บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

1. บทสรุป

การทำปุ๋ยหมักของมูลฝอยจากตลาดสดในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา มีการศึกษาถึงสภาพการเกิดมูลฝอยและลักษณะการจัดการมูลฝอยในตลาดสดของเทศบาลนครหาดใหญ่และทำการหมักทำปุ๋ยโดยใช้หลักการของ Windrow composting ภายใต้เงื่อนไขการทดลองต่างๆ ซึ่งสามารถสรุปผลตามลำดับหัวข้อได้ดังนี้

1.1 การจัดการมูลฝอยภายในตลาดสดของเทศบาลนครหาดใหญ่

ตลาดสดมีการคัดแยกมูลฝอย 2 บริเวณ คือ แผงร้านค้าย่อยของพ่อค้าและแม่ค้า และบริเวณรถเก็บขนมูลฝอย เพื่อนำไปเลี้ยงสัตว์ ประกอบอาหารสำหรับคนและสัตว์เลี้ยง ส่งโรงงานปลาป่นและจำหน่ายร้านรับซื้อของเก่า

การคัดแยกของเสียประเภทเนื้อสัตว์มีมากกว่าผักและผลไม้ เนื่องจากมีผลตอบแทนในรูปของเงินสูงกว่า

การเก็บรวบรวมมูลฝอยบริเวณตลาดสดไม่เกิดประสิทธิภาพเท่าที่ควร เนื่องจากพนักงานเทศบาลต้องเก็บรวบรวมมูลฝอยบริเวณแผงร้านค้าย่อย ซึ่งมีปริมาณมูลฝอยมากกว่าถังขยะที่เทศบาลจัดเตรียมไว้

1.2 ปริมาณและองค์ประกอบมูลฝอยจากตลาดสด

มูลฝอยจากตลาดสดของเทศบาลนครหาดใหญ่ เกิดขึ้นเฉลี่ยวันละ 20.34 ตัน หรือร้อยละ 9.4 ของปริมาณมูลฝอยทั้งหมด องค์ประกอบมูลฝอยส่วนที่ย่อยสลายได้มากที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 97.23 % wet wt. ซึ่งเรียงลำดับจากปริมาณมากไปน้อย มีดังนี้ เศษผักและผลไม้ (ประเภทมีกากน้อย) เท่ากับ 50.39 % wet wt. เศษผักและผลไม้ (ประเภทมีกากมาก) เท่ากับ 34.38 % wet wt. เศษกระดาษ เท่ากับ 7.05 % wet wt. เศษเปลือกข้าวโพด เท่ากับ 1.87 % wet wt. เศษใบตอง เท่ากับ 1.70 % wet wt. เศษใบไม้ และกิ่งไม้ เท่ากับ 1.55 % wet wt. และเศษอาหารและเนื้อสัตว์ มีปริมาณน้อยที่สุด เท่ากับ 0.29 % wet wt.

องค์ประกอบที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ เฉลี่ยเท่ากับ 2.77 % wet wt. เรียงลำดับจากมากไปน้อย พลาสติกประเภทบรรจุภัณฑ์ เท่ากับ 2.43 % wet wt. เศษกระดูก เท่ากับ 0.105 %

wet wt. เศษเปลือกกุ้งมีปริมาณเท่ากับเศษพลาสติกประเภทเชือกหรือที่มัดของเท่ากับ 0.085 % wet wt. เศษผ้า เศษยาง โลหะ และโฟมมีปริมาณน้อยมาก

จากข้อมูลของปริมาณมูลฝอยที่เกิดจากตลาดสดและองค์ประกอบมูลฝอยประเภทสามารถย่อยสลายได้มีปริมาณมาก แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้การลงทุนดำเนินการเฉพาะแหล่งกำเนิด และมีศักยภาพมากพอที่จะนำไปหมักทำปุ๋ย

1.3 คุณสมบัติทางเคมีของมูลฝอย

ความชื้นของมูลฝอยจากตลาดสดเฉลี่ยเท่ากับ 78.85 % wet wt มีค่าสูงเช่นเดียวกับความชื้นของมูลฝอยแต่ละองค์ประกอบ โดยเศษผักและผลไม้ (ประเภทมีกากน้อย) มีความชื้นสูงมากที่สุด เฉลี่ย 81.91 % wet wt. รองลงมาเป็นเศษใบตอง เท่ากับ 76.70 % wet wt. และเศษผักและผลไม้ (ประเภทมีกากมาก) เท่ากับ 72.57 % wet wt. ตามลำดับ ส่วนปริมาณธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เฉลี่ยเท่ากับ 2.00, 0.69 และ 2.80 % dry wt.

