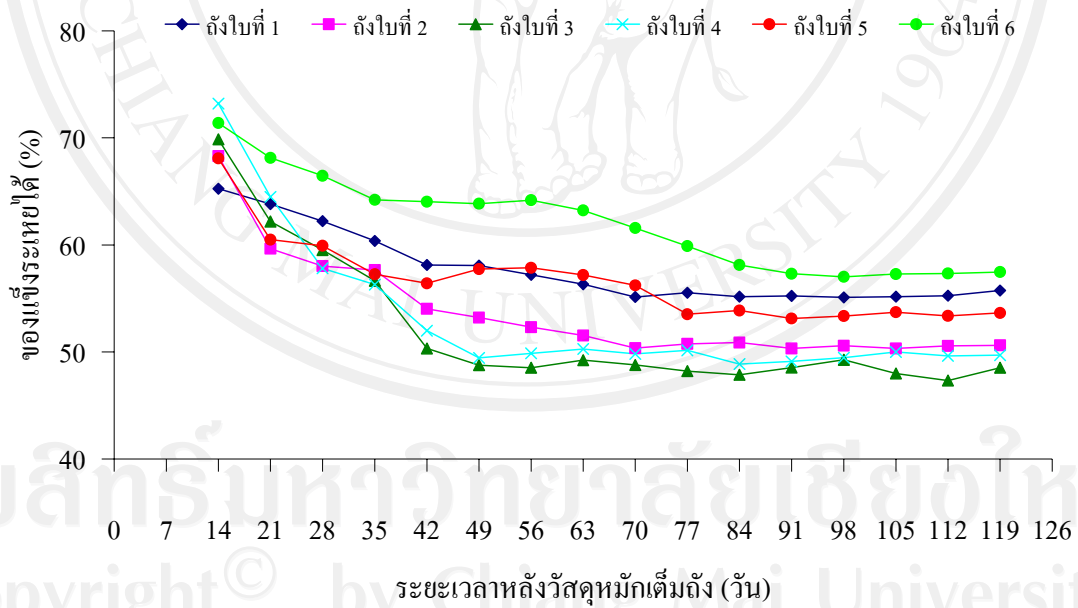
จากการศึกษาพบว่าวัสดุหมักภายในถังหมักใบที่ 1-6 มีปริมาณเถ้าและของแข็งระเหยได้ของวัสดุหมักคงที่วันที่ 70, 70, 49, 49, 77 และ 84 หลังวัสดุหมักเต็มถัง ตามลำดับ โดยถังหมักใบที่ 3 มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณเถ้าและมีแนวโน้มการลดลงของปริมาณของแข็งระเหยได้ของวัสดุหมักที่ตำแหน่งกึ่งกลางความสูงของชั้นวัสดุหมักเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยเริ่มต้นของวัสดุหมักมากที่สุดรองลงมาคือถังหมักใบที่ 2, 4, 1, 5 และ 6 ตามลำดับ



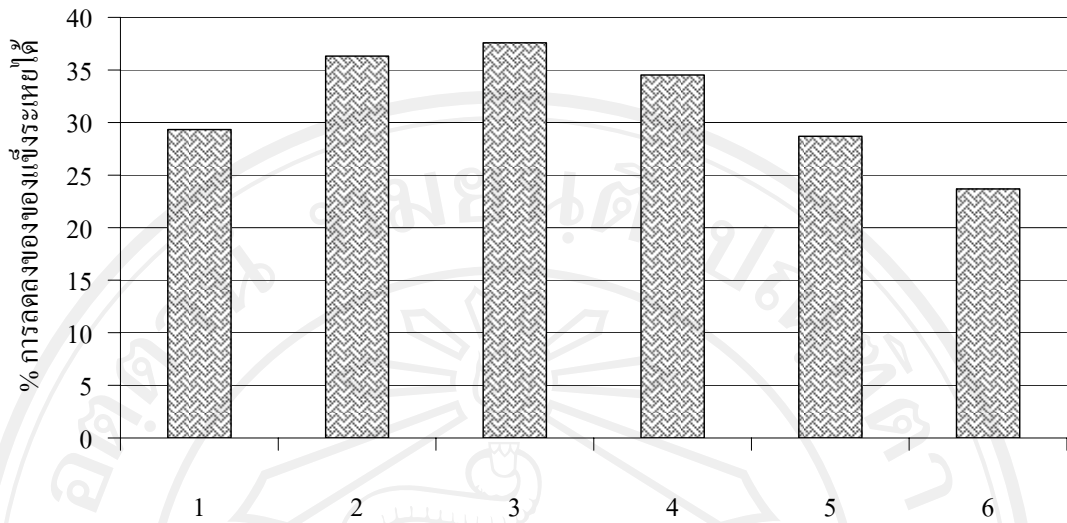
รูปที่ 4.51 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเถ้าของวัสดุหมักที่ตำแหน่งกึ่งกลางความสูงของวัสดุหมักทั้ง 6 ถัง



รูปที่ 4.52 ร้อยละการเพิ่มขึ้นของเง้าที่ตำแหน่งกึ่งกลางความสูงของวัสดุหมักทั้ง 6 ถึง



รูปที่ 4.53 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของเง้าที่ระเหยได้ที่ตำแหน่งกึ่งกลางความสูงของวัสดุหมักทั้ง 6 ถึง



รูปที่ 4.54 ร้อยละการลดลงของของแห้งระเหยได้ที่ตำแหน่งกึ่งกลางความสูงของวัสดุหมักทั้ง 6 ถึง

ถึงใบที่ 2, 3 และ 4 มีอัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณไถ่สูงที่สุด โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณไถ่เมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยเริ่มต้นของวัสดุหมักอยู่ในช่วงร้อยละ 106.5 – 116.0 มีค่ามากกว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณไถ่ของถึงใบที่ 1, 5 และ 6 ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 77.1 – 90.5 เนื่องจากถึงใบที่ 3 และ 4 มีการติดตั้งท่อระบายอากาศแบบปล่อง และมีการเจาะช่องเปิดระบายอากาศบริเวณด้านข้าง ในขณะที่ถึงใบที่ 2 มีการเจาะช่องเปิดระบายอากาศบริเวณด้านข้างจำนวน 16 ช่อง จึงทำให้ถึงใบที่ 2, 3 และ 4 มีการเติมอากาศที่ดีกว่าถึงหมักใบที่ 1, 5 และ 6

ถึงหมักใบที่ 5 มีอัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณไถ่มากกว่าถึงใบที่ 6 เนื่องจากเนื่องจากถึงใบที่ 5 มีการเติมอากาศแบบแพสซิฟโดยใช้ท่อแอลดีพีอีทำให้มีการเติมอากาศที่ดีกว่าถึงหมักใบที่ 6

ถึงหมักใบที่ 6 มีอัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณไถ่น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับทุกถึงและเป็นถึงที่มีระยะเวลาในการหมักจนมีปริมาณไถ่และของแห้งระเหยได้ของวัสดุหมักคงที่นานที่สุด เนื่องจากเป็นถึงควบคุม ไม่มีการเติมอากาศมีปฏิกิริยาการย่อยสลายวัสดุหมักแตกต่างกับถึงอื่นๆ คือเป็นการย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศ

เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ One-way-ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างของไถ่และของแห้งระเหยได้เฉลี่ยของวัสดุหมักในแต่ละถึง ดังแสดงในภาคผนวก ข ตารางที่ ข.3 พบว่ามีรายละเอียดดังนี้

ปริมาณเถ้าและของแข็งระเหยได้เฉลี่ยของวัสดุหมักภายในถังไบที่ 1 และ 2 มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ )

ปริมาณเถ้าและของแข็งระเหยได้เฉลี่ยของวัสดุหมักภายในถังไบที่ 1 และ 3 มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ )

ปริมาณเถ้าและของแข็งระเหยได้เฉลี่ยของวัสดุหมักภายในถังไบที่ 2, 4 และ 5 มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ )

ปริมาณเถ้าและของแข็งระเหยได้เฉลี่ยของวัสดุหมักภายในถังไบที่ 3 และ 4 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ )

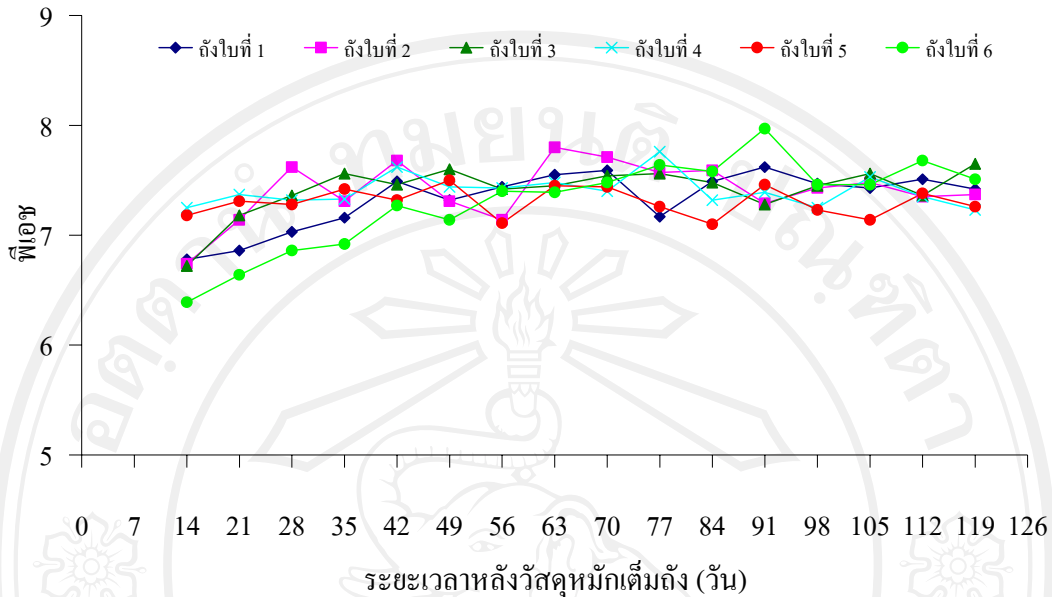
ปริมาณเถ้าและของแข็งระเหยได้เฉลี่ยของวัสดุหมักภายในถังไบที่ 6 มีค่าแตกต่างกับถังไบที่ 1-5 อย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ )

