บทที่ 1

บทนำ

1. บทนำต้นเรื่อง

"เทศบาลนครหาดใหญ่" เป็นชุมชนเมืองที่ใหญ่ที่สุดของจังหวัดสงขลามีพื้นที่ประมาณ 21 ตารางกิโลเมตร มีความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็วและเป็นเมืองศูนย์กลางการคมนาคม ธุรกิจและการบริการ แหล่งท่องเที่ยวและการศึกษา จึงทำให้มีผู้คนเข้ามาประกอบอาชีพในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่และศึกษาต่อเป็นจำนวนมาก (สำนักงานเทศบาลนครหาดใหญ่, 2540) จำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้มีการบริโภคสินค้าและการบริการสูง จึง ทำให้มีปริมาณมูลฝอยเพิ่มขึ้น

ในปัจจุบัน (ปี 2543) เทศบาลนครหาดใหญ่มีมูลฝอยเกิดขึ้นเฉลี่ยวันละ 216.69 ตัน/วัน (สมพร เหมืองทอง, 2543) และจากข้อมูลองค์ประกอบมูลฝอยของเทศบาลนครหาดใหญ่ที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ศึกษาโดยนิภาศ นิลสุวรรณ (2543) รายงานว่ามีปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั้งหมดในปี 2539 เท่ากับ 200.93 ตัน/วัน ซึ่งหาก คำนวณเป็นปริมาณมูลฝอยแต่ละองค์ประกอบพบว่าจะมีปริมาณมูลฝอยส่วนที่เป็นผัก ผลไม้ เศษอาหาร ที่เกิดขึ้นมีน้ำหนัก 93.43 ตัน/วัน กระดาษมีน้ำหนัก 37.13 ตัน/วัน และ พลาสติกมีน้ำหนัก 21.82 ตัน/วัน ซึ่งองค์ประกอบของมูลฝอยประเภท ผัก ผลไม้ เศษอาหาร พบว่า มีปริมาณมากที่สุดของปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั้งหมด สอดคล้องกับการศึกษาของกรมควบคุมมลพิษ (2541) ที่ศึกษาองค์ประกอบของวัสดุที่มีศักยภาพที่จะนำกลับมาใช้ใหม่ทั่วประเทศในปี 2539 พบว่า อันดับหนึ่งคือมูลฝอยประเภทเศษอาหาร รองลงมาเป็นมูลฝอยประเภทแก้ว กระดาษ พลาสติก โลหะ ไม้ ผ้าและหนังยางตามลำดับ ซึ่งมูลฝอยส่วนที่เป็นเศษอาหาร สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้ในรูปหมักทำปุ๋ยและเป็นพลังงาน มูลฝอยส่วนที่เป็นผัก ผลไม้ และเศษอาหารเป็นสารอินทรีย์สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ แต่การกำจัดมูลฝอยของเทศบาลนครหาดใหญ่ ปัจจุบันใช้วิธีการกำจัด คือ การฝังกลบ จึงมีผลทำให้มูลฝอยในส่วนที่เป็นสารอินทรีย์ถูกกำจัดทิ้งไปโดยไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆได้

การนำมูลฝอยประเภทสารอินทรีย์ เช่น เศษอาหาร ผัก ผลไม้ มาใช้ประโยชน์ใหม่นั้น วิธีการหนึ่ง คือ การหมักเป็นปุ๋ยหรือเป็นสารปรับสภาพดินซึ่งการดำเนินงานจะขึ้นอยู่กับปัจจัยที่ต้องคำนึงถึง เช่น ลักษณะและปริมาณมูลฝอยอินทรีย์ที่ใช้หมักทำปุ๋ย คุณภาพของสารที่หมักได้ และแหล่งรองรับหรือใช้สารที่หมักได้ คุณภาพของสารที่หมักได้ที่ดีจะขึ้นอยู่กับสภาพทางกายภาพและเคมีของมูลฝอยที่นำมาหมักและการได้มาซึ่งสารที่หมักได้ที่มีคุณภาพดีนั้นจะต้องให้ความสำคัญตั้งแต่แหล่งกำเนิดของเสียซึ่งเป็นบริเวณที่มีของเสียหรือมูลฝอยที่มีองค์ประกอบของสารอินทรีย์อยู่มาก อนึ่งตลาดสดจะเป็นแหล่งที่เกิดของเสียประเภทสารอินทรีย์มาก สำหรับในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ พบว่า มีตลาดสด 9 แห่ง และจากการศึกษาของนิภาศ นิลสุวรรณ (2543) รายงานว่าปริมาณมูลฝอยของเทศบาลนครหาดใหญ่ที่มาจากตลาดสดมีปริมาณ 18.86-29.77 ตัน /วัน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 8.80-14.80 ของมูลฝอยทั้งหมด จากปริมาณดังกล่าว หากได้มีการนำมูลฝอยจากตลาดสดไปหมักทำปุ๋ยก็จะทำให้เกิดกลไกการจัดการมูลฝอยที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น ในด้านการนำของเสียมาใช้ประโยชน์ อาทิ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในส่วนของการพัฒนาเมือง เช่น บำรุงต้นไม้บริเวณสวนสาธารณะ สวนสุขภาพ และต้นไม้บริเวณริมถนน ซึ่งอยู่ภายใต้ความรับผิดชอบของเทศบาลนครหาดใหญ่ จะทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการซื้อปุ๋ยประจำปีและหากมีปริมาณมากพอสามารถจำหน่ายให้กับเกษตรกรเพื่อช่วยเศรษฐกิจในท้องถิ่นได้อีกด้วย อย่างไรก็ตาม ปุ๋ยที่ผ่านกระบวนการหมักมีการกำหนดคุณภาพและมาตราฐานในด้านเกรดปุ๋ย ซึ่งไม่ควรต่ำกว่า 1.0-1.0-0.5 (เปอร์เซนต์ของ N P K ตามลำดับ) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2540)

การนำมูลฝอยอินทรีย์จากตลาดสดมาหมักทำปุ๋ยอาจมีข้อจำกัดด้านคุณภาพของสารที่หมักได้ โดยอาจมีองค์ประกอบของสารอาหารไม่ได้ตามเกรดที่กำหนด ทั้งนี้จากผลการศึกษาการนำมูลฝอยชุมชนมาผลิตเป็นปุ๋ยโดยใช้สารตัวเร่งประเภทจุลินทรีย์ของสุจินต์ เกตสา (2530) พบว่า ปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยหมักมีค่า N, P และK เท่ากับ 1.00, 0.79 และ1.24 % น้ำหนักแห้งตามลำดับ เช่นเดียวกับผลการศึกษาปุ๋ยหมักแห้งของประเทศญี่ปุ่นที่มีปริมาณธาตุอาหารต่ำ คือ N, P และK เท่ากับ 0.39, 0.08 และ0.58 % น้ำหนักแห้งตามลำดับ และหากสามารถนำของเสียประเภทอื่นมาหมักรวมแล้วสามารถทำให้สารที่หมักได้มีสารอาหารเพิ่มมากขึ้น จะเป็นการใช้ประโยชน์ของมูลฝอยจากตลาดสดที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น อนึ่ง พื้นที่รอบๆ เทศบาลนครหาดใหญ่ มีกากของเสียจากโรงงานน้ำยางข้นเป็นจำนวนมากและผลการศึกษาของ วราศรี เถกประสิทธิ์ (2543) พบว่ากากของเสียจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นซึ่งอยู่ในรูปของกากขี้แป้งจะมีปริมาณ N, P และ K เฉลี่ยเท่ากับ 2.06, 19.60 และ 1.80 %น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบปริมาณแมกนีเซียมและสังกะสีเท่ากับ 5.31และ1.01 %น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ซึ่งมี

ศักยภาพที่จะนำไปใช้ประโยชน์ต่อพืชในรูปของธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริม ขณะเดียวกันได้ทดลองนำกากขี้แป้งไปปลูกหญ้า ซึ่งได้ผลสรุปว่า กากขี้แป้งสามารถนำมาใช้ประโยชน์เป็นวัสดุบำรุงดินและทำให้ดินมีค่า pH เป็นกลาง ทั้งนี้ กากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นถูกกำจัดโดยวิธีการเทกอง ถมที่หรือทิ้งรวมกับขยะ และกำจัดโดยการเผาทิ้ง