1.4 คุณสมบัติทางเคมีของกากขี้แป้ง

กากขี้แป้งจากโรงงานน้ำยางข้นมีปริมาณธาตุอาหาร ได้แก่ N, P และK เฉลี่ยเท่ากับ 1.97 , 40.60 และ 1.22 % dry wt. ซึ่งมีปริมาณฟอสฟอรัสมากที่สุด เนื่องมาจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้นมีการเติมสารเคมี DAP เพื่อรักษาสภาพน้ำยางจึงทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัส (P) ในกากขี้แป้งสูง ส่วนปริมาณของแข็งระเหย ปริมาณความชื้น และปริมาณเถ้า เฉลี่ยเท่ากับ 61.12, 67.64 และ 38.88 % dry wt. ตามลำดับ

1.5 การทดลองหมักทำปุ๋ย

การทดลองครั้งนี้ ใช้หลักการของ Windrow composting ภายใต้เงื่อนไขการหมักจำนวน 8 ชุดการทดลองเป็นระยะเวลา 2 เดือน ระหว่างการทดลองมีการติดตามปฏิกิริยาการหมักทำปุ๋ย ตามพารามิเตอร์ต่างๆ และจากผลการทดลอง สรุปได้ดังนี้

1.5.1 การเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาการหมักทำปุ๋ยในรูปของ อุณหภูมิ ปริมาณของแข็งระเหย ปริมาณเถ้า และอัตราส่วน C :N

การวัดอุณหภูมิและการสุ่มเก็บตัวอย่าง เพื่อนำมาวิเคราะห์ค่าต่างๆ ทำการวัดอุณหภูมิและรวบรวมตัวอย่างจำนวน 3 จุด ตลอดการทดลอง พบว่า จุดกึ่งกลางของกองปุ๋ยในระดับ 50 % จากระดับผิวบนวัสดุ ภายในกองปุ๋ยมีอุณหภูมิเฉลี่ย ตลอดการทดลองสูงที่สุด และปรากฏชัดเจนในภาวะ thermophilic phase

ทุกชุดการทดลองเข้าสู่ภาวะ thermophilic phase อย่างรวดเร็วในช่วงสัปดาห์แรกของการทดลองและทุกชุดการทดลองมีอุณหภูมิเริ่มต้นอยู่ในช่วง 49.7-67.7 องศาเซลเซียส ระยะเวลาที่อุณหภูมิสูงกว่า 40 องศาเซลเซียส ของชุดการทดลองที่ไม่มีการคัดแยกมูลฝอย และไม่พลิกกลับกองใช้เวลายาวนานที่สุดประมาณ 39 วัน และชุดการทดลองที่มีการเติมกากขี้แป้งกับปุ๋ยหมักอัตราส่วน 0.5 :1 (ชุดการทดลอง T6) ใช้เวลาลดลงของอุณหภูมิและเริ่มคงที่ต่ำกว่า 40 องศาเซลเซียส ประมาณ 19 วัน เท่ากับชุดการทดลอง T2 และ T3 และใช้เวลาน้อยกว่า ชุดการทดลองที่ใส่กากขี้แป้งชุดอื่นๆ (ชุดการทดลองT4 T5 และT7) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ทุกชุดการทดลองมีอุณหภูมิ อยู่ในช่วง 26.0-31.3 องศาเซลเซียส

ปริมาณของแข็งระเหย ทั้ง 8 ชุดการทดลอง เริ่มต้นอยู่ในช่วง 60.8-87.8 % dry wt. ซึ่งชุดการทดลองส่วนใหญ่ มีแนวโน้มลดลงและเริ่มคงที่ ในภาวะ thermophilic phase ใช้เวลาประมาณ 11-30 วัน สำหรับชุดการทดลอง T6 มีอัตราส่วนผสมกากขี้แป้งกับปุ๋ยหมัก อัตราส่วน 0.5:1 ใช้ระยะเวลาการลดลงของปริมาณของแข็งระเหยสั้นที่สุดประมาณ11 วันและชุดการทดลองที่ไม่มีการคัดแยกและไม่พลิกกลับกอง มีปริมาณของแข็งระเหยลดลงและเริ่มคงที่ ใช้เวลายาวนานที่สุดประมาณ 30 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองปริมาณของแข็งระเหยอยู่ในช่วง37.1-49.6 % dry wt.