#### 4.3.2.2 ลักษณะสมบัติทางเคมี

##### ก. ฟิเอช

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าฟิเอชของวัสดุหมักที่ตำแหน่งกึ่งกลางความสูงของชั้นวัสดุหมักทั้ง 6 ถัง ตั้งแต่เติมวัสดุหมักเต็มถังจนกระทั่งสิ้นสุดกระบวนการหมักรวมระยะเวลาทั้งสิ้น 120 วัน ดังแสดงในรูปที่ 4.55 พบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าฟิเอชของวัสดุหมักที่ตำแหน่งกึ่งกลางความสูงของชั้นวัสดุหมักของถังหมักทั้ง 6 ไบ มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ ในระหว่างการหมักค่าฟิเอชของวัสดุหมักในแต่ละชั้นมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 6.05 จนมีค่ามากกว่า 7 ภายในระยะเวลา 14 – 30 วัน

เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ One-way-ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างของฟิเอชเฉลี่ยของวัสดุหมักในแต่ละถัง ดังแสดงในภาคผนวก ข ตารางที่ ข.4 พบว่าฟิเอชเฉลี่ยของวัสดุหมักที่ตำแหน่งกึ่งกลางความสูงของชั้นวัสดุหมักภายในถังไบที่ 1 2 3 4 5 และ 6 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ )



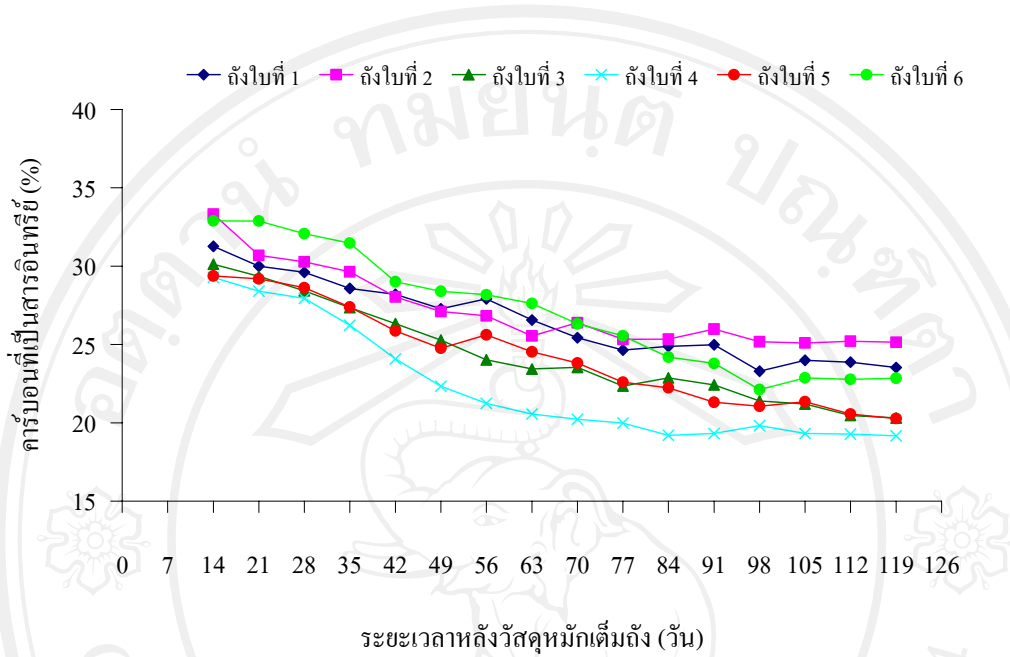
รูปที่ 4.55 การเปลี่ยนแปลงฟิโชนของวัสดุหมักที่ตำแหน่งกึ่งกลางความสูงของวัสดุหมักทั้ง 6 ถึง

#### ข. คาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์

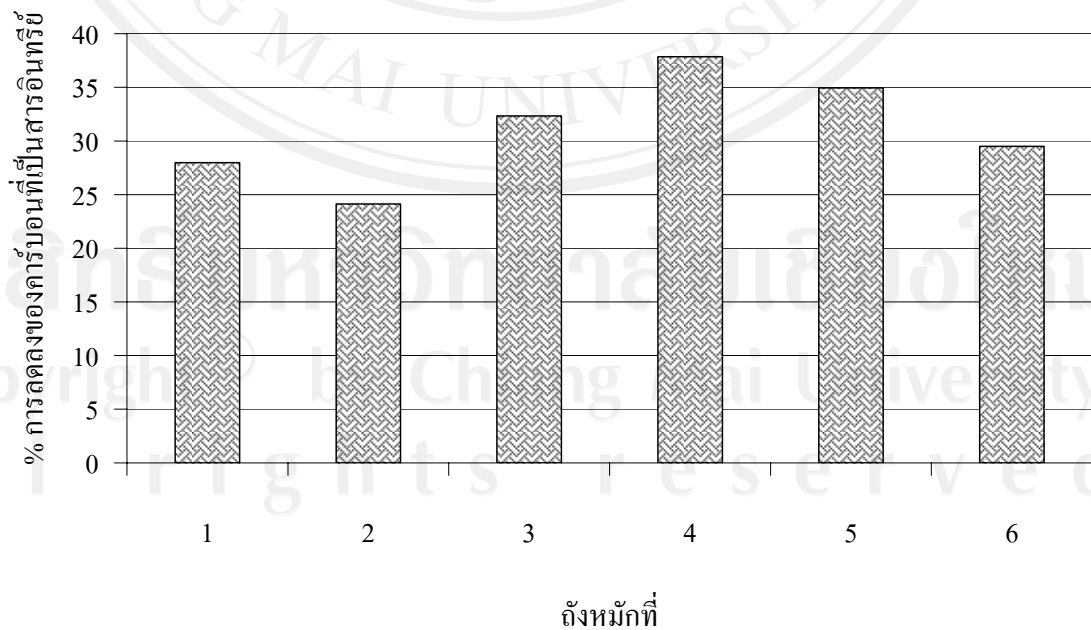
เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ของวัสดุหมักที่ตำแหน่งกึ่งกลางความสูงของชั้นวัสดุหมักทั้ง 6 ถึงตั้งแต่เดิมวัสดุหมักเต็มถึงจนกระทั่งสิ้นสุดกระบวนการหมัก รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 120 วัน ดังแสดงในรูปที่ 4.56 และ 4.57 พบว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ของวัสดุหมักที่ตำแหน่งกึ่งกลางความสูงของชั้นวัสดุหมักทั้ง 6 ใบ มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือในระหว่างการหมักปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ของวัสดุหมักในแต่ละชั้นมีค่าลดลงตามระยะเวลาในการหมัก โดยปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์เริ่มต้นการหมักของทุกถึงมีค่าเท่ากับร้อยละ 35.43 และปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์เมื่อสิ้นสุดการทดลอง มีค่าเท่ากับร้อยละ 19.21-25.25 โดยถึงหมักใบที่ 4 มีแนวโน้มการลดลงของปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์มากที่สุด รองลงมาคือถึงหมักใบที่ 5, 3, 6, 1 และ 2 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ที่ตำแหน่งกึ่งกลางความสูงของชั้นวัสดุหมักทั้ง 6 ใบเทียบกับค่าเฉลี่ยเริ่มต้นของวัสดุหมัก พบว่าถึงหมักใบที่ 3, 4 และ 5 มีอัตราการลดลงของปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์อยู่ในช่วงร้อยละ 32.3 – 37.9 มีค่ามากกว่าถึงใบที่ 1, 2 และ 6 ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 24.1 – 29.5 เนื่องจากถึงใบที่ 3 และ 4 มีการติดตั้งท่อระบายอากาศแบบปล่อง และมีการเจาะช่องเปิดระบายอากาศบริเวณด้านข้าง และถึงใบ

ที่ 5 มีการระบายอากาศแบบแพสซีฟโดยใช้ท่อแอลดีพีอี จึงทำให้ถึงใบที่ 3, 4 และ 5 มีการเติมอากาศที่ต่ำกว่าถึงหมักใบที่ 1, 2 และ 6



รูปที่ 4.56 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ของวัสดุหมักที่ตำแหน่งกึ่งกลาง ความสูงของวัสดุหมักทั้ง 6 ถึง



รูปที่ 4.57 ร้อยละการลดลงของคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ของวัสดุหมักที่ตำแหน่งกึ่งกลาง ความสูงของวัสดุหมักทั้ง 6 ถึง



เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ One-way-ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างของคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ละลายของวัสดุหมักในแต่ละถัง ดังแสดงในภาคผนวก ข ตารางที่ ข.5 พบว่ามีรายละเอียดดังนี้

ปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ละลายของวัสดุหมักภายในถังใบที่ 1 และ 2 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ )

ปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ละลายของวัสดุหมักภายในถังใบที่ 1 และ 3 มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ )

