



รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ แนวทางการจัดการขยะอาหารของตลาดสด
ขนาดใหญ่ในประเทศไทยอย่างยั่งยืน

ผศ.ดร.ชีระวิทย์ รัตนพันธ์ และคณะ

มกราคม 2562

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ แนวทางการจัดการขยะอาหารของตลาดสดขนาดใหญ่
ในประเทศไทยอย่างยั่งยืน

คณะผู้วิจัย

ผศ.ดร.ชีระวิทย์ รัตนพันธ์
ผศ.ดร.ธันวดี สุขสาโรจน์
อ.ดร.วีระวัฒน์ อุ่นเส่นหา

นางสาวธารินี บัวดิษฐ์
นางสาวลลิตา สิ้นไชย

สังกัด

สถาบันพัฒนาสุขภาพอาเซียน มหาวิทยาลัยมหิดล
สถาบันพัฒนาสุขภาพอาเซียน มหาวิทยาลัยมหิดล
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
สถาบันพัฒนาสุขภาพอาเซียน มหาวิทยาลัยมหิดล
สถาบันพัฒนาสุขภาพอาเซียน มหาวิทยาลัยมหิดล

ชุดโครงการงานวิจัยการจัดการการทิ้งอาหารเป็นขยะ

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
(ความคิดเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทสรุปผู้บริหาร (Executive Summary)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแนวทางการจัดการขยะอาหารอย่างยั่งยืนสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย ซึ่งเป็นช่องทางหนึ่งในการช่วยลดการเกิดขยะโดยเฉพาะการเกิดขยะอาหารในภาพรวมของห่วงโซ่อุปทานอาหารของทั้งประเทศ โดยเริ่มจากการศึกษาปริมาณและคุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของขยะอาหารของตลาดสดขนาดใหญ่ รวมไปถึงศึกษาสถานการณ์ในการจัดการขยะอาหารของตลาดสดขนาดใหญ่ จากนั้นจึงพัฒนาและคัดเลือกแนวทางในการจัดการขยะอาหารอย่างยั่งยืนสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทยโดยเน้นการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วนและอยู่บนพื้นฐานความคิดแห่งความยั่งยืน ซึ่งแนวทางที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ในการกำหนดนโยบายสำหรับการจัดการขยะอาหารสำหรับตลาดสดของประเทศไทยได้

จากการทบทวนวรรณกรรมและทวนสอบการดำเนินการจริงในตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทยจำนวน 3 แห่ง ด้วยการสัมภาษณ์และสังเกต ทำให้สรุปที่มาของการเกิดขยะอาหารในตลาดสดขนาดใหญ่ได้เป็น 3 ประเภท คือ 1) ขยะอาหารที่เกิดขึ้นจากการตัดแต่ง 2) ขยะอาหารที่เกิดขึ้นจากการเน่าเสีย และ 3) ขยะอาหารที่เกิดขึ้นหลังจากการบริโภค โดยทั้งสามส่วนนั้นจะถูกจัดการโดย 3 วิธี คือ วิธีที่ 1 บริษัทเอกชนมารับซื้อขยะเหล่านั้นไปทำเป็นปุ๋ย วิธีที่ 2 ทางตลาดจัดรถขนส่งขยะอาหารเหล่านั้นไปยังบริษัทเอกชนที่ต้องการนำไปใช้ประโยชน์ วิธีที่ 3 ขยะถูกเก็บรวบรวมไว้ที่จุดรวมขยะของตลาดเพื่อรอการจัดการต่อไป ในส่วนของขยะที่ถูกนำไปทิ้งที่จุดรวมขยะจะมีทั้งที่เจ้าของแผงค้านำไปทิ้งเอง และที่เจ้าของกิจการบริการรับขยะนั้นไปทิ้งให้ยังจุดรวมขยะต่างๆ รวมทั้งขยะเศษอาหารที่จุดรวมจะถูกกำจัดด้วยวิธีการต่างๆ เช่น ให้เทศบาลผู้รับผิดชอบในพื้นที่มารับไปกำจัดให้บริษัท หรือหน่วยงานที่ต้องการใช้ประโยชน์จากขยะมารับไป หรือทางตลาดทำการกำจัดขยะเหล่านั้นด้วยตนเองด้วยวิธีการต่างๆ เช่น นำไปหมักเป็นปุ๋ย เผาทิ้ง ผึ่งกลบ เป็นต้น

จากนั้นจึงทำการศึกษาลักษณะขยะอาหารของตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทยด้วยการเก็บรวบรวมตัวอย่างขยะอาหาร จำนวน 3 ครั้ง ในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2560 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2560 และเดือนมีนาคม พ.ศ. 2561 จากตัวอย่างขยะอาหารในตลาดผลไม้ ตลาดรวม ตลาดผัก และตลาดอาหารทะเล โดยเก็บตัวอย่างขยะอาหารในช่วงเช้า และช่วงเย็น เป็นเวลา 3 วัน รวมวันหยุดราชการ แล้วจึงนำตัวอย่างขยะอาหารไปวิเคราะห์ขยะทางกายภาพ และเคมี จำนวน 9 พารามิเตอร์ ได้แก่ ปริมาณขยะอาหาร ความหนาแน่นของขยะอาหาร ความชื้นของขยะอาหาร ปริมาณของแข็งรวม ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ ปริมาณเถ้า ปริมาณคาร์บอน ปริมาณไฮโดรเจน และปริมาณโลหะหนัก ผลจากการวิเคราะห์คุณลักษณะของขยะอาหาร พบว่าตลาดสดขนาดใหญ่มีปริมาณอยู่ในช่วงของ 40 – 50 % ของขยะทั้งหมด มีปริมาณความชื้นสูง ปริมาณสารเผาไหม้และปริมาณเถ้าต่ำ ปริมาณคาร์บอนต่ำ ปริมาณไฮโดรเจนสูง และปริมาณโลหะหนักต่ำ ดังนั้นแนวทางที่มีศักยภาพนำมาใช้เพื่อการจัดการขยะอาหารของตลาดสดขนาดใหญ่ ประกอบด้วย การผลิตปุ๋ย การผลิตก๊าซชีวภาพ และการผลิตเชื้อเพลิง

ข้อมูลในส่วนของการศึกษาและรูปแบบการจัดการขยะเศษอาหารของตลาดสดขนาดใหญ่ในประเทศไทยจากการเก็บรวบรวมข้อมูลย้อนหลัง 12 เดือน จากตลาดสดขนาดใหญ่ทั่วทุกภาคของประเทศไทยจำนวน 18 ตลาด พบว่า ตลาดสดขนาดใหญ่นั้นเป็นแผงค้าในรูปแบบของอาหารหรือส่วนที่สามารถนำไปประกอบอาหารและส่วนที่ไม่ใช่อาหาร โดยผลจากแบบสอบถาม พบว่า แผงค้าอาหารหรือส่วนที่สามารถนำไปประกอบอาหารมีจำนวน ร้อยละ 72.50 ของแผงค้าทั้งหมด โดยเมื่อพิจารณาปริมาณของการเกิดขยะอาหาร พบว่า มีปริมาณร้อยละ 63.87 จากขยะทั้งหมดในตลาดสด ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณของแผงค้าอาหารในตลาด

ทั้งนี้ในส่วนของการจัดการขยะอาหารในตลาดสดของประเทศไทยในปัจจุบัน พบว่า ร้อยละ 22 ของตลาดสดขนาดใหญ่นั้นมีการคัดแยกขยะเองในตลาดสดและมีการจัดการด้วยวิธี (1) ส่งให้เอกชนหรือเทศบาลส่งไปฝังกลบร้อยละ 77.8 (2) เป็นอาหารสัตว์ร้อยละ 16.7 และ (3) นำไปเป็นอาหารสัตว์และหมักปุ๋ยร้อยละ 5.5 ยิ่งไปกว่านั้นยังพบว่า ปัญหาอุปสรรคในการจัดการขยะอาหารมากกว่าร้อยละ 67 มาจากการไม่ได้รับความร่วมมือจากทางผู้ค้าในตลาดสดเอง โดยแนวทางที่มีความเป็นไปได้หรือศักยภาพเนื่องมาจากความต้องการของตลาดสดขนาดใหญ่ในการจัดการขยะอาหาร คือ การผลิตปุ๋ยอินทรีย์

ทั้งนี้นวัตกรรมการจัดการขยะอาหารในปัจจุบันนั้น ผลจากการสืบค้นและทบทวนนวัตกรรมในการจัดการขยะอาหารที่เกิดขึ้น จากทั้งเอกสาร เว็บไซต์ ฐานข้อมูลทั้งในระดับชาติและนานาชาติ ในระหว่างปี พ.ศ. 2558-2560 พบว่า แนวทางเชิงนวัตกรรมในการจัดการขยะอาหารประกอบด้วย 4 แนวทาง ได้แก่ กระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพ การหมักแบบไร้อากาศ กระบวนการทางกายภาพและเคมี และกระบวนการทางความร้อน เมื่อพิจารณาแนวทางในการส่งเสริมให้การจัดการขยะอาหารที่เหมาะสมกับตลาดสดของประเทศไทยประกอบด้วย การผลิตปุ๋ยมูลค่าสูง การผลิตผลิตภัณฑ์กรด Microbial Fuel Cell การผลิตผลิตภัณฑ์กลุ่มก๊าซ และการเผาเพื่อผลิตไฟฟ้า

จากผลการศึกษาในส่วนของคุณลักษณะของขยะทางกายภาพและเคมี สถานการณ์และรูปแบบการจัดการขยะจากเศษอาหารของตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย และการทบทวนนวัตกรรมในการจัดการขยะอาหารสำหรับตลาดสดทั้งในประเทศและต่างประเทศ ทำให้สามารถสรุปแนวทางที่มีความเหมาะสมที่สามารถนำมาใช้เพื่อใช้เป็นร่างแนวทางในการจัดการขยะอาหารสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ ดังนี้ การผลิตเชื้อเพลิง Refuse-derived fuel (RDF) การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ การผลิตก๊าซชีวภาพ การผลิตปุ๋ยมูลค่าสูง Microbial Fuel Cell และการผลิตกรดชนิดต่างๆ จากนั้นจึงนำร่างแนวทางดังกล่าวนี้ไปจัดประชุมเชิงปฏิบัติการร่วมกับผู้ทรงคุณวุฒิด้านการจัดการขยะ ด้านเทคโนโลยีเพื่อการจัดการขยะ ด้านวิทยาศาสตร์อาหาร และโภชนาการ และตัวแทนตลาด ทำให้สามารถระบุแนวทางที่เหมาะสมหรือมีโอกาสในการนำไปใช้ในการจัดการขยะอาหารได้จริงมีจำนวนทั้งสิ้น 3 แนวทาง ประกอบด้วย การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ การผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อผลิตไฟฟ้า และการผลิตปุ๋ยมูลค่าสูงจากการเลี้ยงไส้เดือน จากนั้นจึงทำการประเมินความยั่งยืนของแต่ละแนวทางด้วยหลักการการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์และการวิเคราะห์การคืนทุนด้วยการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ผลจากการประเมิน พบว่า การผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะอาหารมีผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมด้วยค่าผลกระทบต่ออากาศโลกร้อนที่น้อยที่สุด (-114 kg CO₂e/บาท) จึงทำให้การผลิตก๊าซชีวภาพสะท้อนความยั่งยืนด้วยการประเมินการคืนทุนด้วยการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เนื่องมาจากกระบวนการหมักปุ๋ยนั้นมีผลกระทบในรูปแบบของการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกระบวนการโดยตรง

หลังจากนั้นจึงได้นำผลการศึกษาทั้งหมดนำเสนอกับสมาคมตลาดสดไทย ในการประชุมคณะกรรมการประจำเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2561 เวลา 14.00 น. ณ ห้องประชุมของร้านอาหารบ้านรับรอง เขตสวนหลวง กรุงเทพมหานคร เพื่อให้แนวทางพัฒนาขึ้นสามารถนำมาดำเนินงานได้จริง ผลจากการประชุมพบว่า แนวทางที่พัฒนาขึ้นนั้นมีความเหมาะสมในการที่ทางตลาดสดขนาดใหญ่จะรับไปดำเนินการ ภายได้ข้อจำกัดด้านความพร้อมของตลาดสดแต่ละแห่งทั้งทางด้านเทคนิคและด้านงบประมาณ แต่อย่างไรก็ตามควรให้มีการเพิ่มเติมแนวทางการตัดแต่งผักและผลไม้จากแหล่งผลิตเพื่อเป็นการลดปริมาณขยะอาหารในส่วนในตลาดสด เพิ่มความตระหนักให้กับเกษตรกรในการมีส่วนร่วมในการจัดการขยะอาหารตลอดห่วงโซ่อุปทานของการผลิตอาหาร อีกทั้งยังสามารถนำขยะอาหารที่เกิดขึ้นในแหล่งผลิตไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบของปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยมูลค่าสูงได้อีกด้วย

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแนวทางในการจัดการขยะอาหารอย่างยั่งยืนสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศ โดยเริ่มจากการทวนสอบการดำเนินงานจริงในตลาดสดขนาดใหญ่ จากนั้นจึงทำการศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของขยะอาหารของตลาดสดขนาดใหญ่ การระบุสถานการณ์และรูปแบบการจัดการขยะอาหารของตลาดสดขนาดใหญ่ในปัจจุบัน และทำการศึกษาแนวโน้มในการจัดการขยะอาหารเชิงนวัตกรรม เพื่อนำมาพัฒนาเป็นแนวทางที่เหมาะสมสำหรับการจัดการขยะอาหารตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทยด้วยการประชุมร่วมกับผู้ทรงคุณวุฒิและตัวแทนตลาดสด การวิเคราะห์ความยั่งยืน และการทวนสอบแนวทางที่พัฒนาขึ้นกับผู้ใช้นโยบายดังกล่าว

ผลจากการศึกษาและทวนสอบการดำเนินงานจริงในตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย พบว่า ที่มาของการเกิดขยะอาหารในตลาดสดขนาดใหญ่แบ่งเป็น 3 ประเภท คือ 1) จากการตัดแต่ง 2) จากการเน่าเสีย และ 3) จากการบริโภค โดยคุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของขยะอาหารจากตัวอย่างขยะอาหารในตลาดผลไม้ ตลาดรวม ตลาดผัก และตลาดอาหารทะเล พบว่า ขยะอาหารมีปริมาณความชื้นสูง ปริมาณสารเฝ้าใหม่และปริมาณกรดไขมัน ปริมาณคาร์บอนต่ำ ปริมาณไฮโดรเจนสูง และปริมาณโลหะหนักต่ำ ยิ่งไปกว่านั้น จากข้อมูลสถานการณ์ และรูปแบบการจัดการขยะอาหารของตลาดสดขนาดใหญ่ จำนวน 18 ตลาด พบว่า ปริมาณของการเกิดขยะอาหารมีค่าร้อยละ 63.87 จากขยะทั้งหมดในตลาดสด และวิธีการจัดการขยะอาหารในปัจจุบันคือ การฝังกลบ (ร้อยละ 77.8) และทำอาหารสัตว์ (ร้อยละ 16.7) เป็นหลัก จากนั้นจึงมีการทบทวนและสืบค้นแนวทางการจัดการขยะอาหารเชิงนวัตกรรมที่ประกอบด้วย 4 แนวทาง ได้แก่ กระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพ การหมักแบบไร้อากาศ กระบวนการทางกายภาพและเคมี และกระบวนการทางความร้อน

จากผลการศึกษาข้างต้นทำให้สามารถระบุแนวทางในการจัดการขยะอาหารสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ประกอบด้วย การผลิตเชื้อเพลิง Refuse-derived fuel (RDF) การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ การผลิตก๊าซชีวภาพ การผลิตปุ๋ยมูลค่าสูง Microbial Fuel Cell และการผลิตกรดชนิดต่างๆ จากนั้นจึงนำแนวทางดังกล่าวนี้ไปจัดประชุมเชิงปฏิบัติการร่วมกับผู้ทรงคุณวุฒิ และตัวแทนตลาด ทำให้สามารถระบุแนวทางที่เหมาะสมหรือมีโอกาสในการนำไปใช้ในการจัดการขยะอาหารได้จริงมีจำนวนทั้งสิ้น 3 แนวทาง ประกอบด้วย การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ การผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อผลิตไฟฟ้า และการผลิตปุ๋ยมูลค่าสูงจากการเลี้ยงไส้เดือน จากนั้นจึงทำการประเมินความยั่งยืนของแต่ละแนวทางด้วยหลักการวิเคราะห์การคืนทุนด้วยการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่า การผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะอาหารมีผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมด้วยค่าผลกระทบต่อการเกิดโลกร้อนที่น้อยที่สุด ($-114 \text{ kg CO}_2\text{e/บาท}$) จึงทำให้การผลิตก๊าซชีวภาพสะท้อนความยั่งยืนด้วยการประเมินการคืนทุนด้วยการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูงที่สุด เนื่องมาจากกระบวนการหมักปุ๋ยมีผลกระทบในรูปแบบของการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกระบวนการโดยตรง

ท้ายสุดจึงได้นำผลการศึกษาไปทวนสอบกับผู้ใช้นโยบาย คือ สมาคมตลาดสดไทย ผลจากการประชุมพบว่า แนวทางที่พัฒนาขึ้นนั้นมีความเหมาะสมในการที่ทางตลาดสดขนาดใหญ่จะรับไปดำเนินการภายใต้ข้อจำกัดของความพร้อมของตลาดสดแต่ละแห่งทั้งทางด้านเทคนิคและด้านงบประมาณ แต่อย่างไรก็ตามควรให้มีการเพิ่มเติมแนวทางการตัดแต่งผักและผลไม้จากแหล่งผลิตเพื่อเป็นการลดปริมาณขยะอาหารในส่วนในตลาดสด เพิ่มความตระหนักให้กับเกษตรกรในการมีส่วนร่วมในการจัดการขยะอาหารตลอดห่วงโซ่อุปทานของการผลิตอาหาร อีกทั้งยังสามารถนำขยะอาหารที่เกิดขึ้นในแหล่งผลิตไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบของปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยมูลค่าสูงได้อีกด้วย

คำสำคัญ : ขยะอาหาร แนวทางการจัดการขยะอาหาร ตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย

Abstract

The objective of this research was to develop the option of sustainable food waste management for large fresh markets of Thailand. Firstly, the operations of large fresh markets were verified. Then, the physical and chemical characteristics of food waste, the current situation and option of food waste and innovation option of food waste for large fresh market were conducted for option development. The suitable options of sustainable food waste management for large fresh markets of Thailand were developed by the workshop with the expert and market owner, the sustainable assessment and the verification option workshop with the option users.

The result of the real operation in the large fresh markets of Thailand found that the source of food waste production consisted of three sources including the cutting, the rotten and the consumption. In addition, the physical and chemical characteristics of food wastes in the sample from the fruit market, the mixed market, the vegetable market and the sea food market presented the high humidity, low combustion and ash concentration, low carbon content, high hydrogen composition, and low heavy metal contamination. Besides, the performance of current situation and pattern from eighteen large fresh markets investigated that food waste production rate of total waste production, current option of food waste management were 63.87, disposal, and animal feed, respectively. Moreover, the literature and searching of innovation option for food waste management consisted of four options including biological degradation, anaerobic digestion, physical and chemical process, and heating process.

From the previous result identified that the draft of food waste management for large fresh markets consisted of refuse derived fuel (RDF) production, fertilizer production, biogas production, high value of fertilizer production and acid production. Then, draft of food waste management was verified by the workshop with the expert and market owner. The result showed that the suitable option food waste management consisted of three options including fertilizer production, biogas production and high fertilizer production by warm. Next, the suitable assessment of each options by the carbon return on investment presented that the biogas production from food waste was the low environment impact with global warming potential impact (-114 kg CO₂e/฿). Hence, the biogas production presented the sustainable performance by the highest of carbon return on investment because the fertilizer process was the direct effect from carbon emission.

Finally, the suitable option of food waste management was verified with the workshop of Thai fresh market association. The result showed that this suitable option was the appropriate way for fresh market implementation based on the preparedness of each markets in the context of technique and budget. However, the cutting of fruit and vegetable

in the farm source was the alternative option for increasing awareness of food waste management throughout food supply chain production.

Keywords : Food waste; Food waste management option; Large fresh market of Thailand

สารบัญ

	หน้า
บทสรุปผู้บริหาร	i
บทคัดย่อ	iv
สารบัญ	vi
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	3
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.5 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ความหมายของขยะอาหาร	5
2.2 สถานการณ์ของขยะอาหารของโลก	6
2.3 สาเหตุและการป้องกันการเกิดขยะอาหาร	8
2.4 แนวทางในการจัดการขยะอาหาร	9
2.5 ตลาดและการจัดการตลาด	12
2.6 ลักษณะทางกายภาพและเคมีของขยะจากตลาดสด	14
2.7 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของขยะอาหารจากตลาด	17
2.8 การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมด้วยการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์	18
2.9 การจัดการขยะของตลาดสดในประเทศไทย	21
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	22
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย	24
3.1 การทวนสอบข้อมูลในตลาดสดเกี่ยวกับขยะอาหาร	24
3.2 การศึกษาคุณลักษณะของขยะทางกายภาพและเคมี	24
3.3 ศึกษาสถานการณ์และรูปแบบการจัดการขยะจากเศษอาหารของตลาดสดขนาดใหญ่ ของประเทศไทย	25
3.4 การรวบรวมนวัตกรรมในการจัดการขยะอาหารสำหรับตลาดสดทั้งในประเทศ และต่างประเทศ	25
3.5 การพัฒนาแนวทางในการจัดการขยะอาหารอย่างยั่งยืนสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ ของประเทศไทย	26
บทที่ 4 ผลการศึกษาและการอภิปรายผล	30
4.1 การดำเนินงานของตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย	30
4.2 คุณลักษณะของขยะทางกายภาพและเคมีของตลาดสดขนาดใหญ่	39
4.3 สถานการณ์และรูปแบบการจัดการขยะจากเศษอาหารของตลาดสดขนาดใหญ่ของ ประเทศไทย	44
4.4 นวัตกรรมในการจัดการขยะอาหาร	48

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการศึกษาและการอภิปรายผล (ต่อ)	
4.5 การพัฒนาแนวทางในการจัดการขยะอาหารอย่างยั่งยืนสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย	55
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา	66
5.1 การดำเนินงานของตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย	66
5.2 คุณลักษณะของขยะอาหารทางกายภาพและเคมีของตลาดสดขนาดใหญ่	66
5.3 สถานการณ์และรูปแบบการจัดการขยะจากเศษอาหารของตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย	67
5.4 นวัตกรรมในการจัดการขยะอาหาร	67
5.5 การพัฒนาแนวทางในการจัดการขยะอาหารอย่างยั่งยืนสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย	67
5.6 ข้อเสนอจากผลการวิจัย	68
เอกสารอ้างอิง	70
ภาคผนวก ก. แบบสอบถามเพื่อเก็บรวบรวมสถานการณ์และรูปแบบการจัดการขยะจากเศษอาหารของตลาด	74
ภาคผนวก ข. เอกสารรับรองจริยธรรมในคน	80
ภาคผนวก ค. บทความที่ได้รับการเผยแพร่	82

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1-1 แผนการดำเนินงานตลอดการวิจัย	4
ตารางที่ 2-1 เทคโนโลยีที่สามารถใช้ในการกำจัดขยะอาหาร	11
ตารางที่ 2-2 รายชื่อตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย	12
ตารางที่ 2-3 รายละเอียดประเด็นผลกระทบสิ่งแวดล้อมและค่าในการคำนวณวิธี Eco-indicator 99	21
ตารางที่ 3-1 รายชื่อตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทยที่จะดำเนินการเก็บข้อมูล	26
ตารางที่ 4-1 ปริมาณขยะอาหารในตลาดสดขนาดใหญ่	39
ตารางที่ 4-2 ความหนาแน่นของขยะอาหารในตลาดสดขนาดใหญ่	40
ตารางที่ 4-3 ปริมาณความชื้นของขยะอาหารในตลาดสดขนาดใหญ่	40
ตารางที่ 4-4 ปริมาณของแข็งรวมในตลาดสดขนาดใหญ่	41
ตารางที่ 4-5 ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ในตลาดสดขนาดใหญ่	41
ตารางที่ 4-6 ปริมาณเถ้าในตลาดสดขนาดใหญ่	42
ตารางที่ 4-7 ปริมาณคาร์บอนในตลาดสดขนาดใหญ่	42
ตารางที่ 4-8 ปริมาณไฮโดรเจนในตลาดสดขนาดใหญ่	43
ตารางที่ 4-9 ปริมาณโลหะหนักของขยะอาหารในตลาดสดขนาดใหญ่	43
ตารางที่ 4-10 ข้อมูลทั่วไปของตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทยกรณีศึกษา	45
ตารางที่ 4-11 ข้อมูลการเกิดขยะอาหารของตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2559	46
ตารางที่ 4-12 สถานการณ์การจัดการขยะอาหารของตลาดสดขนาดใหญ่	47
ตารางที่ 4-13 การทบทวนนวัตกรรมการจัดการขยะอาหาร	52
ตารางที่ 4-14 ร่างแนวทางในการจัดการขยะอาหารสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย	55
ตารางที่ 4-15 บัญชีผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของแนวทางเพื่อการจัดการขยะอาหาร	63
ตารางที่ 4-16 การคืนทุนด้วยการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	64

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2-1 ปริมาณการผลิตในแต่ละผลิตภัณฑ์ต่อภูมิภาค (ล้านตัน)	7
รูปที่ 2-2 การสูญเสียและขยะอาหารในขั้นตอนต่าง ๆ ของแต่ละภูมิภาค	7
รูปที่ 2-3 แนวทางในการจัดการขยะอาหาร	9
รูปที่ 2-4 ปริมาณผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของปริมาณขยะอาหารทั้งหมด ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์, climate change (GWP), ozone depletion (OD), particulate matter (PM), photochemical ozone formation (POF), acidification (AC), terrestrial eutrophication (TE), freshwater eutrophication (FE), freshwater ecotoxicity (FWE), and resource depletion (MFRD)	18
รูปที่ 2-5 กรอบการดำเนินงานการประเมินวงจรชีวิต	19
รูปที่ 2-6 ขั้นตอนการคำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อมวิธี Eco-indicator 99	20
รูปที่ 4-1 แผนผังการดำเนินงานของตลาดสดที่เกี่ยวข้องกับขยะเศษอาหาร	31
รูปที่ 4-2 การทวนสอบการดำเนินงานของตลาดทะเลไทย จ.สมุทรสาคร	33
รูปที่ 4-3 การทวนสอบการดำเนินงานของตลาดศรีเมือง จ.ราชบุรี	34
รูปที่ 4-4 การทวนสอบการดำเนินงานของตลาดไท จ.ปทุมธานี	35
รูปที่ 4-5 Material Flow Analysis ของ การเกิดขยะอาหารของตลาดสดขนาดใหญ่	36
รูปที่ 4-6 การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อร่วมกันคัดเลือกแนวทางที่มีศักยภาพสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย	56
รูปที่ 4-7 กระบวนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากขยะอาหาร	58
รูปที่ 4-8 การเตรียมกองปุ๋ยอินทรีย์จากเศษอาหาร	58
รูปที่ 4-9 ระบบถังหมักแบบ Continuous stirred-tank reactor (CSTR)	59
รูปที่ 4-10 กระบวนการผลิตปุ๋ยมูลค่าสูงด้วยการเลี้ยงไส้เดือนจากขยะอาหาร	61
รูปที่ 4-11 การผลิตปุ๋ยมูลค่าสูงจากขยะอาหารด้วยไส้เดือน	62
รูปที่ 4-12 การประชุมเชิงปฏิบัติการร่วมกับสมาคมตลาดสดไทย	65

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

การทิ้งอาหารเป็นขยะในปัจจุบันมีปริมาณสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องตามการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร จากรายงานขององค์การอาหารและการเกษตรของสหประชาชาติได้ระบุว่าหนึ่งในสามของการผลิตอาหารในแต่ละปีมีอาหารมากถึง 1.3 พันล้านตัน หรือคิดเป็น 1 ใน 3 ของอาหารที่ผลิตเพื่อการบริโภคถูกปล่อยให้สูญเสีย (losses) และ/หรือทิ้งเป็นขยะ (waste) ในตลอดห่วงโซ่อาหาร (FAO, 2014) โดย Food and Agriculture Organization (2014) ได้นิยามความหมายของการสูญเสียของอาหาร (Food loss) ว่าเป็นการลดลงของคุณภาพและปริมาณของอาหาร รวมถึงในขั้นตอนของการผลิตทางการเกษตรหรือทางประมงเพื่อความต้องการมนุษย์ในการนำมาบริโภคนั้นมีคุณภาพลดลงทั้งในส่วนของคุณค่าทางโภชนาการ ทางเศรษฐศาสตร์และความปลอดภัยทางอาหาร โดยความสำคัญของการสูญเสียของอาหารนั้นคือขยะอาหาร ซึ่งเป็นการทิ้งอาหารหรือส่วนที่ไม่ใช่อาหารที่ไม่เหมาะแก่การบริโภค โดยทางเลือกหรือหลังจากที่ทิ้งไว้ทำให้อาหารนั้นเกิดการเน่าเสียหรือหมดอายุ ทั้งนี้การลดลงของการทิ้งอาหารเป็นขยะจึงเป็นประเด็นที่มีความสำคัญเพื่อเป็นโอกาสในการเพิ่มความมั่นคงทางอาหารและลดต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ อีกทั้งยังเป็นการลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมและเป็นทางเลือกที่ลดความขัดแย้งกว่าวิธีการอื่น ๆ ที่ให้ลดการบริโภคลงในบางผลิตภัณฑ์ อาทิ การลดการบริโภคเนื้อวัวและนม เป็นต้น (Beretta et al., 2013; Gruber et al., 2015; Scholz et al., 2015)