ปริมาณเถ้า เริ่มต้นอยู่ในช่วง 12.2-39.2 % dry wt. ตลอดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและเริ่มคงที่ในภาวะ thermophilic phase ใช้เวลาประมาณ 11-30วัน เช่นเดียวกับปริมาณของแข็งระเหย และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ทุกชุดการทดลองมีปริมาณเถ้า อยู่ในช่วง 50.4-62.9 % dry wt.

อัตราส่วน C:N เริ่มต้นการทดลองทุกชุดการทดลอง อยู่ในช่วง 18-33 :1 และตลอดการทดลองมีแนวโน้มการลดลงและเริ่มคงที่เช่นเดียวกัน ซึ่งใช้ระยะเวลาอยู่ในช่วง 21-32 วัน และชุดการทดลอง T6 (กากขี้แป้งผสมปุ๋ยหมักอัตราส่วน 0.5 :1) ใช้เวลาสั้นที่สุด ประมาณ 21 วัน ส่วนชุดการทดลองที่ใส่กากขี้แป้งชุดอื่นๆ ใช้เวลาประมาณ 25 วัน เท่ากับชุดการทดลองที่มีการคัดแยกและสับมูลฝอยและไม่ผสมกากขี้แป้ง (ชุดการทดลอง T3) ส่วนชุดการทดลองที่ไม่มีการคัดแยกมูลฝอยและไม่พลิกกลับกองใช้เวลายาวนานที่สุดประมาณ 32 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองทุกชุดการทดลองมีอัตราส่วน C:N อยู่ในช่วง 7-10 :1

ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาการหมักทำปุ๋ย ของชุดการทดลอง T6 มีอัตราส่วนกากขี้แป้งผสมมูลฝอย อัตราส่วน 0.5:1 มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาการย่อยสลายภายในกองปุ๋ยอย่างรวดเร็วใช้ระยะเวลาสั้นที่สุดประมาณ 21 วัน

1.5.2 ลักษณะทางกายภาพและชีวภาพภายในกองปุ๋ย

ตลอดการทดลองหมักทำปุ๋ย พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ สีและกลิ่น และทางชีวภาพได้แก่ มด แมลงตัวเล็ก และหนอน ดังนี้ ระยะ thermophilic phase ทุกชุดการทดลองมีหนอนเกิดขึ้นเป็นอันดับแรก แมลงตัวเล็กและมดพบในระยะ maturation phase และระยะเริ่มต้นการหมักมีกลิ่นเหม็นคล้ายฟางข้าวและภายในกองปุ๋ยมีสีน้ำตาล เมื่อสิ้นสุดการทดลองไม่มีกลิ่นและสีภายในกองเปลี่ยนเป็นสีดำ ซึ่งปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายในกองปุ๋ยเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ สามารถนำปุ๋ยไปใช้ประโยชน์ได้

1.5.3 ปริมาณธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม)

ปริมาณไนโตรเจน ของทั้ง 8 ชุดการทดลอง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากเริ่มต้นเพียงเล็กน้อย ซึ่งเมื่อสิ้นสุดการทดลองทั้ง 8 ชุดการทดลอง มีปริมาณไนโตรเจน อยู่ในช่วง 1.97-3.12 % dry wt.ซึ่งชุดการทดลองที่เติมกากขี้แป้งมีปริมาณไนโตรเจนสูงกว่าชุดการทดลองที่มีเฉพาะมูลฝอย

ปริมาณฟอสฟอรัส เฉลี่ยของชุดทดลองที่เติมกากขี้แป้งมีปริมาณสูงกว่าชุดการทดลองที่ไม่เติมกากขี้แป้งอย่างชัดเจน โดยมีปริมาณฟอสฟอรัสเฉลี่ยอยู่ในช่วง 6.83-14.64 % dry wt. และ1.96-2.49 % dry wt. ตามลำดับ ซึ่งปริมาณฟอสฟอรัสที่มีมากในชุดการทดลองที่มีกากขี้แป้งเกิดจากในกระบวนการผลิตน้ำยางข้น มีการเติมสารเคมี DAP เพื่อรักษาสภาพน้ำยาง

ปริมาณโพแทสเซียม มีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลองใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 1.66-2.32 %dry wt. ซึ่งชุดการทดลองที่มีการเติมกากขี้แป้งมีปริมาณโพแทสเซียมเฉลี่ยสูงกว่าชุดการทดลองที่ไม่เติมกากขี้แป้ง