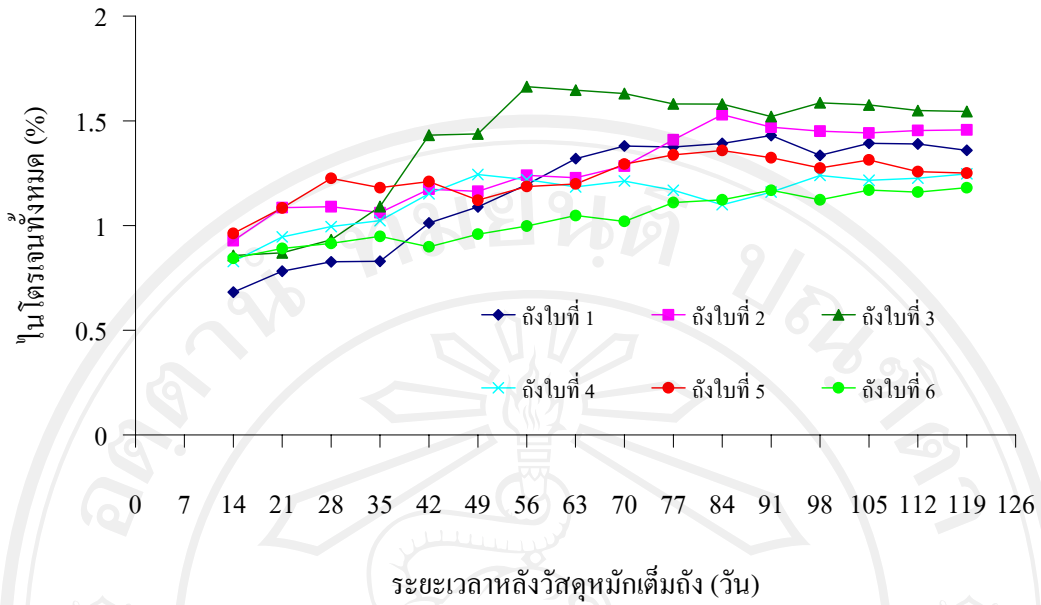
ปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ละลายของวัสดุหมักภายในถังใบที่ 2 มีค่าแตกต่างกับถังใบที่ 4 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ ) และถังใบที่ 4 มีค่าไม่แตกต่างกับถังใบที่ 5 อย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ )

ปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ละลายของวัสดุหมักภายในถังใบที่ 3 และ 4 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ )

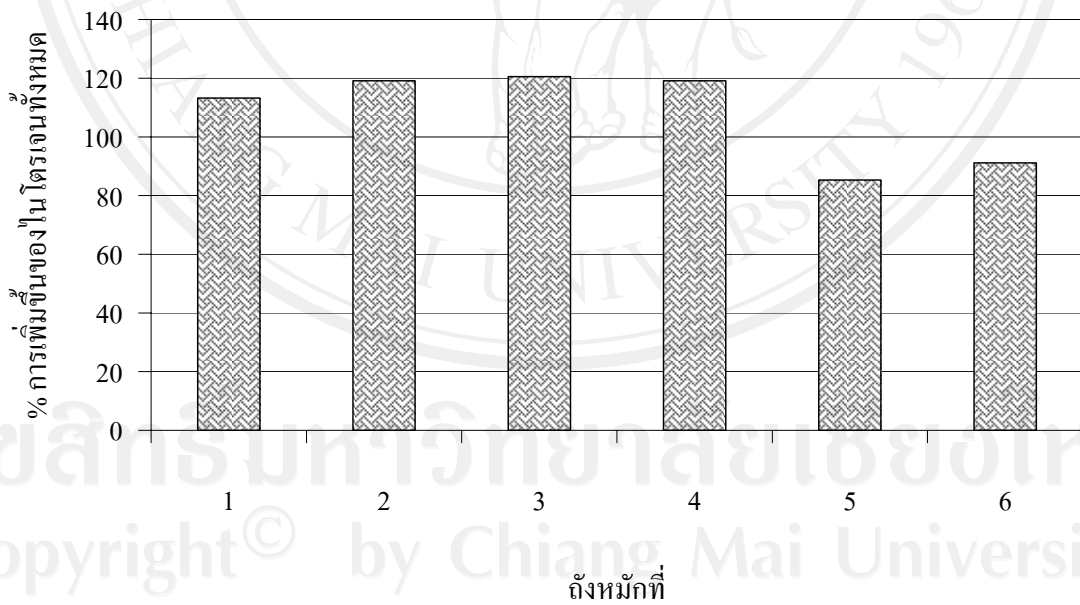
ปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ละลายของวัสดุหมักภายในถังใบที่ 6 มีค่าแตกต่างกับถังใบที่ 5 อย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ ) และถังใบที่ 6 มีค่าไม่แตกต่างกับถังใบที่ 1 – 4 อย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ )

#### ค. ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของวัสดุหมักที่ตำแหน่งกึ่งกลางความสูงของชั้นวัสดุหมักทั้ง 6 ถัง ตั้งแต่เติมวัสดุหมักเต็มถึงจนกระทั่งสิ้นสุดกระบวนการหมัก รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 120 วัน ดังแสดงในรูปที่ 4.58 และ 4.59 พบว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของวัสดุหมักที่ตำแหน่งกึ่งกลางความสูงของชั้นวัสดุหมักทั้ง 6 ใบ มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ ในระหว่างการหมักปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของวัสดุหมักในแต่ละชั้นมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการหมัก โดยปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเมื่อเริ่มต้นการหมักของทุกถังมีค่าเท่ากับร้อยละ 0.68 และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่าเท่ากับร้อยละ 1.18 – 1.54 โดยถังหมักใบที่ 3 มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยเริ่มต้นของวัสดุหมักมากที่สุดรองลงมาคือถังหมักใบที่ 4, 2, 1, 6 และ 5 ตามลำดับ



รูปที่ 4.58 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของวัสดุหมักที่ตำแหน่งกึ่งกลางความสูงของวัสดุหมักทั้ง 6 ถัง



รูปที่ 4.59 ร้อยละการเพิ่มขึ้นของไนโตรเจนทั้งหมดของวัสดุหมักที่ตำแหน่งกึ่งกลางความสูงของวัสดุหมักทั้ง 6 ถัง

เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ One-way-ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยของวัสดุหมักในแต่ละถัง ดังแสดงในภาคผนวก ข ตารางที่ ข.6 พบว่ามีรายละเอียดดังนี้

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยของวัสดุหมักภายในถังใบที่ 1 และ 2 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ )

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยของวัสดุหมักภายในถังใบที่ 1 และ 3 มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ )

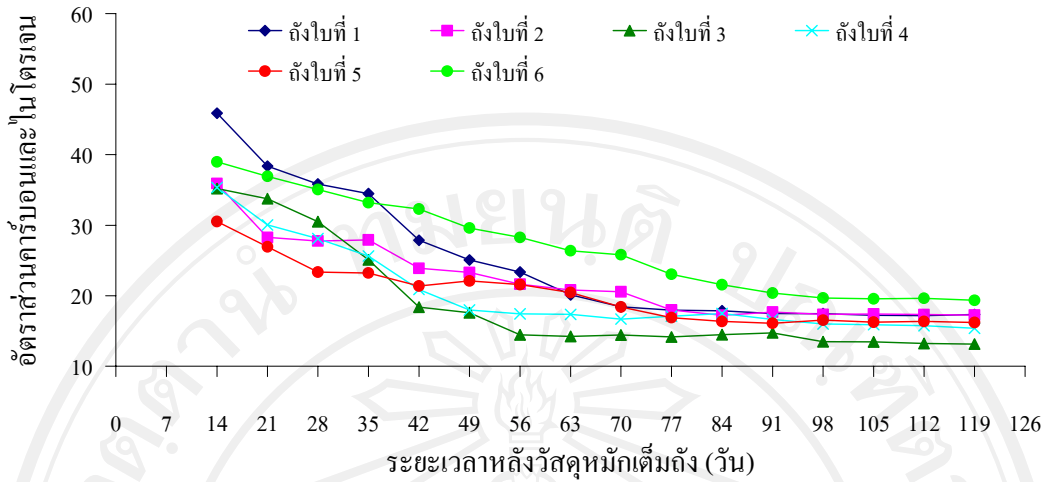
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยของวัสดุหมักภายในถังใบที่ 2 มีค่าแตกต่างกับถังใบที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ ) ในขณะที่ถังใบที่ 2 มีค่าไม่แตกต่างกับถังใบที่ 5 อย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ ) และถังใบที่ 4 มีค่าไม่แตกต่างกับถังใบที่ 5 อย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ )

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยของวัสดุหมักภายในถังใบที่ 3 และ 4 มีค่าแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ )

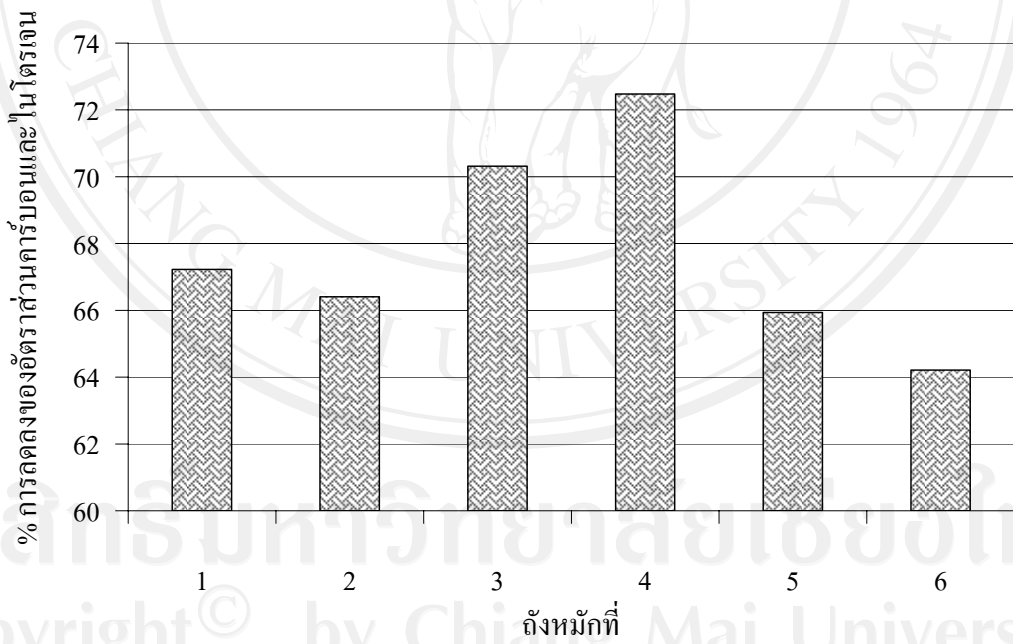
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยของวัสดุหมักภายในถังใบที่ 6 มีค่าแตกต่างกับถังใบที่ 1-5 อย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ )

#### ง. อัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจน

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการลดลงของอัตราส่วนคาร์บอนและไนโตรเจนของวัสดุหมักที่ตำแหน่งกึ่งกลางความสูงของชั้นวัสดุหมักทั้ง 6 ถัง ตั้งแต่เติมวัสดุหมักเต็มถึงจนกระทั่งสิ้นสุดกระบวนการหมักรวมระยะเวลาทั้งสิ้น 120 วัน ดังแสดงในรูปที่ 4.60 และ 4.61 พบว่า การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนของวัสดุหมักแต่ละชั้นของถังหมักทั้ง 6 ใบ มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือในระหว่างการหมักอัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนของวัสดุหมักมีค่าลดลงจนมีค่าคงที่ตามระยะเวลาในการหมัก 120 วันหลังวัสดุหมักเต็มถึง โดยอัตราส่วนคาร์บอนและไนโตรเจนเมื่อเริ่มต้นการหมักของทุกถัง มีค่าเท่ากับ 53.70 และอัตราส่วนคาร์บอนและไนโตรเจนเมื่อสิ้นสุดการ ทดลองมีค่าเท่ากับ 14.78 – 19.22 โดยถังหมักใบที่ 4 มีแนวโน้มการลดลงของอัตราส่วนคาร์บอนและไนโตรเจนเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยเริ่มต้นของวัสดุหมักมากที่สุด รองลงมาคือถังหมักใบที่ 3, 1, 2, 5 และ 6 ตามลำดับ และพบว่าวัสดุหมักทั้ง 6 ถังมีอัตราส่วนคาร์บอนและไนโตรเจนคงที่วันที่ 77, 77, 56, 49, 77 และ 84 หลังวัสดุหมักเต็มถึงตามลำดับ



รูปที่ 4.60 การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนคาร์บอนและไนโตรเจนของวัสดุหมักที่ตำแหน่งกึ่งกลาง ความสูงของวัสดุหมักทั้ง 6 ถึง



รูปที่ 4.61 ร้อยละการลดลงของอัตราส่วนคาร์บอนและไนโตรเจนของวัสดุหมักที่ตำแหน่งกึ่งกลาง ความสูงของวัสดุหมักทั้ง 6 ถึง

โดยถึงโบที่ 3 และ 4 มีอัตราการลดลงของอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจนมากกว่าถึงโบอื่นๆ เนื่องจากถึงโบที่ 3 และ 4 มีการติดตั้งท่อระบายอากาศแบบปล่องและ

มีการเจาะช่องเปิดระบายอากาศบริเวณด้านข้าง ทำให้มีการเติมอากาศที่ดีกว่าถังหมักใบอื่นๆ เป็นผลทำให้จุลินทรีย์ในถังใบที่ 3 และ 4 ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพดีกว่าถังที่ไม่ได้ติดตั้งท่อระบายอากาศแบบปล่อง

ถังใบที่ 6 มีอัตราการลดลงของอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจนน้อยที่สุด เนื่องจากถังใบที่ 6 มีปฏิริยาการย่อยสลายวัสดุหมักที่แตกต่างกับถังอื่นๆ คือเป็นการย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศ

เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ One-way-ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างของอัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนเฉลี่ยของวัสดุหมักในแต่ละถัง ดังแสดงในภาคผนวก ข ตารางที่ ข.7 พบว่ามีรายละเอียดดังนี้

อัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนเฉลี่ยของวัสดุหมักภายในถังใบที่ 1 และ 2 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ )

อัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนเฉลี่ยของวัสดุหมักภายในถังใบที่ 1 และ 3 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ )

อัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนเฉลี่ยของวัสดุหมักภายในถังใบที่ 2 4 และ 5 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ )

อัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนเฉลี่ยของวัสดุหมักภายในถังใบที่ 3 และ 4 มีค่าไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ )

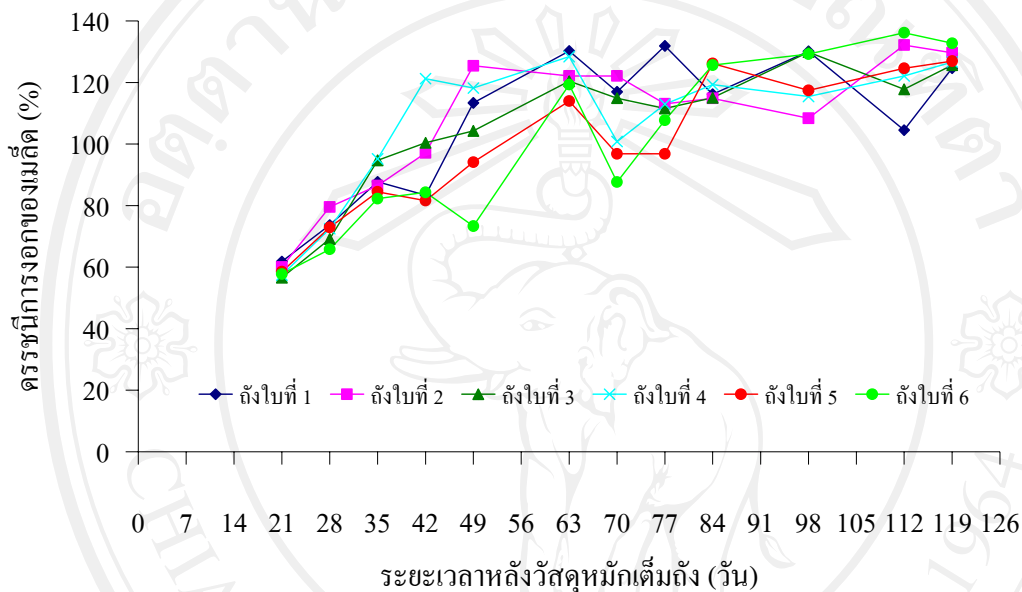
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยของวัสดุหมักภายในถังใบที่ 6 มีค่าแตกต่างกับถังใบที่ 1-5 อย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ )

#### 4.3.2.3 ลักษณะสมบัติทางชีวภาพ

ดรชนีการงอกของเมล็ดผักกาด

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงดรชนีการงอกของเมล็ดผักกาดของวัสดุหมักที่ตำแหน่งกึ่งกลางความสูงของชั้นวัสดุหมักทั้ง 6 ใบ ตั้งแต่เติมวัสดุหมักเต็มถึงจนกระทั่งสิ้นสุดกระบวนการหมักรวมระยะเวลาทั้งสิ้น 120 วัน ดังแสดงในรูปที่ 4.62 พบว่าการเปลี่ยนแปลงดรชนีการงอกของเมล็ดผักกาดของวัสดุหมักทั้ง 6 ถัง มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ ในระหว่างการหมักดรชนีการงอกของเมล็ดผักกาดมีค่าเพิ่มขึ้นจากเดิมที่มีค่าต่ำกว่าร้อยละ 80 ในช่วงแรกของการหมัก จนมีค่ามากกว่าร้อยละ 80 ตามระยะเวลาในการหมัก เมื่อสิ้นสุดการทดลองดรชนีการงอกของเมล็ดผักกาดของวัสดุหมักมีค่าเท่ากับร้อยละ 114.76 – 139.68

เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ One-way-ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างของดรชนีการงอกเฉลี่ยของวัสดุหมักในแต่ละถัง ดังแสดงในภาคผนวก ข ตารางที่ ข.5 พบว่าค่าดรชนีการงอกเฉลี่ยของวัสดุหมักภายในถังใบที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ )



รูปที่ 4.62 การเปลี่ยนแปลงดรชนีการงอกของเมล็ดผักกาดของวัสดุหมักที่ตำแหน่งกึ่งกลางความสูงของวัสดุหมักทั้ง 6 ถัง

#### 4.4 ระยะเวลาที่เหมาะสมต่อกระบวนการหมัก

ในการศึกษานี้ได้มีการประเมินระยะเวลาที่เหมาะสมต่อกระบวนการหมักได้โดยใช้หลักเกณฑ์ในการพิจารณาว่าวัสดุหมักจะเข้าสู่สถานะเสถียรเมื่อการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนคาร์บอนและไนโตรเจนเริ่มมีค่าคงที่และมีค่าน้อยกว่า 20 (Jimenez and Garcia, 1989) เมื่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณเถ้าและของแข็งระเหยได้เริ่มมีค่าคงที่ (อนุภาพ แก้วทอง, 2541) เมื่ออุณหภูมิของปุ๋ยหมักเริ่มมีค่าเข้าใกล้อุณหภูมิบรรยากาศ (Jimenez and Garcia, 1989; Haug, 1993; Polprasert 1991) และเมื่อดรชนีการงอกของเมล็ดผักกาดมีค่ามากกว่าร้อยละ 80 (กรมวิชาการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2548) รายละเอียดของระยะเวลาที่เหมาะสม ต่อกระบวนการหมักและลักษณะทางเคมีกายภาพ และชีวภาพได้แสดงในตารางที่ 4.2 โดยมีรายละเอียดของระยะเวลาที่เหมาะสมต่อกระบวนการหมักได้ดังต่อไปนี้