แม้ว่าในส่วนของการจัดจำหน่ายสินค้าหรือตลาดจะมีปริมาณในการทิ้งอาหารเป็นขยะจะมีปริมาณน้อยกว่าขั้นตอนอื่น ๆ ในห่วงโซ่อุปทาน แต่ก็มีความสำคัญอย่างมีนัยสำคัญยิ่งต่อการเกิดการทิ้งอาหารเป็นขยะ โดยจากการศึกษาของ Livsmedelsverket (2015) พบว่า มีปริมาณของเสียเกิดขึ้นสูงในกระบวนการขึ้นต้นเนื่องมาจากมาตรฐานในการคัดคุณภาพของสินค้า จึงทำให้สินค้าที่มีคุณภาพต่ำและไม่คุ้มค่ากับต้นทุนถูกส่งขายหรือตัดแต่งบางส่วนหรือหากคุณภาพต่ำมากก็จะกลายเป็นขยะในที่สุด นอกจากนี้ยังพบอีกว่าการทิ้งอาหารเป็นขยะของซูเปอร์มาเก็ตในประเทศสวีเดนมีปริมาณสูงและเกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมอย่างมีนัยสำคัญกับการดำเนินตลอดวัฏจักรชีวิต (Brancoli et al., 2017) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาถึงกระบวนการจัดจำหน่ายสินค้าหรือตลาดของประเทศไทย จากการศึกษารายงานของ พันชัย เม่นฉาย และ คณะ (2557) ทำการวิเคราะห์และการจัดการปัญหาขยะในตลาดสดในจังหวัดสมุทรสาคร พบว่า ปริมาณขยะจากตลาดสดสี่ลา, ตลาดมหาชัยเมืองใหม่ และตลาดทะเลไทย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 437.93, 504.86 และ 2,536.90 กก./วัน ตามลำดับ และมีอัตราการเกิดขยะเท่ากับ 0.49, 0.41 และ 1.87 กก./คน/วัน ตามลำดับ โดยเมื่อพิจารณาจากองค์ประกอบของขยะ 5 ประเภท ได้แก่ เศษอาหาร พลาสติก กระดาษ แก้ว และ โลหะ โดยองค์ประกอบที่พบที่มากที่สุดคือเศษอาหาร มากกว่า 50 % ซึ่งทำให้ทางตลาดกลางเหล่านี้มีปริมาณอาหารขยะในส่วนนี้ซึ่งต้องกำจัดในปริมาณที่สูงป็นอย่างยิ่ง ซึ่งผลให้เกิดต้นทุนในการนำขยะอาหารไปกำจัด จากผลดังกล่าวจึงแสดงให้เห็นว่าการดำเนินงานหรือกิจกรรมของตลาดกลางสดนั้นส่งผลต่อการเกิดการขยะอาหารในปริมาณสูงและยังเกิดผลกระทบทางด้านเศรษฐศาสตร์กับต้นทุนในการกำจัดและเกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

การจัดการขยะอาหารนั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งเนื่องมาจากปัญหาดังกล่าวส่งผลกระทบต่อสุขภาพและปัญหาสิ่งแวดล้อมในวงกว้าง ดังนั้นการพัฒนาแนวทางที่เหมาะสมในการจัดการปัญหาขยะอาหารจึงมีความสำคัญ โดยในปัจจุบันแนวทางที่เลือกใช้ในการจัดการ คือ การทำปุ๋ย การเผา การฝังกลบ และ การหมัก

แบบไร้อากาศ เป็นต้น (Chiu and Lo, 2016) แต่อย่างไรก็ตามแนวทางดังกล่าวส่งผลกระทบต่อหลากหลายรูปแบบ อาทิ การฝังกลบเป็นแนวทางที่ทำให้เกิดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณสูง ซึ่งในปัจจุบันก็ยังเลือกใช้แนวทางนี้อยู่แม้แต่ในประเทศอังกฤษและยุโรปก็เลือกใช้การฝังกลบในการจัดการขยะที่เกิดจากการทิ้งอาหาร มากกว่า 48 % (EC, 2014; House of Lords, 2014) ในส่วนของการเผาและการทำปุ๋ยเองก็มีรายงานว่าส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณสูงเช่นเดียวกับการฝังกลบ นอกจากนี้น้ำเสียที่เกิดจากการหมักแบบไร้อากาศขยะที่เกิดจากการทิ้งเศษอาหารก็ทำให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในส่วนของ การเกิดยูโทรฟิเคชันและการเกิดสภาพความเป็นกรดในระบบนิเวศท้องถิ่น (Evangelisti et al., 2014; Salemdeeb and Al-Tabbaa, 2015; Whiting and Azapagic, 2014; Salemdeeb et al., 2017) เป็นต้น ดังนั้นการเลือกหรือพัฒนาแนวทางในการจัดการขยะอาหารจึงเป็นเรื่องสำคัญเร่งด่วนและควรมีการส่งเสริมการดำเนินการอย่างจริงจังเพื่อเป็นการลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคม อย่างแท้จริง

ยิ่งไปกว่านั้นในส่วนของตลาดสดของประเทศไทยซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดขยะอาหารที่สำคัญและมีปริมาณสูงแหล่งหนึ่งของประเทศ จากรายงานของกองส่งเสริมและบริหารระบบตลาด กองส่งเสริมและบริหารระบบตลาด กรมการค้าภายใน (2560) ระบุว่า ในปัจจุบันมีตลาดสดที่ได้รับคัดเลือกให้เป็นเครือข่ายตลาดสดในความส่งเสริมของกรมการค้าภายใน สูงถึง 354 ตลาด โดยการเป็นตลาดสดขนาดใหญ่ซึ่งมีแผงค้ามากกว่า 200 แผง มากกว่า 77 ตลาดทั่วประเทศไทย ซึ่งตลาดขนาดใหญ่มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องการการจัดการขยะอาหารที่ดีเนื่องจากเป็นแหล่งที่ทำให้เกิดขยะอาหารอย่างมีนัยสำคัญในแต่ละวัน แต่ในปัจจุบันยังไม่มีรายงานหรือการศึกษาใดที่มุ่งเน้นศึกษาปริมาณ คุณภาพและการจัดการเฉพาะในส่วน of ขยะอาหารในตลาดสดจะมุ่งเน้นการศึกษาในส่วนการจัดการขยะที่เกิดขึ้นทั้งหมดโดยรวม ทั้งที่ตลาดสดเป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญของขยะประเภทดังกล่าว ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาการจัดการขยะอาหารอย่างยั่งยืนสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย ซึ่งเป็นช่องทางหนึ่งในการช่วยลดการเกิดขยะโดยเฉพาะการเกิดขยะอาหารในภาพรวมของห่วงโซ่อุปทานอาหารของทั้งประเทศได้ โดยเริ่มจากการศึกษาปริมาณและคุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของขยะอาหารของตลาดสดขนาดใหญ่ รวมไปถึงศึกษาสถานการณ์ในการจัดการขยะอาหารของตลาดสดขนาดใหญ่ จากนั้นจึงทำการพัฒนาและคัดเลือกแนวทางในการจัดการขยะอาหารอย่างยั่งยืนสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทยโดยเน้นการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วนและบนฐานความคิดแห่งความยั่งยืนเพื่อให้เกิดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม เศรษฐศาสตร์ สังคม ความมั่นคงทางอาหาร และสุขภาพน้อยที่สุด ซึ่งทำให้อาจสามารถนำแนวทางที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการกำหนดนโยบายสำหรับการจัดการขยะอาหารสำหรับตลาดสดของประเทศไทยในลำดับต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปริมาณและคุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของขยะอาหารสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย
2. เพื่อศึกษาสถานการณ์การจัดการขยะอาหารของตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย
3. เพื่อพัฒนาแนวทางการจัดการขยะอาหารอย่างยั่งยืนสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาการจัดการขยะอาหารอย่างยั่งยืนสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย ซึ่งเป็นช่องทางหนึ่งในการช่วยลดการเกิดขยะโดยเฉพาะการเกิดขยะอาหารในภาพรวมของห่วงโซ่อุปทานอาหารของทั้งประเทศได้ โดยเริ่มจากการศึกษาปริมาณและคุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของขยะอาหารของตลาดสดขนาดใหญ่ รวมไปถึงศึกษาสถานการณ์ในการจัดการขยะอาหารของตลาดสดขนาดใหญ่ จากนั้นจึงทำการพัฒนาและคัดเลือกแนวทางในการจัดการขยะอาหารอย่างยั่งยืนสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทยโดยเน้นการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วนและบนฐานคิดแห่งความยั่งยืนเพื่อให้เกิดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม เศรษฐศาสตร์ สังคม ความมั่นคงทางอาหาร และสุขภาพน้อยที่สุด ซึ่งทำให้นำแนวทางที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการกำหนดนโยบายสำหรับการจัดการขยะอาหารสำหรับตลาดสดของประเทศไทยในลำดับต่อไป

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ฐานข้อมูลของปริมาณและคุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของขยะอาหารสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย
2. สถานการณ์ปัจจุบันในการจัดการขยะอาหารสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย
3. ข้อมูลวัฏจักรการจัดการขยะอาหารของตลาดสดทั้งในและต่างประเทศ
4. แนวทางที่มีศักยภาพในการจัดการขยะอาหารสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทยภายใต้การระดมสมองของทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง
5. ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมและความคุ้มค่าของแนวทางศักยภาพที่ต่ออย่างยั่งยืนในขยะอาหารสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย
6. มีผลงานตีพิมพ์จากผลของการศึกษาในระดับนานาชาติทั้งในรูปแบบของวารสารหรือการนำเสนอผลงานในที่ประชุมวิชาการ
7. มีการถ่ายทอดผลการศึกษาในรูปแบบการจัดประชุมเชิงปฏิบัติการกับทุกภาคส่วนเพื่อประกอบการตัดสินใจในระดับนโยบายในการดำเนินงานด้านการจัดการขยะอาหารสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย

บทที่ 2

การทบทวนเอกสารและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้ จะเป็นรายละเอียดการทบทวนแนวคิด เอกสารทางวิชาการ วารสาร งานตีพิมพ์ ตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับขยะอาหาร ตลาดและการจัดการตลาด ลักษณะทางกายภาพ และเคมีของขยะจากตลาดสด และการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม โดยมีหัวข้อดังต่อไปนี้

- 2.1 ความหมายของขยะอาหาร
- 2.2 สถานการณ์ของขยะอาหารของโลก
- 2.3 สาเหตุและการป้องกันการเกิดขยะอาหาร
- 2.4 แนวทางในการจัดการขยะอาหาร
- 2.5 ตลาดและการจัดการตลาด
- 2.6 ลักษณะทางกายภาพและเคมีของขยะจากตลาดสด
- 2.7 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของขยะอาหารจากตลาด
- 2.8 การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมด้วยการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์
- 2.9 การจัดการขยะของตลาดสดในประเทศไทย
- 2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายของขยะอาหาร (Food waste)

การสูญเสียอาหาร (Food losses) เป็นการลดลงของปริมาณอาหารในห่วงโซ่อุปทานซึ่งส่วนใหญ่มาจากการบริโภคอาหารของมนุษย์ ทั้งนี้การสูญเสียอาหารจะเกิดขึ้นในระหว่างการผลิต การเก็บเกี่ยว และการแปรรูปในห่วงโซ่อุปทานของอาหาร (Parfitt et al., 2010) โดยเมื่อเกิดการสูญเสียอาหารในท้ายสุดของห่วงโซ่อาหารจะทำให้กลายเป็นขยะอาหารในที่สุดซึ่งขึ้นอยู่กับพฤติกรรมของผู้ขายหรือผู้บริโภค (Parfitt et al., 2010) ซึ่งการวัดขยะอาหารจะทำการประเมินโดยตรงจากการบริโภคอาหารของมนุษย์โดยจะไม่รวมอาหารและชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ไม่รับประทาน ทั้งนี้สามารถนิยามได้ว่า ขยะอาหาร คือ ปริมาณของอาหารที่ถูกทิ้งเป็นขยะในส่วนหนึ่งของห่วงโซ่อุปทานอาหารที่นำไปสู่การผลิตเพื่อการบริโภคของมนุษย์ โดยมีรายละเอียดของขยะอาหารดังต่อไปนี้

2.1.1 การแบ่งชนิดของขยะ (FAO, 2011)

ในการแบ่งชนิดของขยะอาหาร สามารถแบ่งได้ตามห่วงโซ่อุปทานของอาหารได้ดังต่อไปนี้

1. สินค้าผักและผลิตภัณฑ์ จะสามารถเกิดการสูญเสียจนกลายเป็นขยะอาหาร ได้ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

- กระบวนการแปรรูป ทำให้เกิดการสูญเสียจนกลายเป็นขยะอาหารในส่วนของการย่อยสลายระหว่างกระบวนการแปรรูปในระดับอุตสาหกรรมหรือครัวเรือน เช่น การผลิตน้ำผลไม้ การผลิตเครื่องกระป๋องและการอบขนมปัง เป็นต้น ทั้งนี้การสูญเสียจะเกิดขึ้นเมื่อวัตถุดิบไม่เหมาะสมในการแปรรูปหรือเกิดจากระหว่างการล้าง การปอกเปลือก การหั่น และการทำให้สุก หรือในระหว่างกระบวนการเกิดการหกหล่นโดยไม่ตั้งใจ

- การกระจายสินค้า ทำให้เกิดการสูญเสียและของเสียในระหว่างกระบวนการของตลาด ทั้งในส่วนของการค้าส่งและค้าปลีก

- การบริโภค ทำให้เกิดการทิ้งเป็นขยะอาหารได้ในระหว่างการบริโภคในระดับครัวเรือน

2. สินค้าและผลิตภัณฑ์จากสัตว์ จะสามารถเกิดการทิ้งจนกลายเป็นขยะอาหาร ได้ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

- การกระจายสินค้า ทำให้เกิดการสูญเสียและของเสียในระหว่างกระบวนการของตลาด ทั้งในส่วนของตลาดค้าส่งและค้าปลีก

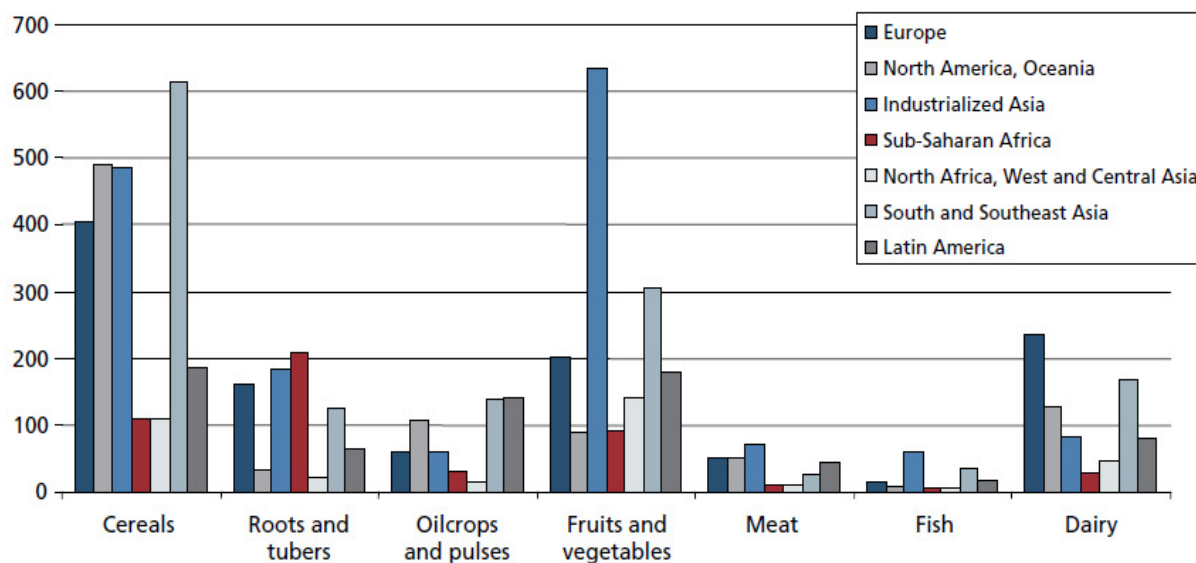
- การบริโภค ทำให้เกิดการทิ้งเป็นขยะอาหารได้ในระหว่างการบริโภคในระดับครัวเรือน

2.1.2 ปริมาณของขยะอาหาร

ปริมาณทางกายภาพของอาหาร มาจากการบริโภคของมนุษย์จากทั้งห่วงโซ่อาหาร โดยสามารถระบุปริมาณได้จากการใช้ข้อมูลจากข้อมูลขยะอาหารในระดับนานาชาติ สำหรับในแต่ละกลุ่มของผลิตภัณฑ์จะระบุได้จากข้อมูลขยะอาหารของแต่ละผลิตภัณฑ์ โดยปริมาณการผลิตของแต่ละผลิตภัณฑ์ได้รวบรวมไว้ในรายงาน FAO Statistical Yearbook 2009 (World Food and Agriculture, 2010) และสำหรับในส่วน of ผลิตภัณฑ์จากน้ำมันในรายงาน FAO's Food Balance Sheets นอกจากนี้ในส่วนของแต่ละขั้นตอนของห่วงโซ่อาหารนั้นได้มีการศึกษาและระบุปริมาณขยะอาหารไว้แล้วใน FAO's Food Balance Sheets from the year 2007 จึงทำให้สามารถประเมินถึงปริมาณของขยะอาหารในระดับโลกได้ และสามารถใช้อ้างอิงในการเทียบเคียงสถานการณ์ของปริมาณขยะอาหารได้ในระดับโลก

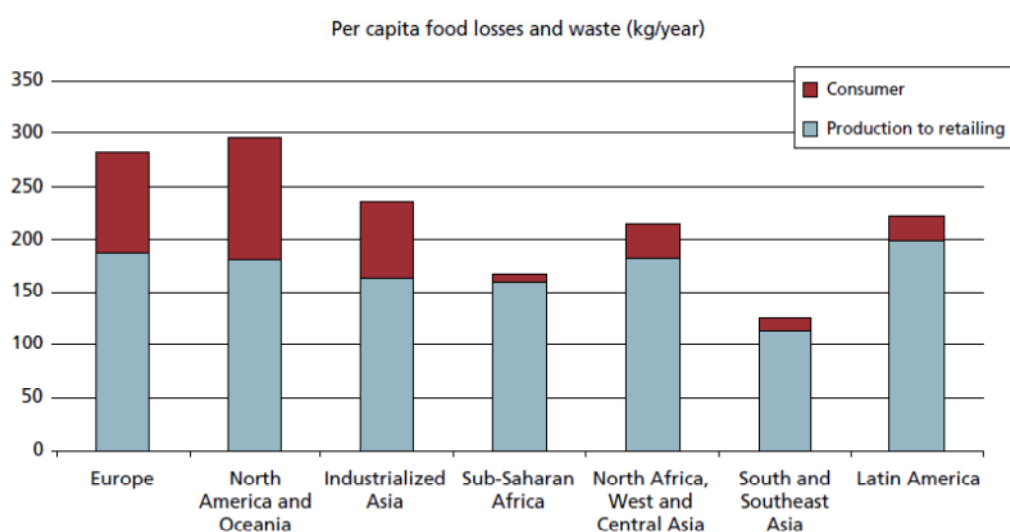
2.2 สถานการณ์ของขยะอาหารของโลก (FAO, 2011)

รูปที่ 2-1 แสดงให้เห็นถึงปริมาณของการผลิตอาหารในผลิตภัณฑ์เบื้องต้นในปี 2550 ประกอบด้วยอาหารสัตว์ของทั้งโลก ปริมาณการผลิตทั้งหมดได้มีในรายงาน FAO Statistical Yearbook 2009 และ FAO's FBS 2007 โดยที่การผลิตเนื้อ และไก่ ในอุตสาหกรรมของเอเชียมีปริมาณสูงสุดประมาณ 4 ล้านตัน และ 12 ล้านตัน ตามลำดับ รองลงมาคือ ยุโรป อเมริกาเหนือ และประเทศกำลังพัฒนาอื่นๆ ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงแหล่งที่ผลิตเนื้อที่สำคัญของโลก คือ แถบเอเชียใต้ และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ สามารถผลิตเนื้อหมูได้ถึง 7 ล้านตัน และ เนื้อไก่ 9 ล้านตัน ทั้งนี้หนึ่งในสามของการผลิตอาหารนำมาประกอบเป็นอาหารเพื่อการบริโภคเท่านั้นที่เหลือจะเกิดการสูญเสียและเป็นขยะอาหาร ซึ่งประมาณ 1.3 ล้านตันต่อปี ทั้งนี้ขยะจากอาหารจะเริ่มต้นจากการผลิตทางการเกษตร และไปสิ้นสุดที่การบริโภคระดับบ้านเรือน ในประเทศที่มีรายได้ปานกลางและสูงจะมีปริมาณขยะอาหารที่สูงตามไปด้วยหมายถึงจะมีการทิ้งอาหารหลังจากเพียงพอต่อการบริโภคโดยขยะอาหารมีนัยสำคัญอย่างยิ่งในห่วงโซ่อาหาร ส่วนในประเทศรายได้ต่ำอาหารจะสูญหายในส่วนต้นและส่วนกลางของห่วงโซ่อาหารแต่จะมีปริมาณขยะอาหารน้อยมากในระดับของการบริโภคครัวเรือน



รูปที่ 2-1 ปริมาณการผลิตในแต่ละผลิตภัณฑ์ต่อภูมิภาคในหน่วยของล้านตัน
ที่มา: FAO (2011)

รูปที่ 2-2 แสดงการสูญเสียอาหารในประเทศอเมริกาและยุโรปที่สูงถึง 280 -300 กิโลกรัม/ปี ในส่วนของประเทศแอฟริกาและเอเชีย คือ 120 -170 กิโลกรัม/ปี โดยผลรวมของการผลิตอาหารสำหรับความต้องการของการบริโภคในยุโรปและอเมริกา คือ 900 กิโลกรัม/ปี ในส่วนของแอฟริกาและเอเชีย คือ 460 กิโลกรัม/ปี ซึ่งสามารถพิจารณาขยะอาหารโดยผู้บริโภคได้โดยในประเทศอเมริกาและยุโรปสูงถึง 95-115 กิโลกรัม/ปี ในขณะที่ประเทศแอฟริกาและเอเชียเพียง คือ 6-11 กิโลกรัม/ปี ต่อปีเท่านั้น จากผลดังกล่าวแสดงให้ว่าการสูญเสียอาหารในประเทศที่พัฒนาแล้วสูงกว่าในประเทศกำลังพัฒนาแต่ในประเทศกำลังพัฒนากลับมีการสูญเสียสูงถึง 40 % ในกระบวนการเก็บเกี่ยวและการแปรรูป ในขณะที่ประเทศพัฒนาแล้วนั้นมากกว่า 40 % ของการสูญเสียอยู่ในส่วนของการจำหน่ายและผู้บริโภค ดังนั้นขยะอาหารในประเทศพัฒนาแล้วจึงมีปริมาณมากกว่า 222 ล้านตัน ซึ่งมากกว่าการผลิตอาหารรวมในประเทศแอฟริกาซึ่งผลิตได้เพียง 230 ล้านตัน



รูปที่ 2-2 การสูญเสียและขยะอาหารในขั้นตอนต่าง ๆ ของแต่ละภูมิภาค
ที่มา: FAO (2011)

2.3 สาเหตุและการป้องกันการเกิดขยะอาหาร (FAO, 2011)

1. ซุปเปอร์มาเก็ตขนาดใหญ่มีมาตรฐานทางคุณภาพอาหารสูงส่งผลให้เกิดการทิ้งขยะเป็นอาหารสูง ทั้งนี้เนื่องจากมาตรฐานคุณภาพนั้นเข้มงวดในส่วนของน้ำหนักและขนาดของผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้มีปริมาณของสินค้าการเกษตรที่ไม่สามารถผ่านมาตรฐานจากฟาร์ม โดยบางส่วนของสินค้าที่ไม่มาตรฐานจะถูกนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ ถึงแม้ว่าจะปลูกตามขั้นตอนของมาตรฐานของการบริโภคโดยมนุษย์ก็ตาม (Stuart, 2009) โดยแนวทางในการป้องกัน คือ (1) มีการสำรวจผู้บริโภคทำให้ซุปเปอร์มาร์เก็ตว่าผู้บริโภคมีความยินดีหรือไม่ที่จะซื้อผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดและน้ำหนักผิดไปจากเดิม โดยทั้งนี้มีการศึกษาที่พบว่าผู้บริโภคยินดีที่จะซื้ออาหารหากรสชาติของสินค้าไม่มีการเปลี่ยนแปลง (Stuart, 2009) และ (2) การขายโดยตรงกับผู้บริโภค ซึ่งจะเป็นการลดผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านมาตรฐาน โดยอาจเป็นในรูปแบบของตลาดเกษตรกรหรือร้านค้าของเกษตรกร เป็นต้น

2. อาหารไม่ปลอดภัยต่อการบริโภคจึงทำให้ต้องทิ้งและกลายเป็นขยะ การที่อาหารไม่ผ่านมาตรฐานปลอดภัยเป็นสาเหตุหลักของการสูญเสียอาหารและเป็นผลกระทบหลักของสถานะของความมั่นคงของอาหารในประเทศ ปัจจัยหลักของการที่อาหารไม่ปลอดภัยมาจากการเกิดสารพิษในธรรมชาติด้วยตัวอาหารเอง การปนเปื้อนจากน้ำ การใช้ยาฆ่าแมลง และการใช้ยาทางสัตวแพทย์ นอกจากนี้การเก็บรักษาอาหารไม่ถูกสุขลักษณะ และการไม่ควบคุมอุณหภูมิก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่อาหารไม่ปลอดภัย

3. ทักษะคติของการทิ้งอาหารดีกว่าการนำอาหารมาใช้ใหม่ในประเทศพัฒนาแล้ว ในกระบวนการผลิตอาหารกำหนดให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายต้องมีขนาดและรูปร่างที่ถูกต้อง ซึ่งความผิดพลาดในระหว่างการแปรรูปส่งผลให้ขนาด รูปร่าง หรือ บรรจุภัณฑ์แตกหัก ส่งผลต่อความปลอดภัย รสชาติและคุณค่าทางโภชนาการ (Stuart, 2009; SEPA, 2008) โดยแนวทางในการป้องกันคือพัฒนาตลาดตามคุณภาพของมาตรฐานสินค้า โดยองค์กรทางการค้าและการกุศลควรมีการจัดเก็บและขายสินค้ามาตรฐานเกรดต่ำลงซึ่งยังคงปลอดภัยและมีรสชาติกับคุณค่าทางอาหารคงเดิม (SEPA, 2008)

4. การส่งสินค้าปริมาณมากในประเทศพัฒนาแล้ว จะมีการส่งสินค้าหลากหลายรูปแบบ และหลายยี่ห้อจากบริษัทเดียวกันทำให้ราคาของสินค้านั้นถูกลง และผู้บริโภคเองคาดหวังว่าต่อความหลากหลายของรูปแบบสินค้าในร้านค้า จึงทำให้มีการส่งสินค้าปริมาณมาก และมีความหลากหลาย โดยการส่งสินค้าในปริมาณมากนั้นส่งผลให้สินค้าหมดอายุก่อนที่จะขายสินค้านั้นได้ ซึ่งจากการศึกษา พบว่า เมื่อสินค้าใกล้วันหมดอายุมีผลทำให้ผู้ซื้อไม่ซื้อสินค้าชนิดนั้นๆ (SEPA, 2008) โดยแนวทางในการป้องกัน คือ ต้องมีการขายแบบร่วมมือกันทางการตลาด ซึ่งการร่วมมือกันในเกษตรกรทำให้เป็นศูนย์กลางเพื่อเตรียมการขนส่งไปยังตลาด และสามารถกระจายสินค้าได้หลายช่องทาง ทั้งนี้การร่วมมือกันทางการตลาดจะการลดสูญเสียของสินค้าโดยเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของกิจกรรมให้เต็มศักยภาพ แม้ว่าการพัฒนาตลาดค้าส่งหรือค้าปลีกจะดำเนินการโดยเอกชนหรือองค์กรส่วนท้องถิ่น แต่การรวมตัวกันทางการตลาดจะเป็นเครื่องมือในการก่อตั้งและปรับปรุงเครื่องอำนวยความสะดวกให้กับตลาดมีประสิทธิภาพสูงขึ้น (Kader, 2005)

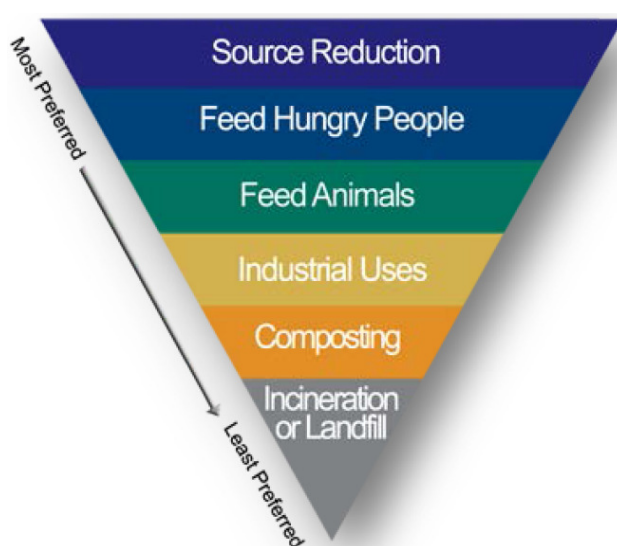
5. ขยะอาหารในระดับผู้บริโภคจะมีปริมาณน้อยในประเทศกำลังพัฒนา เนื่องจากความยากจนและข้อจำกัดด้านรายได้ทำให้เกิดพฤติกรรมการทานอาหารไม่เหลือเกิดขึ้น โดยปัจจัยที่มีความสำคัญกับผู้บริโภคในประเทศกำลังพัฒนา คือ จะซื้ออาหารในปริมาณน้อยและเพียงพอกับการประกอบอาหารในวันนั้นๆ เท่านั้น

6. ทักษะคติของความมั่นคงของผู้บริโภคนำไปสู่ขยะอาหารในประเทศพัฒนาแล้ว เหตุผลสำคัญของการเกิดขยะอาหารในระดับการบริโภคในประเทศที่ร่ำรวยคือ การที่ประชาชนไม่ขาดแคลนอาหาร โดยสังเกตได้จากปริมาณอาหารในร้านค้าหรือร้านอาหารต่อคนเพิ่มขึ้นในระหว่างทศวรรษที่ผ่านมาในอเมริกา และยุโรป ทั้งนี้ร้านอาหารจำนวนมากที่บริการอาหารแบบบุฟเฟต์ในราคาเดียวเป็นการทำให้ประชาชนได้ทานอาหารมากกว่าที่ตนเองต้องการ หรือร้านค้าเสนอกล่องขนาดใหญ่ในราคาเดียว หรือแม้แต่อุตสาหกรรมเองก็ผลิต

