บทที่ 2
งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สมบูรณ์ และคณะ[1], ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำตะกอนดินจากน้ำประปามาเป็นวัสดุผสมในการทำบล็อกประสาน โดยทดสอบสมบัติด้านการรับกำลังอัด และร้อยละการดูดซึมน้ำตาม มอก.57-2530 ซึ่งใช้อัตราส่วน ปูนซีเมนต์:ทราย (1:3) โดยใช้ตะกอนประปาแทนที่ทรายตั้งแต่ ร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 ตามลำดับ อัตราส่วนผสมน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.6, 0.8 และ 1.0 ตัวอย่างทดสอบขนาด 5x5x5 ซม. บ่มตัวอย่างที่ 3, 7, 14 และ 28 วัน จากผลการทดสอบเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมไปหล่อเป็นบล็อกประสานผสมตะกอนดินขนาด 12.5x25x9 ซม. ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณตะกอนดินที่ ร้อยละ 40, 50 และ 60 อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ เท่ากับ 0.6 ที่อายุ 28 วัน เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมในการนำไปหล่อเป็นบล็อกประสาน โดยตัวอย่างทดสอบให้กำลังอัดสูงสุดเท่ากับ 160, 136 และ 90 กก./ซม.^{2} ค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับ ร้อยละ 14, 15 และ 17 ตามลำดับ เมื่อนำไปหล่อเป็นบล็อกประสานให้ค่ากำลังอัดสูงสุดเท่ากับ 163, 142 และ 96 กก./ซม.^{2} ค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับ ร้อยละ 13,14 และ 15 ตามลำดับ จากผลสามารถสรุปได้ว่าอัตราส่วนที่มีตะกอนดินผสมอยู่ร้อยละ 60 เหมาะสมที่สุดที่จะนำไปผลิตบล็อกประสาน ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก และเป็นอัตราส่วนที่มีตะกอนดินผสมอยู่มากที่สุด แสดงให้เห็นว่าตะกอนดินสามารถนำมาเป็นวัสดุผสมในการทำบล็อกประสานได้ดี

พฤกษ์ ตัญตรัยรัตน์[2], ได้ศึกษาการใช้ประโยชน์จากของเสียคือ กากปูนขาว ซึ่งเป็นของเสียที่เกิดจากอุตสาหกรรมการผลิตเยื่อกระดาษ มาใช้ในการกำจัดโลหะหนักในน้ำเสียโดยวิธีการตกตะกอนทางเคมี กากปูนขาวมีองค์ประกอบหลักคือแคลเซียมคาร์บอเนตซึ่งสามารถใช้ตกตะกอนโลหะหนักได้ ในการทดลองใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีโลหะหนัก 4 ชนิดของแต่ละตัวอย่างน้ำเสีย คือตะกั่ว ไทรวาเลนต์โครเมียม แคดเมียม และปรอท ที่มีความเข้มข้น 1,433.7, 506.7, 1,095 และ 9.37 มก./ล. ตามลำดับ และน้ำเสียจริง 2 ชนิดคือ น้ำเสียจากโรงงานฟอกหนังซึ่งมีไทรวาเลนต์โครเมียม 74.49 มก./ล. และน้ำเสียจากการทดลองซีโอดีซึ่งมีปรอท 683 มก./ล. การวิเคราะห์ผลสำหรับน้ำเสียสังเคราะห์ได้ประเมินหาปริมาณกากปูนขาวที่เหมาะสมในแต่ละค่าพีเอชในช่วงที่เป็นกรด 4 ค่า โดยพิจารณาจากประสิทธิภาพการกำจัดสูงสุดเป็นหลัก ส่วนน้ำเสียจริงได้ทดลองหาประสิทธิภาพการตกตะกอนสูงสุด โดยพิจารณาเปรียบเทียบกับผลการทดสอบน้ำเสียสังเคราะห์ ผลการทดลองพบว่า

กากปูนขาวสามารถใช้ตกตะกอนโลหะหนักในน้ำเสียได้ โดยน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีตะกั่วเมื่อปรับค่าพีเอชให้อยู่ในช่วง 4-7 พบว่า ปริมาณกากปูนขาวที่เหมาะสมมีค่าใกล้เคียงกัน และให้ประสิทธิภาพการตกตะกอนสูงที่สุดคือร้อยละ 93-96 ส่วนน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีโครเมียม เมื่อปรับพีเอชในช่วง 2-5 พบว่ามีปริมาณกากปูนขาวที่เหมาะสม อยู่ในช่วงใกล้เคียงกันในแต่ละพีเอช โดยประสิทธิภาพสูงสุดคือประมาณร้อยละ 99 ในทุกค่าพีเอชน้ำเสียสังเคราะห์ปรอทไม่ได้ทำการปรับค่าพีเอชและพบว่าประสิทธิภาพกำจัดสูงสุดคือประมาณร้อยละ 96-97 ส่วนในการศึกษาน้ำเสียจากโรงงานฟอกหนังพบว่าประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียมสูงสุดคือร้อยละ 100 ในขณะที่น้ำเสียที่มีปรอทจากการทดลองซีโอดีเมื่อทำการเจือจาง 100 เท่าก่อนการตกตะกอน พบว่ามีประสิทธิภาพในการกำจัดประมาณร้อยละ 65-68.