เมื่อพิจารณาโดยใช้อัตราส่วนคาร์บอนและไนโตรเจนเป็นเกณฑ์พบว่า ถังหมักไบที่ 1-6 มีระยะเวลาที่เหมาะสมต่อกระบวนการหมักเท่ากับ 77, 77, 70, 56, 77 และ 91 วันตามลำดับ หลังวัสดุหมักเต็มถัง เมื่อพิจารณาโดยใช้เถ้าและของแข็งระเหยได้เป็นเกณฑ์พบว่า ถังหมักไบที่ 1-6 มีระยะเวลาที่เหมาะสมต่อกระบวนการหมักเท่ากับ 70, 70, 49, 56, 77 และ 84 วันตามลำดับ หลังวัสดุหมักเต็มถัง เมื่อพิจารณาโดยใช้อุณหภูมิเป็นเกณฑ์พบว่า ถังหมักไบที่ 1-6 มีระยะเวลาที่เหมาะสมต่อกระบวนการหมักเท่ากับ 77, 77, 56, 49, 75 และ 108 วันตามลำดับ หลังวัสดุหมักเต็มถัง และเมื่อพิจารณาโดยใช้ครรชนีการงอกของเมล็ดฝักกาดเป็นเกณฑ์พบว่า ถังหมักไบที่ 1-6 มีระยะเวลาที่เหมาะสมต่อกระบวนการหมักเท่ากับ 42, 42, 30, 30, 35 และ 49 วันตามลำดับ หลังวัสดุหมักเต็มถัง

จากผลการทดลองพบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิเป็นเกณฑ์ในการพิจารณาพบว่า วัสดุหมักใช้ระยะเวลาในการหมักนานที่สุดตามด้วยการใช้อัตราส่วนคาร์บอนและไนโตรเจน เถ้า และของแข็งระเหยได้ และครรชนีการงอกของเมล็ดฝักกาดเป็นเกณฑ์ ตามลำดับ แต่เนื่องจากการทดลองนี้เป็นการทดลองในถังหมักขนาด 200 ลิ. ซึ่งถือว่ามีขนาดเล็กนอกจากนี้ในถังหมัก 5 จาก 6 ถังยังมีการเจาะช่องเปิดด้านล่างของถังและในบางถังยังมีช่องระบายอากาศตรงส่วนกลางของถังอีกด้วยจึงอาจมีผลให้วัสดุหมักสูญเสียความร้อนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักได้ (Mista et al. ,2003) ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้จึงเลือกใช้อัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนเป็นเกณฑ์ในการพิจารณาระยะเวลาที่เหมาะสมต่อกระบวนการหมัก สามารถสรุปได้ว่าถังหมักไบที่ 1-6 มีระยะเวลาที่เหมาะสมต่อกระบวนการหมักเท่ากับ 77, 77, 70, 56, 77 และ 91 วัน ตามลำดับ หลังวัสดุหมักเต็มถัง โดยถังไบที่ 4 มีระยะเวลาที่เหมาะสมต่อกระบวนการหมักน้อยที่สุดเนื่องจากถังไบที่ 4 มีการติดตั้งท่อระบายอากาศแบบปล่อง และมีการเจาะช่องเปิดระบายอากาศบริเวณด้านข้างจำนวน 16 ช่อง ทำให้ถังไบที่ 4 มีการเติมอากาศที่ดีกว่าถังหมักอื่นๆ เมื่อพิจารณาถังหมักไบที่ 6 พบว่าถังหมักไบที่ 6 ใช้ระยะเวลาในการหมักนานที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับถังไบอื่นๆ เนื่องจาก เป็นถังควบคุมไม่มีการเติมอากาศจึงมีอัตราการย่อยสลายวัสดุหมักต่ำกว่าถังอื่นๆ

ตารางที่ 4.2 ระยะเวลาที่เหมาะสมต่อกระบวนการหมักเมื่อพิจารณาถึงลักษณะทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของวัสดุหมักทั้ง 6 ถัง

ถังหมักที่	ระยะเวลาที่เหมาะสมต่อกระบวนการหมัก (วันหลังวัสดุหมักเติมถัง) เมื่อพิจารณาถึงลักษณะทางเคมี กายภาพ และชีวภาพของปุ๋ยหมัก				
	C/N Ratio	เถ้า	ของแข็งระเหยได้	อุณหภูมิ	ดรรรชนีการรอกของเมล็ดผักกาด
1	77	70	70	77	42
2	77	70	70	77	42
3	70	49	49	56	30
4	56	56	56	49	30
5	77	77	77	75	35
6	91	84	84	108	49

#### 4.5 การลดลงของมวล และการกระจายของขนาดปุ๋ยหมักที่ได้เมื่อสิ้นสุดการทดลอง

##### 4.5.1 การลดลงของมวล

การลดลงของมวลใช้การเปรียบเทียบจากน้ำหนักแห้งของปุ๋ยหมักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง กับมวลของน้ำหนักแห้งของวัสดุหมักเมื่อเริ่มต้นการทดลอง จากนั้นจึงนำมาคำนวณหาร้อยละของมวลโดยน้ำหนักแห้งที่หายไประหว่างกระบวนการหมัก โดยวิธีการคำนวณแสดงในภาคผนวก ง

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการลดลงของมวลของวัสดุหมักทั้ง 6 ถัง ดังแสดงในรูปที่ 4.63 พบว่าเมื่อเริ่มต้นการหมักวัสดุหมักของทุกถังมีมวลโดยน้ำหนักแห้งเท่ากับ 19.94 กก. เมื่อสิ้นสุดการทดลองมีมวลโดยน้ำหนักแห้งเท่ากับ 7.19 – 11.01 ถังหมักทั้ง 6 ถังมีอัตราการลดลงของมวลอยู่ในช่วงร้อยละ 40.33 – 61.54 โดยถังหมักใบที่ 4 มีอัตราการลดลงของมวลมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 61.54 รองลงมาคือถังหมักใบที่ 3, 5, 2, 1 และ 6 มีอัตราการลดลงของมวลเท่ากับ 59.38, 52.17, 48.97, 47.57 และ 40.33 ตามลำดับ เนื่องจากถังใบที่ 4 มีการติดตั้งท่อระบายอากาศแบบปล่องและมีการเจาะช่องเปิดระบายอากาศบริเวณด้านข้างจำนวน 16 ช่อง ทำให้มีการเติมอากาศที่ดีกว่าถังหมักใบอื่นๆ เป็นผลทำให้จุลินทรีย์ในถังที่ 4 ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพดีที่สุด

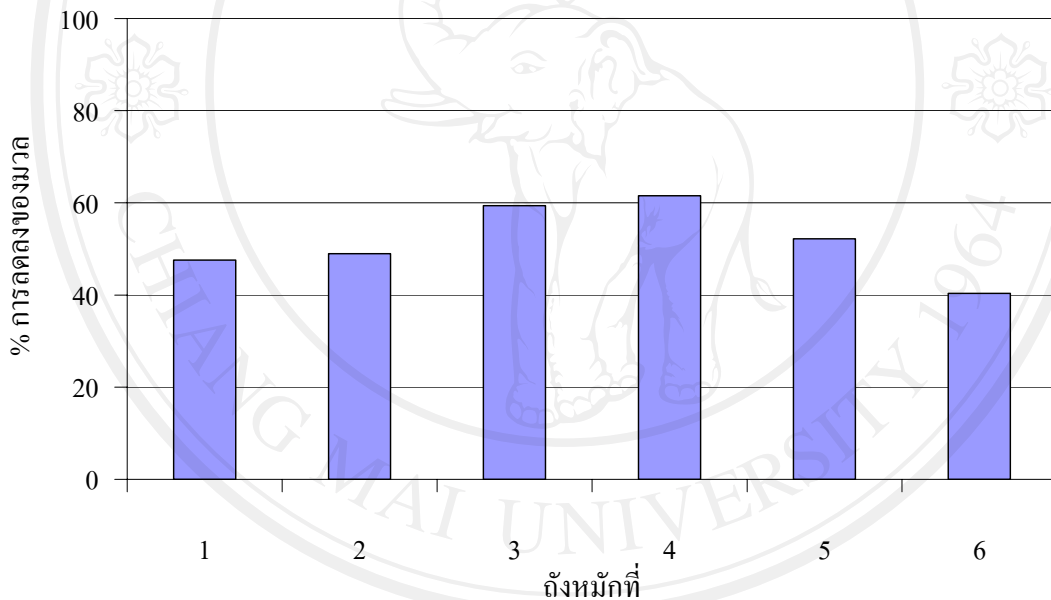
ถังใบที่ 3 มีอัตราการลดลงของมวลมากเป็นอันดับที่ 2 เนื่องจากเนื่องจากถังใบที่ 3 มีการติดตั้งท่อระบายอากาศแบบปล่อง และมีการเจาะช่องเปิดระบายอากาศบริเวณด้านข้างจำนวน 8 ช่อง ทำให้มีการเติมอากาศที่ดีกว่าถังหมักใบที่ 5, 1, 2 และ 6