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจจะศึกษาถึงความเป็นไปได้ของการนำมูลฝอยจากตลาดสดของเทศบาลนครหาดใหญ่มาทำการหมักปุ๋ยและศึกษาเพื่อเพิ่มคุณภาพปุ๋ยที่หมักได้โดยหมักรวมกับกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น ซึ่งการศึกษาจะครอบคลุมการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลตั้งแต่แหล่งกำเนิดมูลฝอย ซึ่งได้แก่ ตลาดสด ศึกษาปริมาณและลักษณะมูลฝอย ทำการทดลองหมักทำปุ๋ยในระดับห้องทดลองและเสนอแนวคิดเพื่อนำผลการศึกษาไปประยุกต์ในส่วนของการจัดการมูลฝอยของเทศบาลนครหาดใหญ่

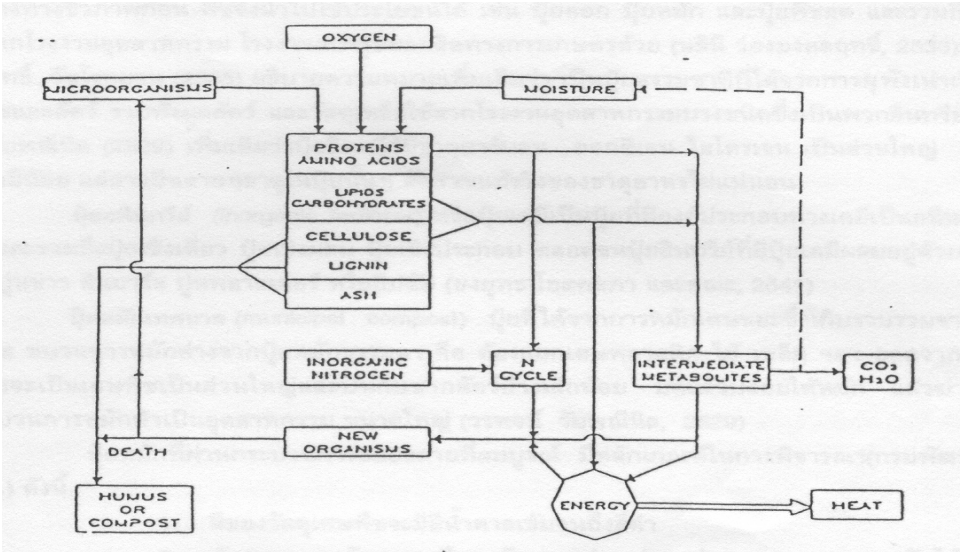
2. การตรวจเอกสาร

2.1 การกำจัดของเสียโดยวิธีการทำปุ๋ยหมัก

การกำจัดมูลฝอย เป็นวิธีการทำลายหรือลดปริมาตรของมูลฝอยให้เหลือน้อยที่สุดอาศัยขบวนการทางชีววิทยาหรือปฏิกิริยาเคมี เสริมด้วยเครื่องจักรกลในการทำงานให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ปัจจุบันวิธีการกำจัดมูลฝอยที่ถูกหลักวิชาการมี 3 วิธี คือ 1. การหมักทำปุ๋ย 2. เผาในเตาเผา และ 3. ฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (กรมควบคุมมลพิษ, 2536) ซึ่งการทำปุ๋ยหมักจากมูลฝอยเป็นแนวทางการนำมูลฝอยมาใช้ใหม่เพื่อประโยชน์ต่อการบำรุงรักษาดิน นอกจากนี้แนวคิดการหมุนเวียนนำกลับมาใช้ใหม่นับว่าเป็นกระบวนการที่เลียนแบบธรรมชาติและเป็นการรักษาสมดุลย์ต่างๆไว้ (สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์, 2541) การหมักทำปุ๋ยอาศัยขบวนการทางชีววิทยาของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์วัตถุที่มีอยู่ในมูลฝอย โดยเฉพาะจุลินทรีย์พวกที่ต้องการออกซิเจน (aerobic bacteria) ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมในด้านความชื้น อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจน รวมทั้งอัตราระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจน ผลผลิตที่ได้เป็นผงหรือก้อนเล็กๆ มีสีน้ำตาลสามารถนำไปใช้เป็นสารปรับปรุงคุณภาพดิน (soil conditioner) ดังปฏิกิริยาเคมีการย่อยสลายต่อไปนี้

$$\text{complex organics} + O_2 \xrightarrow[\text{aerobic bacteria}]{} CO_2 + H_2O + NO_3^- + SO_4^{-2} + \text{less complex organics} + \text{heat}$$

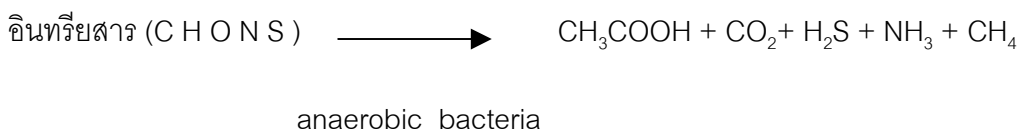
ชาติ เจียมไชยศรี (2542) อธิบายขบวนการหมักแบบใช้ออกซิเจน มี 2 วิธีคือการหมักโดยอาศัยออกซิเจนตามธรรมชาติ (Windrow composting) วิธีนี้นำมูลฝอยที่มีอินทรีย์วัตถุที่ย่อยสลายได้มากองรวมกันและให้สัมผัสออกซิเจนในอากาศมากที่สุดใช้พื้นที่มากและใช้เวลาประมาณ 30 วัน อดิศักดิ์ ทองไข่มุกต์และคณะ (ม.ป.ป.) มีความคิดเห็นสอดคล้องกันและอธิบายเพิ่มเติมคือ เป็นการนำมูลฝอยมากองบริเวณพื้นราบให้ได้ความสูงพอสมควร เพื่อให้การย่อยสลายเกิดได้ดี อาจช่วยการย่อยสลายอินทรียวัตถุได้โดยพลิกกลับกอง เพื่อป้องกันสภาวะการย่อยแบบไม่ใช้ออกซิเจนและอีกวิธีเป็นการหมักโดยการเพิ่มอัตราการย่อยสลายโดยใช้เครื่องจักรกลช่วยให้สัมผัสอากาศมากที่สุด วิธีนี้เรียกกันโดยทั่วไปว่า high rate composting วิธีนี้ใช้เวลาน้อยประมาณ 5-7 วัน กระบวนการหมักจำเป็นต้องมีปัจจัยที่สำคัญ คือ ปริมาณออกซิเจน ความชื้น และกลุ่มจุลินทรีย์ ซึ่งผลผลิตจากการทำปุ๋ยหมักจะได้สารปรับสภาพดินและปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปความร้อนและแสดงกระบวนหมัก ดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 กระบวนการทำปุ๋ยหมัก

ที่มา : Kosaric and Asher (1985) อ้างถึงใน พูนสุข ประเสริฐสรรพ์ (2542)

และการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน จะมีปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นดังนี้



กระบวนการนี้เกิดขึ้นช้ากว่าการย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจนมาก(ประมาณ 2-12เดือน) และมีกลิ่นเหม็น การหมักแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจนจะให้ปุ๋ยที่มีคุณภาพต่างกัน เพราะหากนำมูลฝอยสดมาหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนเลย อาจจะให้สารเป็นอันตราย และเปลี่ยนเป็นสารอาหารของพืชน้อยกว่าวิธีการหมักแบบใช้ออกซิเจน (สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์, 2541)

2.2 ปุ๋ย

ปุ๋ย หมายถึง วัตถุหรือสารที่เราใส่ลงไปในดินโดยมีความประสงค์ที่จะให้ธาตุอาหาร เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เพิ่มเติมแก่พืชเพื่อให้พืชได้ธาตุอาหารดังกล่าวในปริมาณที่เพียงพอและสมดุลกันตามที่พืชต้องการและให้ผลผลิตสูงขึ้น (ยงยุทธ โอสถสภา และคณะ, 2541) และเป็นการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์แก่ดินหรือการใส่อินทรียวัตถุเพื่อเพิ่มกิจกรรมของจุลินทรีย์ (วรพจน์ รัมพณีนิล, 2529) หากจำแนกประเภทของปุ๋ยโดยถือเอาสภาพของสารประกอบที่ใช้เป็นปุ๋ยเป็นหลัก สามารถแบ่งปุ๋ยออกเป็น 2 ประเภท คือ ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยอนินทรีย์