อาหารพร้อมทาน (Stuart, 2009) โดยแนวทางในการป้องกันคือ การสร้างความตระหนักสาธารณะ การให้การศึกษาในระดับโรงเรียนและการผลักดันทางการเมืองเป็นการสร้างจุดเริ่มต้นในการปรับทัศนคติของประชาชนให้เกิดความตระหนักในการสร้างขยะอาหาร

2.4 แนวทางในการจัดการขยะอาหาร (EPA, 2014)

องค์กรด้านสิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกาได้เสนอแนวทางในการจัดการขยะอาหารโดยใช้การจัดการขยะอาหารอย่างยั่งยืนด้วยเทคโนโลยีที่ทันสมัยและได้รับผลประโยชน์กลับมาในการลดปริมาณขยะที่นำไปสู่การกำจัดด้วยการเผาหรือฝังกลบ โดยแนวทางทั้งหมดได้แสดงดังในรูปที่ 2-3 ทั้งนี้แม้ว่าแนวทางการเน้นกระบวนการหลังจากการเกิดขยะอาหาร แต่แนวทางสามารถนำไปใช้ในหลายๆ แหล่งของการเกิดขยะอาหาร ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้



รูปที่ 2-3 แนวทางในการจัดการขยะอาหาร
ที่มา: EPA, 2014

1. การลดแหล่งกำเนิด

การลดแหล่งกำเนิดในการเกิดขยะอาหารเป็นแนวทางที่ดีในการเพิ่มประโยชน์ทางสิ่งแวดล้อม และลดต้นทุนในการกำจัด ยิ่งไปกว่านั้นจะเป็นการเพิ่มศักยภาพในการใช้ทรัพยากรอีกด้วย ทั้งนี้การติดตามปริมาณของขยะอาหารเป็นแนวทางที่ดีที่สุดในการลดปริมาณขยะอาหารทั้งในระดับผู้บริโภคและการจัดจำหน่าย

2. การบริจาคและการนำกลับมาใช้ใหม่

- การบริจาค

แนวทางหนึ่งในการลดปริมาณขยะอาหารที่แหล่งกำเนิดคือการบริจาคอาหารให้กับผู้อื่นในรูปแบบของอาหารสัตว์ การใช้อุตสาหกรรม หรือ การทำปุ๋ย โดยองค์กรอย่าง Food Waste Reduction Alliance (FWRA) เป็นองค์กรที่มีสมาชิกจาก the Food Marketing Institute, Grocery Manufacturers Association และ the National Restaurant Association มีการรวมตัวกันเพื่อลดปริมาณของขยะอาหารที่จะนำไปฝังกลบโดยการเพิ่มปริมาณการบริจาคอาหารกับองค์กรที่ต้องการ จากการสำรวจข้อมูลโดยที่เก็บ

รวบรวมจากอุตสาหกรรมอาหารและตลาดขายส่งใน ปี 2011 พบว่า สามารถบริจาaxyอาหารได้ถึงประมาณ 335,000 ตัน

- อาหารสัตว์

เมื่อแหล่งกำเนิดxyอาหารอยู่ใกล้กับฟาร์มหรือสวนสัตว์ จึงสามารถนำxyอาหารไปเป็นอาหารแก่สุกร สัตว์ปีก หรือ สัตว์อื่นๆ โดยอาหารบางชนิดเช่น กาแฟ หรือ อาหารที่มีเกลือสูงจะเป็นอันตรายต่อสัตว์ และยังคงต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของชนิดของxyอาหารที่สามารถนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ หนึ่งในตัวอย่างคือ มหาวิทยาลัย Rutgers ได้นำxyอาหารของมหาวิทยาลัยนำไปใช้เป็นอาหารของวัวและหมู โดยสามารถใช้xyอาหารจำนวน 1.125 ตัน/วัน และสามารถลดต้นทุนในการส่งxyออกไปกำจัดได้ 50 % นอกจากนี้จากรายงานของ FAO พบอีกว่า ตลาดค้าส่งสามารถนำxyอาหารประมาณ 116,000 ตันนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ในปี 2011 ทั้งนี้อุปสรรคในการดำเนินการแนวทางการขนส่ง ต้นทุนในการแยกxyอาหาร และประเด็นความปลอดภัยของการบริโภคอาหารของสัตว์

- การหมักปุ๋ย

การหมักปุ๋ยเป็นกระบวนการแบบไร้อากาศในการย่อยสลายสารอินทรีย์ไปเป็นดินที่มีสารอินทรีย์สูง ชนิดของปุ๋ย ประกอบด้วย (1) ปุ๋ยที่มีการหมักแบบ onsite คือ การหมักที่ทำโดยเจ้าของบ้านหรือธุรกิจขนาดเล็ก โดยขั้นตอนนี้จะต้องใช้ของเสียจากหญ้าและเศษอาหารไม่มากนัก (2) ปุ๋ยที่มีการหมักแบบไส้เดือนดิน จะต้องใช้ถังxyเพื่อให้ไส้เดือนดินย่อยสลายสารอินทรีย์ในปริมาณสูง ซึ่งวิธีการเหมาะสำหรับผู้อาศัยอยู่ในอพาร์ทเมนต์หรือหรือข้อจำกัดด้านพื้นที่ (3) ปุ๋ยที่มีการหมักแบบให้อากาศแบบท่อ เป็นการหมักในรูปแบบตามยาวโดยมีท่อให้อากาศและมีการกลับกองปุ๋ย วิธีการนี้เหมาะสำหรับการหมักปริมาณเยอะและเหมาะสำหรับชุมชนหรือโรงงานอาหาร (4) ปุ๋ยที่มีการหมักแบบให้อากาศแบบเสา จะนิยมใช้หมักที่ต้องมีการวางชั้นที่มีรูพรุนและใช้ท่อขนาดใหญ่ โดยเหมาะสำหรับการหมักขนาดใหญ่ที่มีxyแบบผสม (5) ปุ๋ยที่มีการหมักแบบมีการผสม เป็นการหมักที่มีการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และ ออกซิเจน วิธีการนี้สามารถใช้หมักxyอินทรีย์ที่ต้องการพื้นที่น้อยโดยมีการใช้ตัวกวนในการให้อากาศ

3. เทคโนโลยีดั้งเดิม

เทคโนโลยีดั้งเดิมที่สามารถนำมาใช้ในการกำจัดขยะอาหารแสดงดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 เทคโนโลยีที่สามารถใช้ในการกำจัดขยะอาหาร

เทคโนโลยี	คำอธิบาย
การหมักแบบไร้อากาศ	กระบวนการนี้ใช้แบคทีเรียในการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน
การหมักแบบใช้อากาศ	การย่อยสลายแบบใช้อากาศจะใช้จุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนในการออกซิไดซ์และย่อยสลายสารอินทรีย์
การทำให้เป็นของเหลว	วิธีการนี้จะเปลี่ยนขยะอาหารของแข็งเป็นของเหลวและจะไปบำบัดต่อในระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน
การย่อย	กระบวนการนี้เป็นการย่อยของเสียอินทรีย์และเซลลูโลสให้อยู่ในรูปของกลูโคสซึ่งสามารถนำไปใช้หมักแบบเอทานอล
การทำให้เป็นก๊าซ	วิธีการนี้สามารถเปลี่ยนสารอินทรีย์ไปเป็น คาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจน และ คาร์บอนไดออกไซด์ โดยให้อุณหภูมิสูงและควบคุมปริมาณของออกซิเจน
ไพโรไลซิ	เป็นการให้ความร้อนขยะอินทรีย์ในสภาวะไม่มีออกซิเจน มีผลทำให้สารอินทรีย์เปลี่ยนเป็นก๊าซและถ่าน
การอัดก้อน	กระบวนการนี้จะเปลี่ยนจากของเสียไปเป็นถ่านพลังงานทางเลือกให้กับหม้อไอน้ำใช้ในอุตสาหกรรม

ที่มา: EPA, 2014

4. เตาเผา

เตาเผาเป็นการควบคุมการเผาไหม้ขยะด้วยอุณหภูมิสูง โดยเริ่มต้นออกแบบเพื่อลดปริมาณขยะที่นำฝังกลบ แต่อย่างไรก็ตามการเผานั้นต้องมีการใช้พลังงานเพื่อการเผาไหม้ โดยในปัจจุบัน 42 จาก 86 ตลาดในอเมริกาได้มีการใช้เทคโนโลยีการนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่ แต่ต้องมีการลงทุนในการก่อสร้างในต้นทุนที่สูง

นอกจากนี้ยังมีแนวทางการจัดการขยะอาหารเชิงนวัตกรรมที่น่าสนใจดังต่อไปนี้

Hou et al. (2016) ทำการศึกษา microbial fuel cell (MFC) เพื่อการผลิตไฟฟ้าจากเศษอาหารด้วย *Chlorella vulgaris* โดย MFC เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ดัดแปลงมาจากการหมักแบบไร้อากาศ ซึ่งอาศัยระบบทางชีวไฟฟ้าเคมีในการเปลี่ยนเป็นพลังงานได้โดยตรงจากสารอาหารอินทรีย์ ผลจากการศึกษา พบว่าประสิทธิภาพในการบำบัดสารอินทรีย์มากกว่า 44 ที่ความเข้มข้นของจุลินทรีย์ 150 mg/L ด้วย voltage ที่สูงสุดมากกว่า 260 mV

Zhao et al. (2015) ทำการศึกษากการผลิตกรดอินทรีย์ด้วยการหมักแบบไร้อากาศของของเสียอินทรีย์ โดยกรดอินทรีย์จะเป็นสารที่เกิดจากหมักเพื่อเป็นสารตั้งต้นในการผลิตมีเทนในขั้นตอนต่อไป โดยจากการผลิตกรดอินทรีย์จากเศษอาหารที่สภาวะที่เหมาะสม สามารถผลิตสารอินทรีย์ที่เข้มข้น 37.2 g/L ภายใต้ระยะเวลาเก็บกัก 14 วัน ยิ่งไปกว่านั้นจากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการยับยั้งจุลินทรีย์กลุ่มผลิตมีเทนสามารถทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตกรดอินทรีย์ได้อีกทางหนึ่ง

2.5 ตลาดและการจัดการตลาด

พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 ได้ให้ความหมายของคำว่า “ตลาด” คือ สถานที่ ซึ่งปกติจัดไว้ให้ผู้ค้าใช้เป็นชุมนุมเพื่อจำหน่ายสินค้าประเภทสัตว์ เนื้อสัตว์ ผัก ผลไม้ หรืออาหารอันมี สภาพเป็นของสด ประกอบหรือปรุงแล้วหรือของเสียทั้งนี้ ไม่ว่าจะมีการจำหน่ายสินค้าประเภทอื่น หรือไม่ด้วยก็ตาม และความหมายรวมถึงบริเวณซึ่งจัดไว้สำหรับใช้เป็นชุมนุมเพื่อจำหน่ายสินค้า ประเภทดังกล่าวเป็นประจำ หรือเป็นครั้งคราวหรือตามวันที่กำหนด กฎกระทรวงสาธารณสุข ว่าด้วยสุขลักษณะของตลาด พ.ศ. 2551 ได้กำหนดให้ “ที่ตั้ง” ของตลาดต้องอยู่ห่างไม่น้อยกว่า 100 เมตร จากแหล่งที่ก่อให้เกิดมลพิษ ของเสีย โรงเลี้ยงสัตว์ แหล่งโสโครก ที่กำจัดสิ่งปฏิกูลหรือมูลฝอย อันอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัย เว้นแต่จะมีวิธีป้องกัน ซึ่งเจ้าพนักงานสาธารณสุขได้ให้ความเห็นแล้ว ทั้งนี้กรมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์ ได้กำหนดขนาดของตลาดสดตามจำนวนแผงออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

- ตลาดขนาดเล็ก มีแผงจำหน่ายสินค้าในตลาด น้อยกว่า 50 แผง
- ตลาดขนาดกลาง มีแผงจำหน่ายสินค้าในตลาด 50 -199 แผง
- ตลาดขนาดใหญ่ มีแผงจำหน่ายสินค้าในตลาด 200 แผงขึ้นไป

ทั้งนี้ในการศึกษานี้ได้เน้นการศึกษาในส่วนของขนาดใหญ่ของประเทศไทย โดยในปัจจุบันตลาดขนาดใหญ่ของประเทศไทยที่ได้รับการคัดเลือกเพื่อเข้าร่วมเป็นเครือข่ายตลาดสดในความส่งเสริมของกรมการค้าภายใน จำนวนทั้งหมด 77 ตลาดกระจายอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศไทย ดังแสดงในตารางที่ 2-2 (กองส่งเสริมและบริหารระบบตลาด กรมการค้าภายใน, 2560)

ตารางที่ 2-2 รายชื่อตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย

ลำดับที่	ชื่อตลาด	จังหวัด	จำนวนแผง (แผง)
1	ตลาดโครงการสวัสดิการชุมชนหนองไผ่ล้อม	นครราชสีมา	252
2	ตลาดเงินวิจิตร	กรุงเทพมหานคร	250
3	ตลาดถนนมิตร	กรุงเทพมหานคร	450
4	ตลาดทรัพย์สินส่วนพระมหากษัตริย์	ราชบุรี	415
5	ตลาดทรัพย์สินส่วนพระมหากษัตริย์ (ตลาดบน)	นครปฐม	460
6	ตลาดเทศบาลตำบลหาดเสี้ยว (ตลาดเหนือ)	สุโขทัย	232
7	ตลาดเทศบาลเมืองอำนาจเจริญ	อำนาจเจริญ	977
8	ตลาดบางลำภู	ขอนแก่น	298
9	ตลาดประตูก้อม	เชียงใหม่	200
10	ตลาดประตูเชียงใหม่	เชียงใหม่	200
11	ตลาดประปายุคใหม่	นครราชสีมา	250
12	ตลาดพุนทรัพย์	ปทุมธานี	1,000
13	ตลาดฟู้ดวิลล่า	กรุงเทพมหานคร	412
14	ตลาดยิ่งเจริญ	กรุงเทพมหานคร	1,500
15	ตลาดเย็นบ้านดิว เทศบาลเมืองเลย	เลย	564
16	ตลาดร่วมใจนาอ้อ	เลย	234
17	ตลาดวโรรส	เชียงใหม่	525
18	ตลาดวัฒนานคร	กรุงเทพมหานคร	250
19	ตลาดศรีเมือง	ราชบุรี	1,200
20	ตลาดศูนย์การค้าเทศบาล 1	ตราด	618

ตารางที่ 2-2 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อตลาด	จังหวัด	จำนวนแผง (แผง)
21	ตลาดสดเกียรตินิบลุง	นครนายก	200
22	ตลาดสดฉัตรแก้ว	ประจวบคีรีขันธ์	260
23	ตลาดสดตลาดไท	ปทุมธานี	266
24	ตลาดสดทะเลไทย	สมุทรสาคร	408
25	ตลาดสดท่าวังทอง	พะเยา	250
26	ตลาดสดเทศบาล 1	สกลนคร	446
27	ตลาดสดเทศบาล 1	อุดรธานี	567
28	ตลาดสดเทศบาล 3	อุดรดิษฐ์	500
29	ตลาดสดเทศบาลคำเขื่อนแก้ว	ยโสธร	247
30	ตลาดสดเทศบาลนาหว้า	นครพนม	220
31	ตลาดสดเทศบาลบ้านแพง	นครพนม	400
32	ตลาดสดเทศบาลเรณูนคร	นครพนม	204
33	ตลาดสดเทศบาลหางดง	เชียงใหม่	395
34	ตลาดสดเทศบาลชะอำ	เพชรบุรี	274
35	ตลาดสดเทศบาลตำบลกุดบาก	สกลนคร	395
36	ตลาดสดเทศบาลตำบลคลองใหญ่	ตราด	206
37	ตลาดสดเทศบาลตำบลโคกพระ	มหาสารคาม	265
38	ตลาดสดเทศบาลตำบลชัยวารี	ร้อยเอ็ด	1,100
39	ตลาดสดเทศบาลตำบลเชียงใหม่	เชียงใหม่	266
40	ตลาดสดเทศบาลตำบลธงธานี	ร้อยเอ็ด	235
41	ตลาดสดเทศบาลตำบลนาแก	นครพนม	214
42	ตลาดสดเทศบาลตำบลบางปะหัน	พระนครศรีอยุธยา	516
43	ตลาดสดเทศบาลตำบลบ่อพลอย	ตราด	243
44	ตลาดสดเทศบาลตำบลบ้านใหม่	พิษณุโลก	250
45	ตลาดสดเทศบาลตำบลประโคนชัย	บุรีรัมย์	309
46	ตลาดสดเทศบาลตำบลพังโคน	สกลนคร	330
47	ตลาดสดเทศบาลตำบลวานรนิวาส	สกลนคร	350
48	ตลาดสดเทศบาลตำบลหนอง	ระนอง	240
49	ตลาดสดเทศบาลตำบลหนองแสง	มหาสารคาม	234
50	ตลาดสดเทศบาลตำบลหัวขวาง	มหาสารคาม	299
51	ตลาดสดเทศบาลธาตุพนม	นครพนม	279
52	ตลาดสดเทศบาลนครศรีธรรมราช	นครศรีธรรมราช	1,466
53	ตลาดสดเทศบาลบ้านเขว้า (เย็น)	ชัยภูมิ	228
54	ตลาดสดเทศบาลเมืองกระบี่ (ตลาดสดมหาราช)	กระบี่	1,500
55	ตลาดสดเทศบาลเมืองชุมพร	ชุมพร	370
56	ตลาดสดเทศบาลเมืองมหาสารคาม	มหาสารคาม	362
57	ตลาดสดเทศบาลเมืองมาตาพุด	ระยอง	336
58	ตลาดสดเทศบาลเมืองระนอง	ระนอง	240
59	ตลาดสดเทศบาลเมืองสมุทรสงคราม	สมุทรสงคราม	275
60	ตลาดสดเทศบาลเมืองสุราษฎร์ธานี	สุราษฎร์ธานี	300

ตารางที่ 2-2 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อตลาด	จังหวัด	จำนวนแผง (แผง)
61	ตลาดสดเทศบาลสุวรรณภูมิ1	ร้อยเอ็ด	304
62	ตลาดสดเทศบาลอภิลักขิต	นครพนม	261
63	ตลาดสดบ้านซำ	ภูเก็ต	200
64	ตลาดสดมณีรัตน์	พะเยา	200
65	ตลาดสดแม่ทองคำ	พะเยา	271
66	ตลาดสดแม่สะเรียง	แม่ฮ่องสอน	516
67	ตลาดสดสำเภาทอง	สุราษฎร์ธานี	323
68	ตลาดสดสุวพันธุ์	อ่างทอง	800
69	ตลาดสดเอกชนวิจิตรสิน	อำนาจเจริญ	250
70	ตลาดสหกรณ์ผักไหม	พระนครศรีอยุธยา	340
71	ตลาดสามย่าน	กรุงเทพมหานคร	239
72	ตลาดสายหยุด	แม่ฮ่องสอน	465
73	ตลาดใหม่ทุ่งครุ	กรุงเทพมหานคร	250
74	ตลาดเฮง เฮง (ตลาดสดการเคหะ)	นครราชสีมา	200
75	ตลาดแฮปปี้แลนด์	กรุงเทพมหานคร	354

ที่มา: กองส่งเสริมและบริหารระบบตลาด กรมการค้าภายใน (2560)

2.6 ลักษณะทางกายภาพและเคมีของขยะจากตลาดสด

พันชัย เม่นฉาย และ คณะ (2557) ได้ศึกษาคุณลักษณะทางด้านกายภาพและเคมีของตลาดสดจำนวน 3 ตลาด ได้แก่ ตลาดสดลีลา ตลาดมหาชัยเมืองใหม่ และตลาดทะเลไทย ในจังหวัดสมุทรสาคร มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.6.1 ลักษณะทางกายภาพของขยะ

1. ปริมาณขยะ

จากการศึกษาและสำรวจข้อมูลในพื้นที่ทั้ง 3 ตลาด พบว่า มีปริมาณขยะที่พบ ดังนี้ ตลาดสดลีลา มีปริมาณขยะเฉลี่ยอยู่ที่ 437.93 กก./วัน ตลาดมหาชัยเมืองใหม่ มีปริมาณขยะเฉลี่ยอยู่ที่ 504.86 กก./วัน ตลาดสดทะเลไทยมีปริมาณขยะเฉลี่ย อยู่ที่ 2,536.90 กก./วัน แสดงว่า ตลาดทะเลไทยมีปริมาณของขยะมูลฝอยเกิดขึ้นต่อวันมากที่สุด รองลงมาคือ ตลาดมหาชัยเมืองใหม่ และตลาดสดลีลาตามลำดับ

2. อัตราการเกิดขยะ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลอัตราการเกิดของมูลฝอยจากขยะ 3 ตลาด คือ ตลาดสดลีลา ตลาดมหาชัยเมืองใหม่ และตลาดทะเลไทย พบว่า ตลาดสดลีลา มีอัตราการเกิดขยะ เฉลี่ยอยู่ที่ 0.49 กก./คน/วัน ตลาดมหาชัยเมืองใหม่มีอัตราการเกิดขยะ เฉลี่ยอยู่ที่ 0.41 กก./คน/วัน และตลาดทะเลไทยมีอัตราการเกิดขยะเฉลี่ยอยู่ที่ 1.87 กก./คน/วัน

3. องค์ประกอบขยะ

จากการศึกษาองค์ประกอบขยะในตลาดสดทั้ง 3 ตลาด คือ ตลาดสดลีลา ตลาดมหาชัยเมืองใหม่ และตลาดทะเลไทย พบว่า (1) ตลาดสดลีลา มีองค์ประกอบขยะ อยู่ 5 ประเภท ซึ่งองค์ประกอบที่พบมาก

ที่สุด คือ เศษ อาหาร ผัก ผลไม้ พบ 55.89% รองลงมาคือ แก้ว พลาสติก กระดาษ โลหะ และอลูมิเนียม ตามลำดับ (2) ตลาดมหาชัยเมืองใหม่ มีองค์ประกอบมูลฝอยอยู่ 5 ประเภท ซึ่งองค์ประกอบที่พบมากที่สุด คือ เศษอาหาร ผัก ผลไม้ พบ 69.23% รองลงมาคือ แก้ว พลาสติก กระดาษ โลหะ และอลูมิเนียม ตามลำดับ และ (3) ตลาดทะเลไทย มีองค์ประกอบขยะอยู่ 4 ประเภท ซึ่งองค์ประกอบที่พบมากที่สุด คือ พลาสติกพบ 39.70 % รองลงมาคือ แก้ว เศษอาหารทะเล โลหะ และอลูมิเนียม ตามลำดับ

4. ความหนาแน่น

จากการวิเคราะห์ข้อมูลค่าความหนาแน่นของขยะจากตลาดสด 3 ตลาด คือ ตลาดสดลีลา ตลาดมหาชัยเมืองใหม่ และตลาดทะเลไทย พบว่า ตลาดสดลีลา มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ย 0.14กก./ลิตร ตลาดสดมหาชัยเมืองใหม่มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ย 0.15 กก./ลิตร และตลาดทะเลไทยมีค่าความหนาแน่น เฉลี่ย 0.10 กก./ลิตร จากข้อมูลความหนาแน่นทั้ง 3 ตลาด จะเห็นได้ว่า ตลาดมหาชัยเมืองใหม่จะมีค่าความหนาแน่นของขยะมากที่สุด ซึ่งก็สอดคล้องกับกิจกรรมของทางตลาด ที่สินค้าส่วนใหญ่เป็นสินค้าประเภทอาหารสด จำพวกผัก ผลไม้ และอาหารทะเล จึงทำให้มีค่าความหนาแน่นของขยะมาก ส่วนตลาดทะเลไทยจะมีค่าความหนาแน่นของขยะน้อยที่สุดซึ่งเป็นเพราะขยะส่วนใหญ่ของตลาดทะเลไทยจะเป็นพลาสติก จึงทำให้ค่าความหนาแน่นของขยะมีปริมาณน้อย

2.6.2 ลักษณะทางเคมีของขยะ

1. ปริมาณความชื้น

จากการศึกษาองค์ประกอบในตลาดสดทั้ง 3 ตลาด คือตลาดสดลีลา ตลาดมหาชัยเมืองใหม่ และ ตลาดทะเลไทย ซึ่งแต่ละตลาดมีปริมาณความชื้นดังนี้ คือ ตลาดสดลีลามีปริมาณความชื้นที่ร้อยละ 45.58 ค่า SD เท่ากับ 0.57 ตลาดมหาชัยเมืองใหม่มีปริมาณความชื้นสูงสุดที่ร้อยละ 50.91 ค่า SD เท่ากับ 9.50 และ ตลาดทะเลไทยมีปริมาณความชื้นต่ำสุดที่ร้อยละ 10.52 และค่า SD เท่ากับ 2.44 ซึ่งองค์ประกอบขยะส่วนใหญ่ของตลาดสดลีลา และตลาดมหาชัยเมืองใหม่ เป็นอินทรีย์สารประเภทเศษอาหารที่ประกอบด้วยน้ำเป็นส่วนใหญ่ จึงทำให้ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของขยะทั้ง 2 ตลาดนี้มีค่าความชื้นระดับปานกลาง

2. ค่าความร้อน

จากการวิเคราะห์ข้อมูลค่าความร้อนของขยะจากตลาดสด 3 ตลาด คือ ตลาดสดลีลา ตลาดมหาชัยเมืองใหม่ และตลาดทะเลไทย พบว่า ตลาดสดลีลามีค่าความร้อนสูงสุดเท่ากับ 4,015.9 cal/g ค่าต่ำสุดเท่ากับ 3,646.1 cal/g และค่าความร้อนเฉลี่ย เท่ากับ 3,719.43 cal/g ตลาดมหาชัยเมืองใหม่มีค่าความร้อนสูงสุดเท่ากับ 4,205.5 cal/g ค่าต่ำสุดเท่ากับ 2,775.1 cal/g และค่าความร้อนเฉลี่ย เท่ากับ 3,530.76 cal/g และตลาดทะเลไทยมีค่าความร้อนค่าสูงสุดเท่ากับ 6,553 cal/g ค่าต่ำสุดเท่ากับ 5,756.9 cal/ g และค่าความร้อนเฉลี่ย เท่ากับ 6,149.6 cal/g

3. ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้

พบว่า ตลาดในจังหวัดสมุทรสาครมีปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ไม่ต่างกันซึ่งเฉลี่ย อยู่ที่ ช่วง 33.28% - 33.33% ทั้งสามตลาด ถือว่าปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ขององค์ประกอบขยะมีปริมาณน้อย ซึ่งถือว่ามีผลต่อการพิจารณาในการ เลือกรูปวิธีการกำจัดที่เหมาะสมเนื่องจากขยะจากตลาดในจังหวัดสมุทรสาครมีปริมาณสารที่เผาไหม้ได้น้อยจึงไม่สมควรกำจัดด้วยการเผาโดยควรใช้วิธีการอื่นแทน

4. ปริมาณเถ้า

จากการศึกษา พบว่า ปริมาณเถ้าของตลาดทะเลไทยมีค่าสูงสุดอยู่ที่ 53.40% ขณะที่ตลาดมหาชัยเมืองใหม่และตลาดลีลามีปริมาณเถ้าเท่ากับ 26.65% และ 21.39% ตามลำดับ ซึ่งถือว่าปริมาณที่สูง ดังนั้นขยะจากตลาดในจังหวัดสมุทรสาครมีปริมาณเถ้าสูงจึงไม่สมควรในการกำจัดโดยวิธีการเผา

5. ปริมาณคาร์บอน

จากการศึกษา พบว่า ปริมาณคาร์บอนของขยะในตลาดลีลามีปริมาณคาร์บอนอยู่ที่ 19.25% ตลาดมหาชัยเมืองใหม่อยู่ที่ 18.53% และตลาดทะเลไทยอยู่ที่ 18.50% ซึ่งถือว่ามีค่าน้อย ดังนั้นขยะจากตลาดในจังหวัดสมุทรสาครมีค่าคาร์บอนใกล้เคียงกับประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่องมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ที่มีปริมาณอยู่ที่ 20% (กรมวิชาการเกษตร, 2548) ซึ่งขยะจากตลาดในจังหวัดสมุทรสาครมีปริมาณที่ใกล้เคียงกับค่าคาร์บอนดังกล่าวก็สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการผลิตปุ๋ยได้

6. ปริมาณไฮโดรเจน

พบว่า ตลาดในจังหวัดสมุทรสาครมีปริมาณไฮโดรเจนไม่ต่างกันซึ่งเฉลี่ยอยู่ในช่วง 20.80% - 21.66% ซึ่งมีความเหมาะสม เมื่อเทียบร้อยละของสัดส่วนที่จะใช้ประโยชน์จากไฮโดรเจนเพื่อผลิตเชื้อเพลิง คือ 15% ซึ่งขยะจากตลาดในจังหวัดสมุทรสาครมีปริมาณที่ใกล้เคียง กับร้อยละของสัดส่วนที่จะใช้ประโยชน์จากไฮโดรเจนเพื่อผลิตเชื้อเพลิง

7. ปริมาณไนโตรเจน

ตลาดในจังหวัดสมุทรสาครมีปริมาณไนโตรเจนไม่ต่างกันซึ่งเฉลี่ย อยู่ที่ช่วง 27.84% - 27.97% ทั้งสามตลาดถือว่าปริมาณไนโตรเจนค่อนข้างมาก โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 20 - 25% หากจะทำปุ๋ยอาจจำเป็นต้องเสริมปริมาณคาร์บอนให้สูงขึ้นเพื่อให้คุณสมบัติของขยะมีความสมบูรณ์ขึ้น และสามารถนำไปหมักทำปุ๋ยได้ ซึ่งขยะจากตลาดในจังหวัดสมุทรสาครมีปริมาณที่ใกล้เคียงกับอัตราส่วนที่เหมาะสมในการหมักปุ๋ยได้

8. ปริมาณคลอไรด์

พบว่า ปริมาณคลอไรด์ขององค์ประกอบขยะตลาดลีลามีค่าอยู่ที่ 0.2541% ตลาดมหาชัยเมืองใหม่มีค่าอยู่ที่ 0.2127% และตลาดทะเลไทยมีค่าอยู่ที่ 0.0652% ซึ่งทั้งสามตลาดมีปริมาณคลอไรด์ ที่ไม่ต่างกัน