ถังหมักใบที่ 5 มีอัตราการลดลงของมวลมากเป็นอันดับที่ 3 เนื่องจากถังใบที่ 3 มีการเติมอากาศแบบแพสซีฟโดยใช้ท่อแอลดีพีอีทำให้มีการเติมอากาศที่ดีกว่าถังหมักใบที่ 1, 2 และ 6

ถังใบที่ 2 และ 1 มีอัตราการลดลงของมวลมากเป็นอันดับที่ 4 และ 5 ตามลำดับ พบว่าอัตราการลดลงของมวลของถังใบที่ 2 และ 1 มีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากเนื่องจากถังใบที่ 1 และ 2 มีลักษณะการเติมอากาศแบบแพสซีฟวิธีเดียวกันคือเจาะช่องเปิดระบายอากาศบริเวณด้านข้างแต่แตกต่างกันที่ปริมาณช่องเปิด สามารถระบุได้ว่าจำนวนช่องเปิด 16 ช่อง และ 8 ช่อง ส่งผลให้มีอัตราการลดลงของมวลไม่แตกต่างกัน

ถังหมักใบที่ 6 มีอัตราการลดลงของมวลน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับทุกถัง เนื่องจาก เป็นถังควบคุม ไม่มีการเติมอากาศ มีปฏิกิริยาการย่อยสลายวัสดุหมักแตกต่างกับถังอื่นๆ



รูปที่ 4.63 ร้อยละของการลดลงของมวลของวัสดุหมักทั้ง 6 ถัง

#### 4.5.2 การกระจายของขนาด

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์การกระจายของขนาดของปุ๋ยหมักที่ได้เมื่อสิ้นสุดการทดลอง โดยนำปุ๋ยหมักที่ได้ของแต่ละถังไปร่อนผ่านตะแกรงขนาด 18.75, 12.50 และ 9.35 มม. ทำการชั่งน้ำหนักปุ๋ยหมักที่ค้างบนตะแกรงแต่ละชั้น ทำการคำนวณหาร้อยละโดยปริมาณของปุ๋ยหมักขนาดต่างๆ ได้แสดงในตารางที่ 4.3

จากตารางที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าเมื่อผ่านการหมักแล้วขนาดของปุ๋ยหมักจากถังส่วนใหญ่จะมีค่าน้อยกว่า 12.5 มม. ยกเว้นถังใบที่ 6 ซึ่งเป็นถังควบคุมไม่มีการเติมอากาศ ที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าการ

เติมอากาศแบบแพสซีฟของถังใบที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีผลทำให้จุลินทรีย์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ อากาศสามารถแทรกผ่านไปได้ช่วยเพิ่มออกซิเจนให้แก่จุลินทรีย์นำไปใช้ในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบใช้ออกซิเจนนั่นเอง

ตารางที่ 4.3 ขนาดของปุ๋ยหมักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ขนาด (มม.)	ร้อยละโดยน้ำหนัก					
	ถังใบที่ 1	ถังใบที่ 2	ถังใบที่ 3	ถังใบที่ 4	ถังใบที่ 5	ถังใบที่ 6
> 18.75	4.03	3.61	0.76	1.73	1.99	3.71
12.5 - 18.75	13.42	12.79	10.03	15.47	36.01	49.61
9.375 - 12.5	50.1	35.84	27.77	25.15	21.65	7.92
< 9.375	32.45	47.76	61.44	57.65	40.35	38.76
รวม	100	100	100	100	100	100

ตารางที่ 4.3 ขนาดของปุ๋ยหมักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ต่อ)

ขนาด (มม.)	ร้อยละโดยน้ำหนัก					
	ถังใบที่ 1	ถังใบที่ 2	ถังใบที่ 3	ถังใบที่ 4	ถังใบที่ 5	ถังใบที่ 6
> 18.75	4.03	3.61	0.76	1.73	1.99	3.71
< 18.75	95.97	96.24	99.24	98.27	98.01	96.29
< 12.5	82.55	83.60	89.21	82.28	62.00	46.68
< 9.375	32.45	47.76	61.44	57.65	40.35	38.76

## 4.6 การประเมินผลของการเติมอากาศแบบแพสซีฟในรูปแบบต่างๆ

### 4.6.1 ระหว่างถังใบที่ 1 และ 2

ถังใบที่ 1 และ 2 เป็นถังที่มีการเติมอากาศโดยเจาะช่องเปิดบริเวณด้านข้างถึงจำนวน 8 และ 16 ช่อง ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาระยะเวลาที่เหมาะสมต่อกระบวนการหมักพบว่าถังใบที่ 1 และ 2 มีระยะเวลาที่เหมาะสมต่อกระบวนการหมักเท่ากันคือ 77 วัน เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติ One-way-ANOVA พบว่า ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิของวัสดุหมักช่วงเดิมวัสดุหมัก อุณหภูมิของวัสดุหมักช่วงหลังเติมวัสดุหมักเต็มถึง พีเอช คาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ ไนโตรเจนทั้งหมด อัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจน ธรรมชาติการออกของเมทิลดีคกาด ของวัสดุหมักช่วงหลังเติมวัสดุหมักเต็มถึง และของถัง

ใบที่ 1 และ 2 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ ) ส่วนค่าเฉลี่ยของปริมาณเถ้าและของแข็งระเหยได้ของวัสดุหมักช่วงหลังเติมวัสดุหมักเต็มถึงมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ )

ตารางที่ 4.4 แสดงร้อยละการเปลี่ยนแปลงของลักษณะสมบัติต่างๆของปุ๋ยหมักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง เมื่อพิจารณาร้อยละการลดลงของมวล ร้อยละการลดลงของคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ ร้อยละการเพิ่มขึ้นของไนโตรเจนทั้งหมด ร้อยละการลดลงของอัตราส่วนคาร์บอนและไนโตรเจนพบว่าถึงใบที่ 1 และ 2 มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนร้อยละการเพิ่มขึ้นของเถ้า ร้อยละการลดลงของของแข็งระเหยได้ของถึงใบที่ 1 และ 2 มีค่าแตกต่างกัน

สามารถสรุปได้ว่า การเจาะช่องเปิดด้านข้างถึงจำนวน 8 และ 16 ช่องไม่ส่งผลให้กระบวนการหมักแตกต่างกัน

ตารางที่ 4.4 ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของลักษณะสมบัติต่างๆ ของปุ๋ยหมักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ถึงใบที่	ร้อยละการลดลงของ				ร้อยละการเพิ่มขึ้นของ	
	มวล	C	C/N	VS	N	Ash
1	47.57	27.97	67.23	29.33	113.24	90.48
2	48.97	24.13	66.41	36.31	117.65	112.0
3	59.38	32.32	70.32	37.59	120.6	115.0
4	61.54	37.85	72.48	34.52	119.1	106.5
5	52.17	34.94	65.94	28.68	85.29	88.48
6	40.33	29.49	64.21	23.69	91.18	73.08

#### 4.6.2 ระหว่างถึงใบที่ 1 และ 3

ถึงใบที่ 1 และ 2 เป็นถึงที่มีการเติมอากาศโดยเจาะช่องเปิดบริเวณด้านข้างถึงจำนวน 8 ช่องเท่ากันแต่ต่างกันที่ถึงใบที่ 3 มีการติดตั้งท่อระบายความร้อนแบบปล่องเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาระยะเวลาที่เหมาะสมต่อกระบวนการหมักพบว่าถึงใบที่ 3 มีระยะเวลาในการหมักที่เหมาะสมน้อยกว่าถึงใบที่ 1 โดยถึงใบที่ 1 และ 3 มีระยะเวลาที่เหมาะสมต่อกระบวนการหมักเท่ากับ 77 และ 70 วัน ตามลำดับ

เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ One-way-ANOVA พบว่า ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิของวัสดุหมักช่วงหลังเติมวัสดุหมักเต็มถึง พีเอช คาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ อัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจน ธรรมชาติการงอกของเมล็ดผักกาดของวัสดุหมักช่วงหลังเติมวัสดุหมักเต็มถึง ของถึงใบที่ 1

และ 2 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ ) ส่วนอุณหภูมิเฉลี่ยของวัสดุหมักช่วงเดิมวัสดุหมัก ค่าเฉลี่ยของปริมาณเถ้าและของแข็งระเหยได้และไนโตรเจนทั้งหมดของวัสดุหมักช่วงหลังเดิมวัสดุหมักเต็มถึงมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ )

เมื่อพิจารณาร้อยละการลดลงของคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ ร้อยละการเพิ่มขึ้นของไนโตรเจนทั้งหมด ร้อยละการลดลงของอัตราส่วนคาร์บอนและไนโตรเจน พบว่าถึงปีที่ 1 และ 3 มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนร้อยละการลดลงของมวล ร้อยละการเพิ่มขึ้นของเถ้า ร้อยละการลดลงของของแข็งระเหยได้ ของถึงปีที่ 1 และ 2 มีค่าแตกต่างกัน

สามารถสรุปได้ว่า ในถึงที่มีการเจาะช่องเปิดด้านข้างถึงจำนวน 8 ช่อง การติดตั้งท่อระบายความร้อนแบบปล่องส่งผลให้กระบวนการหมักแตกต่างกัน ดังนั้นถึงหมักปีที่ 3 ที่มีการติดตั้งท่อระบายความร้อนแบบปล่องมีกระบวนการหมักที่ดีกว่าถึงหมักปีที่ 1