ปุ๋ยอินทรีย์ (organic fertilizer) เป็นปุ๋ยที่ได้จากอินทรียสารและจะต้องผ่านกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางชีวภาพก่อน พืชจึงนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยพืชสด และรวมถึงผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรม โรงงานแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรด้วย (นลินี ว่องมงคลฤทธิ์, 2536) นอกจากนี้ สรสิทธิ์ วัชโรทยาน (2535) อธิบายความหมายเพิ่มเติมว่า เป็นปุ๋ยธรรมชาติที่ได้จากการผุพังเน่าเปื่อยของซากพืชและสัตว์ รวมทั้งมูลสัตว์ และวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมบางชนิดซึ่งเป็นพวกอินทรียสาร วรพจน์ รัมพณีนิล (2529) เพิ่มเติมว่า ปุ๋ยอินทรีย์มีธาตุคาร์บอน ออกซิเจน ไฮโดรเจน เป็นส่วนใหญ่ ธาตุอาหารหลักมีน้อย แต่อาจมีหลายๆธาตุในปุ๋ยนั้นๆ สัดส่วนแท้จริงของธาตุอาหารไม่แน่นอน

ปุ๋ยอนินทรีย์ (inorganic fertilizer) หรือปุ๋ยเคมีเป็นปุ๋ยที่มีองค์ประกอบทางเคมีเป็นอนินทรีย์สังเคราะห์และรวมถึงปุ๋ยเชิงเดี่ยว ปุ๋ยเชิงผสม ปุ๋ยเชิงประกอบ ตลอดจนปุ๋ยอินทรีย์ที่มีปุ๋ยเคมีผสมอยู่ด้วย แต่ไม่รวมถึง ปูนขาว ดินมาร์ล ปูนพลาสเตอร์ หรือยิปซัม (ยงยุทธ โอสถสภา และคณะ, 2541)

ปุ๋ยหมัก (compost) เป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากการเน่าเปื่อยผุผังของซากพืชจากไร่นา หรืออุตสาหกรรมเกษตรที่กองรวมกัน โดยปกติซากพืชที่มีไนโตรเจนต่ำ แต่มีเซลลูโลสและเพนโทซานสูงมักสลายตัวช้า แต่ถ้ามีไนโตรเจนมากเกินร้อยละ 1.2 (ของน้ำหนักแห้ง) ความชื้นสูง เป็นด่างอ่อน และการระบายอากาศดีก็จะสลายตัวง่าย (ยงยุทธ โอสถสภา, 2541)

ปุ๋ยหมักเทศบาล (municipal compost) ปุ๋ยที่ได้จากการหมักเศษขยะซึ่งเก็บรวบรวมจากในเขตเทศบาล มีขบวนการหมักต่างจากปุ๋ยหมักธรรมดา คือ ต้องแยกเศษพลาสติก ไม้ เหล็ก ฯลฯ ออกจากขยะ ส่วนที่เหลือจะเป็นเศษพืชเป็นส่วนใหญ่และปนกับซากสัตว์บ้างเล็กน้อย บดแล้วปล่อยให้หมัก แล้วฆ่าเชื้อบรรจุถุง ขบวนการหมักทำเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ (วรพจน์ รัมพณีนิล, 2529)

ปุ๋ยหมักที่ผ่านกระบวนการย่อยสลายที่สมบูรณ์ มีหลักเกณฑ์ในการพิจารณา (กรมพัฒนาที่ดิน, 2540) ดังนี้

1. สีของวัสดุเศษพืชจะมีสีน้ำตาลเข้มจนถึงสีดำ
2. ลักษณะของวัสดุเศษพืช ลักษณะอ่อนนุ่ม ยุ่ยและขาดออกจากกันได้ง่าย ไม่แข็งกระด้างเหมือนวัสดุเริ่มแรก
3. กลิ่นของวัสดุปุ๋ยหมักสมบูรณ์ไม่มีกลิ่นเหม็น
4. ความร้อนในกองปุ๋ยหมักใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอกกองแต่ควรพิจารณาปัจจัยอื่นๆประกอบด้วย เช่น ความชื้น
5. ลักษณะพืชที่เจริญบนกองปุ๋ยหมัก พืชเจริญบนกองปุ๋ยหมักได้แสดงว่าใส่ในดินโดยไม่เป็นอันตรายต่อพืช
6. การวิเคราะห์ทางเคมี สุ่มตัวอย่างวัสดุที่ทำปุ๋ยมาวิเคราะห์ทางเคมี เพื่อหาอัตราส่วนของส่วนประกอบ C/N ratio ซึ่งมีอัตราส่วนเท่ากับหรือต่ำกว่า 20 : 1

2.3 ปริมาณธาตุอาหารจากวัสดุเศษเหลือ

ธาตุอาหารพืชหรือธาตุอาหารจำเป็น (plant nutrients; essential elements) เป็นธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญและพัฒนาของพืช พืชประกอบด้วยธาตุต่างๆคิดเป็นร้อยละเฉลี่ยโดยประมาณของแต่ละธาตุดังนี้ ออกซิเจน 45 %, คาร์บอน 44%, ไฮโดรเจน 6%, ไนโตรเจน 2%, ฟอสฟอรัส 0.5%, โพแทสเซียม 1.0%, แคลเซียม 0.6%, กำมะถัน 0.4%, แมกนีเซียม 0.3%, ทองแดง 0.001%, แมงกานีส 0.05% และสังกะสี 0.01% เป็นต้น ซึ่งธาตุอาหารเหล่านี้ในพืชแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน สำหรับ คาร์บอน, ออกซิเจนและไฮโดรเจน เป็นองค์ประกอบหลักของโครงสร้างพืช ซึ่งได้จากน้ำและอากาศ ส่วนที่เหลืออีก 14 ธาตุ พืชได้รับจากดิน และแบ่งออกเป็น

2 กลุ่มใหญ่ คือ ธาตุอาหารมหัพภาคและธาตุอาหารจุลภาค (ยงยุทธ โอสถสภา, 2541) และหากแบ่งธาตุอาหารตามความสำคัญและปริมาณที่พืชต้องการ ธนาคารกสิกรไทย (2521) จำแนกเป็น 3 ประเภท คือ

ธาตุอาหารหลัก (primary plant foods) ประกอบด้วย ธาตุไนโตรเจน (N), ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) พืชมีความต้องการเป็นพิเศษเพื่อบำรุงความเจริญเติบโต

ธาตุอาหารรอง (secondary plant foods) ประกอบด้วยธาตุแคลเซียม (Ca), แมกนีเซียม(Mg), และกำมะถัน (S) พืชมีความต้องการธาตุเหล่านี้เป็นปริมาณมากรองลงมาจากธาตุอาหารหลัก

ธาตุอาหารเสริม (trace element) ประกอบด้วยธาตุโบรอน (B), แมงกานีส (Mn), ทองแดง (Cu), เหล็ก (Fe), สังกะสี (Zn), โมลิบดีนัม (Mo) และคลอรีน (Cl) พืชต้องการในปริมาณน้อย

สำหรับงานวิจัยครั้งนี้จะกล่าวถึงเฉพาะธาตุอาหารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ได้แก่ ไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส, โพแทสเซียม, แมงกานีส, แมกนีเซียม, สังกะสี และทองแดง ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อพืชในด้านต่างๆ ดังนี้

1. ไนโตรเจน เป็นส่วนประกอบที่สำคัญในโปรตีน คลอโรฟิลล์ ซึ่งพืชที่ขาดไนโตรเจนจะแคระแกรน ใบสีเหลืองซีดและไนโตรเจนที่พืชสามารถนำไปใช้ได้อยู่ในรูป NH_4^+, NO_3^-

2. ฟอสฟอรัส เป็นส่วนประกอบในโปรตีนกว่า 50 % มีความสำคัญต่อผลและเมล็ดของพืช ซึ่งฟอสฟอรัสในรูป $H_2PO_4^-$, HPO_4^{-2} พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

3. โพแทสเซียม มีมากในส่วนที่กำลังเจริญเติบโต เช่น ตา, ใบอ่อน, ปลายราก และมีส่วนช่วยให้พืชต้านทานโรค โพแทสเซียมในรูป K^+ เพียงอย่างเดียวที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

4. แมกนีเซียม มีในคลอโรฟิลล์ สีเขียวของพืช ก่อให้เกิดการกักเก็บพลังงาน จากแสงอาทิตย์ แมกนีเซียมอยู่ในรูป Mg^{+2} ซึ่งได้จากดินและปุ๋ย พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้

5. แมงกานีส ทำหน้าที่สร้างกิ่งก้านของก้านใบ สัตว์ที่กินพืชที่ขาดธาตุนี้ทำให้กระดูกเปราะบาง Mn^{+2} อยู่ในรูปที่พืชสามรถนำไปใช้ประโยชน์ได้

6. สังกะสี ทำหน้าที่สร้างการเจริญเติบโตของพืช ถ้าในดินมีปริมาณมากจะเป็นพิษ สังกะสีอยู่ในรูป Zn^{+2} พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้