ค่าความเป็นกรด-ด่าง เมื่อสิ้นสุดการทดลอง อยู่ในช่วง 7.41-8.32 และมีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลองอยู่ในช่วง 8.01-8.34 ทุกชุดการทดลองมีค่าความเป็นกรด-ด่างเข้าสู่ภาวะเป็นกลางและเริ่มคงที่ใน maturation phase ทั้งนี้ชุดการทดลองที่เติมกากขี้แป้งค่าความเป็นกรด-ด่างมีแนวโน้มเป็นกลางมากกว่า

1.5.4 ปริมาณแมกนีเซียมและปริมาณโลหะหนัก

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ชุดการทดลองที่ใส่กากขี้แป้งมีปริมาณแมกนีเซียมอยู่ในช่วง 2.01-4.42 %dry wt. มากกว่าชุดการทดลองที่ไม่ใส่กากขี้แป้งอยู่ในช่วง 0.48-0.57 %dry wt. อย่างไรก็ตาม ชุดการทดลองที่ใส่กากขี้แป้งและไม่ใส่กากขี้แป้งจะมีปริมาณแมกนีเซียมสูงกว่ามาตรฐานที่กรมพัฒนาที่ดิน (2540) กำหนดไว้ (แมกนีเซียม ไม่ต่ำกว่า 0.35 %)

ส่วนโลหะหนัก ทั้ง 8 ชุดการทดลอง มีปริมาณเรียงตามลำดับจากมากไปน้อย คือ สังกะสี เท่ากับ 169.59-1,465.70 mg/kg dry wt., แมงกานีส เท่ากับ 315.59-760.38 mg/kg dry wt. และทองแดง เท่ากับ 45.54-748.04 mg/kg dry wt. ตามลำดับ โดยชุดการทดลองที่มีการเติมกากขี้แป้งมีปริมาณแมกนีเซียม สังกะสีและแมงกานีส มากกว่าชุดการทดลองที่ไม่เติมกากขี้แป้งซึ่งมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนการเติมกากขี้แป้ง ทั้งนี้ เนื่องจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้นมีการเติมสารเคมี ได้แก่ zinc oxide (ZnO) และ diammonium phasphate (DAP) เพื่อรักษาสภาพน้ำยาง

ปริมาณโลหะหนัก ทั้ง 8 ชุดการทดลอง ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงเกณฑ์ระดับปริมาณสูงสุดที่ยอมให้มีได้ในกากตะกอนที่กำหนดโดยหน่วยงานพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งอเมริกา (U.S. EPA, n.d.) ซึ่งมีศักยภาพสามารถนำปุ๋ยหมักไปใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตร (agriculture) และการประยุกต์ใช้กับดิน (land application) ได้โดยตรง

1.5.5 สารที่หมักได้

การร่อนปุ๋ยผ่านตะแกรงขนาด 5 และ1 มิลลิเมตร ตามลำดับ พบว่า ชุดการทดลองที่เติมกากขี้แป้ง ชุดการทดลอง T4-T7 และชุดการทดลองที่สับมูลฝอย (T3) มีปริมาณปุ๋ยมากกว่าชุดการทดลองที่ไม่เติมกากขี้แป้ง ซึ่งสามารถนำปุ๋ยส่วนนี้ไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรงและคงเหลือมูลฝอยส่วนที่ย่อยสลายได้ยากและไม่สามารถย่อยสลายได้ เพื่อนำไปกำจัดต่อในปริมาณที่น้อยกว่าชุดการทดลองที่ไม่มีการเติมกากขี้แป้ง

ดังนั้น ชุดการทดลองที่มีการเติมกากขี้แป้ง (ชุดการทดลอง T4-T7) และชุดการทดลองที่มีการสับมูลฝอย (ชุดการทดลอง T3) มีศักยภาพในการบำบัดมูลฝอยโดยวิธีการหมักทำปุ๋ยได้มากที่สุดอยู่ในช่วง 80.2-83.0 % wet wt. ทั้งนี้มูลฝอยไม่มีการคัดแยกและไม่พลิกกลับกองสามารถบำบัดโดยวิธีการหมักทำปุ๋ย มีศักยภาพน้อยที่สุด เท่ากับ 54.8 % wet wt.