#### 4.6.3 ระหว่างถึงปีที่ 2 และ 4

ถึงปีที่ 2 และ 4 เป็นถึงที่มีการเติมอากาศโดยเจาะช่องเปิดบริเวณด้านข้างถึงจำนวน 16 ช่องเท่ากันแต่ต่างกันที่ถึงปีที่ 4 มีการติดตั้งท่อระบายความร้อนแบบปล่องเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาระยะเวลาที่เหมาะสมต่อกระบวนการหมักพบว่าถึงปีที่ 4 มีระยะเวลาในการหมักที่เหมาะสมน้อยกว่าถึงปีที่ 2 โดยถึงปีที่ 2 และ 4 มีระยะเวลาที่เหมาะสมต่อกระบวนการหมักเท่ากับ 77 และ 56 วัน ตามลำดับ

เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ One-way-ANOVA พบว่า ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิของวัสดุหมักช่วงหลังเดิมวัสดุหมักเต็มถึง เถ้าและของแข็งระเหยได้ พีเอช อัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจน ธรรมชาติการออกของเมือกฝ้ากาคของวัสดุหมักช่วงหลังเดิมวัสดุหมักเต็มถึงของถึงปีที่ 2 และ 4 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ ) ส่วนค่าเฉลี่ยของคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ไนโตรเจนทั้งหมดของวัสดุหมักช่วงหลังเดิมวัสดุหมักเต็มถึง และอุณหภูมิเฉลี่ยของวัสดุหมักช่วงเดิมวัสดุหมัก มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ )

เมื่อพิจารณาร้อยละการเพิ่มขึ้นของไนโตรเจนทั้งหมด ร้อยละการลดลงของอัตราส่วนคาร์บอนและไนโตรเจน ร้อยละการเพิ่มขึ้นของเถ้า ร้อยละการลดลงของของแข็งระเหยได้ พบว่าถึงปีที่ 1 และ 2 มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนร้อยละการลดลงของมวล และร้อยละการลดลงของสารอินทรีย์คาร์บอนของถึงปีที่ 1 และ 2 มีค่าแตกต่างกัน

สามารถสรุปได้ว่า ในถึงที่มีการเจาะช่องเปิดด้านข้างถึงจำนวน 16 ช่อง การติดตั้งท่อระบายความร้อนแบบปล่องส่งผลให้กระบวนการหมักแตกต่างกัน ดังนั้นถึงปีที่ 4 ที่มีการติดตั้งท่อระบายความร้อนแบบปล่องมีกระบวนการหมักที่ดีกว่าถึงปีที่ 2

#### 4.6.4 ระหว่างถังใบที่ 3 และ 4

ถังใบที่ 3 และ 4 เป็นถังที่มีการเติมอากาศโดยเจาะช่องเปิดบริเวณด้านข้างถังถึงจำนวน 8 และ 16 ช่องตามลำดับ และมีการติดตั้งท่อระบายความร้อนแบบปล่องทั้งสองถัง

เมื่อพิจารณาระยะเวลาที่เหมาะสมต่อกระบวนการหมักพบว่าถังใบที่ 3 มีระยะเวลาในการหมักที่เหมาะสมน้อยกว่าถังใบที่ 4 โดยถังใบที่ 3 และ 4 มีระยะเวลาที่เหมาะสมต่อกระบวนการหมักเท่ากับ 70 และ 56 วัน ตามลำดับ

เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ One-way-ANOVA พบว่า ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิของวัสดุหมักช่วงเติมวัสดุหมัก อุณหภูมิเฉลี่ยของวัสดุหมักช่วงหลังเติมวัสดุหมักเต็มถัง เถ้าและของแข็งระเหยได้ พีเอช คาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ อัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจน दरชนีการงอกของเมล็ดผักกาด ของวัสดุหมักช่วงหลังเติมวัสดุหมักเต็มถัง ของถังใบที่ 3 และ 4 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ ) ส่วนค่าเฉลี่ยของไนโตรเจนทั้งหมดของวัสดุหมักช่วงหลังเติมวัสดุหมักเต็มถังมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ )

เมื่อพิจารณาร้อยละการเพิ่มขึ้นของไนโตรเจนทั้งหมด ร้อยละการลดลงของอัตราส่วนคาร์บอนและไนโตรเจน ร้อยละการเพิ่มขึ้นของเถ้า ร้อยละการลดลงของของแข็งระเหยได้ ร้อยละการลดลงของมวล และร้อยละการลดลงของสารอินทรีย์คาร์บอน พบว่าถังใบที่ 3 และ 4 มีค่าใกล้เคียงกัน

สามารถสรุปได้ว่า ในถังที่มีการติดตั้งท่อระบายความร้อนแบบปล่อง การเจาะช่องเปิดด้านข้างถึงจำนวน 8 และ 16 ช่อง ไม่ส่งผลให้กระบวนการหมักแตกต่างกัน

#### 4.6.5 ระหว่างถังใบที่ 2, 4 และ 5

ถังใบที่ 2 และ 4 เป็นถังที่มีการเติมอากาศโดยเจาะช่องเปิดบริเวณด้านข้างถึงจำนวน 16 ช่องเท่ากันแต่ต่างกันที่ถังใบที่ 4 มีการติดตั้งท่อระบายความร้อนแบบปล่องเพิ่มขึ้น ส่วนถังหมักใบที่ 5 เป็นถังที่มีการเติมอากาศโดยท่อแอลดีพีอี

เมื่อพิจารณาระยะเวลาที่เหมาะสมต่อกระบวนการหมักพบว่าถังใบที่ 4 มีระยะเวลาในการหมักที่เหมาะสมน้อยที่สุด น้อยกว่าถังใบที่ 2 และ 5 โดยถังใบที่ 2, 4 และ 5 มีระยะเวลาที่เหมาะสมต่อกระบวนการหมักเท่ากับ 77, 56 และ 77 วัน ตามลำดับ

เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ One-way-ANOVA พบว่า ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิเฉลี่ยของวัสดุหมักช่วงหลังเติมวัสดุหมักเต็มถัง เถ้าและของแข็งระเหยได้ พีเอช อัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจน दरชนีการงอกของเมล็ดผักกาด ของวัสดุหมักช่วงหลังเติมวัสดุหมักเต็มถัง ของถังใบที่ 2 และ 4 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ ) ส่วนค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิเฉลี่ยของวัสดุ

หมักช่วงเดิมวัสดุหมัก คาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ ใน โตรเจนทั้งหมดของวัสดุหมักช่วงหลังเดิมวัสดุหมักเต็มถังของถังใบที่ 2 และ 4 มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ )

เมื่อพิจารณาระหว่างถังใบที่ 2 และ 5 พบว่าค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิเฉลี่ยของวัสดุหมักช่วงหลังเดิมวัสดุหมักเต็มถัง เถ้าและของแข็งระเหยได้ พีเอช ใน โตรเจนทั้งหมด อัตราส่วนของคาร์บอน และใน โตรเจน ธรรมชาติการงอกของเมล็ดผักกาด ของวัสดุหมักช่วงหลังเดิมวัสดุหมักเต็มถัง ของถังใบที่ 2 และ 5 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ ) ส่วนค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิเฉลี่ยของวัสดุหมักช่วงเดิมวัสดุหมัก คาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ของวัสดุหมักช่วงหลังเดิมวัสดุหมักเต็มถังของถังใบที่ 2 และ 5 มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ )

เมื่อพิจารณาระหว่างถังใบที่ 4 และ 5 พบว่าค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิเฉลี่ยของวัสดุหมักช่วงหลังเดิมวัสดุหมักเต็มถัง เถ้าและของแข็งระเหยได้ พีเอช คาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ ใน โตรเจนทั้งหมด อัตราส่วนของคาร์บอนและใน โตรเจน ธรรมชาติการงอกของเมล็ดผักกาด ของวัสดุหมักช่วงหลังเดิมวัสดุหมักเต็มถัง ของถังใบที่ 4 และ 5 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ ) ส่วนค่าเฉลี่ยของของอุณหภูมิเฉลี่ยของวัสดุหมักช่วงเดิมวัสดุหมักของถังใบที่ 4 และ 5 มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ )

เมื่อพิจารณาร้อยละการลดลงของมวล พบว่าถังใบที่ 2, 4 และ 5 มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนร้อยละการเพิ่มขึ้นของใน โตรเจนทั้งหมด ร้อยละการลดลงของอัตราส่วนคาร์บอนและใน โตรเจน ร้อยละการเพิ่มขึ้นของเถ้า ร้อยละการลดลงของของแข็งระเหยได้ และร้อยละการลดลงของสารอินทรีย์ คาร์บอนมีค่าแตกต่างกัน

สามารถสรุปได้ว่า ถังใบที่ 4 ที่มีการเจาะช่องเปิดด้านข้างจำนวน 16 ช่องที่มีการติดตั้งท่อระบายความร้อนแบบปล่องมีกระบวนการหมักที่ดีกว่าถังใบที่ 2 ที่มีการเจาะช่องเปิดด้านข้างถึงจำนวน 16 ช่อง และถังใบที่ 5 ที่มีการเติมอากาศด้วยท่อแอลดีพีอี

#### 4.6.5 ระหว่างถังใบที่ 6 และ 1 - 5

ถังใบที่ 1 - 5 เป็นถังที่มีการเติมอากาศแบบแพสซีฟวิธีต่างๆส่วนถังใบที่ 6 เป็นถังควบคุมไม่มีการเติมอากาศ

เมื่อพิจารณาระยะเวลาที่เหมาะสมต่อกระบวนการหมักพบว่าถังใบที่ 6 มีระยะเวลาในการหมักที่เหมาะสมมากกว่าถังใบที่ 1 - 5 โดยถังใบที่ 6 มีระยะเวลาที่เหมาะสมต่อกระบวนการหมักเท่ากับ 91 วัน

เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ One-way-ANOVA พบว่า ค่าเฉลี่ยของพีเอช คาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ ธรรมชาติการงอกของเมล็ดผักกาดของวัสดุหมักช่วงหลังเดิมวัสดุหมักเต็มถังของถังใบที่ 6 มีค่าไม่แตกต่างกับถังใบที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ ) ส่วนค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ

เฉลี่ยของวัสดุหมักช่วงเดิมวัสดุหมัก อุณหภูมิเฉลี่ยของวัสดุหมักช่วงหลังเดิมวัสดุหมักเต็มถึง ถั่ว และของแข็งระเหยได้ ในโตรเจนทั้งหมด อัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนของวัสดุหมักช่วงหลังเดิมวัสดุหมักเต็มถึงของถังใบที่ 6 มีค่าแตกต่างกับถังใบที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ )

เมื่อพิจารณาระหว่างถังใบที่ 6 3 และ 4 พบว่าค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิเฉลี่ยของวัสดุหมักช่วงเดิมวัสดุหมัก คาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ของวัสดุหมัก พีเอช ธรรมชาติการงอกของเมล็ดผักกาด ของวัสดุหมักช่วงหลังเดิมวัสดุหมักเต็มถึงของถังใบที่ 6 มีค่าไม่แตกต่างกับถังใบที่ 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ ) ส่วนค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิเฉลี่ยของวัสดุหมักช่วงหลังเดิมวัสดุหมักเต็มถึง ถั่ว และของแข็งระเหยได้ ในโตรเจนทั้งหมด อัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนช่วงหลังเดิมวัสดุหมักเต็มถึงของถังใบที่ 6 มีค่าแตกต่างกับถังใบที่ 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ )

เมื่อพิจารณาระหว่างถังใบที่ 6 และ 5 พบว่าค่าเฉลี่ยของ พีเอช ธรรมชาติการงอกของเมล็ดผักกาดของวัสดุหมักช่วงหลังเดิมวัสดุหมักเต็มถึงของถังใบที่ 6 มีค่าไม่แตกต่างกับถังใบที่ 5 อย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ ) ส่วนค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิเฉลี่ยของวัสดุหมักช่วงเดิมวัสดุหมัก คาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ ในโตรเจนทั้งหมด อัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจน อุณหภูมิเฉลี่ยของวัสดุหมักช่วงหลังเดิมวัสดุหมักเต็มถึง ถั่วและของแข็งระเหยได้ ของวัสดุหมักช่วงหลังเดิมวัสดุหมักเต็มถึงของถังใบที่ 6 มีค่าแตกต่างกับถังใบที่ 5 อย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ )

สามารถสรุปได้ว่า การเติมอากาศแบบแพสซีฟส่งผลให้กระบวนการหมักแตกต่างกับถังที่ไม่มีการเติมอากาศ ดังนั้นถังใบที่ 1 – 5 ที่มีการเติมอากาศแบบแพสซีฟมีกระบวนการหมักที่ดีกว่าถังใบที่ 6 ที่ไม่มีการเติมอากาศ

#### 4.7 ลักษณะสมบัติของปุ๋ยหมักที่ได้เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก

การศึกษาถึงลักษณะสมบัติของปุ๋ยหมักที่ได้เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักมีวัตถุประสงค์ เพื่อเป็นการประเมินคุณภาพของปุ๋ยหมักพบว่า ค่าพีเอช อัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจน ความสามารถในการแลกเปลี่ยนอออนบวก และแร่ธาตุอาหารหลักของปุ๋ยหมักที่ได้จากถังหมักทั้ง 6 ถัง มีค่าดังแสดงในตารางที่ 4.5 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

##### 4.7.1 สี และกลิ่น

เมื่อตรวจสอบสีของปุ๋ยหมักที่ได้จากถังหมักทุกใบ ดังแสดงในรูปที่ 4.64 ถึง 4.69 พบว่าปุ๋ยหมักมีสีน้ำตาลดำจนถึงสีเกือบดำซึ่งเป็นสีของปุ๋ยหมักที่ได้ที่แล้ว

เมื่อพิจารณากลิ่นของปุ๋ยหมักที่ได้จากถังหมักทุกใบ พบว่ากลิ่นของปุ๋ยหมัก มีกลิ่นคล้ายกลิ่นดิน ไม่มีกลิ่นเหม็นของกรดอินทรีย์ ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าสารอินทรีย์ได้ถูกย่อยสลายจนเข้าสู่สภาวะเสถียรภาพแล้ว

ตารางที่ 4.5 ลักษณะสมบัติปุ๋ยหมักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ถังใบที่	ขนาดเล็ก กว่า 12.5 มม. (%)	ความชื้น (%)	pH	C/N	CEC (Cmol/Kg)	N:P:K
1	82.55	57.15	7.45	17.6	62.8	1.45 : 0.54 : 1.92
2	83.6	55.28	7.19	18.04	63.6	1.49 : 0.55 : 1.66
3	89.2	54.37	7.33	15.99	65.6	1.50 : 0.53 : 1.81
4	82.8	52.44	7.14	14.78	68.2	1.49 : 0.53 : 1.91
5	62.01	60.47	7.22	18.29	63.3	1.26 : 0.56 : 1.85
6	46.68	62.51	7.86	19.22	61.4	1.50 : 0.52 : 1.84
มาตรฐาน กรมวิชาการ เกษตร	100	35	5.5-8.5	20	-	1 : 0.5 : 0.5

#### 4.7.2 ขนาด

ผลการวิเคราะห์ขนาดของปุ๋ยหมักจากถังหมักทั้ง 6 ถัง พบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลองปุ๋ยหมักจากถังหมักใบที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 มีขนาดเล็กกว่า 12.5 x 12.5 มม. เท่ากับร้อยละ 82.55, 83.60, 89.20, 82.80, 62.01 และ 46.68 ตามลำดับ ถ้าต้องการให้ปุ๋ยหมักที่ได้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์กรมวิชาการเกษตรควรนำปุ๋ยหมักที่ได้ไปร่อนผ่านตะแกรงคัดแยกขนาดก่อน

#### 4.7.3 ความชื้น

ผลการวิเคราะห์ค่าความชื้นของปุ๋ยหมักจากถังหมักทั้ง 6 ถัง พบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลองปุ๋ยหมักจากถังหมักใบที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 มีความชื้นร้อยละ 57.15, 55.28, 54.37, 52.44, 60.47 และ 62.51 ตามลำดับ ถ้าต้องการให้ปุ๋ยหมักที่ได้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์กรมวิชาการเกษตรควรนำปุ๋ยหมักที่ได้ไปทำการผึ่งหรืออบต่อเป็นระยะเวลาประมาณ 30 วัน

#### 4.7.4 พีเอช

ผลการวิเคราะห์ค่าพีเอชของปุ๋ยหมักจากถังหมักทั้ง 6 ถัง พบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลองปุ๋ยหมักจากถังหมักใบที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 มีพีเอชเท่ากับ 7.45, 7.19, 7.33, 7.14, 7.22 และ 7.86 ตามลำดับ ซึ่งจะมีค่าผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ตามมาตรฐานกรมวิชาการเกษตร





รูปที่ 4.64 ปุ๋ยหมักจากถังใบที่ 1



รูปที่ 4.65 ปุ๋ยหมักจากถังใบที่ 2



รูปที่ 4.66 ปุ๋ยหมักจากถังใบที่ 3



รูปที่ 4.67 ปุ๋ยหมักจากถังใบที่ 4



รูปที่ 4.68 ปุ๋ยหมักจากถังใบที่ 5



รูปที่ 4.69 ปุ๋ยหมักจากถังใบที่ 6

#### 4.7.5 อัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจน

ผลการวิเคราะห์อัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนของปุ๋ยหมักจากถังหมักทั้ง 6 ถึง พบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลองปุ๋ยหมักจากถังหมักใบที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 มีอัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนเท่ากับ 17.60, 18.04, 15.99, 14.78, 18.29 และ 19.22 ตามลำดับ ซึ่งจะมีค่าผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ตามมาตรฐานกรมวิชาการเกษตร

#### 4.7.6 ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก

ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของปุ๋ยหมักจากถังหมักทั้ง 6 ถึง พบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลองปุ๋ยหมักจากถังหมักใบที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 มีค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเท่ากับ 62.8, 63.6, 65.6, 68.2, 63.3 และ 61.4 cmol/Kg ตามลำดับ ซึ่งพบว่ามีค่าผ่านเกณฑ์การได้ที่ของปุ๋ยหมักของ Harada et al. (1981) Jimenez and Garcia (1989) และ Tizuai et al. (1997) ที่กล่าวว่า ปุ๋ยหมักที่ได้ที่แล้วมีค่า  $CEC \geq 60$  cmol/Kg

#### 4.7.7 แร่ธาตุอาหาร

การพิจารณาแร่ธาตุอาหารที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักปุ๋ยคือการพิจารณาถึงองค์ประกอบของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ซึ่งผลการวิเคราะห์องค์ประกอบแร่ธาตุอาหารดังกล่าวของปุ๋ยหมักจากทั้ง 6 ถึง พบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลองปุ๋ยหมักจากถังหมักใบที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 มีองค์ประกอบของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเท่ากับ 1.45:0.54:1.92, 1.49:0.55:1.66, 1.50:0.53:1.81, 1.49:0.53:1.91, 1.26:0.56:1.85 และ 1.50:0.52:1.84 ตามลำดับ ซึ่งจะมีค่าผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ตามมาตรฐานกรมวิชาการเกษตร