สมิตรและคณะ[3], ได้ศึกษาการผลิตคอนกรีตบล็อกมวลเบาจากวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรม 3 ประเภท ได้แก่ เถ้าลอย กากแคลเวียมคาร์ไบด์ และตะกันเหล็ก โดยมีการใช้ปริมาณปูนซีเมนต์ที่น้อย เถ้าลอย กากแคลเซียมคาร์ไบด์ และปูนซีเมนต์จะถูกผสม และใช้เป็นวัสดุประสานในอัตราส่วนการแทนที่ร้อยละ 50, 70 และ 100 ของปริมาตรช่องว่างของมวลรวมโดยมีอัตราส่วนปูนซีเมนต์ ต่อเถ้าลอย ต่อกากแคลเซียมคาร์ไบด์ 2 อัตราส่วนคือ 10-70-20 และ 5-60-35 จากนั้นนำมาทดสอบหาความหนาแน่น กำลังอัด การดูดกลืนน้ำ การนำความร้อน และการชะละลายของสารโลหะหนัก การทดสอบพบว่าความหนาแน่นของวัสดุเอมีอายุ 28 วันจะมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 1192.52 ถึง 1757.70 กก./ม^3 หรือน้ำหนักต่อการก่อกำแพง 1 ตารางเมตรเท่ากับ 50.37 ถึง 74.25 กก. ส่วนกำลังอัดของบล็อกจะมีค่ามากกว่า 25 กก./ซม^2 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ของ มอก. 58-2530 ในทุกอัตราส่วนผสมเมื่อตังอย่างมีอายุมากกว่า 28 วัน การดูดกลืนน้ำของบล็อกมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 13.86 ถึง 20.62 ในทุกอัตราส่วนผสมนอกจากนี้ตัวอย่างบล็อกคอนกรีตที่ได้มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ต่ำมาก คือมีค่าอยู่ระหว่าง 0.133 ถึง 0.190 วัตต์ต่อเมตรต่อองศาเซลเซียส และยังไม่พบสารชะละลายที่มากไปกว่าเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 6-2540 อีกด้วย

วุฒินัย และวิทยา[4] ได้ศึกษาการใช้ยิปซั่มสังเคราะห์เป็นของเหลือทิ้งจากกระบวนการดักจับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในการผลิตไฟฟ้าจากน้ำมันดีเซล มีลักษณะเป็นผงมีความละเอียดสูง สีเทาขาว บล็อกประสานเป็นวัสดุหนึ่งในงานก่อสร้างที่ผลิตจากการนำดินลูกรัง ผสมซีเมนต์ปอร์ตแลนด์และน้ำ นำมาอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดแก้ง(Cinva Ram) การรับกำลังอัดของบล็อกประสานจะขึ้นอยู่กับคุณภาพมวลรวม และปูนซีเมนต์ที่ใช้เป็นหลัก โดยมวลรวมที่มีขนาดคละกันดีทำให้ความหนาแน่นต่อก้อนสูงส่งผลให้การรับกำลังอัดสูงตามไปด้วย การผสมยิบซั่มลงในมวลรวมเป็นการเพิ่มมวลรวมละเอียดให้มากขึ้น ทำให้ความหนาแน่นต่อก้อนเพิ่มมากขึ้นการรับกำลังจึงสูงขึ้น ที่กำลังอัดเท่ากันการผสมยิบซั่มจะทำให้ลดการใช้ปูนซีเมนต์ลงได้ ผลการการศึกษาพบว่าการผสมยิบซั่มลงในมวล

รวม 5% สามารถเพิ่มค่าการรับกำลังอัดของบล็อกประสานได้ดีที่สุดโดยเมื่อเทียบกับที่กำลังอัดเดียวกันการผสมยิบซั่ม 5% จะสามารถประหยัดปูนซีเมนต์ลงได้ประมาณ 10% คิดเป็นมูลค่าต่อก้อนประมาณ 0.20 บาท หรือประมาณร้อยละ 5 ของราคารวม

วุฒินัย และนรา[5] ได้ศึกษาความสามารถในการรับกำลังอัดของบล็อกประสานที่ผลิตจากหน้าดินจากเหมือนดินขาวหน้าดินขาวเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตดินขาวเพื่ออุตสาหกรรม ซึ่งมีจำนวนมากและเป็นปัญหาในการกำจัดของเหมือนแร่ขอบเขตของงานวิจัย ใช้หน้าดินขาวจากเหมือนแร่ (Mineral Resources Development) จังหวัดระนอง เป็นวัตถุดิบในการผลิตบล็อกประสานผสมวัตถุดิบที่อัตราส่วนหน้าดินต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 1:5, 1:7 และ 1:9 โดยน้ำหนัก ทดสอบหลังการอัดที่ระยะเวลา 3,7,14 และ 28 วัน เพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับกำลังอัดที่ระยะเวลาต่างๆ ผลการศึกษาพบว่าบล็อกประสานที่ผลิตได้จากหน้าดินขาวมีค่าความสามารถในการรับกำลังอัดสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้สำหรับบล็อกประสาน(มาตรฐานในการรับกำลังอัดของบล็อกประสานต้องไม่ต่ำหว่า 70 กก./ตร.ซม.) จากการศึกษาสรุปได้ว่าหน้าดินขาวสามารถนำมาใช้ผลิตบล็อกประสานได้เป็นอย่างดี

Khedari และคณะ [6] ได้ศึกษาการนำความร้อน ค่าการรับแรงอัด และความหนาแน่นของอิฐมวลเบาที่ทำจากเส้นใยมะพร้าวและเส้นใยทุเรียนผสมกับทรายและซีเมนต์ ผสมกันผลิตเป็นวัสดุก่อสร้าง ผลการทดลองพบว่าการเพิ่มเส้นใยมะพร้าวและเส้นใยทุเรียนเข้าในส่วนจะช่วยลดค่ากานนำความร้อนลง โดยความยาวที่เหมาะสมของเส้นใยคือ 2 มิลลิเมตรและมีอัตราส่วนที่เหมาะสม คือ ปริมาณเส้นใยมะพร้าวเป็นร้อยละ 20 ของปริมาณซีเมนต์(โดยน้ำหนัก) ซึ่งจะได้ค่าการนำความร้อน 0.2543 W/m.K. ค่าการรับแรงอัด 24.52 kg/cm^2 (บ่มน้ำที่ 9 วัน) และมีค่าความหนาแน่นที่ 958.8 kg/m^3 และสำหรับอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับเส้นใยทุเรียน คือปริมาณเส้นใยทุเรียนเป็นร้อยละ 10 ของปริมาณซีเมนต์(โดยน้ำหนัก) ซึ่งจะได้ค่าการนำความร้อน 0.3506 W/m.K. ค่าการรับแรงอัด 33.6 kg/cm^2 (ระยะเวลาบ่มน้ำ 9 วันบ่มอากาศอีก 12 วัน) และค่าความหนาแน่น 1456 kg/m^3