9. ปริมาณซัลเฟอร์

พบว่า ปริมาณซัลเฟอร์ของตลาดลีลามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.5960 % ตลาดมหาชัยเมืองใหม่มีค่าอยู่ที่ 0.6658 % และตลาดทะเลไทยมีค่าอยู่ที่ 0.3019 % ปริมาณซัลเฟอร์ของทั้งสามตลาดเมื่อเทียบกับค่าที่จะสามารถใช้ทำปุ๋ยหมักที่อยู่ในช่วง 0.000% - 0.128% จะเห็นว่าขยะจากตลาดในจังหวัดสมุทรสาครมีปริมาณซัลเฟอร์ที่ใกล้เคียงกับค่าที่จะสามารถใช้หมักปุ๋ยได้

10. ปริมาณแคดเมียม

พบว่าปริมาณแคดเมียมในขยะของตลาดทะเลไทยมีค่าสูงสุดอยู่ที่ 28.27 mg/kg ขณะที่ตลาดลีลา และตลาดมหาชัยเมืองใหม่มีปริมาณแคดเมียมเท่ากับ 6.64 mg/kg และ 1.05 mg/kg ตามลำดับ ซึ่งต้องไม่เกิน 37 มิลลิกรัม/กิโลกรัม จะเห็นว่าขยะจากตลาดในจังหวัดสมุทรสาครมีปริมาณแคดเมียมที่น้อยจึงสามารถนำขยะมาใช้ประโยชน์ได้

11. ปริมาณโครเมียม

ปริมาณโครเมียมขององค์ประกอบขยะในตลาดทะเลไทยมีค่าสูงสุดอยู่ที่ 48.65 mg/kg ขณะที่ตลาดลีลา และตลาดมหาชัยเมืองใหม่มีปริมาณโครเมียมเท่ากับ 28.24 mg/kg และ 1.92 mg/kg ตามลำดับ ซึ่งต้องไม่เกิน 300 มิลลิกรัม/กิโลกรัม จะเห็นได้ว่าปริมาณโครเมียมที่พบในขยะจากตลาดในจังหวัดสมุทรสาครจึงมีปริมาณน้อยมาก สามารถนำมูลฝอยไปใช้ประโยชน์อื่นต่อได้

12. ปริมาณทองแดง

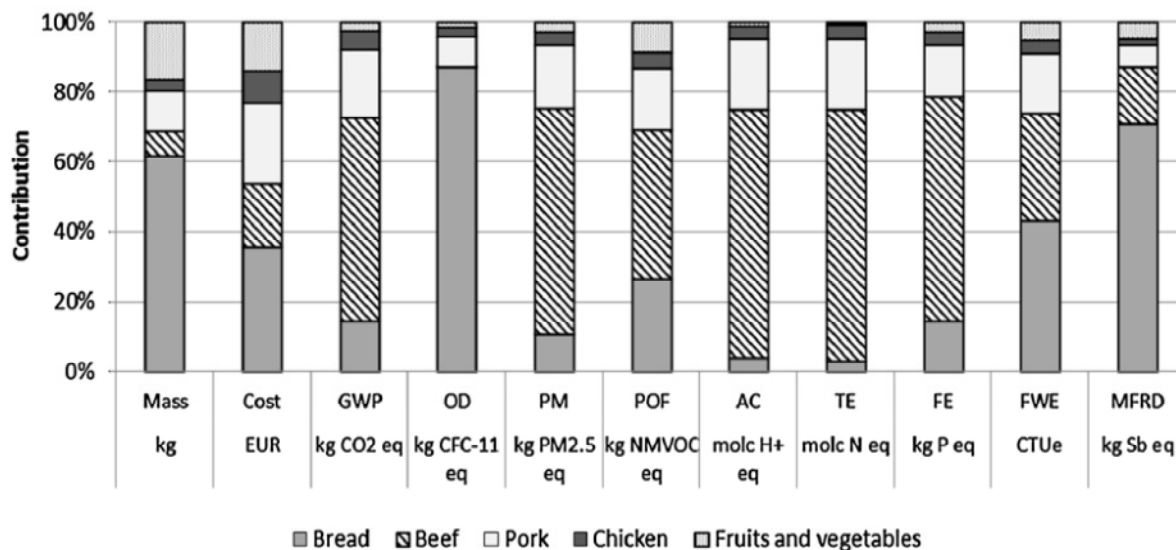
พบว่า ปริมาณทองแดงขององค์ประกอบขยะตลาดลีลา มีค่าสูงสุดอยู่ที่ 15.13 mg/kg ขณะที่ตลาดทะเลไทย และตลาดมหาชัยเมืองใหม่มีปริมาณทองแดง เท่ากับ 2.28 mg/kg และ 1.91 mg/kg ตามลำดับ ซึ่งต้องไม่เกิน 500 mg/kg จะเห็นได้ว่าปริมาณทองแดงของขยะจากตลาดในจังหวัดสมุทรสาครมีปริมาณน้อยสามารถที่จะนำมูลฝอยไปใช้ประโยชน์ต่อได้

13. ปริมาณตะกั่ว

พบว่า ปริมาณตะกั่วของขยะตลาดจากทะเลไทยมีค่าสูงสุดอยู่ที่ 40.26 mg/kg ขณะที่ตลาดลีลา และตลาดมหาชัยเมืองใหม่มีปริมาณตะกั่ว เท่ากับ 7.14 mg/kg และ 1.47 mg/kg ตามลำดับ ซึ่งต้องไม่เกิน 400 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณตะกั่วของขยะจากตลาดในจังหวัดสมุทรสาครมีปริมาณที่น้อยจึงสามารถนำขยะจากตลาดไปใช้ประโยชน์ได้

2.7 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของขยะอาหารจากตลาด

Brancoli et al. (2017) ได้ทำการศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของขยะอาหารจากซูเปอร์มาเก็ต โดยการใช้การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ โดยผลจากการศึกษา พบว่า ขยะอาหารที่นำมาใช้การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม ได้แก่ เนื้อวัว เนื้อหมู เนื้อไก่ ขนมนึ่ง สตอเบอร์รี่ กล้วย มันฝรั่ง มะเขือเทศ แครอท กะหล่ำปลี และ แอปเปิ้ล และมีปริมาณ 11 ตัน ซึ่งคิดเป็น 49% ของของเสียทั้งหมด ซึ่งผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจะแสดงในหน่วยของกิโลกรัมของชนิดของขยะอาหาร และแสดงผลกระทบในแต่ละห่วงโซ่อุปทานอาหาร ทั้งนี้จากการวิเคราะห์ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมแสดงดังรูปที่ 2-4 พบว่า ขนมนึ่ง เนื้อหมู และเนื้อวัว มีผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมสูงสุดในขยะอาหารทั้งหมด ซึ่งอาหารเสียประเภทเนื้อวัวมีปริมาณผลกระทบสูงสุดของ 6 ใน 9 ของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมทั้งหมด ในขณะที่ขยะอาหารขนมนึ่งมีปริมาณผลกระทบสูงสุดในสามผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ของเสียขนมนึ่งยังมีปริมาณของเสียสูงสุดและมีผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์สูงสุดในซูเปอร์มาเก็ต



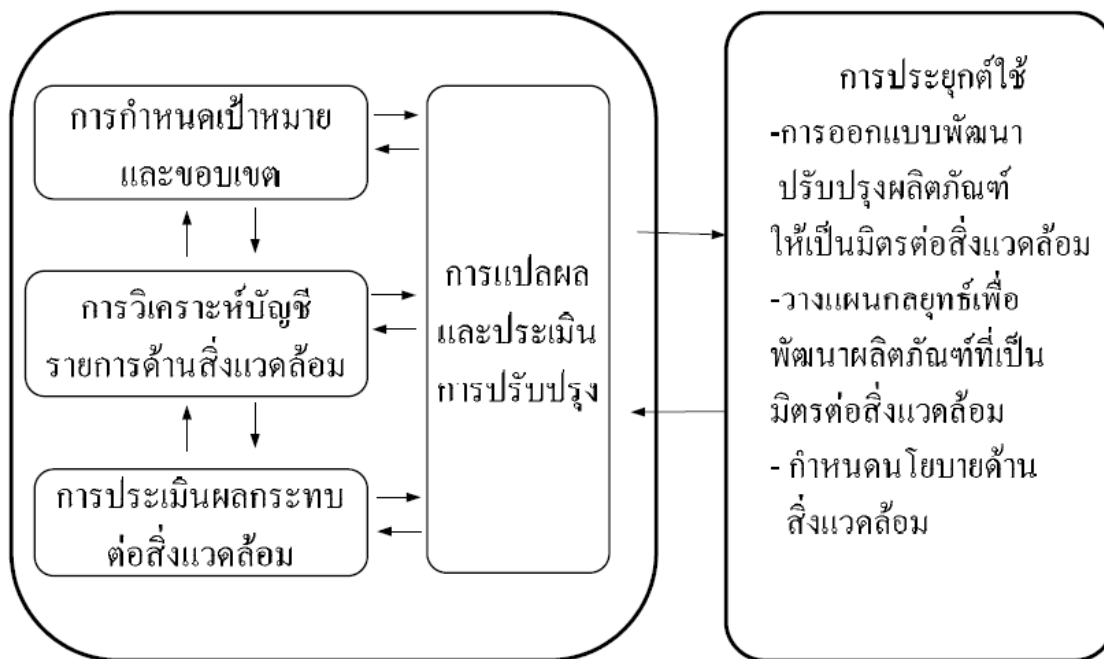
รูปที่ 2-4 ปริมาณผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของปริมาณขยะอาหารทั้งหมด ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์, climate change (GWP), ozone depletion (OD), particulate matter (PM), photochemical ozone formation (POF), acidification (AC), terrestrial eutrophication (TE), freshwater eutrophication (FE), freshwater ecotoxicity (FWE), and resource depletion (MFRD)

ที่มา: Brancoli et al. (2017)

2.8 การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมด้วยการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (สมพงษ์ วนิชวัฒนวรชัย และคณะ, 2553)

การประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life cycle impact assessment) เป็นการประเมินถึงผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากผลิตภัณฑ์ ที่จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ และคุณภาพสิ่งแวดล้อม โดยในการประเมินนั้นจะแบ่งเป็นช่วง ได้แก่ วัตถุดิบ กระบวนการผลิต การใช้งาน และการกำจัด ซึ่งจะช่วยในการนำเสนอผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น และความต้องการทรัพยากรธรรมชาติของผลิตภัณฑ์นั้นๆ เช่น พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการผลิต กากของเสียจากกระบวนการผลิต (Ola et al., 2007) เพื่อวิเคราะห์จุดแข็งและจุดอ่อนของผลิตภัณฑ์ โดยมีข้อมูลผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆ ที่เกิดขึ้นตลอดวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์เป็นเครื่องมือสนับสนุนผลการวิเคราะห์ เพื่อการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ ซึ่งต้องอาศัยความรู้พื้นฐานการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ และมีการแสดงข้อมูลในเชิงปริมาณสะท้อนให้เห็นผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่ลดลงหลังการปรับปรุง จะทำให้ได้ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ที่สามารถช่วยให้การวิเคราะห์ผลมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น อันจะนำไปสู่การประยุกต์ใช้และการพัฒนาด้านอื่น ๆ เช่น การปรับปรุงกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ และการออกแบบผลิตภัณฑ์ เป็นต้นจากเป้าหมายของการศึกษาดังกล่าว จะเป็นตัวบ่งบอกระดับของรายละเอียดที่จะต้องทำการศึกษาระดับขั้นตอนในการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังรูปที่ 2-5 ได้แก่

1. การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and Scope Definition)
2. การวิเคราะห์บัญชีรายการ (Life Cycle Inventory: LCI)
3. การประเมินผลกระทบ (Life Cycle Impact Assessment: LCIA)
4. การแปลผลการศึกษา (Life Cycle Interpretation)



รูปที่ 2-5 กรอบการดำเนินการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์
ที่มา: สมพงษ์ วนิชวัฒนวรชัย และคณะ (2553)

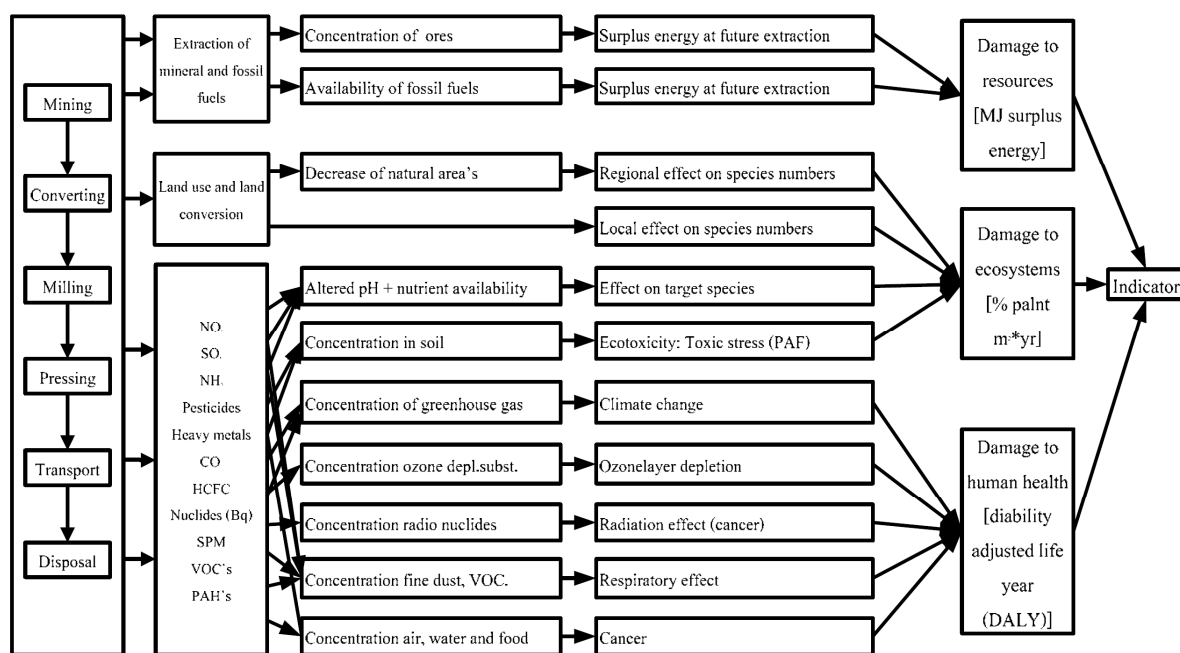
โดยการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมนั้นมีวิธีการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมหลายวิธีให้เลือกเพื่อทำการประเมินผลกระทบ เช่น Eco-indicator 95 Eco-indicator 99 CML EPS 2000 (Environmental Priority Strategies) และ EDIP (Environmental Design of Industrial Products) เป็นต้น โดยในการเลือกใช้วิธีคำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อมนั้นมีวิธีเลือกมากมายขึ้นอยู่กับผู้วิจัยต้องการสื่อสารผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านใดออกไป โดยในประเทศไทยมีการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์หลายชนิด ซึ่งจะเห็นได้ว่าการศึกษาการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ในประเทศไทยนั้น มีการเลือกใช้วิธีการคำนวณหลายวิธี แต่วิธีที่มีการใช้เป็นส่วนใหญ่นั้นคือ Eco-indicator 95 และ Eco-indicator 99 และนำเสนอผลกระทบสิ่งแวดล้อมในรูปแบบคะแนนเชิงเดี่ยว (Single score) เนื่องจากช่วยในการตัดสินใจปรับปรุงผลิตภัณฑ์ได้ง่ายจากการให้ความสัมพันธ์ของผลกระทบสิ่งแวดล้อมในแต่ละด้าน ซึ่งการเลือกนำเสนอผลกระทบสิ่งแวดล้อมนั้นมี 2 รูปแบบ คือ Midpoint และ Single score โดยการเลือกรูปแบบการนำเสนอผลกระทบสิ่งแวดล้อมนั้นขึ้นอยู่กับการตัดสินใจของผู้ประเมิน (Bare, 2000)

ทั้งนี้เนื่องจากในการวิจัยนี้เป็นการเน้นการศึกษาในครอบคลุมทุกบริบทเพื่อให้สะท้อนความยั่งยืนสูงสุด ทางวิจัยจึงขอแนะนำในส่วนของการประเมิน Eco-indicator 99 เนื่องมาจากการประเมินสะท้อนรูปแบบผลกระทบต่อมนุษย์และระบบนิเวศที่ถูกทำลาย (PRé Consultants B.V., 2001) ซึ่งเป็นส่วนของของเป้าหมายหลักของการวิจัยในครั้งนี้ โดยรายละเอียดของการประเมินวิธีการนี้มีดังต่อไปนี้

2.8.1 Eco-indicator 99

วิธีการคำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อม Eco-indicator 99 นั้นเป็นดัชนีชี้วัดเชิงนิเวศน์แบบ Characterization และ single score เช่นเดียวกับวิธีการคำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อม Eco-indicator 95 แต่มีการเพิ่มประเด็นผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ยังขาดในวิธี Eco-indicator 99 และมีการให้ความสัมพันธ์

ระหว่างประเด็นผลกระทบสิ่งแวดล้อมกับเป้าหมายที่ได้รับผลกระทบ โดยไม่ได้แสดงผลกระทบสิ่งแวดล้อมในแต่ละประเด็นในรูปแบบปริมาณหรือความเข้มข้นของมลพิษ แต่แสดงค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมในรูปแบบผลกระทบต่อมนุษย์และระบบนิเวศที่ถูกทำลาย (PRé Consultants B.V., 2001) หรืออาจกล่าวได้ว่าวิธีการคำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อม Ecoindicator 99 นั้นเป็นการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นกับสุขภาพของสิ่งมีชีวิตนั้นเองโดยขั้นตอนการคำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อมวิธี Eco-indicator 99 มี 3 ขั้นตอน ดังรูปที่ 2-6 และมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 2-6 ขั้นตอนการคำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อมวิธี Eco-indicator 99

ที่มา: สมพงษ์ วณิชวัฒนวรชัย และคณะ (2553)

1. การวิเคราะห์ปัญหาสิ่งแวดล้อม ทำการวิเคราะห์การใช้ทรัพยากรธรรมชาติพื้นที่และมลพิษที่เกิดขึ้น และมีการปล่อยออกมาสู่สิ่งแวดล้อมตลอดวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์
2. การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม ประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ การใช้พื้นที่ในการทำกิจกรรม และมลพิษที่มีการปล่อยออกสู่ธรรมชาติในประเด็นผลกระทบสิ่งแวดล้อม 10 ประเด็นที่อยู่ในรูปความเข้มข้นหรือปริมาณก่อนทำการประเมินเป็นผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นกับผู้รับ 11 ประเด็น
3. การแปลงผลกระทบสิ่งแวดล้อมในรูปคะแนนเชิงเดียว โดยนำค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นกับผู้รับ เปรียบเทียบกับค่าสมมูลของผลกระทบสิ่งแวดล้อมทั้ง 3 ด้าน (Normalization) ก่อนทำการรวบรวมค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมได้แก่ แหล่งทรัพยากรธรรมชาติ ระบบนิเวศ และสุขภาพมนุษย์ มีหน่วยเป็น MJ surplus PDF m²*yr และ DALY ตามลำดับ และ คูณกับค่าน้ำหนักผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นกับผู้รับใน 3 ด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Weighting) ก่อนทำ รวบรวมคะแนนที่อยู่ในรูปคะแนนเชิงเดียว (Point) โดยแสดงค่า Normalization และ Weight ดังแสดงในตารางที่ 2-3

ตารางที่ 2-3 รายละเอียดประเด็นผลกระทบสิ่งแวดล้อมและค่าในการคำนวณวิธี Eco-indicator 99

Characterization	Unit	Normalization	Damage	Normalization	Weight
Minerals	MJ surplus	1	Resource (MJ surplus)	0.000119	200
Fossil fuels	MJ surplus	1			
Ecotoxicity	PAF*m ² yr	0.1	Ecosystem (PDF*m ² yr)	0.000195	400
Acidification/ Eutrophication	PDF*m ² yr	1			
Land use	PDF*m ² yr	1			
Carcinogens	DALY	1	Human Health	65.1	400
Resp. organics	DALY	1			
Resp. inorganics	DALY	1			
Climate change	DALY	1			
Radiation	DALY	1			
Ozone layer	DALY	1			

ที่มา: สมพงษ์ วนิชวัฒนวรชัย และคณะ (2553)

2.9 การจัดการขยะของตลาดสดในประเทศไทย

รุจิรา วิไลรัตน์ (2545) ทำการศึกษาการจัดการสิ่งแวดล้อมตลาดสดในเทศบาลพะเยา โดยใช้แบบสอบถามและการสัมภาษณ์ ผลจากการศึกษา พบว่า (1) การปฏิบัติตนของผู้ค้าขายตลาดสดเขตเทศบาลเมืองพะเยาส่วนใหญ่เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในเทศบัญญัติเทศบาลพะเยา (2) ผู้มาใช้บริการเห็นว่าการจัดการสิ่งแวดล้อมตลาดสดทั้งสามแห่งอยู่ในระดับปานกลาง และ (3) เจ้าหน้าที่ยังขาดการควบคุมกำกับดูแล โดยข้อเสนอแนะเพื่อให้การจัดการสิ่งแวดล้อมของตลาดสดเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เจ้าหน้าที่เทศบาลควรเข้ามากำกับดูแลอย่างจริงจัง รวมทั้งเร่งสร้างจิตสำนึกและความตระหนักให้แก่ผู้ขายโดยการให้ความรู้ ความเข้าใจในการปฏิบัติและควรประสานความร่วมมือกับเจ้าของตลาดในการพัฒนาสุขภิบาลให้ดียิ่งขึ้น

บุญสม วิจารจันทร์ (2550) ศึกษาการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการขยะในตลาดสดเทศบาลนครขอนแก่น โดยวิธีการลดขยะนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ พบว่า ผู้ประกอบการและประชาชนให้ความสำคัญกับการลดปริมาณขยะในระดับปานกลาง ในส่วนของการนำขยะไปใช้ประโยชน์นั้นผู้ประกอบการและประชาชนเข้าใจได้ดีถึงวิธีการแยกขยะออกเป็นประเภท และการนำน้ำมันทอดซ้ำไปทำไบโอดีเซล แต่ขณะเดียวกันการนำขยะไปทำปุ๋ยชีวภาพ และขยะมีพิษ ผู้ประกอบการและประชาชน ไม่ได้ให้ความสำคัญและไม่มีความรู้เกี่ยวกับเรื่องนี้เท่าที่ควร เพราะฉะนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ที่จะต้องให้ความรู้และสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับการทำปุ๋ยชีวภาพ และขยะมีพิษให้กับประชาชนเพิ่มมากยิ่งขึ้น

กฤษณา สุชนิวัฒนชัย (2551) ศึกษาการจัดการมูลฝอยตลาดสดเทศบาลพระนครศรีอยุธยา พบว่าการคัดแยกมูลฝอยเพื่อใช้ประโยชน์และการทำปุ๋ยหมัก เป็นวิธีการที่มีความคุ้มค่าต่อการลงทุนในเศรษฐศาสตร์ ผลการวิเคราะห์โดยใช้เกณฑ์การลงทุน ณ อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 6 อายุโครงการ 20 ปี พบว่าโครงการให้ผลตอบแทนสุทธิที่เป็นมูลค่าปัจจุบันเท่ากับ 1.3 ล้านบาท อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนเท่ากับ 1.23 และอัตราผลตอบแทนภายในเท่ากับ ร้อยละ 35 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการด้วยการเปลี่ยนข้อสมมติของตัวแปร ในกรณีราคาของเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ ค่าไฟฟ้าและน้ำประปา และค่าจ้างแรงงาน เพิ่มขึ้น

ร้อยละ 10 รวมทั้งเมื่อเกิดเหตุการณ์ดังกล่าวพร้อมๆ กัน พบว่าโครงการยังมีความเหมาะสมต่อการลงทุนเช่นเดิม

อรินทร์ โสมบ้านกล้วย และ คณะ (2552) ทำการศึกษารูปแบบการนำกลับมาใช้ใหม่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการขยะของตลาดสด พบว่า ได้ทำการคัดแยกขยะออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ขยะอินทรีย์ ขยะอื่นๆ และขยะอันตราย ประสิทธิภาพจากการนำไปทดลองใช้จริง ทำให้ได้องค์ประกอบของขยะที่เปลี่ยนไปจากเดิม ซึ่งสะดวกต่อการจัดการมากขึ้น มีอัตราการคัดแยกขยะมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 4.23 – 140.74 % และสัดส่วนของขยะมีค่าที่คัดแยกได้ต่อปริมาณขยะที่เกิดขึ้น เพิ่มขึ้นจาก 0.01 – 0.07 เป็น 0.02 – 0.16 บาท/กิโลกรัม

วรรณธณี กองจันทร์ดี (2555) ทำการศึกษาการจัดการขยะของผู้ค้าในตลาดสดบางกะปิ และตลาดสดนครไทย เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานครเป็นกรณีศึกษา โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามผู้ค้าในตลาดสดบางกะปิและตลาดสดนครไทย ผลการศึกษา พบว่า ปัจจัยส่วนบุคคลของผู้ค้าในตลาดสดบางกะปิ และตลาดสดนครไทย ได้แก่ เพศ อายุ รายได้ ระดับการสำเร็จการศึกษา และระยะเวลาในการเข้ามาค้าขาย อีกทั้งชนิดสินค้าที่ขายกับการจัดการขยะของผู้ค้า พบว่า ผู้ค้าในตลาดสดบางกะปิที่มีระดับการสำเร็จการศึกษา และชนิดสินค้าที่ขายที่แตกต่างกัน มีการจัดการขยะที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนผู้ค้าในตลาดสดนครไทย พบว่า ผู้ค้าที่มีระดับรายได้ที่แตกต่างกัน มีการจัดการขยะที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ปัจจัยด้านความรู้เกี่ยวกับการจัดการขยะ และการรับรู้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการจัดการขยะของผู้ค้าในตลาดสดบางกะปิ และตลาดสดนครไทย มีความสัมพันธ์กับทัศนคติของผู้ค้าในการจัดการขยะในตลาดสดอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 นอกจากนี้ ปัจจัยด้านทัศนคติต่อการจัดการขยะของผู้ค้าในตลาดสดนครไทย มีความสัมพันธ์กับการจัดการขยะภายในตลาดสดของผู้ค้า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 รวมทั้งปัจจัยด้านการรับรู้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการจัดการขยะของผู้ค้าในตลาดสดบางกะปิ มีความสัมพันธ์กับการจัดการขยะภายในตลาดสดของผู้ค้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยสรุปแล้ว ผู้ค้าในตลาดสดทั้งสองแห่งซึ่งมีรูปแบบการบริหารจัดการที่ต่างกัน มีความรู้ในการจัดการขยะและทัศนคติต่อการจัดการขยะแตกต่างกัน แต่มีการจัดการขยะไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Oldfield et al. (2016) ทำการศึกษาการวิเคราะห์ทางสิ่งแวดล้อมสำหรับแนวทางในการใช้ประโยชน์จากขยะอาหาร ได้แก่ การลดการใช้ การทำปุ๋ย การหมักแบบไร้อากาศ และการเผา โดยใช้ปริมาณของขยะอาหารในปี 2010 ผลจากการศึกษา พบว่า ยุทธศาสตร์การลดปริมาณให้น้อยที่สุดสำหรับขยะอาหารเป็นแนวทางที่ดีที่สุดด้วยการลดผลกระทบของการลดการเกิดปริมาณโลกร้อน การเกิดยูโทรฟิเคชัน และศักยภาพในการเกิดสภาวะกรด แต่เมื่อพิจารณาการคุ้มค่าด้วยการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก พบว่าการหมักแบบไร้อากาศมีผลกระทบน้อยที่สุดภายใต้ความคุ้มค่าสูงสุด

Scholz et al. (2015) ทำการศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของขยะอาหารจากซูเปอร์มาร์เก็ต โดยใช้ปริมาณขยะอาหารในระหว่างปี 2010-2012 ผลจากการศึกษา พบว่า จากปริมาณขยะ 1,570 ตัน ของอาหารสดที่เป็นขยะอาหารมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์เท่ากับ 2500 tCO₂e โดยที่แผนกของผลไม้และผักมีปริมาณมากกว่า 85 % ของขยะอาหารทั้งหมด และ 46 % ของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมด ในส่วนของแผนกเนื้อสัตว์มีปริมาณ 3.5 % ของขยะอาหารทั้งหมดและ 29 % ของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมด ทั้งนี้หากมีการลดปริมาณของเสียจากผลิตภัณฑ์หลักจะสามารถลดการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์มากกว่า 25 tCO₂e /ร้าน/ปี

Chadderton et al. (2017) ทำการคัดเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการจัดการขยะอาหารโดยการวิเคราะห์แบบมีเกณฑ์แบบหลากหลาย โดยทำการเปรียบเทียบโดยใช้สมการในการตัดสินใจจาก 14 เทคโนโลยี ผลจากการศึกษา พบว่า การใช้สมการแบบมีเกณฑ์ที่หลากหลายสามารถนำมาใช้ในการเปรียบเทียบเทคโนโลยีในทุกรูปแบบ และสามารถนำเทคโนโลยีไปใช้ ซึ่งแนวทางได้เพิ่มเติมต้นทุนเพื่อสามารถจัดลำดับความสำคัญให้กับองค์กรที่จะนำเทคโนโลยีไปปรับใช้และสามารถระบุถึงการดำเนินการในการจัดการขยะได้ดีที่สุดภายใต้การเลือกใช้เทคโนโลยีนั้น ๆ

Salemdeeb et al. (2017) ทำการเปรียบเทียบแนวทางในการจัดการขยะอาหารในการนำไปใช้ประโยชน์เป็นอาหารสัตว์ด้วยการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ ผลจากการศึกษา พบว่า 14 ผลกระทบสามารถชี้ให้เห็นถึงกระบวนการของขยะอาหารแบบเปียก และแบบแห้งเป็นแนวทางที่ดีที่สุด และรองลงมาตามลำดับ โดยการใช้เทคโนโลยีดั้งเดิมขนาดใหญ่จะมีผลกระทบต่ำส่งผลให้เกิดความยั่งยืนทั้งทางด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ ทั้งนี้หากดำเนินการใช้ขยะอาหารเป็นอาหารสุกรอย่างถูกต้องตามหลักของกฎหมายจะส่งผลให้เกิดผลประโยชน์ทั้งทางด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ อีกทั้งยังส่งเสริมให้มีการนำไปใช้ในระบับนโยบายเพื่อให้อุตสาหกรรมสุกรมีการลงทุนในการสร้างที่จัดเก็บขยะอาหารแยกออกเพื่อง่ายต่อการนำไปใช้