7. ทองแดง ทำหน้าในส่วนการสร้างปริมาณเมล็ด และ Cu^{+2} เท่านั้นที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้

ฉวีวรรณ เหลืองวุฒิวิโรจน์ และคณะ (2537) กล่าวถึงปริมาณธาตุอาหาร ในกองปุ๋ยหมักจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับวัสดุที่นำมาใช้ทำปุ๋ยหมักซึ่งศึกษาจากวัสดุชนิดต่างๆ ทั้งที่ย่อยสลายง่ายและยากทางการเกษตร พบว่ามีไนโตรเจนเท่ากับ 1.00 เปอร์เซ็นต์, ฟอสฟอรัส 0.35 เปอร์เซ็นต์, โพแทสเซียม 1.50 เปอร์เซ็นต์, แคลเซียม 1.25 เปอร์เซ็นต์, แมกนีเซียม 0.35 เปอร์เซ็นต์ และซัลเฟอร์ 0.05 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับ pH อยู่ในช่วง 7.00-8.50 ที่ระดับความคลาดเคลื่อน ประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ ปุ๋ยหมักยังมีผลต่อส่วนประกอบฮิวมัสในดิน ซึ่งเป็นแหล่งปลดปล่อยธาตุอาหารหลักและรองของพืช (สรสิทธิ์ วัชโรทยาน, 2535) นอกจากวัสดุทางการเกษตรที่นำมาทำปุ๋ยหมักแล้วมีการนำขยะจากชุมชนมาทำปุ๋ยซึ่งให้ธาตุอาหารแตกต่างกันด้วย ดังเช่น ชัยยศ ศรีเกษ (2537) ทดลองวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริมในปุ๋ยหมักไฮเทคจากขยะ พบว่าปริมาณธาตุอาหารหลัก คือไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.01-1.41, 1.00-1.37และ1.16-1.67 % น้ำหนักแห้งตามลำดับ และอัตราส่วน C:N อยู่ในช่วงระหว่าง 6:1-8:1 ซึ่งเหมาะสมสำหรับการนำปุ๋ยหมักไปใช้ประโยชน์ และมีข้อสังเกตวิธีการหมักทำปุ๋ยโดยการแยกขยะหรือไม่แยกขยะ การใส่หัวเชื้อแบบโรยทับและไม่คลุกเคล้าจะไม่มีผลต่อปริมาณธาตุอาหารหลัก แต่มีผลต่อธาตุอาหารรองได้แก่ แคลเซียมแต่จากผลการศึกษาของสุจินต์ เกตสา (2530) วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารของปุ๋ยหมักจากขยะโดยใช้สารตัวเร่งประเภทจุลินทรีย์และไม่ใช้จุลินทรีย์แต่หมักโดยกระบวนการตามธรรมชาติ มีปริมาณธาตุN, PและK เท่ากับ 1.0, 0.79, 1.24 และ1.0, 0.77, 1.20 %น้ำหนักเปียกตามลำดับซึ่งมีค่า ฟอสฟอรัส ต่ำกว่ามาตรฐานของกรมพัฒนาที่ดินกำหนด ทั้งนี้ธาตุอาหาร C, H, O, N และS ยังเป็นสารประกอบที่สำคัญของโปรตีนและสารที่ให้พลังงาน มีบทบาทสำคัญต่อขบวนการสังเคราะห์แสงและเป็นสารประกอบของสารที่สำคัญในขบวนการเมตะโบลิซึมของพืช (เกษมศรี ซับซ้อน, 2541) ดังนั้นการเจริญเติบโตของพืชแต่ละชนิดมีความต้องการธาตุอาหารหลักและรองในปริมาณที่พอเหมาะและในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ยกตัวอย่างเช่น ไม้ดอกไม้ประดับ มีความต้องการปริมาณธาตุไนโตรเจนสูงหรือเกรดปุ๋ยที่สม่ำเสมอ เช่น 15-15-15 หรือ 16-16-16 เป็นต้น (สรสิทธ์ วัชโรทยาน, 2535) นอกจากนี้ประเทศไทยมีการกำหนดคุณภาพและมาตรฐานที่ดีของปุ๋ยหมักซึ่งพิจารณาตามเกณฑ์ ดังนี้ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2540)

1. อัตราส่วนสารประกอบคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ไม่มากกว่า 20 : 1
2. เกรดปุ๋ยไม่ควรต่ำกว่า 1.0-1.0-0.5 (เปอร์เซนต์ของ N : P_2O_5 : K_2O ตามลำดับ)
3. ความชื้นของปุ๋ยหมักไม่ควรมากกว่า 35-40 เปอร์เซนต์(โดยน้ำหนัก)
4. ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ประมาณ 25-50 เปอร์เซนต์ (โดยน้ำหนัก)
5. ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ประมาณ 6.0-7.5
6. ไม่ควรมีวัสดุเจือปนอื่น

2.4 จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในกองปุ๋ยหมัก

การเกิดปฏิกิริยาทางชีวเคมีภายในกองปุ๋ยหมักซึ่งเกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์หลายชนิดประกอบกัน และสามารถจัดแบ่งจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในกองปุ๋ยหมักออกได้เป็น 3 กลุ่ม (เสียงแจ่ว พิริยพฤนต์ และคณะ, 2537) ได้แก่

2.4.1 **เชื้อรา** (fungi) ลักษณะเป็นเส้นใยต่อกันและสปอร์กระจัดกระจายอยู่ทั่วไป ชนิดและปริมาณของเชื้อราจะขึ้นอยู่กับวัสดุที่นำมาทำการหมัก ความชื้นและอุณหภูมิของสภาพแวดล้อม ที่อุณหภูมิมากกว่า 65 องศาเซลเซียล จะไม่พบเชื้อรา

2.4.2 **แอคติโนมัยซิน** (actinomycetes) ลักษณะเป็นจุดสีขาวๆ คล้ายผงปูนขาว เป็นกลุ่มบนวัสดุที่ใช้ทำปุ๋ย สามารถเจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมิสูงและชะงักการเจริญเติบโตเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 75 องศาเซลเซียล ซึ่งความสามารถในการเจริญเติบโตขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ จุลินทรีย์ประเภทนี้มีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยเฉพาะเซลลูโลสในกองปุ๋ยหมัก

2.4.3 **แบคทีเรีย** (bacteria) มักมีปริมาณมากกว่าจุลินทรีย์ประเภทอื่นๆซึ่งปริมาณแบคทีเรียจะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม และวัสดุที่นำมาใช้ จุลินทรีย์ประเภทนี้สามารถเจริญเติบโตได้ทั้งมีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน

ซึ่งทั้ง 3 กลุ่มมีบทบาทในการย่อยสลายเศษพืชให้เร็วขึ้น ศักดิ์สิทธิ์ ศรีวิชัย (ม.ป.ป.) กล่าวเพิ่มเติมว่าวัสดุที่ย่อยสลายง่าย จุลินทรีย์พวกแบคทีเรียจะย่อยสลายได้เร็วที่สุด แต่ถ้าหากเป็นวัสดุที่ย่อยสลายยาก จุลินทรีย์พวกเชื้อราและแอคติโนมัยซินจะย่อยสลายได้ดีกว่า และจุลินทรีย์จะมีบทบาทช่วยในการย่อยสลายของเศษพืชอย่างรวดเร็วและสามารถเชื่อมทำให้ดินจับตัวเป็นก้อนร่วนซุย สามารถขับเอนไซม์ออกมาย่อยสลายเศษพืชในกองปุ๋ยหมัก ที่ระดับอุณหภูมิความชื้นที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายและช่วยประหยัดเวลาการหมักปุ๋ย นอกจากนี้เชื้อแอคติโนมัยซิลบางชนิด สามารถสร้างสารปฏิชีวนะออกมาทำลายเชื้อโรคพืชและอุณหภูมิที่สูงสามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคได้ และทำลายไข่แมลงศัตรูพืช เชื้อแบคทีเรีย

Acetobacter sp. สามารถตรึงไนโตรเจนในอากาศเปลี่ยนมาเป็นธาตุอาหารที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ และเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus sp.* สามารถสร้างฮอร์โมนช่วยให้พืชเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว การศึกษาของฉวีวรรณ เหลืองวุฒิวิโรจน์ และคณะ (2537) บอกถึงการประเมินปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักที่ทำจากวัสดุที่ย่อยสลายยาก พบว่าปริมาณแบคทีเรียและแอคติโนมัยซินมีความแปรผันสูง เชื้อราไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก และเมื่อเปรียบเทียบเชื้อจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ พบว่ามีปริมาณเชื้อแบคทีเรียมากที่สุด เชื้อราต่ำที่สุดและการศึกษาดังกล่าวคล้ายกับผลการศึกษาของกองปุ๋ยหมักจากเศษวัสดุที่ย่อยสลายง่าย นอกจากนี้ Bertoldiและคณะ (1983) ได้ศึกษาปริมาณของจุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักที่อุณหภูมิสูง พบแบคทีเรียและแอคติโนมัยซินสามารถทนทานและอยู่รอดได้แต่เชื้อรามีปริมาณลดลง