Pranee และคณะ [7] ได้ผลิตแผ่นบอร์ดชนิดใหม่ที่มีค่าการนำความร้อนต่ำจากส่วนผสมของเยื่อกระดาษที่เป็นของเสียจากโรงานผลิตกระดาษทิชชูและเปลือกข้าวโพด โดยใช้โฟม Polystyrene ประกอบเป็นชั้นๆ ผลการทดลองพบว่าแผ่นบอร์ดนี้มีค่าความหนาแน่นที่ต่ำและมีค่าการนำความร้อนต่ำลงเมื่อเพิ่มปริมาณเยื่อกระดาษและเปลือกข้าวโพดเพิ่มขึ้น การปรับปรุงการรับแรงทางกลและการต้านทานต่อขยายตัว สามารถทำได้โดยการเคลือบพื้นผิวที่แผ่นและมีค่าของ Polystyrenc 15% (w/v)

Soroushian and คณะ[8] ได้ทดลองหาปัจจัยที่เหมาะสมในการทำวัสดุซีเมนต์ผสมเส้นใย Wastepaper พบว่าปัจจัยที่มีผลสำคัญต่อค่ากำลังรับแรงดัดได้แก่ ปริมาณเส้นใย, อัตราส่วนผสมระหว่างเส้นใย

บริสุทธิ์กับเส้นใย Wastepaper และค่าความละเอียดของเส้นใย จากการทดลองจะได้ค่ากำลังรับแรงดัดสูงสุดเท่ากับ 13.2 MPa ที่ปริมาณเส้นใย 8% อัตราส่วนผสมระหว่างเส้นใยบริสุทธิ์กับเส้นใย Wastepaper เท่ากับ 1:1 และค่าความละเอียดเท่ากับ 540 ตามมาตรฐานแคนาดา มีการเปรียบเทียบก้อนตัวอย่างที่ใช้เยื่อบริสุทธิ์ทั้งหมด กับตัวอย่างที่ใช้เยื่อ Wastepaper ทั้งหมด พบว่าตัวอย่างที่ใช้เยื่อ Wastepaper ทั้งหมด พบว่า ตัวอย่างที่ใช้เยื่อ Wastepaper ทั้งหมดจะให้ค่ากำลังรับแรงดัด และความเหนียวที่ต่ำหว่า, การดูดซับน้ำ และปริมาณความชื้นน้อยกว่า แต่มีความหนาแน่นมากกว่า

Soroushian และ คณะ[9] ได้ศึกษาสมบัติทางกลและทางกายภาพของวัสดุซีเมนต์เสริมเส้นใยเซลลูโลส โดยตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ชนิดเส้นใย, ปริมาณเส้นใย, การใช้วัสดุปอโซลานแทนซีเมนต์บางส่วน, สภาพความชื้นและอัตราส่วนทรายซิลิกาต่อซีเมนต์ พบว่าเมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มจาก 4% เป็น 8% ค่ากำลังรับแรงดัดและความเหนียวของวัสดุผสมเพิ่มขึ้น ความถ่วงจำเพาะลดลง, ค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น วัสดุผสมมีความไวต่อผลของความชื้น เมื่อความชื้นเพิ่มขึ้น ค่ากำลังรับแรงดัดจะลดลง, ค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น วัสดุผสมมีความไวต่อผลของความชื้น เมื่อความชื้นเพิ่มขึ้น ค่ากำลังรับแรงดัดจะลดลง แต่ความเหนียวจะเพิ่มขึ้น การซิลิกาฟูม จะเพิ่มค่าความถ่วงจำเพาะ และลดการดูดซึมน้ำ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ขี้เถ้าลอย ชนิดเส้นใยและปริมาณทรายที่ใช้ไม่มีผลกระทบสำคัญต่อความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำ การศึกษาทาง Microstructure พบว่าลักษณะที่ชื้นมากนำไปสู่การเพิ่มขึ้นของสภาพที่เส้นใยหลุดออกจากโครงสร้างมากกว่าการฉีกขาดของเส้นใย

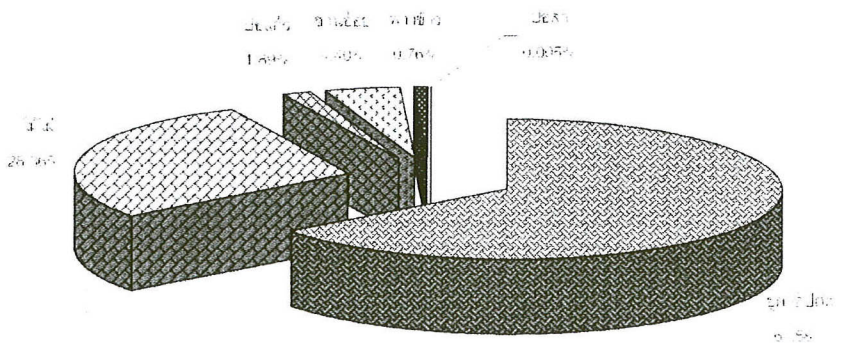
และต่อมา Soronshian และคณะ[10] ศึกษาผลจากสภาพแวดล้อมต่อคุณสมบัติของวัสดุซีเมนต์เสริมเส้นใย Recycled Wastepaper การทดลองใช้แผ่นวัสดุผสมที่มีปริมาณเส้นใย 8% การเตรียมสภาพแวดล้อมโดยจัดสภาวะเปียก, สภาวะแก้ง และสภาวะคาร์บอร์เนชั่น ตามลำดับ โดย 1 รอบการทดลองประกอบด้วย แช่แผ่นให้อิ่มตัวในน้ำ 8 ช.ม. เข้าเตาอบ 1 ชม. เก็บในสภาพคาร์บอนไดออกไซด์สูง เวลา 5 ชม. อบแห้งในเตา 9ชม. และ ตั้งให้เย็นในอุณหภูมิห้อง 1 ชม. ทำการทดลอง 25 รอบ นำไปทดสอบค่ากำลังรับแรงดัด, ความเหนียว, ความแข็ง แล้วเปรียบเทียบค่าที่ได้จากแผ่นที่ผ่านการกระทำกับแผ่นปกติ พบว่าการทำสภาพแวดล้อม ทำให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้นแต่ความเหนียวลดลง แต่ไม่มีผลต่อกำลังรับแรงดัด เมื่อพิจารณาจุดที่เกิดจากแตกหักหลังจากการทดสอบกำลังรับแรงอัด จะเห็นว่าแผ่นที่ผ่านสภาพแวดล้อมเส้นใยจะฉีกขาด แต่แผ่นปกติเส้นใยจะหลุดออกมา