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาการจัดการขยะอาหารอย่างยั่งยืนสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย โดยเริ่มจากการศึกษาปริมาณและคุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของขยะอาหารของตลาดสดขนาดใหญ่ รวมไปถึงศึกษาสถานการณ์ในการจัดการขยะอาหารของตลาดสดขนาดใหญ่ อีกทั้งยังทำการทบทวนนวัตกรรมที่ใช้ในการจัดการขยะอาหาร แล้วจึงทำการพัฒนาและคัดเลือกแนวทางในการจัดการขยะอาหารอย่างยั่งยืนสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทยโดยเน้นการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วนและบนฐานคิดแห่งความยั่งยืน โดยมีรายละเอียดของวิธีการวิจัย ดังต่อไปนี้

3.1 การทวนสอบข้อมูลในตลาดสดเกี่ยวกับขยะอาหาร

ทำการสรุปข้อมูลเบื้องต้นถึงการดำเนินงานทั้งหมดของตลาดสดที่เกี่ยวข้องกับขยะอาหาร ตั้งแต่การเกิดขยะอาหารจนถึงการจัดการขยะอาหารโดยการทวนสอบกับพื้นที่จริงของตลาดสดขนาดใหญ่ จำนวน 3 ตลาด ด้วยการสัมภาษณ์และสังเกตจากการดำเนินงานในพื้นที่เพื่อนำไปใช้ในส่วนของการศึกษาส่วนถัดไป

3.2 การศึกษาคุณลักษณะของขยะทางกายภาพและเคมี

3.2.1 ทำการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ตัวอย่างขยะ จำนวน 3 ครั้ง โดยเก็บทุกๆ 4 เดือน กำหนดพื้นที่สำรวจและจำนวนตัวอย่างที่ต้องการในตลาดสดขนาดใหญ่ จำนวน 3 ตลาด คือ ตลาดสดตลาดไท จังหวัดปทุมธานี ตลาดสดทะเลไทย จังหวัดสมุทรสาคร และ ตลาดศรีเมือง จังหวัดราชบุรี โดยแบ่งตามชนิดของสินค้าในตลาด คือ ตลาดสินค้าเกษตร (รวมทุกสินค้า) ตลาดสินค้าอาหารทะเล และตลาดสินค้าประเภทผัก โดยในส่วนของการตลาดไทนั้นจะเก็บเพิ่มอีก 2 ตลาดย่อย คือ ตลาดผลไม้และตลาดเนื้อสัตว์ จึงทำให้ทำการศึกษารูปประกอบของขยะอาหารจึงเป็น 3 ตลาด และ 5 ชนิดของสินค้าที่แตกต่างกัน ทั้งนี้เก็บตัวอย่าง ณ จุดรวมขยะของทั้ง 5 ตลาด ชนิดของสินค้าซึ่งมีความหลากหลายมีปริมาณมาก และไม่ได้มีการผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ดังนั้นจึงดำเนินการสุ่มตัวอย่างขยะอย่างมีระบบเพื่อเป็นตัวแทนของขยะจากแหล่งกำเนิดและเพื่อดำเนินการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ และเคมีของขยะ ทั้งนี้หลังจากการวิเคราะห์ทางกายภาพจะทำการวิเคราะห์ทางเคมีเฉพาะขยะอาหารเท่านั้น การสุ่มตัวอย่างขยะเพื่อศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพมีรายละเอียดดังนี้

1. เก็บตัวอย่างขยะโดยทำการสุ่มตัวอย่างขยะจากจุดรวมขยะ ทั้ง 5 ตลาด ทั้งในช่วงเช้า (9.00 น.) และ ช่วงเย็น (17.00 น.) เพื่อให้ได้ชนิดของขยะที่แตกต่างกัน สุ่มตัวอย่างขยะประมาณ 1-2 ลบ.ม. โดยทำการเก็บต่อเนื่องเป็นเวลา 3 วัน คือ วันพฤหัสบดี ศุกร์ และเสาร์ รวมทั้งหมด 6 ตัวอย่าง/ตลาดสด/ครั้งของการวิเคราะห์และทำการวิเคราะห์ทั้งหมดสามซ้ำ

2. นำขยะทั้งหมดที่ได้ประมาณ 1-2 ลบ.ม. มาเทกองรวมกันบนผ้าสำหรับปูพื้นที่ได้เตรียมไว้ ทำการคลุกเคล้าให้องค์ประกอบต่างๆ กระจายกันอย่างทั่วถึง นำขยะมากองรวมกันแล้ว คลุกเคล้าให้เข้ากันมากที่สุด

3. กองขยะในลักษณะสมมาตรรูปกรวย แบ่งกองขยะออกเป็น 4 ส่วน (Quartering) เลือก 2 ส่วนที่กองอยู่ตรงกันข้ามมารวมกัน แล้วคลุกเคล้าให้เข้ากันอีกครั้ง ให้องค์ประกอบต่างๆ กระจายอย่างสม่ำเสมอ

4. ทำ Quartering ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งได้ตัวอย่างขยะในปริมาณที่ต้องการและดำเนินการจดบันทึกลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ปริมาณขยะ และ ความหนาแน่น (เสรีย์ ตู๊ประกาย, 2556) จากนั้นทำการนำเฉพาะขยะอาหารไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีต่อไป

3.2.2 ทำการวิเคราะห์ลักษณะทางเคมีของขยะจากขยะอาหาร ได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณของแข็งรวม ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ ปริมาณเถ้า ค่าปริมาณคาร์บอน ปริมาณไฮโดรเจน โดยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีดัดแปลงและอ้างอิงวิธีการตาม ASTM Designation: D 5231-92 Standard Test Method for Determination of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste (2016) และปริมาณโลหะหนัก วิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือ inductively coupled plasma (ICP)

3.3 ศึกษาสถานการณ์และรูปแบบการจัดการขยะจากเศษอาหารของตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย

ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลสถานการณ์ปัจจุบัน และรูปแบบในการจัดการการทิ้งขยะจากเศษอาหาร โดยใช้แบบสอบถามที่พัฒนาขึ้น ซึ่งแบบสอบถามจะได้รับการทวนสอบจากคณะกรรมการจริยธรรมในคนมหาวิทยาลัยมหิดล เพื่อให้แบบสอบถามที่พัฒนาขึ้นนั้นสามารถเก็บรวบรวมข้อมูลตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาและไม่เกิดผลกระทบทางจริยธรรมกับผู้ที่เกี่ยวข้อง ตั้งแต่ในส่วนเริ่มต้นของการที่สินค้าเกษตรเข้าสู่ตลาดสดและสินค้าออกจากตลาดสด โดยใช้หลักการสมมูลมวลเพื่อให้สามารถระบุถึงปริมาณของขยะที่เกิดจากการทิ้งอาหาร รวมถึงสภาพการณ์ปัจจุบันในเลือกใช้ในการจัดการขยะของตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย ซึ่งจะมีการเก็บรวบรวมข้อมูลย้อนหลัง 12 เดือน เพื่อให้ข้อมูลมีความสมบูรณ์ในการนำไปใช้ในการทำสมมูลมวล โดยทำการศึกษาในตลาดสดขนาดใหญ่ จำนวน 18 ตลาด กระจายให้ทั่วทุกภาคของประเทศไทย จำนวน 6 ภาค ภาคละ 3 แห่ง เพื่อให้เป็นตัวแทนของตลาด ได้แก่ ตลาดที่มีแผงค้าไม่เกิน 500 แผงค้า ไม่เกิน 800 แผงค้า และ มากกว่า 800 แผงค้า แต่อย่างไรก็ตามบางภาคไม่มีตลาดครบทุกขนาด ได้แก่ ไม่มีตลาดขนาดใหญ่ คือ ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และ ไม่มีตลาดขนาดกลาง ได้แก่ ภาคตะวันออก ภาคตะวันตก และ ภาคใต้ จึงใช้หลักการคัดเลือกจากตลาดที่มีปริมาณแผงค้าสูงสุด นอกจากนี้ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีตลาดสดขนาดใหญ่เพียง 3 ตลาด โดย 2 ตลาดอยู่ในจังหวัดตราด จึงทำให้ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีเพียงสองจังหวัดที่ทำการศึกษา แสดงดังตารางที่ 3-1 นอกจากนี้คณะผู้วิจัยจะเน้นตลาดสดที่มีความพร้อมและให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยในกระบวนการเก็บข้อมูลนั้นจะให้ตัวแทนของตลาดสดเข้ามามีส่วนร่วมในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อให้ทางตลาดสดมีศักยภาพในการจัดการขยะจากการทิ้งเศษอาหารได้ด้วยตัวเอง ซึ่งเป็นแนวทางที่ทำให้เกิดความต่อเนื่อง และยั่งยืนนั่นเอง และหากทางตลาดสดไม่มีการเก็บรวบรวมข้อมูลสถานการณ์การจัดการขยะอาหาร ทางคณะผู้วิจัยจึงต้องดำเนินการร่วมเก็บข้อมูลกับทางตลาดรวมถึงถ่ายทอด และเป็นพี่เลี้ยงในการดำเนินการในการเก็บปริมาณขยะอาหารเพื่อให้ข้อมูลที่ได้มีความน่าเชื่อถือในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยข้อมูลที่ได้เก็บรวบรวมได้จากตลาดขนาดใหญ่ทั้ง 18 ตลาดถึงสถานการณ์และรูปแบบการจัดการขยะจากเศษอาหารจะทำการวิเคราะห์เชิงพรรณนาและใช้สถิติในส่วนของการคำนวณและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้

3.4 การรวบรวมนวัตกรรมในการจัดการขยะอาหารสำหรับตลาดสดทั้งในประเทศและต่างประเทศ

เพื่อให้การศึกษามีขึ้นในครั้งนี้เกิดองค์ความรู้ และแนวทางใหม่ที่มีประสิทธิภาพและยั่งยืนในการจัดการขยะอาหารสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย คณะผู้วิจัยจึงจะทำการรวบรวมนวัตกรรมในการจัดการขยะอาหารที่เกิดขึ้นและการดำเนินงานจริงทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยทำการสืบค้นทั้งใน

เอกสาร เว็บไซต์ ฐานข้อมูลทั้งในระดับชาติและนานาชาติ โดยเน้นการทบทวนขั้นตอน การดำเนินงาน ต้นทุน และการประเมินประสิทธิภาพของนวัตกรรมในการจัดการขยะอาหารเพื่อเพิ่มช่องทางการเกิดนวัตกรรมในการจัดการขยะอาหารสำหรับตลาดสดของประเทศไทยที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง มีประสิทธิภาพ และยั่งยืน

ตารางที่ 3-1 รายชื่อตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทยที่จะดำเนินการเก็บข้อมูล

ลำดับ	ตลาดสด	จังหวัด	จำนวนแผงค้า
ภาคเหนือ			
1	ตลาดสด A	เชียงใหม่	525
2	ตลาดสด B	แม่ฮ่องสอน	516
3	ตลาดสด C	พะเยา	271
ภาคอีสาน			
4	ตลาดสด D	อำนาจเจริญ	977
5	ตลาดสด E	อุดรธานี	567
6	ตลาดสด F	นครพนม	279
ภาคกลาง			
7	ตลาดสด G	กรุงเทพมหานคร	1,500
8	ตลาดสด H	พระนครศรีอยุธยา	516
9	ตลาดสด I	ปทุมธานี	266
ภาคตะวันออก			
10	ตลาดสด J	ตราด	618
11	ตลาดสด K	ระยอง	336
12	ตลาดสด L	ตราด	243
ภาคตะวันตก			
13	ตลาดสด M	ราชบุรี	1,200
14	ตลาดสด N	เพชรบุรี	274
15	ตลาดสด O	ประจวบคีรีขันธ์	260
ภาคใต้			
16	ตลาดสด P	กระบี่	1,500
17	ตลาดสด Q	สุราษฎร์ธานี	300
18	ตลาดสด R	ภูเก็ต	200

3.5 การพัฒนาแนวทางในการจัดการขยะอาหารอย่างยั่งยืนสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย

3.5.1 ทำการสรุปข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมดที่รวบรวมได้ จากขั้นตอนของการศึกษาในข้อที่ (1) – (4) ทั้งในส่วนของการทวนสอบข้อมูลและการทบทวนวรรณกรรม คุณลักษณะทางกายภาพและเคมี ปริมาณของขยะจากการทิ้งอาหาร สถานการณ์ในการจัดการขยะอาหารในปัจจุบันที่ตลาดสดเลือกใช้ และนวัตกรรมในการจัดการขยะอาหารสำหรับตลาดสดทั้งในและต่างประเทศ

3.5.2 ทำการจัดประชุมเชิงปฏิบัติการร่วมกับผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญในส่วนของการจัดการสิ่งแวดล้อม การจัดการตลาด และการจัดการเทคโนโลยี ผู้ประกอบการ ผู้ค้า เกษตรกร ชุมชน หน่วยงานราชการ และคณะผู้วิจัย เพื่อร่วมกันคัดเลือกแนวทางที่มีศักยภาพและจัดลำดับความสำคัญร่วมกันกับแนวทางที่สามารถดำเนินการได้จริง และเหมาะสมกับบริบทบนพื้นฐานของข้อมูลทั้งหมดที่ทำการศึกษาในส่วนต้นของการศึกษา เพื่อให้ได้แนวทางที่จะนำไปประเมินศักยภาพของแต่ละรูปแบบที่ได้คัดเลือกนำมาใช้ในการจัดการขยะอาหารสำหรับตลาดสดของประเทศไทยในส่วนถัดไป

3.5.3 ทำการประเมินศักยภาพแห่งความยั่งยืนของแนวทางที่คัดเลือกได้มาจากข้อที่ (3.5.2) เพื่อให้เกิดการดำเนินการในการจัดการขยะอาหารอย่างยั่งยืนสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย โดยทำการประเมินด้วยหลักการการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ และการวิเคราะห์การคืนทุนด้วยการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทั้งนี้จากหลักการ และทฤษฎีดังที่นำมาใช้ในการประเมินศักยภาพแห่งความยั่งยืนดังกล่าวจึงทำการศึกษาโดยใช้หลักการคิดคำนวณตามแนวทางการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ของประเทศไทย ซึ่งเป็นการดำเนินการตามกรอบอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040 – 14043 โดยมีรายละเอียดของการศึกษาดังนี้

1. การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal & Scope Definition)

เป็นขั้นตอนที่ประกอบด้วยการกำหนดเป้าหมาย ขอบเขตของระบบที่ทำการศึกษา (System boundary) และการระบุหน่วยการทำงาน (Functional Unit) ของผลิตภัณฑ์หรือกิจกรรมที่จะทำการศึกษ โดยเป้าหมายของการศึกษา คือ การจำแนกและแสดงผลกระทบสิ่งแวดล้อมของวงจรชีวิตจากการดำเนินการตามแนวทางที่ถูกคัดเลือกจากที่ประชุมเชิงปฏิบัติการในการจัดการการทิ้งอาหารเป็นขยะ โดยขอบเขตการศึกษาในงานวิจัย เป็นการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดวงจรชีวิตของการดำเนินการตามแนวทางในการจัดการการทิ้งอาหารเป็นขยะซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการระบุศักยภาพในการเกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการลดปริมาณและอาจนำเอาข้อมูลจริงที่มีการใช้แนวทางดังกล่าวทั้งในธุรกิจเดียวกันหรือธุรกิจที่ความคล้ายคลึงกันเพื่อระบุผลกระทบสิ่งแวดล้อมหลักในแต่ละแนวทาง อีกทั้งยังเพื่อเป็นฐานข้อมูลในการนำไปใช้สนับสนุนการตัดสินใจเลือกแนวทางที่เหมาะสมที่สุดในบริบทของการจัดการการทิ้งอาหารเป็นขยะของตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทยต่อไป

2. การวิเคราะห์เพื่อทำบัญชีรายการ (Inventory Analysis)

เป็นการศึกษาวิเคราะห์และคำนวณหาปริมาณการใช้ทรัพยากร ปริมาณการใช้พลังงาน ปริมาณของเสีย หรือมลพิษที่เกิดขึ้นจากกระบวนการแต่ละขั้นตอนในวงจรชีวิตของแนวทางแต่ละแนวทางในการจัดการการทิ้งอาหารเป็นขยะของตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทยเพื่อจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมซึ่งประกอบด้วยสารขาเข้า (Input) ได้แก่ วัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการ การใช้พลังงาน การใช้น้ำ การใช้สารเคมี น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ ในส่วนของสารขาออก (Output) ได้แก่ ขยะ น้ำเสียที่เกิดขึ้น มลพิษทางอากาศ และของเสียจากกระบวนการผลิต

3. การประเมินผลกระทบ (Impact Assessment)

เป็นการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดวงจรชีวิตจากแนวทางแต่ละแนวทางในการจัดการการทิ้งอาหารเป็นขยะของตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลที่ได้มาจาขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อทำบัญชีรายการ (Inventory Analysis) ซึ่งการประเมินผลกระทบของการศึกษานี้จะมุ่งเน้นที่

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมชั้นกลาง (Midpoint) โดยมีวิธีการประเมินผลกระทบ 3 ขั้นตอน คือ การคัดเลือกกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ศึกษา (Selection) การจำแนกผลกระทบออกเป็นหมวดหมู่ (Classification) และการคำนวณศักยภาพในการเกิดผลกระทบ (Characterization) ซึ่งใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการคำนวณการประเมินวัฏจักรชีวิต SimaPro version 8.2 และใช้ตัวชี้วัดการประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมด้วยวิธี ReCiPe ทั้งนี้จะคัดเลือกเฉพาะตัวชี้วัดที่มีนัยสำคัญต่อการจัดการการทิ้งอาหารเป็นขยะของตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย

4. การจำแนกข้อมูลในบัญชีรายการ (Classification)

การจำแนกผลกระทบออกเป็นหมวดหมู่ (Classification) เป็นขั้นตอนการนำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (Environmental Flows) ที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูล มาแจกแจงและจัดกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ต้องการศึกษา โดยดูจากความสัมพันธ์ของสารขาเข้าและสารขาออกที่เป็นสาเหตุของกลุ่มผลกระทบนั้นๆ ซึ่งสิ่งที่ต้องระมัดระวังในการจำแนกข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม คือ การจำแนกซ้ำ เนื่องจากสารบางชนิดอาจเป็นสาเหตุของกลุ่มผลกระทบมากกว่า 1 ประเภท ส่วนกรณีที่เป็นผลกระทบต่อเนื่อง ให้จำแนกผลกระทบโดยตรงเพียงอย่างเดียว

5. การคำนวณศักยภาพในการเกิดผลกระทบ (Characterization)

เป็นขั้นตอนการนำข้อมูลปริมาณสารต่างๆ ในบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมมาประเมินผลกระทบเชิงปริมาณตามกลุ่มของผลกระทบ ซึ่งในการประเมินจะต้องแปลงค่าสารแต่ละตัว (ในกลุ่มผลกระทบเดียวกัน) ให้อยู่ในรูปของตัวเลขที่บอกค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากสารแต่ละตัวมีศักยภาพในการก่อให้เกิดผลกระทบในระดับที่แตกต่างกัน จึงต้องนำมาเปรียบเทียบกับค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบ (Potential Environmental Impact)

6. การแปลผล (Interpretation)

เป็นการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น อธิบายข้อจำกัด ข้อเสนอแนะรวมถึงการสรุปผลที่ได้จากการทำการประเมินวงจรชีวิต ซึ่งในการสรุปผลการศึกษาและจัดทำข้อเสนอแนะนั้น ต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และเป้าหมายของการศึกษา โดยเนื้อหาผลสรุปครอบคลุมในทุกส่วนของแนวทางแต่ละแนวทางในการจัดการการทิ้งอาหารเป็นขยะของตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย

7. การประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนตามแนวทางในการจัดการการทิ้งอาหารเป็นขยะสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย

ในการศึกษานี้จะใช้วิธีการวิเคราะห์การคืนทุนด้วยการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Return on Investment; CROI) ตามวิธีการศึกษาของ Oldfield et al. (2016) ซึ่งหมายถึง ค่าของศักยภาพในการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหนึ่งหน่วยต่อต้นทุนของการลงทุน ตามสมการที่ (1)

$$\begin{aligned}
 \text{เมื่อ } \text{CRoI} &= \text{GWP}/I_m & (1) \\
 \text{CRoI} &= \text{การคืนทุนด้วยการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์} \\
 & \quad (\text{kg CO}_2\text{e/บาท}) \\
 \text{GWP} &= \text{ศักยภาพของผลกระทบต่อการเกิดโลกร้อน} \\
 & \quad (\text{kg CO}_2\text{-e/ตันของเศษอาหาร}) \\
 I_m &= \text{ต้นทุนในการลงทุนในแนวทาง} \\
 & \quad (\text{บาท/ตันของเศษอาหาร})
 \end{aligned}$$

ทั้งนี้ในส่วนของศักยภาพของผลกระทบต่อการเกิดโลกร้อนของแต่ละแนวนั้นจากส่วนหนึ่งของผลการศึกษาในการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมด้วยการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้ในแต่ละแนวทางต้องมีการวิเคราะห์ต้นทุนในการลงทุนของแต่ละแนวทางเพื่อให้สะท้อนมุมมองของความยั่งยืนในด้านเศรษฐศาสตร์ แล้วนำมาใช้ในการประเมินความคุ้มค่าในการศึกษาในส่วนนี้ ซึ่งผลจากการประเมินความคุ้มค่าจะทำให้เห็นถึงความคุ้มค่าที่รับจากการลงทุนของแต่ละแนวทางของการจัดการการทิ้งอาหารเป็นขยะสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย ซึ่งจะเป็นข้อมูลที่สำคัญให้กับผู้ประกอบการ หน่วยงานราชการ และผู้ที่สนใจนำไปใช้ประกอบการตัดสินใจในกำหนดนโยบาย มาตรการ หรือ ทิศทางในการดำเนินการจัดการการทิ้งอาหารเป็นขยะสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทยที่สามารถนำไปใช้ได้จริงและเกิดความยั่งยืนในการดำเนินการ

8. การทวนสอบแนวทางในการจัดการการทิ้งอาหารเป็นขยะสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย

หลังจากการพัฒนาแนวทางในการจัดการการทิ้งอาหารแล้ว เพื่อให้แนวทางที่พัฒนาขึ้นสามารถนำมาดำเนินงานได้จริงจึงจัดให้มีการทวนสอบในรูปแบบการจัดประชุมเชิงปฏิบัติการระดมสมองร่วมกันของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในทุกภาคส่วนของการดำเนินงานสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย ทั้งเจ้าของกิจการ หน่วยงานภาครัฐ นักวิชาการ และผู้สนใจ เพื่อร่วมเสนอแนะและปรับปรุงให้แนวทางที่ได้มีศักยภาพสูงในการจัดการขยะอาหารสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทยและสามารถนำไปปฏิบัติได้จริง โดยแนวทางที่ได้จากการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะจากการจัดประชุมเชิงปฏิบัติการระดมสมองจะกลายเป็นแนวทางต้นแบบในการจัดการการทิ้งอาหารเป็นขยะสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงและพร้อมที่ให้ตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทยนำไปดำเนินงานได้

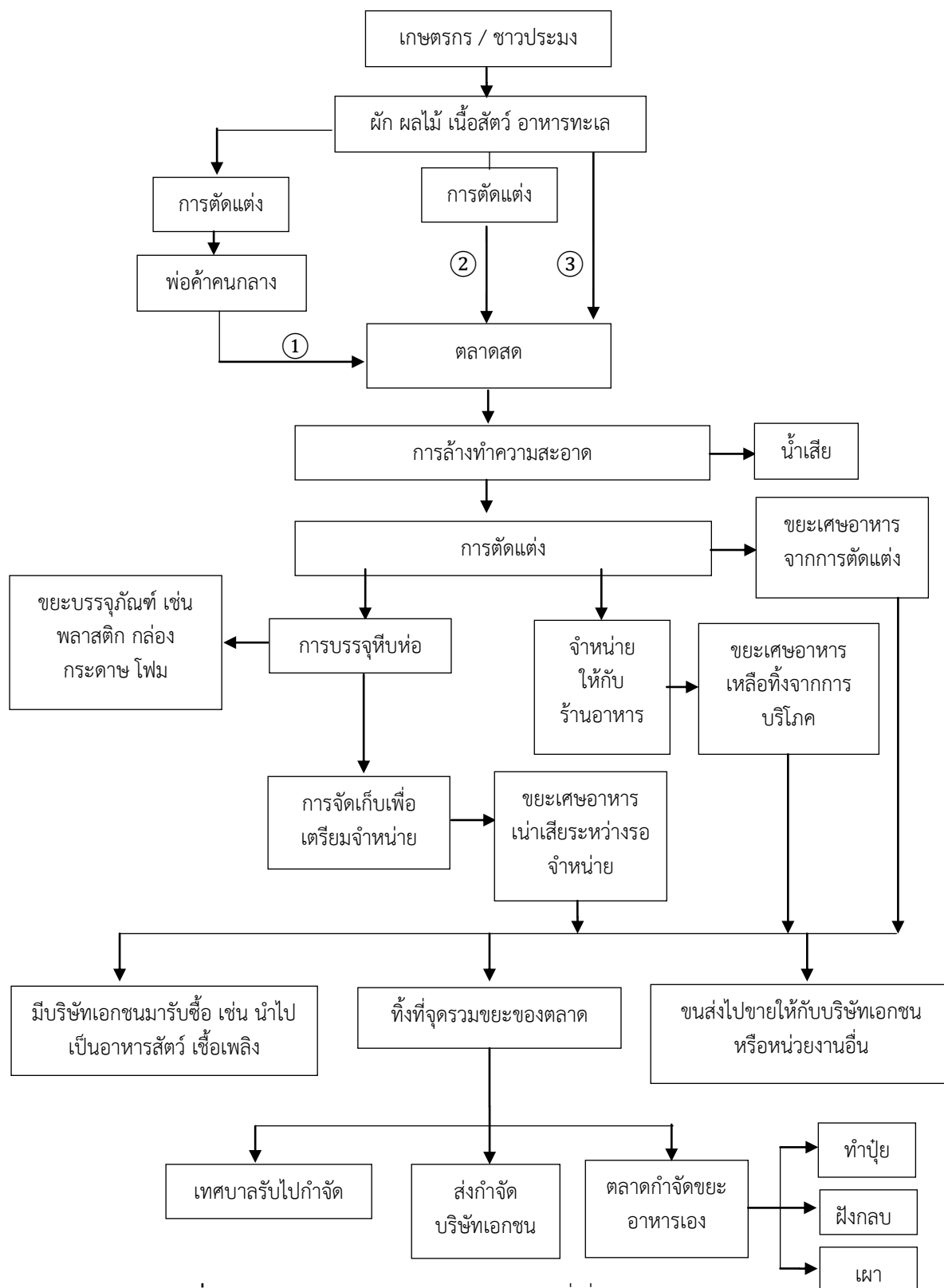
บทที่ 4

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

4.1 การดำเนินงานของตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย

จากการทบทวนวรรณกรรมและการทวนสอบขั้นตอนการดำเนินงานต่างๆ จากการสัมภาษณ์และสังเกตในตลาดสดขนาดใหญ่ 3 แห่ง สามารถสรุปขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับขยะอาหาร ตั้งแต่การเกิดขยะอาหาร ไปจนถึงการจัดการขยะอาหาร ได้แสดงในรูปที่ 4-1 โดยตลาดสดขนาดใหญ่ที่ทำการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วยตลาดสด 5 ประเภท คือ ตลาดที่จำหน่ายผลผลิตการเกษตรรวม ตลาดผัก ตลาดผลไม้ ตลาดค้าเนื้อสัตว์ และตลาดค้าขายอาหารทะเล การดำเนินงานที่เกิดขึ้นภายในตลาด เริ่มต้นจากเกษตรกร ชาวสวน หรือชาวประมง หรือพ่อค้าคนกลางนำผลผลิตที่ได้จากการเพาะปลูก เลี้ยงสัตว์หรือทำประมงมาจัดส่งยังตลาด ณ จุดที่ทำการรับซื้อ ในบางครั้งเกษตรกรอาจมีการตัดแต่งชิ้นส่วนต่างๆ มาก่อนแล้ว ณ สวนหรือไร่ที่เพาะปลูกพืชซึ่งในส่วนนี้จะอยู่นอกเหนือขอบเขตของการวิจัยในครั้งนี้ เมื่อผลผลิตขนส่งมาถึงตลาดสด จะถูกจัดวางไว้เพื่อเตรียมสำหรับขั้นตอนการตัดแต่งส่วนต่างๆ ที่ไม่ต้องการออก ในกรณีของตลาดอาหารทะเล อาจมีการล้างทำความสะอาดผลิตภัณฑ์สัตว์ทะเลก่อนหรือหลังจากตัดแต่ง รวมไปถึงการล้างทำความสะอาดอุปกรณ์ที่ใช้ และพื้นที่บริเวณที่ทำการตัดแต่ง และจำหน่าย ซึ่งจะก่อให้เกิดของเสียประเภทน้ำทิ้ง ร่วมกับน้ำทิ้งที่เกิดจากการละลายของน้ำแข็งที่ใช้เพื่อรักษาคุณภาพของอาหารทะเล หลังจากการตัดแต่งแล้ว ของเสียที่เกิดขึ้น คือ ขยะอาหาร เช่น เศษผัก เศษผลไม้ เศษปลา (ไส้ปลา เกล็ดปลา) เศษเนื้อสัตว์หรือกระดูก เป็นต้น หลังจากนั้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้ตามต้องการจะถูกบรรจุหีบห่อ หรือจัดเรียงไว้เพื่อรอจัดจำหน่ายต่อไป การบรรจุหีบห่อจะใช้พลาสติก โฟม และกล่องกระดาษเป็นบรรจุภัณฑ์ ในส่วนของตลาดอาหารทะเล ซึ่งมีร้านอาหารตั้งอยู่ในบริเวณตลาด จะมีการจำหน่ายสัตว์ทะเลให้กับร้านอาหารเพื่อนำไปปรุงอาหารให้ลูกค้ารับประทาน ขั้นตอนนี้จะทำให้เกิดขยะอาหารที่เป็นเศษอาหารเหลือทิ้งจากการบริโภคของลูกค้า นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ที่ถูกจัดเรียงไว้เพื่อรอการจำหน่ายนั้นหากมีการจำหน่ายไม่ทันเวลาหรือเกิดความบอบช้ำขึ้นระหว่างขั้นตอนการตัดแต่งหรือจัดเรียง ก็จะทำให้เกิดการเน่าเสียหมดอายุ เกิดเป็นขยะอาหารได้เช่นกัน