2.5 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการย่อยสลายในกองปุ๋ยหมัก

สภาพแวดล้อมภายในกองปุ๋ยหมักเป็นปัจจัยสำคัญที่เป็นตัวควบคุมกิจกรรมของจุลินทรีย์ และ คุณภาพของปุ๋ยหมัก (พิทยากร ลิ่มทอง และคณะ, 2537) ซึ่งกล่าวได้ดังต่อไปนี้

2.5.1 **ลักษณะของเศษวัสดุ** ที่มีผลต่อกระบวนการการย่อยสลาย ได้แก่ ขนาดของเศษวัสดุและความสดของเศษพืช ขนาดของเศษวัสดุที่มีขนาดเล็ก เพื่อการผสมคลุกเคล้าได้อย่างทั่วถึง ส่วนความสดของพืช เศษพืชสดจะมีปริมาณน้ำมากและการระบายอากาศไม่ดีอาจเกิดกระบวนการเน่าเสียภายในกองปุ๋ยได้ (พิทยากร ลิ่มทอง และคณะ, 2537) นอกจากนั้นยังขึ้นอยู่กับชนิดของเศษพืชที่มีองค์ประกอบส่วนที่จุลินทรีย์สามารถใช้เป็นอาหารได้ยากหรือง่ายและมีแร่ธาตุอยู่เพียงพอกับความต้องการของจุลินทรีย์หรือไม่ (ศักดิ์สิทธ์ ศรีวิชัย, ม.ป.ป.) อนึ่งการหมักมูลฝอยจำเป็นต้องมีองค์ประกอบของมูลฝอยชนิดที่เน่าเปื่อยได้ง่ายปนอยู่มาก (ชาติ เจียมไชยศรี, 2542)

2.5.2 **อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนของมูลฝอย** ชาติ เจียมไชยศรี (2542) กล่าวว่า คาร์บอนในสารอินทรีย์เป็นแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์ เมื่อเกิดปฏิกิริยาย่อยสลายจะให้พลังงานออกมา ซึ่งจุลินทรีย์มีการเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนมากขึ้น และธาตุไนโตรเจนจะมีความจำเป็นโดยใช้ในการสังเคราะห์โปรตีนเพื่อสร้างเซลใหม่ เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ อัตราส่วน C : N ที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 26-35 และ C : N ratio ที่ 20-30 ทำให้อัตราการย่อยสลายเร็วและสามารถนำปุ๋ยดังกล่าวไปใส่ในดินโดยไม่เป็นอันตรายต่อพืชและถ้าค่าอัตราส่วน C : N ลดลงถึง 20 ถือว่าปุ๋ยหมักนั้นมีคุณภาพดี (พิทยากร ลิ่มทอง และคณะ, 2537) หากกองปุ๋ยหมักมีไนโตรเจนน้อยเกินไปความร้อนจะเกิดขึ้น การสลายตัวจะช้าตามไปด้วย

ดังนั้นจึงมีการใส่ปุ๋ยเคมีที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นหลัก เช่น ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต หรือยูเรีย เป็นต้น (ศักดิ์สิทธิ์ ศรีวิชัย, ม.ป.ป.)

2.5.3 **ความชื้น** บ่งบอกถึงปริมาณน้ำในกองปุ๋ยซึ่งจำเป็นต่อการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ซึ่งระดับความชื้นในกองปุ๋ยหมักที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายประมาณ 50-60 เปอร์เซ็นต์ และมีผลต่อการระบายอากาศ ซึ่งระดับความชื้นมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์เกิดการปลดปล่อยก๊าซที่มีกลิ่นเหม็น เช่น H_2S หากมีความชื้นน้อยเกินไปประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์หรือต่ำกว่าขบวนการย่อยสลายจะหยุดหรือเกิดได้ช้า (ชาติ เจียมไชยศรี, 2542) สอดคล้องกับการทดลองของ Poincelot (1974) และ Suler and Finstein (1977) ณ ระดับความชื้น 50-60%และมีปริมาณออกซิเจนอย่างเพียงพอทำให้อัตราการย่อยสลายจะเกิดสูงสุดและเมื่อเพิ่มปริมาณความชื้นเป็น 70% อัตราการย่อยสลายจะลดลง และ Finstein and Morris (1975) เพิ่มเติมว่าอินทรียวัตถุที่มีความหนาแน่นน้อยได้แก่ พวกเศษพืชที่เป็นเส้นใยจะมีปริมาณความชื้นสูงถึง 80-85 %

2.5.4 **การระบายอากาศ** พิทยากร ลิ่มทอง และคณะ (2537) และศักดิ์สิทธิ์ ศรีวิชัย (ม.ป.ป.) กล่าวถึงการให้อากาศหรือการเพิ่มออกซิเจน ซึ่งเป็นตัวรับอิเล็กตรอนในระบบหายใจภายในเซลของจุลินทรีย์ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นและกระทำได้โดยการกลับกองปุ๋ยที่เป็นการหมุนเวียนวัสดุภายในกอง ทำให้ความชื้นสม่ำเสมอทั้งกองและมีความสำคัญต่อการแปรสภาพของกองปุ๋ย ซึ่ง Suler and Finstein (1977) พบว่าการใช้อากาศธรรมดาที่มีปริมาณออกซิเจน 18.0-20.0 เปอร์เซ็นต์ ไหลผ่านกองปุ๋ยหมักจะเพียงพอต่อปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ แต่ภาวะขาดออกซิเจนจะทำให้ขบวนการย่อยสลายเกิดได้ช้าและยืดเวลาในการหมัก (Poincelet, 1974)

2.5.5 **อุณหภูมิ** การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในกองปุ๋ยหมัก ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและชนิดของจุลินทรีย์ที่เปลี่ยนแปลงไป และระดับความสูงของอุณหภูมิจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมของชนิดวัสดุเหลือทิ้งและขนาดของกองปุ๋ยหมัก นอกจากนี้อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเกิดปฏิกิริยาเคมีและควบคุมอัตราเร็วของปฏิกิริยาชีวเคมี ซึ่งสภาพภูมิอากาศในฤดูร้อนมีผลทำให้เกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุเป็นไปได้เร็วและสามารถย่อยอินทรีย์วัตถุในมูลฝอยได้ (ชาติ เจียมไชยศรี, 2542) Suler and Finstein (1977) ทำการทดลองปรับระดับอุณหภูมิให้คงที่ต่ำหรือสูงกว่าระดับปกติ พบว่าคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยจะลดลงแสดงว่าที่ระดับอุณหภูมิสูงอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์วัตถุสูงกว่าในสภาพอุณหภูมิปกติ และมีการศึกษาระดับความร้อนที่สะสมในกองปุ๋ยเป็นระยะเวลานานมีผลต่อเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคกับคนหรือโรคพืช และอุณหภูมิที่สูงในกองปุ๋ยหมักที่ทำจากขยะเทศบาลมีผลโดยตรงต่อการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ และศักดิ์สิทธิ์ ศรีวิชัย (ม.ป.ป.) กล่าวเพิ่มเติมว่าอุณหภูมิที่

สูงขึ้นจะทำลายเมล็ด วัชพืชที่ติดมากับเศษพืช ไข่ของแมลงศัตรูพืชและพวกแบคทีเรียทำให้เกิดโรคในระบบลำไส้ของคน