Lin และคณะ [11]ได้ศึกษาแนวทางการปรับปรุงคุณสมบัติของวัสดุซีเมนต์เสริมเส้นใยไม้ ในด้านความคงตัว, คุณสมบัติทางกล, คุณสมบัติทางกายภาพ การทดลองใช้เส้นใย 3 ชนิด คือ Bleached hardwood pulp, Unbleached recycled kraft paper และ Recycled newspaper, ปูนซีเมนต์ 3 ชนิดคือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดสาม, Commercial Alkali Activated Cement และ Laboratory Alkali Activated Cement ใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.40 และปริมาณเส้นใย 6.3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักซีเมนต์ ผลการทดลองจะได้ว่า กำลังการรับแรงขึ้นอยู่กับ ชนิดเส้นใย, ชนิดซีเมนต์, ระยะเวลาการบ่มและอุณหภูมิการบ่ม การผสมด้วยแรงเฉือนสูง, การใช้แรงกดมาก และการใช้ซิลิกาฟูมแทนปูนซีเมนต์บางส่วน ช่วยเพิ่มค่ากำลังรับแรงดัดของวัสดุผสมได้ การศึกษาโครงสร้างภายในโดยใช้เครื่อง Scanning Electron Microscope พบว่าแรงยึดเหนี่ยวที่เกิดบนผิวระหว่างเส้นใยไม้กับซีเมนต์เพลส์ที่แข็งตัว มีความสำคัญ ถ้าแรงยึดเหนียวมาก เส้นใยจะขาดออกจากันเมื่อวัสดุผสมแตกหัก แต่ถ้าแรงยึดเหนี่ยวน้อย เส้นใยจะหลุดออกจากซีเมนต์เพลสต์ที่แข็งตัว เมื่อวัสดุผสมได้รับแรงกระทำ

2.2 การผลิตกระดาษและของเสียจากโรงงานผลิตกระดาษ

2.2.1 กระบวนการผลิตกระดาษ

กระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ มีการใช้วัตถุดิบหลายชนิด ซึ่งแบ่งเป็นประเภทหลัก ๆ คือ วัตถุดิบประเภทไม้ (wood) และวัตถุดิบที่ไม่ใช่ไม้ (Non-Wood) สำ หรับวัตถุดิบที่นิยมใช้ผลิตเยื่อ กระดาษในประเทศไทยที่เป็นไม้ คอื ยคู าลปิ ตสั ส่วนวัตถุดิบที่ไม่ใช่ไม้คอื ชานออ้ย ปอแกว้ ฟางข้าวไม้ไผ่ เยื่อกระดาษที่ผลิตได้ในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นเยื่อใยสั้นถึงเยื่อใยปานกลาง ยกเว้นเฉพาะเยื่อกระดาษสาที่ผลิตจากต้นปอสาเท่านั้นที่จัดเป็นเยื่อใยยาว ในด้านปริมาณการใช้วัตถุดิบแต่ละชนิด พบว่า มีการใช้ยูคาลิปตัสมากที่สุด คือประมาณ 64.58% ของปริมาณวัตถุดิบทั้งหมด รองลงมาได้แก่ ไม้ไผ่ 28.365% ชานอ้อย 4.40% ฟางข้าว 0.76% และปอสา 0.005% (ภาพที่ 2.1)



ภาพที่ 2.1 แสดงสัดส่วนของวัตถุดิบต่างๆที่ใช้สำหรับการผลิตเยื่อกระดาษในประเทศไทย

ที่มา: Department of Industrial Work and Questionnaire

ตารางที่ 2.1 แสดงขนาดเส้นใยของวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิตเยื่อกระดาษ