จากขั้นตอนการดำเนินงานของตลาดสดที่กล่าวไปแล้วนั้น สามารถสรุปได้ว่าขยะอาหาร เกิดขึ้น 3 ประเภท คือ 1) ขยะอาหารที่เกิดขึ้นจากการตัดแต่ง 2) ขยะอาหารที่เกิดขึ้นจากการเน่าเสีย 3) ขยะอาหารที่เกิดขึ้นหลังจากการบริโภค ซึ่งทั้งสามส่วนนั้น จะถูกจัดการโดย 3 วิธี คือ มีบริษัทเอกชนมารับซื้อขยะเหล่านั้นไปทำเป็นปุ๋ยหรือนำไปเชื้อเพลิงเผาไหม้ที่บริเวณตลาด หรือทางตลาดจัดรถขนส่งขยะอาหารเหล่านั้นไปยังบริษัทเอกชนที่ต้องการนำไปใช้ประโยชน์ หรือขยะถูกเก็บรวบรวมไว้ที่จุดรวมขยะของตลาดเพื่อรอการจัดการต่อไป ในส่วนของขยะที่ถูกนำไปทิ้งที่จุดรวมขยะจะมีทั้งที่เจ้าของแผงค้านำไปทิ้งเอง และที่เจ้าของกิจการบริการรับขนนั้นไปทิ้งให้ยังจุดรวม ขยะต่างๆ รวมทั้งขยะเศษอาหารที่จุดรวมจะถูกกำจัดด้วยวิธีการต่างๆ เช่น ให้เทศบาลผู้รับผิดชอบในพื้นที่มารับไปกำจัด ให้บริษัทหรือหน่วยงานที่ต้องการใช้ประโยชน์จากขยะมารับไป หรือทางตลาดทำการกำจัดขยะเหล่านั้นด้วยตนเองด้วยวิธีการต่างๆ เช่น นำไปหมักเป็นปุ๋ย เผาทิ้ง หรือฝังกลบ



รูปที่ 4-1 แผนผังการดำเนินงานของตลาดสดที่เกี่ยวข้องกับขยะเศษอาหาร

หลังจากทำการสุ่มขั้นตอนการดำเนินงานของตลาดสดที่เกี่ยวข้องกับขยะอาหารแล้ว ทางคณะผู้วิจัยได้ลงพื้นที่ตลาดสด 3 แห่ง เพื่อทำการทวนสอบข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์และสังเกต ตลาดสดที่ทำการทวนสอบข้อมูลประกอบด้วย

1. ตลาดทะเลไทย จังหวัดสมุทรสาคร
2. ตลาดศรีเมือง จังหวัดราชบุรี
3. ตลาดไท จังหวัดปทุมธานี

ในส่วนของการตลาดทะเลไทย ซึ่งเป็นตลาดประเภทที่มีการค้าขายอาหารทะเลเป็นหลัก ร่วมกับจำหน่ายผลไม้ สัตว์ทะเลชนิดต่างๆ เมื่อถูกส่งมายังร้านค้า จะถูกล้างทำความสะอาด และจัดเรียงบนกระเบาะน้ำแข็ง จำแนกตามประเภท และขนาด เพื่อรอการจำหน่ายต่อไป ในส่วนของปลา จะถูกนำมาตัดแต่งเพื่อขอดเกล็ด และคว้านไส้ปลา ขีปลาออกก่อนนำไปวางจำหน่าย ซึ่งจะทำให้เกิดขยะเศษอาหารจากขั้นตอนนี้ นอกจากนี้ ตลาดทะเลไทยยังมีร้านอาหารตั้งอยู่ในบริเวณตลาด ซึ่งจะรับซื้อสัตว์ทะเลจากร้านค้าต่างๆ มาปรุงอาหารให้กับลูกค้า ขั้นตอนนี้จะก่อให้เกิดขยะอาหารที่เหลือทิ้งจากการบริโภคของลูกค้า ขยะอาหารที่เกิดขึ้นจะถูกนำไปทิ้งยังจุดรวมขยะด้านหลังตลาด ร่วมกับขยะที่เกิดจากเศษผลไม้

สำหรับตลาดศรีเมืองซึ่งเป็นตลาดค้าขายผักขนาดใหญ่ของจังหวัดราชบุรี ผักชนิดต่างๆ เมื่อถูกขนส่งมายังแผงค้า ลูกจ้างของแต่ละร้านจะทำการตัดแต่งนำส่วนที่ไม่ต้องการออก เช่น ใบด้านนอกของกะหล่ำที่ไม่สวยงาม แล้วบรรจุผลิตภัณฑ์ที่ได้ตามต้องการลงในลังพลาสติก ก่อนนำไปหีบห่อเพื่อรอจัดจำหน่ายต่อไป ขยะอาหารที่เกิดขึ้นจากการตัดแต่งในปริมาณมาก บางส่วนจะถูกนำส่งให้กับบริษัทที่นำไปใช้ประโยชน์ บางส่วนจะถูกรวบรวมไปยังจุดรวมขยะของตลาด ร่วมกับเศษผักที่เกิดจากการเน่าเสีย บอบช้ำระหว่างรอการจำหน่าย

ในขณะที่ตลาดไท ซึ่งเป็นตลาดค้าขายผัก ผลไม้ขนาดใหญ่ของภาคกลาง จากการทวนสอบในส่วนของการตลาดผลไม้ ผลไม้ที่มีการตัดแต่งและก่อให้เกิดเป็นขยะอาหารได้ เช่น สับปะรด ขนุน ส้มโอ โดยเมื่อมีการขนส่งผลไม้มาจากเกษตรกร จะมีบางส่วนที่เสียหาย และกลายเป็นขยะ ไม่สามารถจำหน่ายได้ ร่วมกับขยะที่เกิดการเน่าเสียขึ้นจากการจำหน่ายไม่ทันเวลา ขยะที่เกิดขึ้นจากทั้งสามส่วนจะถูกขนไปทิ้งยังบริเวณที่ทิ้งขยะรวม ก่อนนำไปกำจัด

ภาพแสดงการทวนสอบขั้นตอนการดำเนินงานในตลาดสดที่เกี่ยวข้องกับขยะอาหารของทั้ง 3 ตลาด ดังแสดงในรูปที่ 4-2 ถึง 4-4



(a) ผลิตภัณฑ์อาหารทะเลที่จัดจำหน่ายในตลาดทะเลไทย



(b) ขั้นตอนการตัดแต่งชิ้นส่วนของปลาเพื่อนำใส่ออก



(c) การดำเนินการเก็บตัวอย่างขยะเศษอาหารทะเล



(d) ตัวอย่างเศษขยะอาหารทะเลของตลาดทะเลไทย



(e) จุดรวมทิ้งขยะของตลาดทะเลไทย



(f) การสุ่มเก็บตัวอย่างขยะตลาดทะเลไทย

รูปที่ 4-2 การทวนสอบการดำเนินงานของตลาดทะเลไทย จ.สมุทรสาคร



(a) การตัดแต่งผักกะหล่ำของตลาดศรีเมือง



(b) ปริมาณเศษผักที่ได้หลังจากถูกตัดแต่ง



(c) กองเศษผักที่ถูกตัดแต่งทิ้งเป็นขยะอาหาร



(d) การสู่มัซังน้ำหนักรวมเศษผักที่เกิดขึ้น



(e) จุดทิ้งขยะรวมของตลาดศรีเมือง



(f) การสู่มัซังน้ำหนักรวม ณ จุดทิ้งรวมของตลาดศรีเมือง

รูปที่ 4-3 การทวนสอบการดำเนินงานของตลาดศรีเมือง จ.ราชบุรี



(a) จุดรับซื้อและจัดจำหน่ายสับปะรด ตลาดไท



(b) ขั้นตอนการตัดแต่งสับปะรด



(c) เศษขยะที่เกิดขึ้นหลังจากตัดแต่งสับปะรด



(d) การตัดแต่งและบรรจุขนุน ณ ตลาดไท



(e) ขนุนบรรจุในหีบห่อพร้อมจำหน่าย



(f) จุดรับซื้อและจำหน่ายส้มโอ ตลาดไท



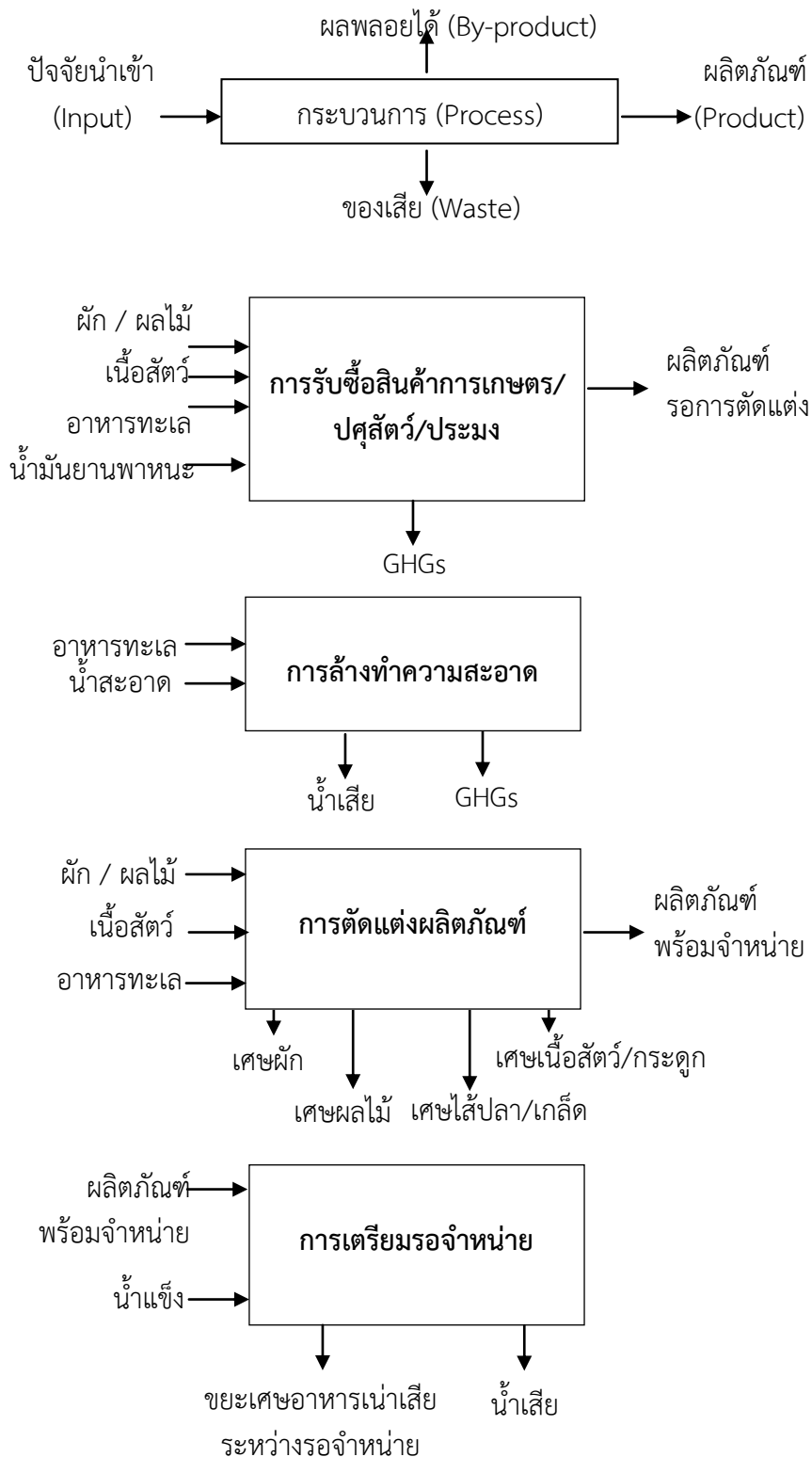
(g) ขั้นตอนการตัดแต่งส้มโอ



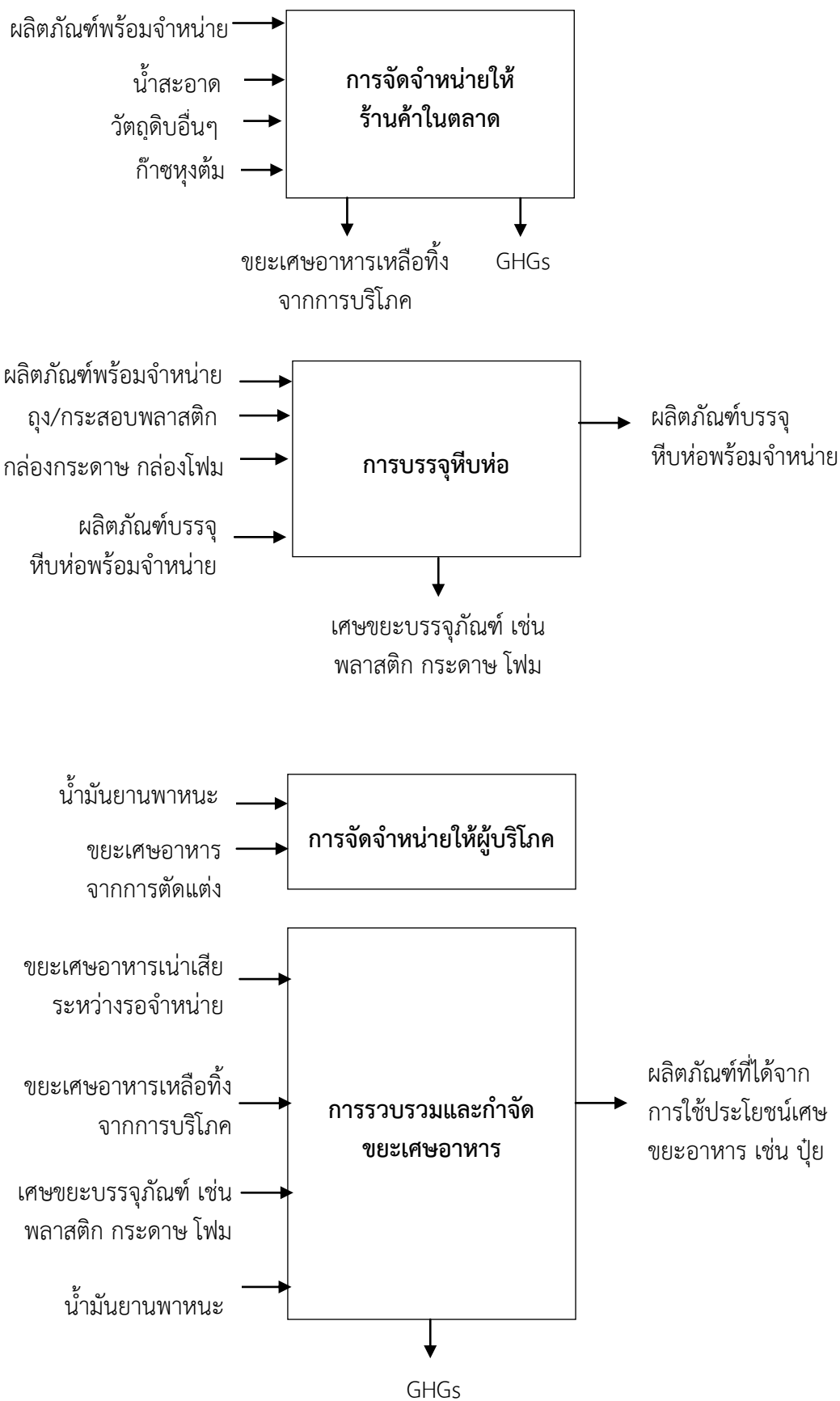
(h) ส้มโอในหีบห่อพร้อมจำหน่าย

รูปที่ 4-4 การทวนสอบการดำเนินงานของตลาดไท จ.ปทุมธานี

เมื่อพิจารณาเฉพาะในส่วนการดำเนินงานที่เกิดขึ้นภายในตลาดสดซึ่งเกี่ยวข้องกับขยะเศษอาหาร ดังที่ได้สรุปไว้ข้างต้นแล้วนั้น สามารถนำมาวิเคราะห์ Material flow analysis เพื่อแจกแจงปัจจัยนำเข้า (Input) ผลิตภัณฑ์ (Product) ของเสีย (Waste) และผลพลอยได้ (By-product) ทั้งหมดที่เกิดขึ้น ดังแสดงในแผนภาพด้านล่าง



รูปที่ 4-5 Material Flow Analysis ของ การเกิดขยะอาหารของตลาดสดขนาดใหญ่



รูปที่ 4-5 (ต่อ)

จากการวิเคราะห์ Material flow analysis กิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในตลาดสด สามารถสรุปปัจจัยที่เกี่ยวข้องในแต่ละขั้นตอน ได้ดังนี้

1. การรับซื้อสินค้า ผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ และอาหารทะเล จากเกษตรกร ชาวประมง หรือพ่อค้าคนกลางจะถูกขนส่งมายังบริเวณร้านค้า ซึ่งอาจเป็นได้ทั้งการนำมาส่งหรือทางร้านค้าจ้างพาหนะเพื่อไปขนส่งมายังร้านค้า วัตถุดิบในขั้นตอนนี้คือ ผลิตภัณฑ์ และน้ำมันยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่ง

2. การล้างทำความสะอาด ในส่วนของกระบวนการล้างทำความสะอาดจะเกิดขึ้นในตลาดที่จำหน่ายผลิตภัณฑ์อาหารทะเล เช่น ตลาดทะเลไทย ซึ่งเกิดขึ้นจากการล้างทำความสะอาดวัตถุดิบอาหารทะเลที่รับซื้อ มา และการล้างทำความสะอาดอุปกรณ์เครื่องมือ พื้นที่การตัดแต่งและพื้นที่แผงค้า ปัจจัยนำเข้าคือ ปลาและน้ำสะอาด ของเสียที่เกิดขึ้น คือน้ำเสีย

3. การตัดแต่งผลิตภัณฑ์ ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่ทำให้เกิดขยะอาหารในปริมาณมาก โดยเฉพาะเศษผัก ผลไม้ ขยะอาหารที่เกิดขึ้นหลังจากการตัดแต่งภายในบริเวณแผงค้า ได้แก่ เศษผัก เศษผลไม้ เศษเนื้อสัตว์หรือกระดูก และไส้ปลา เก็ดปลา ขยะอาหารเหล่านี้จะถูกรวบรวมเพื่อนำไปยังจุดรวมขยะ รอกำจัดต่อไป หรือส่งต่อไปให้กับหน่วยงานที่รับซื้อไปใช้ประโยชน์

4. การเตรียมรอจำหน่าย หลังจากการตัดแต่งส่วนที่ไม่ต้องการออก ผลิตภัณฑ์จะถูกวางจำหน่าย ซึ่งหากจำหน่ายไม่ทันตามเวลา เกิดการหมดอายุ เน่าเสียขึ้นก็จะกลายเป็นขยะอาหารที่ต้องได้รับการกำจัดในที่สุด ในส่วนของตลาดอาหารทะเล ขั้นตอนนี้จะมีการใช้น้ำแข็งเพื่อรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ทำให้เกิดเป็นน้ำเสียหลังจากน้ำแข็งละลายตามมา

5. การจำหน่ายให้ร้านอาหาร ในส่วนของตลาดอาหารทะเลที่มีร้านอาหารอยู่ในบริเวณตลาด ผลิตภัณฑ์จะถูกส่งให้กับร้านอาหารเพื่อใช้ในการประกอบอาหารให้ลูกค้ารับประทาน ขยะอาหารที่เกิดขึ้นในส่วนนี้จึงเป็นขยะอาหารที่เหลือทิ้งจากการบริโภคของลูกค้า

6. การบรรจุหีบห่อ ในส่วนของผักผลไม้ บางชนิดจะถูกวางบนแผ่นโฟมแล้วปิดทับด้วยพลาสติกใสเพื่อป้องกันการปนเปื้อน บางชนิดที่ถูกหุ้มด้วยโฟมตาข่ายแล้วจัดเรียงลงในกล่องกระดาษหรือกล่องพลาสติกเพื่อรอการจัดจำหน่าย ในส่วนของอาหารทะเล เมื่อมีลูกค้าซื้อสินค้า สัตว์ทะเลจะถูกบรรจุลงในถุงพลาสติก หากมีปริมาณมาก และลูกค้าต้องการรักษาคุณภาพ สินค้าจะถูกบรรจุลงในกล่องโฟมพร้อมกับน้ำแข็งเพื่อรักษาความสด

7. การจำหน่ายให้กับผู้บริโภค

8. การรวบรวมและกำจัดขยะอาหารที่เกิดขึ้น ขยะอาหารที่เกิดขึ้นในตลาดสด และขยะบรรจุภัณฑ์จะถูกรวบรวมไปยังจุดรวมขยะของแต่ละตลาด เพื่อรอการกำจัดต่อไป ซึ่งบางตลาดอาจมีหน่วยงานเข้ามารับซื้อขยะอาหารเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ เช่น การทำปุ๋ย

กล่าวโดยสรุป การดำเนินงานภายในตลาดสดเกี่ยวกับการจัดการขยะอาหาร มีปัจจัยที่ควรนำมาพิจารณา คือ ปริมาณแผงค้า ปริมาณขยะอาหารที่เกิดขึ้น องค์ประกอบของขยะ วิธีการกำจัดขยะอาหาร รวมไปถึงปัจจัยทางด้านเศรษฐศาสตร์ เช่น รายจ่ายที่เกิดจากการกำจัดขยะ หรือรายรับที่เกิดจากการขายขยะให้กับหน่วยงานอื่น

4.2 คุณลักษณะของขยะอาหารทางกายภาพและเคมีของตลาดสดขนาดใหญ่

จากการเก็บรวบรวมตัวอย่างขยะอาหารและวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของตัวอย่างจำนวน 3 ครั้ง ในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2560 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2560 และ เดือนมีนาคม 2561 โดยทำการกำหนดจุดเก็บตัวอย่างเป็นที่รวบรวมขยะของแต่ละชนิดสินค้าของขยะอาหารซึ่งประกอบด้วย (1) ตลาดไท จังหวัดปทุมธานี เก็บตัวอย่างขยะอาหารที่ตลาดผลไม้ ตลาดรวม และ ตลาดเนื้อสด (2) ตลาดศรีเมือง จังหวัดราชบุรี เก็บตัวอย่างขยะอาหารของตลาดผัก และ (3) ตลาดทะเลไทย จังหวัดสมุทรสาคร เก็บตัวอย่างขยะอาหารชนิดอาหารทะเล ซึ่งดำเนินการเก็บรวบรวมตัวอย่างขยะทั้งในช่วงเช้า (เวลา 9.00 น.) และ ช่วงเย็น (เวลา 17.00 น.) เป็นเวลา 3 วัน รวมวันหยุด แล้วจึงนำตัวอย่างขยะอาหารไปวิเคราะห์ทางกายภาพ และ เคมีในห้องปฏิบัติการต่อไป ทั้งนี้จากการลงพื้นที่เก็บตัวอย่างในตลาดเนื้อสด พบว่า มีปริมาณขยะอาหารเกิดขึ้นน้อยมาก และส่วนใหญ่จะเป็นเศษชิ้นเนื้อ และไขมันที่เกิดจากการล้างทำความสะอาดแผงค้า จึงทำให้มีการปนเปื้อนน้ำล้างจนไม่สามารถแยกส่วนของขยะอาหารนำมาวิเคราะห์ได้ ดังนั้นการศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของตลาดสดขนาดใหญ่จึงเหลือเพียง 4 ตลาดตามชนิดของสินค้า ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ปริมาณขยะอาหาร

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลในตลาดสดทั้ง 4 ชนิด จำนวน 3 ครั้ง (ดังแสดงในตารางที่ 4-1) พบว่า ตลาดรวมเป็นตลาดที่มีปริมาณขยะอาหารสูงที่สุดซึ่งมีปริมาณเฉลี่ย 2,716.67 กิโลกรัม/วัน เนื่องจากเป็นตลาดที่ได้รวบรวมขยะอาหารในทุกชนิด และตลาดอาหารทะเลเป็นชนิดของตลาดที่มีปริมาณขยะอาหารในปริมาณที่น้อยที่สุดเฉลี่ยเพียง 163.33 กิโลกรัม/วัน เนื่องมาจากตลาดอาหารทะเลนั้นมีจำนวนแผงค้าอาหารทะเลสดเพียง 11 แผงค้า และมีการแปรรูปเบื้องต้นเพียงบางส่วนเพื่อให้ผู้ซื้อสามารถนำไปประกอบอาหารที่บ้านได้ จึงทำให้ปริมาณขยะอาหารที่เกิดขึ้นมีปริมาณน้อยนั่นเอง นอกจากนี้เมื่อพิจารณาถึงปริมาณขยะอาหารในแต่ละครั้งของการเก็บตัวอย่าง พบว่า ปริมาณขยะอาหารในส่วนของหน้าร้อนซึ่งเป็นช่วงฤดูการของผลไม้จึงทำให้ปริมาณของขยะอาหารในส่วนตลาดผลไม้ และตลาดรวมนั้นมีปริมาณสูง และในช่วงของฤดูหนาว พบว่า ผลผลิตทางการเกษตรของตลาดผัก และผลไม้ มีปริมาณน้อยลงส่งผลให้ขยะอาหารน้อยลงตามไปด้วยขยะอาหารจากตลาด ในส่วนที่มีความแตกต่างจากตลาดอื่นๆ คือ ตลาดอาหารทะเล ซึ่งพบว่า ความแตกต่างของฤดูกาลไม่มีผลต่อปริมาณขยะอาหาร อาจเนื่องมาจากการบริโภคอาหารทะเลนั้นมีปริมาณตลอดทั้งปีไม่ขึ้นกับฤดูกาลเป็นหลัก ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณของขยะกับการศึกษาอื่นๆ ที่ทำการศึกษ ปริมาณของขยะทั้งหมดของตลาด (นภารัตน์ ไวยเจริญ, 254, อิทธิพันธ์ ดีสวัสดิ์ และคณะ, 2544 และ พันชัย เม่นฉาย และคณะ, 2557) พบว่า ขยะอาหารจะมีปริมาณประมาณอยู่ในช่วงของ 40 – 50 % ของขยะทั้งหมดของตลาดสดขนาดใหญ่

ตารางที่ 4-1 ปริมาณขยะอาหารของในตลาดสดขนาดใหญ่

ตลาด	ปริมาณขยะอาหาร (กิโลกรัม/วัน)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ตลาดผลไม้	1,570	1,380	2,430	1,793.33 $\pm$ 559.49
ตลาดรวม	2,860	1,950	3,340	2,716.67 $\pm$ 706.66
ตลาดผัก	1,340	1,150	1,320	1,270.003 $\pm$ 104.40
ตลาดอาหารทะเล	150	160	180	163.333 $\pm$ 15.28

2. ความหนาแน่นของขยะอาหาร

จากตารางที่ 4-2 แสดงค่าความหนาแน่นของขยะอาหารทั้ง 4 ชนิดของสินค้าในตลาดที่เก็บรวบรวมได้ ซึ่งผลจากการศึกษา พบว่า ตลาดผักมีความหนาแน่นของขยะอาหารสูงที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 149.67 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร เนื่องมาจากชนิดของขยะอาหารในตลาดผักมาจากการตัดแต่งใบผัก หรือส่วนของผักเป็นส่วนใหญ่ จึงทำให้มีค่าความหนาแน่นค่อนข้างสูงกว่าตลาดอื่นๆ นอกจากนี้ยังพบอีกว่า ตลาดอาหารทะเลเป็นตลาดที่ค่าความหนาแน่นต่ำที่สุดเนื่องจากเป็นขยะอาหารที่เกิดขึ้นมาจากการแปรรูปเบื้องต้นของอาหารทะเลเพียงเล็กน้อยจึงทำให้มีค่าความหนาแน่นของขยะอาหารในปริมาณที่น้อยกว่าตลาดอื่นๆ (0.02 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาความหนาแน่นของขยะอาหารกับขยะทั่วไปของตลาดสดแล้ว (พันชัย เม่นฉาย และคณะ, 2557) พบว่า ค่าความหนาแน่นเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับขยะทั่วไปของตลาดสดในทุกชนิดของตัวอย่างกรณีศึกษา นอกจากนี้ในส่วนของการตลาดผักที่มีปริมาณความหนาแน่นสูงอย่างชัดเจน

ตารางที่ 4-2 ความหนาแน่นของขยะอาหารในตลาดสดขนาดใหญ่

ตลาด	ความหนาแน่น (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ตลาดผลไม้	0.4	0.5	0.8	0.57 ± 0.21
ตลาดรวม	0.5	0.6	0.9	0.67 ± 0.21
ตลาดผัก	150	154	145	149.67 ± 4.51
ตลาดอาหารทะเล	0.02	0.03	0.01	0.02 ± 0.01

3. ความชื้นของขยะอาหาร

ปริมาณความชื้นของขยะอาหารเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเสนอแนะแนวทางในการกำจัด จากผลจากการศึกษา (ตารางที่ 4-3) แสดงให้เห็นว่า ตลาดผักมีปริมาณความชื้นสูงที่สุดเฉลี่ยที่ร้อยละ 91.67 เนื่องจากการเก็บรักษาผักย่อมมีความจำเป็นที่ต้องพรมน้ำหรือรดน้ำให้ความชุ่มชื้นเพื่อลดอัตราการคายน้ำของสินค้าผักทำให้ยังคงความสดของผักไว้ ดังนั้นขยะอาหารที่เกิดขึ้นยังคงมีปริมาณความชื้นในระดับที่สูงอยู่ แต่ในส่วนของการตลาดผลไม้ซึ่งจะมีปริมาณน้ำเฉพาะในตัวของสินค้าเท่านั้น ทำให้ขยะจากตลาดดังกล่าวนี้มีปริมาณความชื้นน้อยที่สุด คือเฉลี่ยเท่ากับ 72.33 จากคู่มือการทำปุ๋ยหมักจากขยะมูลฝอยของกรมควบคุมมลพิษ (2552) และ ฉัตรชัย จันทน์เด่นดวง (2550) ได้ระบุให้วัสดุหมักควรมีค่าความชื้นอยู่ประมาณอยู่ในช่วง 50-60 % ดังนั้นเมื่อพิจารณาความชื้นของตัวอย่างขยะอาหาร พบว่า มีความเหมาะสมในการนำขยะอาหารของตลาดสดขนาดใหญ่ไปใช้ประโยชน์ด้วยการหมักปุ๋ยอินทรีย์