2.5.6 **ระดับความเป็นกรดเป็นด่าง** พิทยากร ลิ่มทอง และคณะ (2537) ทำการทดลองวัดระดับ pH โดยการสุ่มตัวอย่างจากกองปุ๋ยหมักแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยในช่วง 3 วันแรกค่า pH ลดลงจากเดิม เหลือ 5.3-5.7 หลังจากนั้นค่อยๆ เพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ และไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงมากนัก อยู่ในช่วงระหว่าง 7.0-8.5 สอดคล้องกับ Gaur (1980) ช่วง 2-3 วันแรกของการหมัก pH จะลดลงเนื่องจากจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุที่ย่อยสลายได้ง่ายอย่างรวดเร็วและเกิดกรดอินทรีย์บางชนิดทำให้ pH ลดลงถึง 4.5-5.0 และศักดิ์สิทธ์ ศรีวิชัย (ม.ป.ป.) กล่าวถึงระดับความเป็นกรดเป็นด่างของกองปุ๋ยควรอยู่ตั้งแต่ช่วงที่เป็นกรดอ่อนๆ จนถึงด่างอ่อนๆ คือ มีค่า pH ประมาณ 5.0-7.5 และระดับความเป็นกรดเป็นด่างจะมีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตหรือกิจกรรมของจุลินทรีย์เช่น แบคทีเรียเจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่เป็นกรดอ่อนๆ จนถึงเป็นกลางแต่แอคติโนมัยซินและเชื้อราเจริญได้ในระดับ pH เป็นกรดของกองปุ๋ย

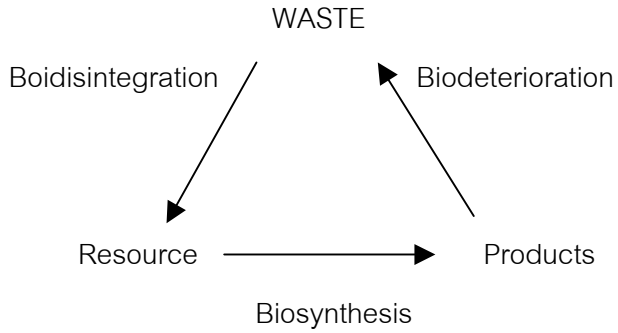
2.5.7 **ขนาดของกองปุ๋ยหมัก** ศักดิ์สิทธิ์ ศรีวิชัย (ม.ป.ป.) กล่าวถึงขนาดของกองปุ๋ยหมักที่พอเหมาะไม่ควรเกิน 2 ลบ.ม. ความกว้างไม่เกิน 2-3 เมตร และหากแคบเกินไปทำให้กองปุ๋ยมีความร้อนต่ำกว่าช่วงที่จุลินทรีย์จะเจริญเติบโตและทำกิจกรรมได้ เช่นเดียวกับการทำปุ๋ยหมักแบบอุตสาหกรรมแต่มีความยาวไม่จำกัดให้เป็นไปตามความยาวของพื้นที่และความสูงของกองประมาณ 1-2 เมตร

2.5.8 **ขนาดของมูลฝอย** เพื่อให้มูลฝอยได้สัมผัสกับอากาศมากที่สุด จำเป็นต้องมีการตัดหรือบด ให้มีขนาดวัสดุที่นำมาหมักประมาณ 2.3-5.0 เซนติเมตร หรือ 0.5-1.5 นิ้ว และให้เนื้อมูลฝอยสัมผัสกับอากาศในสัดส่วนที่เหมาะสม (ชาติ เจียมไชยศรี, 2542) เช่นเดียวกับการทดลองของ Gotaas (1956) quoted in Danteravanich (1989) ซึ่งแนะนำให้ขนาดของเศษวัสดุที่นำมาหมักทำปุ๋ย ต้องมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 2 นิ้ว (5 ซม.)

2.5.9 **องค์ประกอบของมูลฝอย** การคัดแยกเอาองค์ประกอบมูลฝอยที่ย่อยสลายยากหรือไม่ย่อยสลายเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นมาก จึงจะได้วัตถุดิบที่มีคุณภาพเหมาะสมต่อการหมักและฤดูกาลจะมีผลให้องค์ประกอบมูลฝอยแตกต่างกัน ดังนั้นการเก็บมูลฝอยที่มีความหลากหลายองค์ประกอบและคุณสมบัติแตกต่างกันมาผลิตปุ๋ยจึงจำเป็นต้องปรับสภาพของมูลฝอยหรือวัตถุดิบให้เหมาะสมก่อน (ชาติ เจียมไชยศรี, 2542)

2.6 การใช้ประโยชน์จากวัสดุเศษเหลือบางชนิด

วัสดุเศษเหลือจัดเป็นวัตถุดิบประเภทที่ใช้ประโยชน์สองแนวทาง คือ 1. การลดปัญหามลภาวะและค่าใช้จ่ายในการกำจัด 2. ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่า นอกจากนี้การใช้วัสดุเศษเหลือให้เป็นปุ๋ยอาจจัดว่าเป็นเรื่องของสิ่งแวดล้อม เนื่องจากวัสดุเศษเหลือ ดังกล่าวหากไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์หรือมีระบบการกำจัดที่ไม่ถูกต้องก็อาจก่อให้เกิดปัญหามลภาวะกระทบต่อสภาวะแวดล้อมได้ (พูนสุข ประเสริฐสรรพ์, 2542) การย่อยสลายวัสดุเศษเหลือเพื่อนำมาใช้ประโยชน์เป็นกระบวนการทางชีวภาพโดยกิจกรรมของพวกจุลินทรีย์สามารถจำแนกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ ลักษณะที่เป็นอันตรายเกิดการเน่าเสีย เรียกว่า เกิดการเสื่อมเสียทางชีวภาพ (biodeterioration) หรือในแง่การเป็นประโยชน์เรียกว่า biodisintegration แผนภูมิการนำกลับมาใช้ใหม่ (recycling) โดยจุลินทรีย์แสดงได้ดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 ความสัมพันธ์ของการนำกลับมาใช้ใหม่โดยจุลินทรีย์

ที่มา : Kosaric and Velayudhan (1991) อ้างถึงใน พูนสุข ประเสริฐสรรพ์ (2542)

การเปลี่ยนแปลงโดยกระบวนการสังเคราะห์ทางชีวภาพ (biosynthesis) มีแนวโน้มสูงขึ้นเนื่องจากสามารถตอบสนองความต้องการในเรื่องอาหารและพลังงานของโลกได้

แนวทางการนำวัสดุเศษเหลือไปใช้อย่างเหมาะสมมี 4 แนวทางดังนี้ (Smith, 1981)

1. การใช้เป็นอาหารสำหรับมนุษย์ (food) เหมาะสมกับวัสดุเศษเหลือที่มีคุณภาพดี

2. การใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ (feed) อาจใช้ได้โดยตรงหรือหลังจากผ่านกระบวนการแปรรูปบางอย่างโดยใช้เลี้ยง เป็ด ไก่ หมู ปลา และวัว เป็นต้น

3. การใช้เพื่อผลิตก๊าซชีวภาพและผลิตภัณฑ์การหมักอื่นๆ เช่น การทำปุ๋ยหมักมีกระบวนการผลิต กระบวนการนี้ต้องไม่ผ่านวิธีการแปรสภาพวัตถุดิบที่เสียค่าใช้จ่ายสูง การใช้วัสดุเศษเหลือในวัตถุประสงค์อื่นๆ เช่นใช้เป็นเชื้อเพลิง (fuel) หรือวัสดุก่อสร้าง เป็นต้น

การนำของเสียอินทรีย์กลับมาใช้ใหม่เป็นรูปแบบการใช้จากวัสดุเศษเหลืออย่างหนึ่งที่ได้รับความสนใจและมีการรณรงค์เป็นอย่างมาก ยกตัวอย่างเช่น ของเสียในรูปมูลฝอย ทั้งนี้เนื่องจากมีปริมาณมูลฝอยเกิดขึ้นเป็นจำนวนมหาศาล แนวทางการนำกลับมาใช้ใหม่จะช่วยลดปริมาณของมูลฝอยที่ต้องการกำจัดได้ ดังนั้นการคัดแยกมูลฝอยเป็นหมวดหมู่เพื่อง่ายต่อการนำกลับไปใช้ใหม่นับว่าเป็นสิ่งที่สำคัญมาก อนึ่ง ของเสียอินทรีย์มักจะประกอบด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ เช่น คาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม เป็นจำนวนมากสามารถนำมาเป็นข้อพิจารณาทางเลือกในการบำบัดทางชีวภาพที่มีราคาถูกกว่าการบำบัดทางเคมีและทางกายภาพ อีกทั้งยังนำผลที่ได้มาใช้ประโยชน์ได้อย่างปลอดภัย เช่น ปุ๋ย ก๊าซชีวภาพ โปรตีนชีวภาพ เป็นต้น โดยเฉพาะในเขตร้อน ที่ใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลาย (ศุวศา กานตวนิชกูร, ม.ป.ป.)