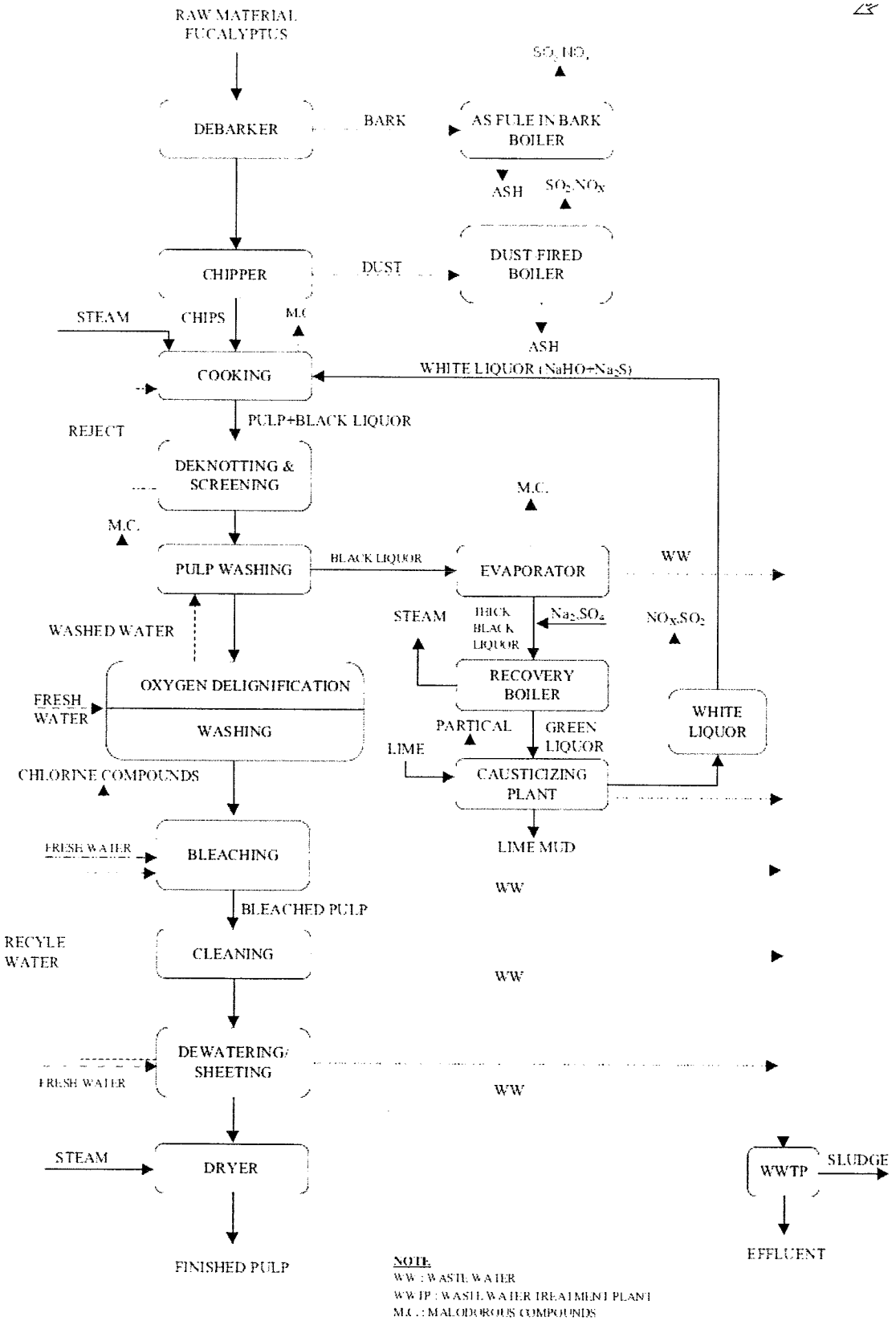
ชนิดของวัตถุดิบ	ความยาว, มม.		เส้นผ่านศูนย์กลาง, ไมโครเมตร	
	ต่ำ - สูง	เฉลี่ย	ต่ำ - สูง	เฉลี่ย
ฟางข้าว	0.7 - 3.5	1.5	5 – 15	9
ปอแก้ว	0.6 - 6.0	1.5	14 – 40	25
ชานอ้อย	0.8 – 2.8	1.6	10 – 34	20
ไม้ไผ่	1.5 – 4.4	2.3	7 – 27	18
ยูคาลิปตัส	0.6 – 1.4	1.0	14 – 20	18

ที่มา : Environmental Management in the Pulp and Paper Industry, UNEP IE/PAC Mannual 1, Moscow 1981.

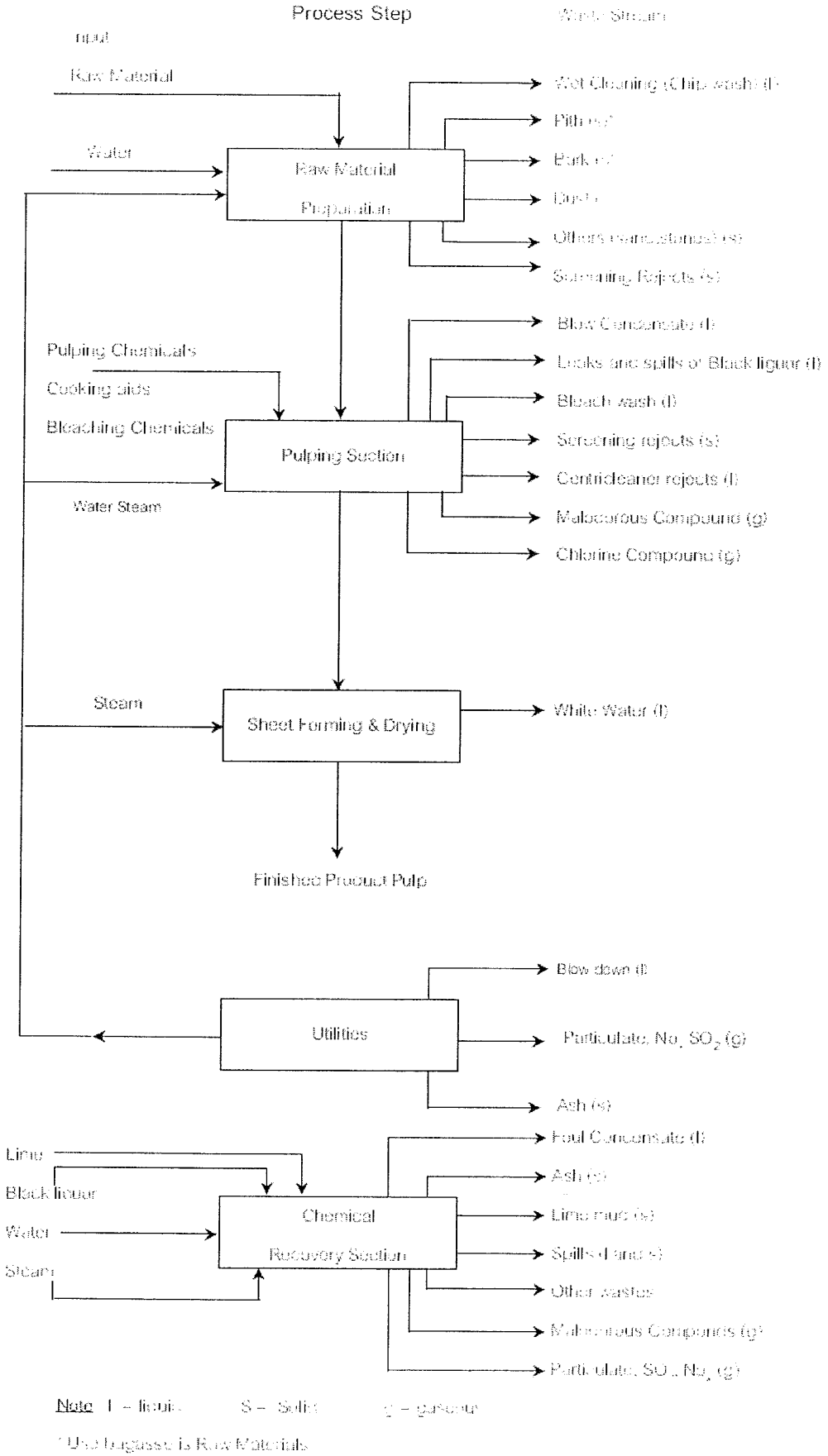
ตารางที่ 2.2 แสดส่วนประกอบทางเคมีของเส้นใยวัตถุดิบต่างๆที่ใช้ในการผลิตเยื่อกระดาษในประเทศไทย