แนวคิดการหมักทำปุ๋ยของมูลฝอยจากตลาดสดร่วมกับกากขี้แป้งจากโรงงานน้ำยางข้นของการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า สามารถนำกากขี้แป้งมาผสมร่วมกับมูลฝอยเพื่อเพิ่มคุณภาพปุ๋ยให้มากขึ้นและสามารถเร่งปฏิกิริยาการหมักได้รวดเร็วมากยิ่งขึ้นหากมีการเติมกากขี้แป้งลงไปเล็กน้อยโดยการทดลองหมักทำปุ๋ยร่วมกับกากขี้แป้งของชุดการทดลอง T6 ในอัตราส่วนผสมกากขี้แป้งกับปุ๋ยหมัก เท่ากับ 0.5:1 สามารถเกิดปฏิกิริยาได้รวดเร็วและใช้เวลาสั้นที่สุดและมีความเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในระดับท้องถิ่นได้

2. ข้อเสนอแนะ

การหมักทำปุ๋ยของมูลฝอยจากตลาดสดในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่เป็นแนวทางหนึ่งในการจัดการมูลฝอยที่มีประสิทธิภาพสูงและสามารถนำปุ๋ยที่ได้จากการหมักมาใช้ประโยชน์ได้ การเพิ่มคุณภาพปุ๋ยหมักจากตลาดสดโดยวิธีการผสมกากขี้แป้งจากโรงงานน้ำยางข้นเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถเพิ่มธาตุอาหารได้ เช่น ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม และสังกะสี ที่มีความจำเป็นต่อการเจริญโตของพืช และอาจจะมีการเพิ่มคุณภาพปุ๋ยหมักจากตลาดสดโดยวิธีการผสมของเสียจากอุตสาหกรรมอื่นๆ ภายในท้องถิ่น ซึ่งอาจจะต้องคำนึงถึงความสะดวก และค่าใช้จ่ายในการขนส่งด้วย

การหมักทำปุ๋ยของมูลฝอยจากตลาดสดควรมีกระบวนการคัดแยกวัสดุที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ เช่น พลาสติก แก้วและโลหะ เป็นต้น ก่อนนำมาหมักทำปุ๋ย ซึ่งเมื่อสิ้นสุดการหมักทำปุ๋ยสามารถนำปุ๋ยไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรง และข้อดีของการนำมูลฝอยจากตลาดสดที่มีองค์ประกอบประเภทมีกากมากมาหมักทำปุ๋ย คือ สามารถนำมูลฝอยส่วนนี้เป็นสารตัวเร่ง (seed) ในกองปุ๋ยกองต่อไปได้ ซึ่งสามารถลดค่าใช้จ่ายในการซื้อปุ๋ยหมักเติมลงในกองปุ๋ย หรือสามารถนำปุ๋ยส่วนนี้ไปใส่ต้นไม้ประเภทไม้ยืนต้น ไม้ผลยืนต้น หรือไม้เศรษฐกิจของภาคใต้ได้

หลักการของ Windrow composting เป็นวิธีการที่ประหยัดและอาศัยการย่อยสลายตามธรรมชาติ ซึ่งเป็นวิธีเหมาะสมสำหรับการจัดการมูลฝอยระดับท้องถิ่นสามารถดำเนินการได้ง่ายและติดตามปฏิกิริยาได้ง่ายโดยใช้ผลการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ แต่เมื่ออุณหภูมิเริ่มลดลงให้วิเคราะห์ค่าอัตราส่วน C:N เพิ่มเติมเพื่อดูการย่อยสลายเข้าสู่ภาวะเสถียรอย่างคงที่ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

3. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยเพิ่มเติม

การวิจัยครั้งต่อไปควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

3.1 การศึกษาปริมาณโลหะหนักเพิ่มเติมในมูลฝอยจากตลาดสด

3.2 ความเป็นไปได้ของการนำปุ๋ยหมักจากตลาดสดเพาะปลูกพืชที่ใช้ประกอบอาหาร พืชสวน พืชไร่ ฯลฯ

3.3 ประเมินทางเศรษฐศาสตร์ด้านการหมักทำปุ๋ยจากตลาดสดร่วมกับกากขี้แป้ง

3.4 การศึกษาการแปรรูปผลิตภัณฑ์ปุ๋ยหมักจากตลาดสดร่วมกับกากขี้แป้ง

3.5 วิเคราะห์รูปแบบการคัดแยกมูลฝอย การเก็บรวบรวมและเก็บขนมูลฝอยจากตลาดสดเพื่อการหมักทำปุ๋ย

3.6 การทดสอบการหมักทำปุ๋ยของตลาดสดร่วมกับกากของเสียอินทรีย์อื่นจากอุตสาหกรรมเกษตรภาคใต้ เช่น กากของเสียโรงงานปาล์มน้ำมัน

3.7 การทดสอบการหมักทำปุ๋ยในระดับ pilot scale ของมูลฝอยจากตลาดสด

3.8 ความสามารถการชะล้างของธาตุอาหาร โลหะหนักของวัสดุที่ได้จากการนำมูลฝอยจากตลาดสดร่วมกับกากขี้แป้ง