2.7 กากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น

โรงงานผลิตน้ำยางข้นจากกระบวนการผลิต นอกจากได้ยางพาราเป็นผลผลิตแล้ว ยังมีน้ำเสียและของเสียต่างๆ ที่อยู่ในรูปของแข็งเกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต ซึ่งของเสียเหล่านั้นสามารถจำแนกได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่ น้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้น ของเสียของแข็งที่เป็นเนื้อยางตกค้างสะสมในบ่อดักยางและบ่อบำบัดน้ำเสีย เนื้อยางที่ตกค้างสะสมในทางระบายน้ำภาชนะที่ใช้บรรจุยางและของเสียของแข็ง ที่เรียกว่า “ กากขี้แป้ง ”

“ กากขี้แป้ง ” หรือ “ ตม ” เป็นของเสียในรูปของแข็งประกอบด้วย สิ่งเจือปนต่างๆ ส่วนใหญ่จะเป็นพวกฝุ่น ทราย เปลือกไม้ และ แมกนีเซียมแอมโมเนียมฟอสเฟตได้จากการตกตะกอนในถังพักน้ำยางที่รวบรวมน้ำยางสดไว้และจากกระบวนการปั่นน้ำยางสด กากขี้แป้งมีลักษณะเป็นสีขาวหรือสีเหลืองอ่อน มีแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบสำคัญ (วันชัย แก้วยอด, 2540) นอกจากนี้มีรายงานว่าโรงงานในเขตจังหวัดสงขลา ปี 2538-2539 ที่มีการผลิตน้ำยางข้นจะเกิดของเสียประเภทนี้ประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของน้ำยางสดที่นำมาใช้ในการผลิตน้ำยางข้น และพบว่าคุณสมบัติของกากขี้แป้ง มีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม เฉลี่ยเท่ากับ 2.06 19.60และ1.80 % น้ำหนักแห้งตามลำดับและมีแมกนีเซียม และสังกะสี เท่ากับ 5.31 และ 1.01 % น้ำหนักแห้งตามลำดับ จากคุณสมบัติกากขี้แป้งพบว่าสามารถนำมาเป็นวัสดุบำรุงดินได้ โดยทดลองปลูกกับพืชตระกูลหญ้าพบว่ามีการเจริญเติบโตดี (วราศรี เถกประสิทธิ์, 2543) นอก

จากกากขี้แป้งแล้วมีการนำกากส่าหรือน้ำส่าเหล้าซึ่งเป็นน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตสุรา สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการรดกองปุ๋ยเพื่อผลิตปุ๋ยหมักได้ (สุจินต์ พนาปวุฒิกุล, 2527)

2.8 โลหะหนักในปุ๋ยหมัก

โลหะหนัก หมายถึง ธาตุที่มีความหนาแน่นมากกว่า 5 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร (Stoker and Seagers,1976 อ้างถึงในดาวรุ่ง สังข์ทอง, 2538) มักพบอยู่ทั่วไปในสิ่งแวดล้อม เช่น ในดิน พืช สัตว์ และจะพบอยู่ในเนื้อเยื่อเป็นส่วนใหญ่ โลหะหนักบางชนิด หากพบในปริมาณน้อยจะเป็นประโยชน์ เช่นต่อพืช ได้แก่ แมงกานีสและสังกะสี ต่อสัตว์ได้แก่ โครเมียมและนิเกิล ส่วนแคดเมียม, ตะกั่ว และปรอทไม่แสดงความเป็นประโยชน์ทั้งในพืชและสัตว์ หากกล่าวถึงความเสี่ยงจากการใช้ปุ๋ยหมักจากมูลฝอยชุมชนที่มีการปนเปื้อนโลหะหนักจะเกิดขึ้นเมื่อมีการใช้ในปริมาณที่มากหรือใส่ติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน โดยปริมาณโลหะหนักอาจเกิดการสะสมในดินหรือถูกชะล้างลงสู่ใต้ดิน หรือถูกดูดดึงและสะสมในพืช ซึ่งสามารถเกิดการถ่ายทอดไปตามห่วงโซ่อาหารและส่งผลกระทบต่อมนุษย์และสัตว์ได้ (Giordano and May, 1981 ; Silverira,1986 อ้างถึงในดาวรุ่ง สังข์ทอง, 2538) ในประเทศไทยมีการศึกษาปริมาณโลหะหนักบางชนิดในมูลฝอยชุมชน ซึ่งพบว่ามีปริมาณโลหะหนักเรียงตามลำดับจากมากไปน้อยดังนี้ สังกะสี, ทองแดง, แมงกานีส, โครเมียม, ตะกั่ว, นิเกิล, แคดเมียม และปรอท ซึ่งทั้งหมดอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ แต่ในปุ๋ยหมักจากมูลฝอยชุมชนจากสถานกำจัดมูลฝอยอ่อนนุชและหนองแขมมีปริมาณแมงกานีสสูงที่สุด รองลงมาเป็นสังกะสี ทองแดง และไม่พบปริมาณโครเมียม (Praparat Panarom, 1981 อ้างถึงในดาวรุ่ง สังข์ทอง, 2538) และพบปริมาณโลหะหนักในรูปน้ำชะมูลฝอยปุ๋ยหมักไฮเทคจากมูลฝอยเทศบาลเมืองเพชรบุรี ได้แก่ปริมาณตะกั่ว, ปรอท, แคดเมียม และสารหนู อยู่ในระดับไม่เกินมาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม หากกล่าวถึงระดับที่เป็นพิษที่ยอมให้มีได้ในปุ๋ยหมักจากมูลฝอยชุมชนของโลหะหนักทั้ง 8 ธาตุ มีระบุไว้ตามเกณฑ์ของนานาประเทศและของกลุ่มประชาคมยุโรป ซึ่งปริมาณของโลหะหนักทั้ง 8 ธาตุจะแบ่งออกเป็นโลหะหนักที่เป็นจุลธาตุอาหารโดยตรงอันได้แก่ แมงกานีส, สังกะสี, ทองแดงและโลหะหนักที่เป็นพิษ อันได้แก่ โครเมียม, นิเกิล, ตะกั่ว, แคดเมียม และปรอท

2.9 ตลาด

ตลาด หมายถึง การชุมชุมกันซึ่งกลุ่มผู้ซื้อและผู้ขาย เพื่อทำการซื้อขายสินค้าและบริการ หรือกลุ่มพนิชยกรรม สมาคม องค์การค้าต่างๆ ซึ่งทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการซื้อขายสินค้า (สุมนา อยู่โพธิ์, 2525) การแบ่งตลาดสินค้าโดยทั่วไป มักแบ่งออกเป็น 2 ตลาดคือ ตลาดเพื่อการอุปโภคบริโภคและตลาดสินค้าเพื่อการอุตสาหกรรม ซึ่งตลาดสินค้าเพื่อการอุปโภค หมายถึง ผู้ซื้อ ซื้อสินค้าเพื่อใช้ตอบสนองตามความต้องการของเขาหรือสมาชิกในครอบครัว ไม่ได้นำไปประกอบอุตสาหกรรม ดังนั้น การซื้อในตลาดประเภทนี้จึงซื้อสินค้าทีละน้อยแต่บ่อยครั้ง ใช้เวลาสั้นในการบริโภคสินค้า (จุฑา เทียนไทย, 2522) ส่วนทำเลที่ตั้งของตลาดหรือสถานบริการมักจะขึ้นอยู่กับชนิดของการบริการที่ปฏิบัติ และความต้องการของผู้ซื้อและผู้ขาย (สุมนา อยู่โพธิ์, 2525)

สินค้าเกษตรกรรม มักขึ้นอยู่กับฤดูกาล สภาพดินฟ้า อากาศ ผลผลิตทางการเกษตรมักมีปัญหาในด้านปริมาณ, ราคา, คุณภาพ, การเก็บรักษาและการขนส่ง จึงทำให้มีกำไรน้อยจากสภาพปัญหาดังกล่าวจึงก่อให้เกิดช่องทางการจำหน่ายผลิตผลทางการเกษตร แบบค้าส่งในรูปแบบของตลาดผู้ค้าส่งท้องถิ่นและตลาดกลางและตลาดผลิตผลการเกษตรเพื่อบริโภคโดยตรง (สุมนา อยู่โพธิ์, 2525)