ชนิดของวัตถุดิบ	เซลลูโลส (%)	ลิกนิน (%)	Hot water Soluble (%)	Alcohol benzene soluble (%)	เถ้า (%)
ฟางข้าว	28 – 41	10 – 17	13 – 17	1 – 7	14 – 22
ปอแก้ว	64	11 – 21	1.1	1.2	0.5
ชานอ้อย	26 – 39	19 – 22	3 – 11	3 – 11	1 – 5
ไม้ไผ่	35 – 47	22 – 30	16 – 21	3 – 6	1 – 5
ยูคาลิปตัส	47	20	2.4	1.5	0.4

ที่มา : Environmental Management in the Pulp and Paper Industry, UNEP 1996



ภาพที่ 2.2 แสดงกระบวนการผลิตเยื่อฟอกขาวโดยกระบวนการซัลเฟต (คราฟท์)



ภาพที่ 2.3 แสดง Process flow diagram indicating waste stream in pulps production

ลักษณะสมบัติของวัสดุเศษเหลือจากการผลิตเยื่อกระดาษฟอกขาวโดยใช้กระบวนการซัลเฟต

มวลสารที่นำ เข้า

- ไม้ไผ่, ยูคาลิปตัส
- สารเคมีต่าง ๆ เช่น โซเดียมซัลเฟต,ปูนขาว (Lime), คลอรีนไดออกไซด์, ซัลเฟอร์, Caustic Soda, Oxygen และ Chlorine gas
- น้ำใช้ในกระบวนการผลิต

มวลสารที่เกิดขึ้น

-เยื่อกระดาษฟอกขาว
- น้ำทิ้งจากกระบวนการผลิต
- เศษเปลือกไม้
- เศษ Rejects (ตาไม้)
- Black Liquor
- เถ้าและตะกรันจากหม้อไอน้ำ
- Lime mud
- ตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย

2.2.2 การบำบัดของเสียจากโรงงานผลิตกระดาษ

ของเสียจากโรงงานกระดาษแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ น้ำเสีย (Wastewater) กากเสีย (Solid waste) และอากาศเสีย (Air Pollution)

2.2.2.1 การกำจัดกากเสีย

กากเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตกระดาษมีดังนี้

- เศษเหลือจากวัตถุดิบ(เปลือกไม้ เศษไม้ กรวดทราย และอื่นๆ)
- เศษเส้นใย(Fibers) และสิ่งคัดทิ้ง (Reject)จากกระบวนการผลิตเยื่อและกระดาษ
- กากของเสียจากระบบ Recovery ของโรงงาน (กากปูนขาว กากตะกอน กรวดทราย)
- เถ้าและตะกรันจากหม้อไอน้ำ
- สลัดจ์จากระบบบำบัดน้ำเสีย(ทางชีววิทยาและทางเคมี)
- ของเสียจากอุตสาหกรรมทั่วไป(เศษโลหะ วัสดุจากการก่อสร้าง เศษวัสดุหีบห่อ)
- ของเสียอันตราย (Hazardous Waste)

การกำจัดกากเสียนั้นสามารถทำได้หลายวิธีการ อย่างไรก็ดีการนำเทคโนโลยีสะอาดมาใช้และการนำกลับมาใช้ใหม่(Recycle) จะช่วยลดปริมาณของเสียที่จะนำไปกำจัดได้ ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายลดลงไปด้วย แนวทางการจัดการกากของเสียจากกระบวนการผลิตเยื่อและกระดาษ ดังแสดงในตารางที่ 2.3

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

ตารางที่ 2.3 การจัดการกากของเสียประเภทต่างๆ

วัสดุกากของเสีย	การจัดการขั้นตอน	การจัดการขั้นที่สอง
1. เศษกระดาษ	นำกลับไปใช้ใหม่(Recycle)	เผาในเตาเผา
2. วัสดุ Rejects เส้นใยสลัดจ์	นำกลับไปใช้ใหม่หลังจากทำความสะอาด	เผาในเตาเผา
3. พลาสติก	นำกลับไปใช้ใหม่(Recycle)	เผาในเตาเผา
4. โลหะ	นำกลับไปใช้ใหม่(Recycle)	-
5. วัสดุอื่นที่นำกลับมาใช้ใหม่ไม่ได้	นำไปฝังกลบ (Landfill)	-
6. กากของเสียอันตราย	กำจัดอย่างปลอดภัยตามระเบียบข้อกำหนด	-

ของเสียอันตราย (Hazardous Waste) ต้องกำจัดอย่างปลอดภัยตามระเบียบข้อกำหนดสำหรับในประเทศไทยให้ดำเนินการตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 6(พ.ศ.2540) ออกตามความในประราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2535 เรื่องการกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว ประกาศในราชกิจจานุเบกษาวันที่ 13 พฤศจิกายน 2540