ตารางที่ 4-3 ปริมาณความชื้นของขยะอาหารในตลาดสดขนาดใหญ่

ตลาด	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ตลาดผลไม้	72	75	70	72.33 ± 2.52
ตลาดรวม	91	93	85	89.67 ± 4.16
ตลาดผัก	93	96	86	91.67 ± 5.13
ตลาดอาหารทะเล	74	78	72	74.67 ± 3.06

4. ปริมาณของแข็งรวม

ในการพิจารณาแนวทางเพื่อการกำจัดขยะอาหารด้วยวิธีการฝังกลบและการย่อยสลายทางชีวภาพ ปริมาณของแข็งรวมถือได้ว่าเป็นพารามิเตอร์หนึ่งที่มีความสำคัญในการพิจารณา ผลจากการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งรวมของตัวอย่างขยะอาหาร พบว่า ตลาดผลไม้เป็นตลาดที่มีปริมาณของแข็งรวมสูงที่สุด คือ เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 33.33 เนื่องมาจากในการแปรรูปเบื้องต้นของผลไม้ชนิดนั้นทำให้มีเศษเหลือในส่วนที่เป็นเปลือก แก่น และ เมล็ด ซึ่งเป็นส่วนที่เป็นของแข็งที่สำคัญและไม่สามารถรับประทานได้ ในทางกลับกันที่ตลาดผักจะมีเศษเหลือเฉพาะในส่วนที่เป็นใบเป็นหลักทำให้ปริมาณของแข็งรวมในขยะอาหารของตลาดดังกล่าวจึงมีปริมาณน้อยตามไปด้วย โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ ร้อยละ 3.83 (ตารางที่ 4-4)

ตารางที่ 4-4 ปริมาณของแข็งรวมในตลาดสดขนาดใหญ่

ตลาด	ปริมาณของแข็งรวม (ร้อยละ)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ตลาดผลไม้	28.0	32	40.0	33.33 $\pm$ 6.11
ตลาดรวม	8.5	7.5	9.5	8.50 $\pm$ 1.00
ตลาดผัก	3.5	4.5	3.5	3.83 $\pm$ 0.58
ตลาดอาหารทะเล	26.0	28.0	24.0	26.00 $\pm$ 2.00

5. ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้

การพิจารณาทางเลือกวิธีการกำจัดที่เหมาะสมโดยการเผาขยะอาหาร ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ถือเป็นพารามิเตอร์ที่มีความสำคัญ ซึ่งจากการวิเคราะห์ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ของขยะอาหารทั้ง 4 ตลาด (ตารางที่ 4-5) พบว่า ขยะอาหารทั้ง 3 ชนิดนั้นมีปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ใกล้เคียงกัน คือ อยู่ในช่วงร้อยละ 17 – 26 อันเนื่องมาจากขยะอาหารทั้งหมดมีสภาพเป็นของสด และมีความชื้นสูง โดยจากการศึกษาของอัจฉรา อัครจุฑิกลชัย และ คณะ (2554) พบว่า ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ควรอยู่ที่ 88.12% จึงจะเหมาะสมสำหรับการคัดเลือกรูปแบบการกำจัดด้วยการเผา ดังนั้นการกำจัดขยะอาหารจากตลาดสดอาจไม่มีความเหมาะสมหรือควรมีการทำให้แห้งก่อนจึงจะนำไปกำจัดด้วยวิธีการนี้

ตารางที่ 4-5 ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ในตลาดสดขนาดใหญ่

ตลาด	ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ (ร้อยละ)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ตลาดผลไม้	15.42	18.34	17.42	17.06 $\pm$ 1.49
ตลาดรวม	23.02	26.05	27.34	25.47 $\pm$ 2.22
ตลาดผัก	29.05	23.46	25.41	25.97 $\pm$ 2.84
ตลาดอาหารทะเล	24.22	26.56	28.22	26.33 $\pm$ 2.01

6. ปริมาณเถ้า

ปริมาณเถ้าเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเลือกแนวทางเพื่อการกำจัดโดยวิธีการเผา โดยหากมีปริมาณสารที่เผาไหม้สูง และมีปริมาณเถ้าต่ำ แสดงให้เห็นถึงโอกาสที่จะนำขยะอาหารไปกำจัดได้ด้วยวิธีการเผา แต่ผลการศึกษาขยะอาหารทั้ง 4 ชนิดของตลาด (ดังตาราง 4-6) แสดงให้เห็นถึงปริมาณเถ้าในปริมาณที่สูง ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ในตารางที่ 4-5 ที่ต่ำ ดังนั้นการกำจัดด้วยการเผาจึงน่าจะไม่ใช่ทางเลือกที่เหมาะสมและไม่สามารถนำมาใช้ได้กับการกำจัดขยะอาหารของตลาดสด

ตารางที่ 4-6 ปริมาณเถ้าในตลาดสดขนาดใหญ่

ตลาด	ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ตลาดผลไม้	84.57	85.65	84.32	84.85 $\pm$ 0.71
ตลาดรวม	76.97	79.12	78.53	78.21 $\pm$ 1.11
ตลาดผัก	70.94	74.62	73.32	72.96 $\pm$ 1.87
ตลาดอาหารทะเล	55.78	58.86	56.87	57.17 $\pm$ 1.56

7. ปริมาณคาร์บอน

ปริมาณคาร์บอนในขยะอาหารที่สูงแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการการผลิตปุ๋ยหรือก๊าซชีวภาพ โดยเมื่อพิจารณาค่าปริมาณของขยะอาหารทั้ง 4 ชนิด (ตารางที่ 4-7) ซึ่งอยู่ในช่วงตั้งแต่ร้อยละ 8-26 แสดงให้เห็นว่าขยะอาหารจากตลาดสดมีปริมาณคาร์บอนค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้ปริมาณคาร์บอนที่มีความเหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์เพื่อย่อยสลายวัตถุดิบทรีย์ (ฉัตรชัย จันทร์เด่นดวง, 2550) ดังนั้นทางเลือกในการนำขยะอาหารมาใช้ประโยชน์ควรมีการนำวัสดุมาหมักรวมเพื่อเพิ่มปริมาณคาร์บอนจึงอาจเป็นอีกโอกาสหนึ่งในการพิจารณาเพื่อกำจัดด้วยวิธีการดังกล่าวนี้

ตารางที่ 4-7 ปริมาณคาร์บอนในตลาดสดขนาดใหญ่

ตลาด	ปริมาณคาร์บอน (ร้อยละ)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ตลาดผลไม้	8.56	9.18	10.03	9.26 $\pm$ 0.74
ตลาดรวม	12.79	15.12	14.23	14.05 $\pm$ 1.18
ตลาดผัก	16.14	18.56	18.88	17.86 $\pm$ 1.50
ตลาดอาหารทะเล	24.56	26.42	25.64	25.54 $\pm$ 0.93

8. ปริมาณไฮโดรเจน

การผลิตเชื้อเพลิงจากขยะอาหารเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับตลาดสดได้ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากค่าปริมาณไฮโดรเจน โดยเมื่อพิจารณาค่าปริมาณไฮโดรเจนในขยะอาหารจากตลาดสดทั้ง 4 ชนิด พบว่า ตลาดอาหารทะเลมีค่าปริมาณไฮโดรเจนสูงที่สุด (ร้อยละ 30.34) และรองลงมาคือ ตลาดผัก (ร้อยละ 16.67) จากการศึกษาของ จารุพงศ์ พลเดช (2552) ได้ระบุปริมาณไฮโดรเจนที่เหมาะสมสำหรับการ

นำไปผลิตเชื้อเพลิงควรมีปริมาณมากกว่าร้อยละ 15 ดังนั้นจึงแสดงให้เห็นถึงศักยภาพ แนวโน้ม และโอกาสความเป็นไปได้ในการนำขยะอาหารไปผลิตเป็นเชื้อเพลิงพลังงาน

ตารางที่ 4-8 ปริมาณไฮโดรเจนในตลาดสดขนาดใหญ่

ตลาด	ปริมาณไฮโดรเจน (ร้อยละ)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ตลาดผลไม้	1.02	1.21	2.32	1.52 ± 0.70
ตลาดรวม	1.53	2.12	2.12	1.92 ± 0.34
ตลาดผัก	16.14	18.56	15.32	16.67 ± 1.68
ตลาดอาหารทะเล	29.48	32.85	28.68	30.34 ± 2.21

9. ปริมาณโลหะหนัก

ปริมาณโลหะหนักของขยะอาหารในการศึกษานี้ทำการวิเคราะห์ทั้งหมด 5 ชนิด ได้แก่ แคดเมียม ตะกั่ว สารหนู พรอท และ สังกะสี ผลการจากการวิเคราะห์ของขยะอาหารในตลาดทั้ง 4 ชนิด แสดงให้เห็นดังตารางที่ 4-9 พบว่า ตลาดรวมจะมีค่าปริมาณโลหะหนักสูงที่สุด อันเนื่องมาจากเป็นตลาดที่มีการรวบรวมสินค้าเกษตรที่หลากหลาย และในส่วนของตลาดผักมีค่าปริมาณโลหะหนักที่น้อยที่สุด น่าจะเนื่องมาจากในปัจจุบันได้มีการส่งเสริมการปลูกผักโดยใช้ปุ๋ยชีวภาพซึ่งส่งผลให้ปริมาณสารโลหะหนักตกค้างในขยะอาหารนั้นอยู่ในระดับต่ำ ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานดินของประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 25 จะเห็นได้ว่าในทุกพารามิเตอร์ของโลหะหนักนั้นผ่านมาตรฐาน และสามารถนำขยะอาหารไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นได้

ตารางที่ 4-9 ปริมาณโลหะหนักของขยะอาหารในตลาดสดขนาดใหญ่

ตลาด	ค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนัก (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	แคดเมียม	ตะกั่ว	สังกะสี	สารหนู	ปรอท
ตลาดผลไม้	9.10 ± 8.64	14.09 ± 4.83	77.21 ± 2.31	24.99 ± 5.12	22.95 ± 5.36
ตลาดรวม	11.30 ± 3.58	17.27 ± 2.58	118.68 ± 6.62	28.62 ± 8.36	32.34 ± 3.68
ตลาดผัก	9.06 ± 2.35	11.77 ± 3.91	13.65 ± 2.35	18.90 ± 3.65	12.90 ± 2.65
ตลาดอาหารทะเล	1.21 ± 4.23	2.76 ± 5.32	22.53 ± 9.69	27.47 ± 0.52	13.54 ± 1.33

จากผลการศึกษาในส่วนของคุณลักษณะของขยะอาหารทางกายภาพ และเคมีของตลาดสดขนาดใหญ่ ทั้ง 4 ชนิดของตลาดสด จำนวน 9 พารามิเตอร์ ได้แก่ ปริมาณขยะอาหาร ความหนาแน่นของขยะอาหาร ความชื้นของขยะอาหาร ปริมาณของแข็งรวม ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ ปริมาณเถ้า ปริมาณคาร์บอน ปริมาณไฮโดรเจน และปริมาณโลหะหนัก พบว่า แนวทางที่มีศักยภาพนำมาใช้เพื่อการจัดการขยะอาหารของตลาดสด ประกอบด้วย การผลิตปุ๋ย การผลิตก๊าซชีวภาพ และการผลิตเชื้อเพลิง

4.3 สถานการณ์และรูปแบบการจัดการขยะจากเศษอาหารของตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย

ในการระบุสถานการณ์ และรูปแบบในการจัดการขยะอาหารของตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามที่พัฒนาขึ้น และได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรม ในคนสายสังคมของมหาวิทยาลัยมหิดล (COA.No. 2018/109.0805) เพื่อให้แบบสอบถามที่พัฒนาขึ้น สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาและไม่เกิดผลกระทบทางจริยธรรมกับผู้ที่เกี่ยวข้อง (ดังแสดงในภาคผนวก) โดยแบบสอบถามที่ใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการศึกษานี้ประกอบด้วย 4 ส่วน จำนวน 20 ข้อคำถาม ดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1	ข้อมูลทั่วไปของตลาดสด	จำนวน 3 ข้อ
ส่วนที่ 2	ข้อมูลการเกิดขยะอาหาร	จำนวน 2 ข้อ
ส่วนที่ 3	ข้อมูลปริมาณขยะอาหารของตลาดสด	จำนวน 1 ข้อ
ส่วนที่ 4	ข้อมูลการจัดการขยะอาหาร	จำนวน 14 ข้อ

ทั้งนี้แบบสอบถามจะเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่ในส่วนเริ่มต้นของการที่สินค้าเกษตรเข้าสู่ตลาดสด และสินค้าออกจากตลาดสด ซึ่งจะทำให้การเก็บรวบรวมข้อมูลย้อนหลัง 12 เดือน โดยคณะผู้วิจัยเน้นตลาดสดที่มีความพร้อมและให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งกระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลนั้นจะให้ตัวแทนของตลาดสดเข้ามีส่วนร่วมในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อให้ทางตลาดสดมีศักยภาพในการจัดการขยะจากการทิ้งเศษอาหารได้ด้วยตัวเอง ทั้งนี้เพื่อเป็นการป้องกันประเด็นทางจริยธรรมในการวิจัยของการเผยแพร่ข้อมูล จึงขอเสนอข้อมูลตลาดทั้ง 18 แห่ง ซึ่งเป็นตลาดสดขนาดใหญ่ของทั้งภาครัฐและเอกชนในรูปแบบของตัวอักษรภาษาอังกฤษ โดยมีรายละเอียดของสถานการณ์ และรูปแบบในการจัดการขยะอาหารดังต่อไปนี้

1. ข้อมูลทั่วไปของตลาดสดขนาดใหญ่กรณีศึกษา

จากตารางที่ 4-10 แสดงให้เห็นถึงข้อมูลทั่วไปของตลาดสดขนาดใหญ่ที่ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจำนวน 18 ตลาดสดทั่วทุกภาคของประเทศไทย ซึ่งเป็นตลาดสดขนาดต่าง ๆ คือ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ โดยผลจากการศึกษา และเก็บรวบรวมข้อมูล พบว่า ลักษณะของตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทยนั้นเป็นแผงค้าในรูปแบบของอาหารหรือส่วนที่สามารถนำไปประกอบอาหารประกอบด้วย ผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ อาหารทะเล และอาหารปรุงสุก และส่วนที่ไม่ใช่อาหาร ประกอบด้วย เสื้อผ้า ของชำ ดอกไม้ และลอตเตอรี่ เป็นต้น โดยจากแบบสอบถาม พบว่า ค่าเฉลี่ยของจำนวนแผงค้าทั้งหมดของตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทยกรณีศึกษา มีค่าเท่ากับ 929.50 แผงค้า อันเนื่องมาจากการมีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากตลาดค้าส่งขนาดใหญ่สองตลาดซึ่งมีจำนวนของแผงค้าปริมาณสูงทำให้ค่าเฉลี่ยของแผงค้าในภาพรวมนั้นสูงตามไปด้วย แต่เมื่อพิจารณาเฉพาะในส่วนของแผงค้าอาหารซึ่งจะเป็นแหล่งผลิตสำคัญของขยะอาหารนั้น พบว่า มีค่าเฉลี่ยของจำนวนแผงค้า เท่ากับ 673.67 แผงค้า ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 72.50 ของแผงค้าทั้งหมดเท่านั้น แสดงให้เห็นว่าในปัจจุบันตลาดสดมีการจำหน่ายสินค้าชนิดอื่นรวมอยู่ด้วยเกือบร้อยละ 30 ของแผงค้าทั้งหมด

ตารางที่ 4-10 ข้อมูลทั่วไปของตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทยกรณีศึกษา

ลำดับ	ชื่อตลาด	จำนวนแผงค้าทั้งหมด (แผง)	จำนวนแผงค้าอาหาร (แผง)
1	ตลาดสด A	525	250
2	ตลาดสด B	516	310
3	ตลาดสด C	271	205
4	ตลาดสด D	914	730
5	ตลาดสด E	567	450
6	ตลาดสด F	508	130
7	ตลาดสด G	1,512	950
8	ตลาดสด H	516	350
9	ตลาดสด I	6,600	5,400
10	ตลาดสด J	618	420
11	ตลาดสด K	463	223
12	ตลาดสด L	250	220
13	ตลาดสด M	452	150
14	ตลาดสด N	728	583
15	ตลาดสด O	260	190
16	ตลาดสด P	1508	1115
17	ตลาดสด Q	323	270
18	ตลาดสด R	200	180
ค่าเฉลี่ย		929.50	673.67
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		1,464.69	1,212.45

2. ข้อมูลการเกิดขยะอาหารของตลาดสดในปี พ.ศ. 2559

ข้อมูลที่ได้ดำเนินการเก็บรวบรวมในการศึกษาจะเก็บรวบรวมย้อนหลังจำนวน 1 ปี ของการเกิดขยะอาหารในตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทยโดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลในปี พ.ศ. 2559 ซึ่งทำการเก็บข้อมูลร่วมกับตัวแทนของตลาดเพื่อให้สามารถทำความเข้าใจความหมายของขยะอาหาร และการเกิดขยะอาหาร โดยจะทำให้ข้อมูลปริมาณขยะอาหารมีความถูกต้อง และสมบูรณ์มากที่สุด อีกทั้งถือว่าการทวนสอบการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามอีกด้วย ทั้งนี้ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลแสดงดังตารางที่ 4-11 จากข้อมูลของการเก็บรวบรวม แสดงให้เห็นว่า ร้อยละปริมาณค่าเฉลี่ยของขยะอาหารจากตลาดสดขนาดใหญ่มีค่าเท่ากับ 63.87 ของขยะทั้งหมดที่เกิดขึ้นในตลาดสด โดยปริมาณของขยะอาหารสอดคล้องกับปริมาณของแผงค้าอาหารในหัวข้อที่ 1 ที่แสดงว่าหากมีปริมาณแผงค้าอาหารสูง ปริมาณของขยะอาหารก็จะสูงตามไปด้วย โดยเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของปริมาณขยะอาหารจากตลาดสดขนาดใหญ่กรณีศึกษา พบว่า มีปริมาณค่าเฉลี่ยของขยะสำหรับตลาดสดของประเทศไทยสูงถึง 4,161.54 ตัน/ปี จึงสะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญในการดำเนินการจัดการกับขยะอาหารที่เกิดขึ้นจากตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทยว่าควรมีการจัดการอย่างเร่งด่วน

ตารางที่ 4-11 ข้อมูลการเกิดขยะอาหารของตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2559

ลำดับ	ชื่อตลาด	ปริมาณขยะ ต่อวัน (กก./วัน)	ปริมาณขยะ อาหารต่อวัน (กก./วัน)	ปริมาณขยะ ต่อปี (ตัน/ปี)	ปริมาณขยะ อาหารต่อปี (ตัน/ปี)	สัดส่วน ขยะอาหาร (ร้อยละ)
1	ตลาดสด A	200.00	150.00	73.00	54.75	75.00
2	ตลาดสด B	350.00	217.00	127.75	79.21	62.00
3	ตลาดสด C	400.00	220.00	146.00	80.30	55.00
4	ตลาดสด D	12,000.00	7,200.00	4,380.00	2,628.00	60.00
5	ตลาดสด E	20,000.00	16,000.00	7,300.00	5,840.00	80.00
6	ตลาดสด F	3,000.00	2,100.00	1,095.00	766.50	70.00
7	ตลาดสด G	10,000.00	7,000.00	3,650.00	2,555.00	85.00
8	ตลาดสด H	1,500.00	855.00	547.50	312.08	57.00
9	ตลาดสด I	160,000.00	136,000.00	58,400.00	49,640.00	85.00
10	ตลาดสด J	5,000.00	2,200.00	1,825.00	803.00	44.00
11	ตลาดสด K	4,000.00	1,500.00	1,460.00	547.50	37.50
12	ตลาดสด L	3,000.00	1,800.00	182.50	100.50	55.10
13	ตลาดสด M	30,000.00	25,000.00	10,950.00	9,125.00	84.00
14	ตลาดสด N	7,000.00	4,550.00	2,555.00	1,660.75	65.00
15	ตลาดสด O	400.00	232.00	146.00	84.68	58.00
16	ตลาดสด P	3,500.00	1,820.00	970.20	504.50	52.00
17	ตลาดสด Q	500.00	225.00	182.50	82.13	45.00
18	ตลาดสด R	150.00	120.00	54.75	43.80	80.00
ค่าเฉลี่ย		14,500.00	11,510.50	5,224.73	4,161.54	63.87
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		37,166.36	31,745.97	13,589.49	11,600.93	15.00

3. สถานการณ์การจัดการขยะอาหารของตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย

จากตารางที่ 4-12 แสดงให้เห็นถึงสถานการณ์ปัจจุบันของการจัดการขยะอาหารในตลาดสดของประเทศไทย จากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากตลาดสดขนาดใหญ่ จำนวน 18 ตลาด แสดงให้เห็นว่า ประมาณร้อยละ 22 ของตลาดสดทั้งหมดนั้นมีการคัดแยกขยะเองในตลาด โดยในปัจจุบันวิธีการที่ใช้ในการจัดการขยะอาหารของตลาดสดขนาดใหญ่ สามารถจัดแบ่งได้ จำนวน 3 รูปแบบ ประกอบด้วย (1) การส่งให้เอกชนหรือเทศบาลส่งไปฝังกลบ ร้อยละ 77.8 (2) การกำจัดด้วยการให้เป็นอาหารสัตว์ ร้อยละ 16.7 และ (3) การนำเอาขยะอาหารไปเป็นอาหารสัตว์และหมักปุ๋ย เพียงร้อยละ 5.5 หรือเพียงตลาดสดขนาดใหญ่แห่งเดียวเท่านั้น

ตารางที่ 4-12 สถานการณ์การจัดการขยะอาหารของตลาดสดขนาดใหญ่

ลำดับ	ชื่อตลาด	การคัดแยกขยะอาหาร	การกำจัดขยะอาหารในปัจจุบัน	ปัญหาการคัดแยกขยะอาหาร	โครงการที่ตลาดสนับสนุน	เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับทางตลาด
1	ตลาดสด A	ไม่คัดแยก	บ่อฝังกลบ	ขยะเปียกน้อย	ถังคัดแยก	ผลิตปุ๋ย/น้ำหมัก
2	ตลาดสด B	ไม่คัดแยก	บ่อฝังกลบ	ไม่ได้รับความร่วมมือ	ไม่มี	ผลิตปุ๋ย/น้ำหมัก
3	ตลาดสด C	ไม่คัดแยก	อาหารสัตว์	ไม่มี	ไม่มี	ผลิตปุ๋ย/น้ำหมัก
4	ตลาดสด D	ไม่คัดแยก	อาหารสัตว์	คนนอกนำขยะมาทิ้ง	น้ำหมัก EM ล้างตลาด	ผลิตปุ๋ย/น้ำหมัก
5	ตลาดสด E	ไม่คัดแยก	บ่อฝังกลบ	ไม่ได้รับความร่วมมือ	ไม่มี	ผลิตปุ๋ย/น้ำหมัก
6	ตลาดสด F	ไม่คัดแยก	บ่อฝังกลบ	ไม่ได้รับความร่วมมือ	คัดแยกขยะ 3R	ผลิตปุ๋ย/น้ำหมัก
7	ตลาดสด G	คัดแยก	บ่อฝังกลบ	ไม่ได้รับความร่วมมือ	ถังคัดแยกขยะ / ใช้น้ำหมักจุลินทรีย์	ผลิตปุ๋ย/น้ำหมัก
8	ตลาดสด H	ไม่คัดแยก	บ่อฝังกลบ	ถังขยะไม่พอ / ไม่คัดแยกขยะ	ไม่มี	ผลิตปุ๋ย/น้ำหมัก
9	ตลาดสด I	คัดแยก	อาหารสัตว์	ไม่ได้รับความร่วมมือ	ไม่มี	ผลิตปุ๋ย/น้ำหมัก
10	ตลาดสด J	ไม่คัดแยก	บ่อฝังกลบ	ไม่ได้รับความร่วมมือ	ไม่มี	ผลิตปุ๋ย/น้ำหมัก
11	ตลาดสด K	คัดแยก	อาหารสัตว์/ปุ๋ย	ไม่ได้รับความร่วมมือ	เครื่องผลิตปุ๋ย	ผลิตปุ๋ย/น้ำหมัก
12	ตลาดสด L	ไม่คัดแยก	บ่อฝังกลบ	ไม่ได้รับความร่วมมือ	การทำ EM	ผลิตปุ๋ย/น้ำหมัก
13	ตลาดสด M	คัดแยก	บ่อฝังกลบ	ไม่ได้รับความร่วมมือ	ไม่มี	ผลิตปุ๋ย/น้ำหมัก
14	ตลาดสด N	ไม่คัดแยก	บ่อฝังกลบ	ไม่ได้รับความร่วมมือ	ถังคัดแยกขยะเปียก/แห้ง	ผลิตปุ๋ย/น้ำหมัก
15	ตลาดสด O	ไม่คัดแยก	บ่อฝังกลบ	ไม่มีถังคัดแยก	ไม่มี	ผลิตเชื้อเพลิง RDF

ตารางที่ 4-12 (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อตลาด	การคัดแยก ขยะอาหาร	การกำจัด ขยะอาหาร ในปัจจุบัน	ปัญหาการ คัดแยกขยะ อาหาร	โครงการที่ ตลาด สนับสนุน	เทคโนโลยีที่ เหมาะสมกับ ทางตลาด
16	ตลาดสด P	ไม่คัดแยก	บ่อฝังกลบ	ไม่ทราบ วิธีการ	การทำ EM	ผลิตปุ๋ย /น้ำหมัก
17	ตลาดสด Q	ไม่คัดแยก	บ่อฝังกลบ	ไม่ได้รับความ ร่วมมือ	ไม่มี	ผลิตปุ๋ย /น้ำหมัก
18	ตลาดสด R	ไม่คัดแยก	บ่อฝังกลบ	ไม่ได้รับความ ร่วมมือ	ไม่มี	ผลิตปุ๋ย /น้ำหมัก

จากข้อมูลของปัญหาในการคัดแยกขยะของทางตลาดสดนั้น พบว่า มากกว่าร้อยละ 67 เกิดจากการไม่ได้รับความร่วมมือจากทางผู้ค้าในตลาดสด และจะเกิดจากการที่ขยะอาหารมีปริมาณน้อย ไม่มีถึงคัดแยก ไม่ทราบวิธีคัดแยก มีคนนอกมาแอบทิ้งขยะ และมีรูปแบบในการจัดการขยะเพียงประเภทหนึ่งตลาดสดขนาดใหญ่เท่านั้น ซึ่งผลจากการศึกษาในส่วนของการจัดการขยะตลาดสดสะท้อนให้เห็นถึงการที่ตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทยยังขาดความรู้ และเข้าใจถึงการจัดการขยะอาหารโดยสะท้อนมาในรูปแบบที่ตลาดสดยังไม่มีดำเนินการคัดแยกขยะอาหารออกจากขยะทั่วไป ถึงแม้ว่าจะมีปริมาณขยะในปริมาณมาก อีกทั้งเมื่อพิจารณาจากการเก็บรวบรวมข้อมูลยังพบอีกว่า สถานการณ์ปัจจุบันของตลาดสดยังไม่มีให้นำขยะอาหารไปใช้ประโยชน์ โดยส่วนใหญ่ยังคงให้บริษัทเอกชน/องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นมารับไปใช้ประโยชน์ โดยการเลี้ยงสุกรหรือนำไปกำจัดด้วยวิธีการฝังกลบ ซึ่งนอกจากทางตลาดสดยังไม่ได้รับประโยชน์จากการขยะอาหารดังกล่าวแล้ว ยังต้องมีการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการกำจัดขยะอาหารอีกด้วย ดังนั้นจึงทำให้ตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทยให้ความสนใจและต้องการองค์ความรู้และข้อเสนอแนะเพียงในส่วนเทคนิคต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตปุ๋ยเท่านั้น เนื่องจากเป็นแนวทางที่ทางตลาดเองสามารถดำเนินการได้ง่าย ต้นทุนต่ำ และนำมาใช้ประโยชน์ได้ทันที

แต่อย่างไรก็ตามทางตลาดสดขนาดใหญ่เองยินดีหากได้รับการพัฒนาหรือถ่ายทอดนวัตกรรมการจัดการขยะอาหารเพื่อนำเทคนิคดังกล่าวมาปรับใช้กับทางตลาดสด ซึ่งนอกจากเป็นการประหยัดต้นทุนในการจัดการขยะอาหารแล้ว ยังสามารถเพิ่มมูลค่าของขยะอาหารเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ให้กับตลาดสดเองได้อีกด้วย จากผลในส่วนนี้แสดงให้เห็นถึงโอกาสที่สำคัญในการพัฒนาแนวทางการจัดการขยะอาหารของตลาดสดขนาดใหญ่อย่างยั่งยืน เพื่อให้สามารถนำขยะอาหารที่ยังคงเป็นของเสียที่ไม่มีประโยชน์และมีปริมาณสูงให้สามารถสร้างมูลค่าและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ให้กับทางตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย

จากการศึกษาในส่วนของการจัดการและรูปแบบการจัดการขยะของตลาดสดขนาดใหญ่ทำให้สามารถระบุแนวทางที่มีความเป็นไปได้หรือศักยภาพในการนำไปใช้ในการจัดการขยะอาหารจากตลาดสดของประเทศไทย ได้แก่ การผลิตปุ๋ยอินทรีย์

4.4 นวัตกรรมในการจัดการขยะอาหาร

เพื่อให้การศึกษาพัฒนาองค์ความรู้และแนวทางใหม่ที่มีประสิทธิภาพและยั่งยืนเพื่อการจัดการขยะอาหารสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย จึงดำเนินการสืบค้นและทบทวนนวัตกรรมในการจัดการขยะอาหารที่เกิดขึ้น จากทั้งเอกสาร เว็บไซต์ ฐานข้อมูลทั้งในระดับชาติและนานาชาติ ในระหว่างปี พ.ศ.