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุจินต์ เกตสา (2530) ศึกษาการกำจัดมูลฝอยชุมชนโดยการหมักทำปุ๋ย ด้วยการใช้สารตัวเร่งประเภทจุลินทรีย์เปรียบเทียบแต่ละชุดการทดลอง พบว่า การใช้สารตัวเร่งในการกำจัดมูลฝอยโดยวิธีการหมักทำปุ๋ย ไม่มีผลช่วยเร่งระยะเวลาในการหมักให้สั้นลง และระยะเวลาการหมักที่ทำให้ค่าสัดส่วนระหว่าง C : N ลดลงเป็น 20 : 1 ต้องใช้ระยะเวลาในการหมักทดลองที่ใช้สารตัวเร่งประเภทจุลินทรีย์ 19 วัน และพบว่าคุณภาพปุ๋ยที่เป็นผลผลิตของการกำจัดมูลฝอย จะมีค่าฟอสฟอรัสต่ำกว่ามาตรฐานของกรมพัฒนาที่ดินกำหนดไว้เท่ากับ 1 นอกจากนี้ผลการวิจัยการปรับปรุงดินด้วยอินทรีย์วัตถุของกรมพัฒนาที่ดินมีการคัดเลือกเชื้อจุลินทรีย์จากธรรมชาติ เพื่อใช้เป็นสารเร่งในการทำปุ๋ยหมักพบว่า เชื้อแอคติโนมัยซินมีผลทำให้อัตราการย่อยสลายเกิดได้เร็วกว่าไม่ใส่เชื้อแอคติโนมัยซิน ซึ่งทดลองในฟางข้าว (พิทยากร ลิ่มทอง และคณะ, 2537) และวรรณลดา สุนันทพงศ์ศักดิ์ และคณะ (ม.ป.ป.) ศึกษาผลของมูลวัว มูลไก่และมูลสุกร ต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักฟางข้าว พบว่า มูลไก่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักชัดเจนกว่าการใส่มูลวัวและมูลสุกร นอกจากการใช้เชื้อประเภทต่างๆ เพื่อเร่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาย่อยสลายสารอินทรีย์ในการทำปุ๋ยหมักแล้ว มีวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการทำปุ๋ยหมักจาก

ฟางข้าวโดยวิธีการระบายอากาศแบบต่างๆ ต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักจากฟางข้าว การทดลองครั้งนี้ พิทยากร ลิ่มทอง และคณะ (2537) พบว่า การกลับกองปุ๋ยหมักทุกๆ 10 วัน ช่วยให้ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและที่ย่อยเซลลูโลส เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 30 วันแรกของการกองปุ๋ย และการใช้ท่อสอดในกองปุ๋ยหมักช่วยในการระบายอากาศได้เช่นกัน

แก้วทิพย์ อัครเดชเรืองศรี (2537) ทดลองนำโพลิสไตรีนโฟมมาเป็นตัวเร่งในขบวนการผลิตปุ๋ยหมักจากผักตบชวา ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงไนโตรเจน ฟอสฟอรัส รวมทั้งอินทรีย์คาร์บอน เร็วกว่ากองปุ๋ยที่ไม่ใส่โฟมและหากเปรียบเทียบอัตราส่วน C : N ที่ 20 : 1 การหมักผักตบชวาจะใช้เวลาเพียง 14 วัน

พัชรี วีระนนท์ (2539) มีการใช้กรดไฮโดรคลอลิกที่มีความเข้มข้น 30% ย่อยสลายเศษปลาเพื่อการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ซึ่งที่ระดับความเข้มข้น 30% จะให้ธาตุอาหารพืชรวมมากกว่าหาก กล่าวถึงปริมาณธาตุอาหารหลักในเศษวัสดุเหลือทิ้ง ทั้งทางด้านอุตสาหกรรม เกษตรกรรมและชุมชน พบว่าอยู่ในระดับต่ำ

สาคร เขิมขันธ์ (2543) ศึกษาความเป็นไปได้ในการจัดการขยะสดผลิตปุ๋ยชีวภาพโดยกระบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนและใช้กากน้ำตาลเป็นตัวเร่งให้จุลินทรีย์ย่อยสลายอินทรีย์วัตถุได้เร็วขึ้น ภายใน 7 วัน พบว่าการปลูกดาวเรืองโดยใช้น้ำสกัดชีวภาพจากเศษอาหารและเศษผักมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตดี แสดงว่าน้ำสกัดชีวภาพเป็นทางเลือกหนึ่งที่ใช้ทดแทนปุ๋ยเคมีได้

Danteravanich, S. (1989) ศึกษาพฤติกรรมของกระบวนการหมักทำปุ๋ยมูลฝอยชุมชนของกรุงเทพมหานครด้วยวิธีเติมอากาศ พบว่าอัตราส่วน C : N ที่ 25-30 จะทำให้ปฏิกิริยาการหมักเร็วที่สุด และการให้อากาศที่ 8 ชั่วโมงหยุด 4 ชั่วโมง ทำให้ระยะเวลาการหมักทำปุ๋ยสั้นที่สุด ซึ่งจะสัมพันธ์กับความเสถียรของปริมาณ TOC ซึ่งสะกัดได้จากมูลฝอยที่หมักได้

3. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพการเกิดมูลฝอยและลักษณะการจัดการมูลฝอยในตลาดสดของเทศบาลนครหาดใหญ่ พร้อมทั้งทำการทดลองในห้องปฏิบัติการเพื่อนำมูลฝอยจากตลาดสดมาหมักทำปุ๋ยโดยใช้หลักการหมักทำปุ๋ยแบบ Windrow ภายใต้เงื่อนไขการทดลองต่างๆ อันจะนำไปสู่การเสนอแนวทางการกำจัดมูลฝอยจากตลาดสดด้วยวิธีการทำปุ๋ยหมัก

4. ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

4.1 ทราบกระบวนการจัดการของเสียของตลาดสดในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่

4.2 ทราบปริมาณและคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของมูลฝอยจากตลาดสดในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่

4.3 ได้แนวทางการกำจัดมูลฝอยจากตลาดสดโดยวิธีการหมักทำปุ๋ย ซึ่งสามารถใช้ประโยชน์จากมูลฝอยจากตลาดสด เพื่อนำกลับมาเป็นวัสดุปรับปรุงคุณภาพดินหรือปุ๋ยต่อไป

5. ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตการวิจัย

5.1 ศึกษาเบื้องต้นของลักษณะและกิจกรรมที่เกิดขึ้นรวมถึงลักษณะการจัดการมูลฝอยจากตลาดสดในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่

5.2 ศึกษาปริมาณมูลฝอยจากตลาดสดที่มีการเก็บรวบรวมจากรถเก็บขนมูลฝอยของเทศบาลนครหาดใหญ่และคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ องค์ประกอบของมูลฝอย ความหนาแน่น คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ความชื้น, ปริมาณเถ้า, ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (TN), ปริมาณฟอสฟอรัส (P_2O_5) และปริมาณโพแทสเซียม (K_2O) เป็นต้น

5.3 ศึกษาการหมักทำปุ๋ยโดยการนำมูลฝอยจากตลาดสดมาหมักในภาวะหรือภายใต้เงื่อนไขต่างๆ กัน เช่น การหมักรวมกับกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น การหมักมูลฝอยจากตลาดสดที่มีการคัดแยกและไม่มีการคัดแยกองค์ประกอบประเภทย่อยสลายยากออก (พลาสติกและยาง) การหมักมูลฝอยที่มีการตัดหรือไม่ตัดมูลฝอย รวมทั้งการหมักโดยการผสมรวมกับปุ๋ยอินทรีย์ โดยการหมักทำปุ๋ยจะใช้รูปแบบของ Windrow composting และระหว่างการศึกษาจะทำการควบคุมสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการหมัก เช่น ควบคุมค่าความชื้น 50-60% มีการพลิกกลับกองปุ๋ยอาทิตย์ละครั้งและระหว่างการหมักจะทำการติดตามปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นภายในกองปุ๋ยโดยศึกษาค่าอุณหภูมิ, ค่าความเป็นกรด-ด่าง, ความชื้น, ปริมาณเถ้า, ปริมาณของแข็งระเหย, ปริมาณไนเทรต-ไนโตรเจนและไนไทรต์-ไนโตรเจน(NO_x-N)และสังเกตการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและชีวภาพของกองปุ๋ยหมักทุกสัปดาห์

5.4 เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาศึกษาปริมาณมูลฝอยคงเหลือโดยวิธีการชั่งน้ำหนักและคัดแยกเศษวัสดุที่ไม่ย่อยสลายหรือย่อยสลายยากเช่น พลาสติก, ยางและเศษกระดูก เป็นต้นและทำการร่อนปุ๋ยให้มีขนาดพอเหมาะต่อการนำไปใช้และศึกษาธาตุอาหารหลักที่ปรากฏคือ ไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ธาตุอาหารรองคือ แมกนีเซียม และโลหะหนักบางชนิด ได้แก่ ทองแดง, แมงกานีสและสังกะสี เป็นต้น

5.5 ประมวลข้อมูลทั้งหมดที่ศึกษาได้ เพื่อนำเสนอแนวทางการใช้ประโยชน์จากของเสียตลาดสดในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่