นอกจากนี้ กากของเสียที่เข้าข่ายเป็นของเสียไม่เป็นอันตราย(Non Hazardous Waste) ให้ดำเนินการตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 1 (พ.ศ.2541) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 เรื่องการกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว ประกาศในราชกิจจานุเบกษาวันที่ 6 มิถุนายน 2541

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย วันที่ 20 มิถุนายน 2551 เลขทะเบียน 225258 เลขเรียกหนังสือ

2.2.2.2 วิธีการกำจัดกากของเสีย

การกำจัดกากของเสียของโรงงานอุตสาหกรรมมีหลายวิธีการขึ้นอยู่กับลักษณะของกากของเสียในการกำจัดกากของเสีย ซึ่งมีวิธีการ

1. ระบบฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill)

การกำจัดกากของเสียหรือมูลฝอยโดยวิธีการฝังกลบนี้ เป็นการนำกากของเสียหรือมูลฝอยมาเทกองในพื้นที่ ซึ่งจัดเตรียมไว้ใช้เครื่องจักรกลเกลี่ยให้เป็นชั้นบางๆ และบดอัดมูลฝอยยุบตัวลงทำเป็นชั้นๆ เมื่อได้ความสูงตามที่กำหนดแล้วใช้ดินกลบทับและอัดให้แน่นอีกครั้ง หลังจาหนั้นนำกากของเสียหรือมูลฝอยอันใหม่มาเกลี่ยและบดอัดเป็นชั้นๆ สลับด้วยชั้นดิน เพื่อป้องกันปัญหาในด้านกลิ่นแมลง น้ำฝนชะล้างและเหตุรำคาญอื่นๆ อินทรีย์สารที่เป็นองค์ประกอบของกากของเสียหรือมูลฝอยจะถูกย่อยสลายตามธรรมชาติในกระบวนการย่อยสลายตามธรรมชาติโดยจุลินทรีย์หรือมูลฝอยจะถูกย่อยสบายตามธรรมชาติในกระบวนการย่อยสลายตามธรรมชาติโดยจุลินทรีย์ชนิดไร้อากาศ(Anearobic

Bacteria) และเกิดก๊าซมีเทน รวมทั้งน้ำเสียในชั้นของการฝังกลบ การดำเนินการฝังกลบจะต้องมีมาตรการระบายก๊าซออกจากพื้นที่ฝังกลบ และมีการป้องกันหรือบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้น เพื่อลดปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นและลดผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมด้านอื่นๆ

2. ระบบหมักทำปุ๋ย (Composting)

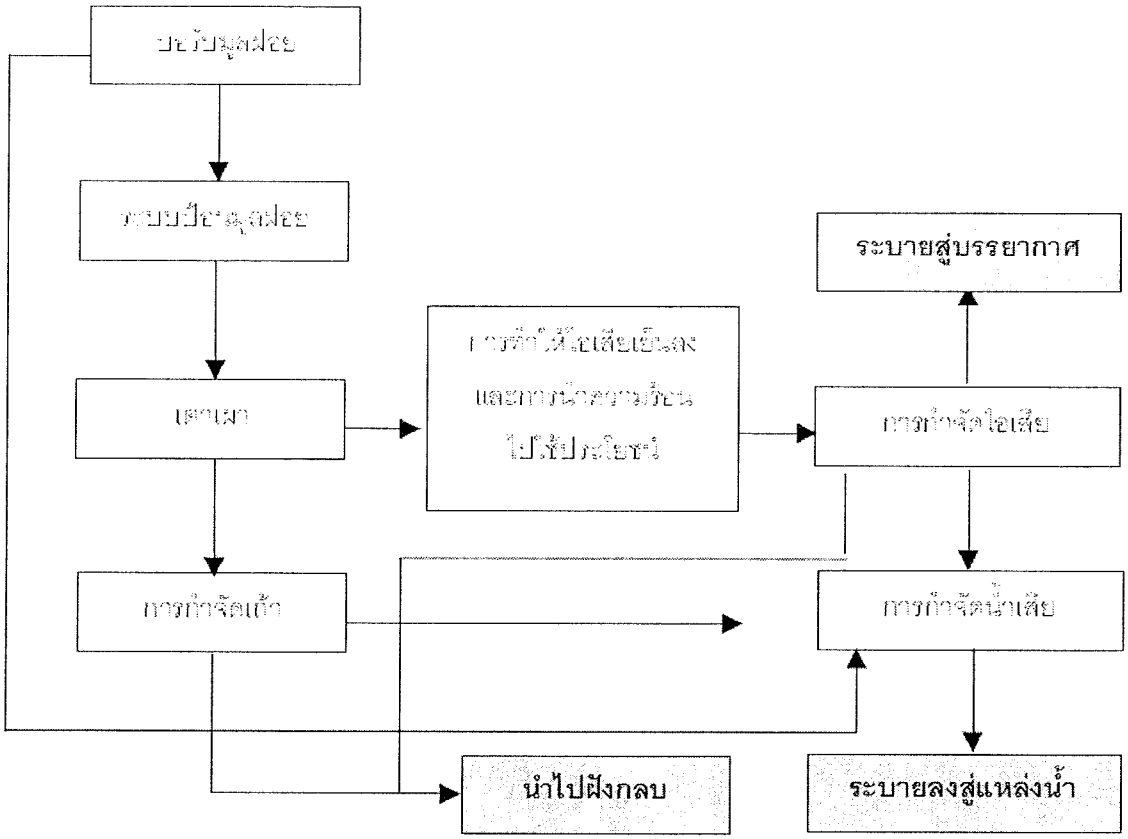
หลักการหมักทำปุ๋ย อาศัยกระบวนการทางชีววิทยาของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุที่มีอยู่ในมูลฝอย โดยเฉพาะจุลินทรีย์พวกที่ต้องการออซิเจน (Aerobic Bacteria) ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมในด้านความชื้น อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจน รวมทั้งอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจน ผลผลิตที่ได้เป็นสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายแล้วเป็นผงหรือก้อนเล็กๆ สีน้ำตาลสามารถนำไปใช้เป็นสารปรับปรุงคุณภาพดิน(Soil Conditioner) ดังปฏิกิริยาเคมีย่อยสลายต่อไปนี้

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

ก๊าซที่มีกลิ่น เช่น ก๊าซไข่เน่า (H_2S), Methyl Mercaptan (CH_3SH) กำจัดได้โดยการรวบรวมก๊าซไปเผาให้สลายตัวเป็นก๊าซที่ไม่มีกลิ่น

3. ระบบเผาในเตาเผา(Incineration)

หลักการกำจัดโดยการใช้เตาเผาโดยทั่วไป เป็นวิธีการกำจัดมูลฝอยที่มีประสิทธิภาพดีมากวิธีหนึ่ง สามารถลดปริมาณมูลฝอยลงได้ประมาณร้อยละ 80-90 อาศัยลักษณะสมบัติของมูลฝอยซึ่งสามารถติดไฟได้ภายในเตาเผา โดยมีอากาศหรือเชื้อเพลิงเสริมภายใต้อุณหภูมิความดันที่เหมาะสม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับรูปแบบและขนาดของเตาเผาแต่ละประเภท ผลที่ได้จากปฏิกิริยา เผาไหม้จะเกิดก๊าซชนิดต่างๆ ไอน้ำ ฝุ่นและขี้เถ้า อุณหภูมิเผาไหม้ครั้งสุดท้ายอยู่ระหว่าง 850-1200 องศาเซลเซียสในการกำจัดมูลฝอยโดยใช้เตาเผานี้มีขั้นตอนที่สำคัญต่างๆ ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 ขั้นตอนทั่วไปในการกำจัดโดยการเผา

ปัจจุบันการใช้เตาเผาเป็นการจัดการกากของเสียที่มีประสิทธิภาพและได้รับความนิยมมากขึ้น เนื่องจากการกำจัดโดยการฝังกลบเริ่มมีราคาแพง และการหาสถานที่สำหรับฝังกลบ มีแนวโน้มจะยากขึ้นเรื่อยๆ

ในการกำจัดโดยวิธีที่กล่าวมาข้างต้น สามารถใช้ได้ดีกับของเสียประเภทของแข็ง (Solid Waste) ซึ่งแต่ละวิธีการมีความเหมาะสมกับประเภทของเสียที่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาทั้งในแง่ของทางเทคนิคและทางเศรษฐศาสตร์ สามารถเปรียบเทียบได้ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ข้อเปรียบเทียบระหว่างการกำจัดมูลฝอยด้วยระบบต่างๆ

ข้อพิจารณา	วิธีการกำจัดมูลฝอย		
	การเผา	การหมักทำปุ๋ย	การฝังกลบ
1.ด้านเทคนิค			
1.1 ความยากง่ายในการดำเนินการและซ่อมบำรุง	-ใช้เทคโนโลยีค่อนข้างสูง การเดินเครื่องค่อนข้างยุ่งยาก -เจ้าหน้าที่คบคุมต้องมีความรู้ความชำนาญสูง	-ใช้เทคโนโลยีพอสมควร -เจ้าหน้าที่ควบคุมมีระดับความรู้พอควร	-ใช้เทคโนโลยีไม่สูงนัก -เจ้าหน้าที่ทั่วไปมีความรู้ความชำนาญน้อยกว่าการเผา หรือหมักปุ๋ย
1.1 ประสิทธิภาพในการกำจัด -ปริมาณมูลฝอยที่กำจัดได้ -ความสามารถในการฆ่าเชื้อโรค	 -ลดปริมาณของมูลฝอยได้ 80-90% ส่วนที่เหลือต้องนำไปกำจัดโดยการฝังกลบ -กำจัดได้ 100%	 -ลดปริมาตรของมูลฝอยได้ 30-35% ส่วนที่เหลือต้องกำจัดต่อโดยการเผาฝังกลบ -กำจัดได้ 70%	 - ฝังกลบได้ 100% -กำจัดได้เพียงเล็กน้อย
1.3 ความยืดหยุ่นของระบบ	-ต่ำ	-ต่ำ	-ต่ำ
1.4 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม - น้ำผิวดิน -น้ำใต้ดิน -อากาศ -ปัญหากลิ่น แมลง	 -ไม่มี -ไม่มี -มี -ไม่มี	 -มีความเป็นไปได้ -มีความเป็นไปได้ -ไม่มี -อาจมีปัญหากลิ่นและแมลง	 -มีความเป็นไปได้สูง -มีความเป็นไปได้สูง -ไม่มี -มี
1.5 ลักษณะสมบัติของมูลฝอย	-เป็นสารที่เผาไหม้ได้มีค่าความร้อนไม่ต่ำหว่า 4,500 kJ/kg และความชื้นไม่มากกว่า 40%	-เป็นสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ มีความชื้น 50-60%	-รับมูลฝอยได้เกือบทุกประเภท (ยกเว้นมูลฝอยติดเชื้อหรือสารพิษ)
1.6 ขนาดที่ดิน	-ใช้เนื้อที่น้อย	-ใช้เนื้อที่ปานกลาง	-ใช้เนื้อที่มาก
2. ด้านเศรษฐศาสตร์			
2.1 เงินลงทุนในการก่อสร้าง	-สูงมาก	-ค่อนข้างสูง	-ค่อนข้างต่ำ
2.2 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและซ่อมบำรุง	-สูง	-ค่อนข้างสูง	-ต่ำ
2.3 ผลพลอยได้จากการกำจัด	-ได้พลังงานความร้อนจากการเผา	-ปุ๋ยอินทรีย์จากการหมักและโลหะที่แยกก่อนหมัก	-ปรับพื้นที่เป็นสวนสาธารณะ -ได้ก๊าซมีเทนเป็นเชื้อเพลิง