2558-2560 เพื่อให้ได้ทิศทางของนวัตกรรมที่มีความทันสมัย โดยเน้นการทบทวนวิธีการและผลที่ได้จากการดำเนินการของนวัตกรรมในการจัดการขยะอาหารเพื่อเพิ่มช่องทางการเกิดนวัตกรรมในการจัดการขยะอาหารสำหรับตลาดสดของประเทศไทยที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง มีประสิทธิภาพ และยั่งยืน โดยมีรายละเอียดของนวัตกรรมในการจัดการขยะอาหาร ดังแสดงดังตารางที่ 4-13 ซึ่งสามารถสรุปนวัตกรรมตามกระบวนการที่ใช้ได้ทั้งหมด 4 กระบวนการ

1. กระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพ

ในกระบวนการนี้เป็นการใช้ประโยชน์จากสิ่งมีชีวิตเพื่อช่วยในการย่อยสลายขยะอาหารให้มีขนาดเล็กลงโดยเปลี่ยนเป็นสารอาหารที่มีความเหมาะสม นำไปใช้ในการทำปุ๋ยหรือวัสดุปรับปรุงคุณภาพดิน โดยจากการทบทวนวรรณกรรมนั้นสามารถแบ่งตามชนิดของสิ่งมีชีวิตได้ดังนี้

- ตัวอ่อนของแมลงวัน เป็นการเพาะเลี้ยงตัวอ่อนในขยะอาหารที่มีการเติมสารอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของตัวอ่อนแมลงวันในรูปแบบของอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยหลังจากการเพาะเลี้ยงตัวอ่อนของแมลงวันเป็นเวลา 4 วัน ทำให้ได้ไข่ของแมลงวันมากถึง 1.5 กรัม ซึ่งไข่ของตัวอ่อนของแมลงวันที่ได้ประกอบด้วยโปรตีนและไขมันเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งโปรตีนนั้นสามารถนำไปใช้ในการผลิตยาและไขมันที่ได้สามารถนำไปใช้ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลได้อีกด้วย

- ไส้เดือนดิน การใช้ประโยชน์ของไส้เดือนในการผลิตปุ๋ยชีวภาพจะใช้ขยะอาหารผสมร่วมกับมูลวัว/มูลควายเป็นแหล่งอาหารให้กับไส้เดือน โดยภายใต้การย่อยสลายเป็นระยะเวลา 3 อาทิตย์ จะได้ปุ๋ยชีวภาพที่มีคุณภาพของสารอาหารสูงโดยอยู่ในรูปแบบของสารอินทรีย์

2. กระบวนการหมักแบบไร้อากาศ

เนื่องจากขยะอาหารมีองค์ประกอบหลักเป็นคาร์บอนในปริมาณสูง กระบวนการย่อยสลายแบบ ไร้อากาศจึงถือได้ว่าเป็นแนวทางหลักที่สำคัญในการจัดการขยะอาหาร ซึ่งสะท้อนให้เห็นทั้งในรูปแบบของงานวิจัยและการดำเนินงานจริง จากการทบทวนและสืบค้นวรรณกรรม พบว่า การผลิตก๊าซชีวภาพแบบไร้อากาศเป็นแนวทางที่ถือได้ว่าการนำไปใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย ดังนั้นนวัตกรรมในการจัดการขยะอาหารจึงขอเสนอการผลิตสารหรือรูปแบบอื่นๆ ที่นอกเหนือจากการจากผลิตก๊าซชีวภาพ ดังต่อไปนี้

- การผลิต Polyhydroxyalkanoate (PHA) เป็นสารที่เรียกว่าพลาสติกชีวภาพ ที่มีองค์ประกอบที่สามารถนำมาใช้ทดแทนการใช้พลาสติกในปัจจุบัน โดย PHA มีข้อดีที่สามารถย่อยสลายในธรรมชาติได้ แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากต้นทุนของการผลิต PHA นั้นค่อนข้างสูง แนวทางเพื่อการใช้ของเสียหรือวัตถุดิบต้นทุนต่ำจึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ โดยการผลิต PHA จากขยะอาหารจะผลิตด้วยระบบ Anaerobic Percolation Biocell Reactor ภายใต้การใช้จุลินทรีย์แบบผสมเป็นหัวเชื้อ ซึ่งภายใต้สภาวะที่เหมาะสมและถึงปฏิกรณ์ขนาด 100 ลิตร สามารถผลิตสาร PHA ได้ 223 กรัม/ขยะอาหารหนึ่งกิโลกรัม

- การผลิตกรดแลคติก ซึ่งเป็นกรดชนิดที่สำคัญที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวางทั้งในอุตสาหกรรมอาหารและอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง จึงทำให้การผลิตกรดแลคติกด้วยขยะอาหารเป็นแนวทางในการลดต้นทุนหนึ่งที่สำคัญ โดยการผลิตกรดแลคติกด้วยขยะอาหารด้วยการไม่ควบคุมอุณหภูมิในระบบการหมักแบบกะ แบบกึ่งต่อเนื่อง และแบบไหลทำให้สามารถผลิตกรดแลคติกได้สูงถึง 32, 16 และ 15 gCOD/L ตามลำดับ

- การผลิตก๊าซไฮโดรเจน เนื่องจากก๊าซไฮโดรเจนเป็นก๊าซที่ไม่ใช่ก๊าซเรือนกระจก จึงถือได้ว่าเป็นพลังงานสะอาด อีกทั้งเป็นก๊าซที่สามารถให้พลังงานได้สูงถึง 142 KJ/g ในการเผาไหม้ จึงทำให้อุตสาหกรรม

ยานยนต์ต้องการพัฒนาก๊าซดังกล่าวมาใช้เป็นแหล่งพลังงาน ดังนั้นการผลิตก๊าซไฮโดรเจนด้วยสารอาหารต่าง ๆ จึงได้รับการศึกษาอย่างกว้างขวาง การผลิตก๊าซไฮโดรเจนด้วยขยะอาหารร่วมกับกลีเซอรอลในสภาวะแบบ mesophilic ทำให้สามารถผลิตก๊าซไฮโดรเจนได้ที่ $180 \text{ mLH}_2/\text{gVS}$ ที่กลีเซอรอลเข้มข้น 5 %

- การผลิตเอทานอล เนื่องจากแนวคิดของการใช้พลังงานทางเลือกมีบทบาทที่สำคัญในปัจจุบัน ทำให้เอทานอลเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่ใช้ทดแทนการใช้น้ำมันโดยใช้เป็นส่วนประกอบในก๊าซโซฮอลล์ ซึ่งการผลิตเอทานอลด้วยขยะอาหารที่มีองค์ประกอบของแป้งเป็นหลัก อย่างเช่น พายัพระกอบด้วย ด้วยกระบวนการสองขั้นตอนที่ใช้ยีสต์เป็นหัวเชื้อ พายัพที่เป็นขยะอาหารจำนวน 100 กรัมจะได้ 329 กรัมเอทานอล ที่ 20% solids loading

- การผลิตกรดคาโปรอิก เป็นกรดที่ใช้เป็นสารเติมแต่งในอาหาร สารยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และสารเร่งการเจริญเติบโตของพืช นอกจากนี้ยังสามารถใช้กรดคาโปรอิกเป็นสารตั้งต้นในการผลิตสารหล่อลื่น น้ำหอม สารเติมแต่งสี และยา ได้อีกด้วย ซึ่งการผลิตกรดคาโปรอิกด้วยขยะอาหารในถังหมักขนาด 10 ลิตร ร่วมกับยีสต์ ทำให้สามารถผลิตกรดคาโปรอิกได้ 8 kg/L

- การผลิตกรดบิวทิริก เป็นกรดที่ช่วยในการเพิ่มพื้นที่ในการดูดซึมอาหารและต้านจุลินทรีย์ก่อโรค ซึ่งการผลิตกรดบิวทิริกด้วยการหมักแบบไร้อากาศแบบกึ่งกะโดยควบคุมอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส สามารถทำให้ผลิตกรดบิวทิริกได้ 10.55 g/L ที่ระยะเวลาหมัก 2 วัน และ 13.00 g/L ที่ระยะเวลาหมัก 6 วัน

- การผลิตสารอินทรีย์ระเหยง่ายซึ่งเป็นกรดที่สามารถนำมาใช้การผลิตไบโอดีเซล โดยการผลิตสารอินทรีย์ระเหยง่ายด้วยขยะอาหารในรูปแบบของเศษปลาทูน่าในระบบถังหมักแบบกะ ที่พีเอช 8 สามารถทำให้ผลิตสารอินทรีย์ระเหยง่าย ซึ่งประกอบด้วย acetic, propionic, n-butyric และ i-valeric เท่ากับ $30,611 \text{ mg COD/L}$

- การผลิต biohydrogen เป็นการผสมของก๊าซมีเทนและก๊าซไฮโดรเจนไปในเวลาเดียวกันเพื่อให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเป็นแหล่งพลังงานทางเลือกต่อไป ซึ่งการผลิต biohydrogen จากขยะอาหารด้วยระบบ continuously stirred tank reactor (CSTR) และ anaerobic fixed bed reactor (AFBR) ที่ระยะเวลาการเดินระบบ 200 วัน สามารถผลิต biohydrogen yield ในระบบ CSTR และ methane yield ในระบบ AFBR เท่ากับ $115.2 (\pm 5.3) \text{ L H}_2/\text{kgVS added}$ และ $334.7 (\pm 18.6) \text{ L CH}_4/\text{kgCOD added}$

- การผลิต short-chain fatty acids เป็นผลิตภัณฑ์เพิ่มมูลค่าที่เกิดจากกระบวนการหมักแบบไร้อากาศของของแข็งอินทรีย์ ซึ่งการผลิต short-chain fatty acids ด้วยขยะอาหารนั้นสามารถทำได้โดยใช้การหมักแบบไร้อากาศโดยในสภาวะที่เหมาะสมสามารถผลิต short-chain fatty acids yield เท่ากับ 37.2 g/L

3. กระบวนการความร้อน

การจัดการขยะอาหารด้วยความร้อนนั้นมีหลากหลายรูปแบบ แต่จากการทบทวนนวัตกรรมในช่วง 3 ปีที่ผ่านมาสามารถแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบ ดังนี้

- การเผาด้วยอาหารแห้ง โดยการจัดการขยะอาหารด้วยอาหารแห้งนั้นจะทำการเผาขยะอาหารที่อุณหภูมิและความดันของไอน้ำที่ 159°C และ 0.17 MPa ด้วยขยะอาหารที่มีความชื้นไม่เกิน 10% หากเตาเผาที่ประสิทธิภาพของ 90% ได้ steam energy และ exergy increments เท่ากับ 194.92 และ 324.50 kJ/kg-FW ตามลำดับ

- การเผาด้วยกระบวนการ Pyrolysis เป็นการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีโดยใช้ความร้อนและความดัน ที่สภาวะไร้อากาศ โดยเกิดการแตกของพันธะโมเลกุลในองค์ประกอบ จากสายโซ่พันธะเคมียาวๆ กลายเป็นสายโซ่สั้นๆ ส่วนที่เป็นองค์ประกอบคาร์บอนระเหยได้จะกลายเป็นก๊าซเชื้อเพลิง บางส่วนที่ถูก

ควบแน่นจะกลายเป็นของเหลว โดยจากการทบทวนนวัตกรรมการจัดการขยะอาหารด้วยกระบวนการ Pyrolysis พบว่า ขยะอาหารที่ 1 กิโลกรัมสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 0.020 kWh และสามารถผลิต biochar ที่ 40 % ของน้ำสามารถผลิต 100 g of digestate per kg biochar

4. กระบวนการทางกายภาพและเคมี

ในการจัดการขยะอาหารด้วยกระบวนการทางกายภาพและเคมี เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาใช้เพื่อการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ภายใต้กระบวนการดังต่อไปนี้

- กระบวนการทางกายภาพเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า โดยอาศัยการแลกเปลี่ยนประจุด้วยการย่อยสลายสารอินทรีย์ของ *Chlorella vulgaris* ในระบบ microbial fuel cell สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ open circuit voltage, working voltage และ power density สูงสุดที่ 260 mV, 170 mV and 19151 mW ตามลำดับ

- กระบวนการทางเคมี เพื่อการผลิตไบโอดีเซลจากขยะอาหาร โดยเป็นการใช้น้ำมันทอดแล้วกับขยะอาหารที่มีแคลเซียมสูง เช่น หอยทาก กุ้ง เปลือกหอย และกระดูกสัตว์ ซึ่งหลังจากการทำปฏิกิริยาที่ 2.5 ชั่วโมง จะได้ yield ของไบโอดีเซลที่ 96 %

จากการทบทวนข้อมูลนวัตกรรมการจัดการขยะอาหารทั้งในประเทศและต่างประเทศ แสดงให้เห็นถึงแนวทางที่เหมาะสมหรือศักยภาพในการประยุกต์ใช้กับการจัดการขยะอาหารสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย เพื่อส่งเสริมให้การจัดการขยะอาหารของประเทศไทยอยู่บนพื้นฐานของการส่งเสริมเทคโนโลยี และนวัตกรรมที่จะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับการจัดการขยะอาหารได้จริง โดยจากการพิจารณาอย่างละเอียดทำให้ได้แนวทางเชิงนวัตกรรมทั้งหมด 5 แนวทาง ได้แก่ การผลิตปุ๋ยมูลค่าสูง การผลิตผลิตภัณฑ์กรด Microbial Fuel Cell การผลิตผลิตภัณฑ์กลุ่มก๊าซ และการเผาเพื่อผลิตไฟฟ้า

ตารางที่ 4-13 การทบทวนนวัตกรรมการจัดการขยะอาหาร

ลำดับที่	ชื่อนวัตกรรม	วิธีการ	ผลการดำเนินงาน	เอกสารอ้างอิง
กระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพ				
1	การผลิตโปรตีนจากตัวอ่อนแมลงวัน	เลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันด้วย 700 กรัมของขยะอาหารกับ 300 กรัมของอาหารเลี้ยงเชื้อ	- ในเวลา 4 วันได้ไข่ของตัวอ่อนแมลงวัน 1.5 กรัม - ขยะอาหารที่เหลือประมาณ 42.95 % สามารถนำไปเป็นปุ๋ยและ 53.08 กรัมของไข่จะเป็นโปรตีน 57.06 % และไขมัน 15.07% - โปรตีนที่ได้ไปใช้ทำยา และ ไขมันนำไปผลิตไบโอดีเซล	Niu et al. (2017)
2	การผลิตปุ๋ยด้วยไส้เดือนดิน	ใช้ขยะอาหารผสมร่วมกับมูลของวัวและควายโดยย่อยสลายด้วยไส้เดือนสายพันธุ์ <i>Eisenia fetida</i>	ภายใต้การย่อยสลายขยะอาหาร 3 อาทิตย์จะได้ปุ๋ยที่มีองค์ประกอบของ total organic carbon เท่ากับ 48.25–23.54) และ organic matter เท่ากับ 83.18–40.68%	Sharma and Garg (2017)
กระบวนการหมักแบบไร้อากาศ				
3	การผลิต Polyhydroxyalkanoate (PHA)	ผลิตด้วยระบบ Anaerobic Percolation Biocell Reactor	สามารถผลิต PHA ด้วยอัตราเฉลี่ย 223 กรัม/ขยะอาหารหนึ่งกิโลกรัม	Colombo et al. (2017)
4	การผลิตกรดแลคติก	ผลิตด้วยการไม่ควบคุมอุณหภูมิ	ความเข้มข้นของกรดแลคติกด้วยระบบแบบกะ กึ่งต่อเนื่อง และระบบแบบไหลต่อเนื่อง เท่ากับ 32, 16 และ 15 gCOD/L ตามลำดับ	Bonk et al. (2017)

ตารางที่ 4-13 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อนวัตกรรม	วิธีการ	ผลการดำเนินงาน	เอกสารอ้างอิง
กระบวนการหมักแบบไร้อากาศ (ต่อ)				
5	การผลิตไฮโดรเจน	ใช้การหมักร่วมของขยะอาหารและกลีเซอรอลที่สภาวะ mesophilic	hydrogen yield สูงสุดที่ 180 mLH ₂ /gVS ที่กลีเซอรอลเข้มข้น 5 %	Silva et al (2017)
6	การผลิตเอทานอล	ใช้ของเสียประเภทพายุด้วยเทคนิค two-step process	พายุ 1000 กรัมของน้ำหนักแห้ง ผลิต เอทานอลได้ 329 g เอทานอล ที่ 20% solids loading	Magyar et al (2017)
7	การผลิตกรดคาโปรอิก	ใช้ถังหมัก 10 ลิตร กับยีสต์	ได้กรดคาโปรอิกที่ 8 kg/L	Chen et al (2017)
8	การผลิตกรดบิวทีริก	หมักแบบระบบกึ่งกะ ควบคุมอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส	สามารถผลิตกรดบิวทีริกได้ 10.55 g/L ที่ HRT 2 วัน และ 13.00 g/L ที่ HRT 6 วัน	Stein et al (2017)
9	การผลิตสารอินทรีย์ระเหยง่ายด้วยเศษปลาทูน่า	หมักในระบบแบบกะ	ที่พีเอช 8 ได้ VFA เท่ากับ 30,611 mg COD/L ซึ่งประกอบด้วย acetic, propionic, n-butyric และ i-valeric	Bermúdez-Penabad et al (2017)
10	การผลิต biohythane	ด้วยระบบ continuously stirred tank reactor (CSTR) และ anaerobic fixed bed reactor (AFBR)	สามารถผลิต biohydrogen yield ในระบบ CSTR และ methane yield ในระบบ AFBR เท่ากับ 115.2 (±5.3) L H ₂ /kgVS added และ 334.7 (±18.6) L CH ₄ /kgCOD added	Yeshanew et al (2017)
11	การผลิต Short-chain fatty acids	ด้วยการหมักแบบไร้อากาศ	สามารถผลิต short-chain fatty acids yield เท่ากับ 37.2. g/L	Zhao et al (2015)

ตารางที่ 4-13 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อนวัตกรรม	วิธีการ	ผลการดำเนินงาน	เอกสารอ้างอิง
กระบวนการความร้อน				
12	การเตรียมขยะอาหารด้วยน้ำร้อนเผาด้วยอากาศแห้ง	ทำการเผาด้วยอุณหภูมิและความดันของไอน้ำที่ 159 °C และ 0.17 MPa ด้วยความชื้นของขยะอาหารที่ 10%	ที่ประสิทธิภาพของเตาเผา 90% จะได้ steam energy และ exergy increments 194.92 และ 324.50 kJ/kg-FW ตามลำดับ	Tang et al. (2017)
13	การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยกระบวนการ Pyrolysis	เผาด้วยความร้อนที่ อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส	ขยะอาหาร 1 กิโลกรัม ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 0.020 kWh	Opatokun et al. (2017)
14	การผลิต biochar ด้วยกระบวนการ Pyrolysis	เผาด้วยความร้อนที่ อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส	ที่ 40% ของน้ำสามารถผลิต 100 g of digestate per kg biochar	Opatokun et al. (2017)
กระบวนการทางกายภาพและเคมี				
15	การผลิตไบโอดีเซล	ใช้น้ำมันทอดแล้วกับขยะอาหารที่มีแคลเซียมสูง เช่น หอยทาก กุ้ง เปลือกหอย และ กระดุกสัตว์	หลังจากการทำปฏิกิริยา 2.5 ชั่วโมง จะได้ yield ของไบโอดีเซลที่ 96 % - yield ของไบโอดีเซลที่ 60 % จะได้เป็นสบู่	Catarino et al (2017)
16	การผลิตกระแสไฟฟ้า ด้วย <i>Chlorella vulgaris</i>	ด้วยระบบ microbial fuel cell	สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ open circuit voltage, working voltage และ power density สูงสุดที่ 260 mV, 170 mV และ 19151 mW ตามลำดับ	Sharma and Garg (2016)

4.5 การพัฒนาแนวทางในการจัดการขยะอาหารอย่างยั่งยืนสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย

4.5.1 ร่างแนวทางในการจัดการขยะอาหารสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย

จากผลการศึกษาในส่วนของคุณลักษณะของขยะทางกายภาพและเคมี สถานการณ์และรูปแบบการจัดการขยะจากเศษอาหารของตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย และการทบทวนนวัตกรรมในการจัดการขยะอาหารสำหรับตลาดสดทั้งในประเทศและต่างประเทศ ทำให้สามารถสรุปแนวทางที่มีความเหมาะสมในที่สามารถนำมาใช้เพื่อร่างแนวทางในการจัดการขยะอาหารสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ดังตารางที่ 4-14 ซึ่งร่างแนวทางการจัดการขยะอาหารที่เหมาะสมสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย ประกอบด้วย การผลิตเชื้อเพลิง RDF การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ การผลิตก๊าซชีวภาพ การผลิตปุ๋ยมูลค่าสูง Microbial Fuel Cell และ การผลิตกรดชนิดต่างๆ จากนั้นจึงนำร่างแนวทางดังกล่าวนี้ไปจัดประชุมเชิงปฏิบัติการร่วมกับผู้ทรงคุณวุฒิ และตัวแทนตลาดกรณีศึกษา เพื่อร่วมกันคัดเลือกแนวทาง และจัดลำดับแนวทางเพื่อนำไปศึกษา และประเมินความยั่งยืนในลำดับต่อไป

ตารางที่ 4-14 ร่างแนวทางในการจัดการขยะอาหารสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย

ผลการศึกษา	แนวทางในการจัดการขยะอาหาร							
	การเผา Pyrolysis	เชื้อเพลิง RDF	ปุ๋ย อินทรีย์	EM	ก๊าซ ชีวภาพ	ปุ๋ยมูล ค่าสูง	Microbial Fuel Cell	ผลิตกรด ชนิด
คุณลักษณะ ของขยะอาหาร	✓	✓	✓		✓			
สถานการณ์ การจัดการ อาหาร			✓					
การทบทวน วรรณกรรม	✓				✓	✓	✓	✓
ร่างแนวทาง การจัดการขยะ อาหาร		✓			✓	✓	✓	

4.5.2 การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อร่วมกันคัดเลือกแนวทางที่มีศักยภาพสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย

จากการประชุมเชิงปฏิบัติเพื่อพัฒนาแนวทางของโครงการ “แนวทางการจัดการขยะอาหารของตลาดสดขนาดใหญ่ในประเทศไทยอย่างยั่งยืน” ในวันที่ 23 กรกฎาคม พ.ศ. 2561 ณ สถาบันพัฒนาสุขภาพอาเซียน มหาวิทยาลัยมหิดล (รูปที่ 4-6) โดยมีผู้เชี่ยวชาญที่เข้าร่วมประชุมเชิงปฏิบัติการที่ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการขยะ จำนวน 1 ท่าน คือ ผศ.ดร.อัจฉรา อัครจุฑิชัย คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีเพื่อการจัดการขยะ จำนวน 1 ท่าน คือ รศ.ดร.ชัยศรี สุขสาโรจน์ ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์อาหารและโภชนาการ จำนวน 1 ท่าน คือ อ.ดร.ธัญญ์ณลิน วิญญูประสิทธิ์ ศูนย์นวัตกรรมและการอ้างอิงด้านอาหารเพื่อโภชนาการ สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล และตัวแทนจากตลาดกลางขนาดใหญ่ที่ดำเนินการศึกษา จำนวน 4 ท่าน จาก 2 ตลาดสด เพื่อระดมสมอง คัดเลือกและ

จัดลำดับแนวทางจัดการขยะอาหารของตลาดสดขนาดใหญ่ในประเทศไทยอย่างยั่งยืน โดยผลจากการระดมสมองร่วมกันในรูปแบบเชิงปฏิบัติการ พบว่า แนวทางเพื่อการจัดการขยะอาหารสำหรับตลาดสดของประเทศไทยนั้นควรเป็นไปตามหลักการดังต่อไปนี้



รูปที่ 4-6 การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อร่วมกันคัดเลือกแนวทางที่มีศักยภาพสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย

1. แนวทางเพื่อการจัดการอาหารควรเป็นแนวทางที่ไม่ใช้เทคโนโลยีที่ซับซ้อนเพื่อให้ทางตลาดสดขนาดใหญ่สามารถจะดำเนินการได้ด้วยตัวเอง
2. แนวทางเพื่อการจัดการอาหารควรเป็นแนวทางที่ไม่ควรมีต้นทุนในการจัดการที่สูงเกินไป เนื่องจากตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทยนั้นมีทั้งตลาดที่เป็นของภาครัฐและภาคเอกชน
3. แนวทางเพื่อการจัดการอาหารควรเป็นแนวทางที่เมื่อทางตลาดขนาดใหญ่ดำเนินการแล้วก่อให้เกิดประโยชน์กับทางตลาดเอง เพื่อเป็นการส่งเสริมให้ทางตลาดสดขนาดใหญ่เห็นควรให้ดำเนินการได้จริง

จากข้อสรุปของแนวทางทั้งสามจึงทำให้สามารถระบุแนวทางที่เหมาะสมหรือมีโอกาสในการนำไปใช้ในการจัดการขยะอาหารได้จริงมีจำนวนทั้งสิ้น 3 แนวทาง ประกอบด้วย

1. การผลิตปุ๋ยอินทรีย์
2. การผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อผลิตไฟฟ้า
3. การผลิตปุ๋ยมูลค่าสูงจากการเลี้ยงไส้เดือน

จากนั้นจึงนำแนวทางที่มีความเหมาะสมดังกล่าวไปศึกษาในส่วนต่อไปด้วยหลักการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ และการวิเคราะห์การคืนทุนด้วยการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อระบุถึงศักยภาพในการนำแนวทางดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ในลำดับต่อไป ทั้งนี้เมื่อพิจารณาจากการดำเนินงานของตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทยในปัจจุบัน พบว่า ยังไม่มีการดำเนินงานอย่างเป็นรูปธรรมในการจัดการขยะอาหารที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานตามแนวทางทั้ง 3 แนวทางที่ได้เป็นข้อสรุปจากการศึกษา จึง

ทำให้มีการเสนอแนะหน่วยงานหรือกิจการที่ดำเนินการที่เกี่ยวข้องกับกับแนวทางทั้ง 3 อย่างเป็นรูปธรรมที่จะสามารถนำไปใช้ในการศึกษาเพื่อการประเมินความยั่งยืนในส่วนต่อไปของผลการศึกษา

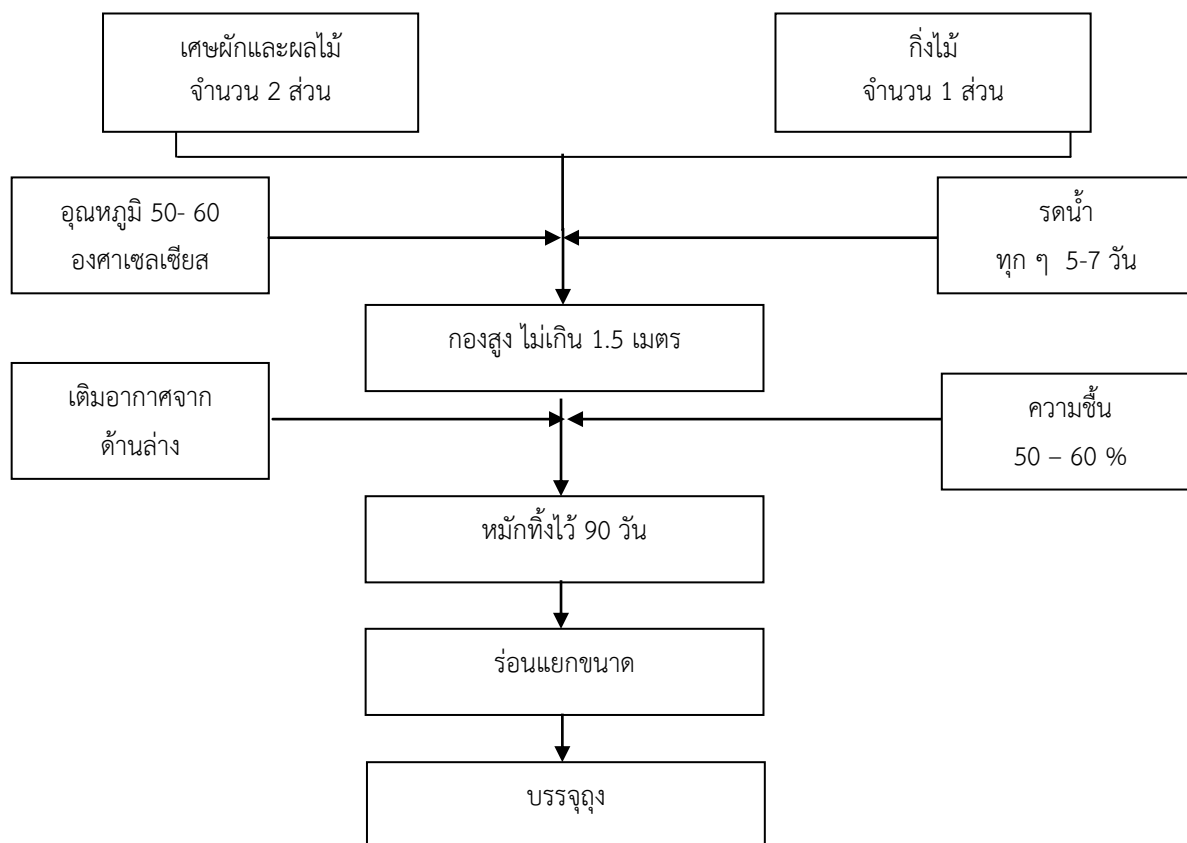
4.5.3 การประเมินศักยภาพแห่งความยั่งยืนสำหรับการจัดการขยะอาหารของตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย

จากแนวทางที่คัดเลือกร่วมกันจากการประชุมเชิงปฏิบัติการร่วมกับผู้ทรงคุณวุฒิ แล้วจึงนำแนวทางดังกล่าวมาทำการประเมินศักยภาพแห่งความยั่งยืน โดยทำการประเมินด้วยหลักการการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ และการวิเคราะห์การคืนทุนด้วยการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งได้ดำเนินการลงพื้นที่เก็บรวบรวมข้อมูล สํารวจ และสัมภาษณ์ ในสถานที่หรือกิจการที่ดำเนินงานจริงในแนวทางแต่ละชนิด เพื่อให้แนวทางดังกล่าวนี้สามารถนำไปใช้ได้ สถานการณ์จริงกับตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.5.3.1 แนวทางเพื่อการจัดการขยะอาหารสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย

1. การผลิตปุ๋ยอินทรีย์

ในการวิเคราะห์แนวทางการผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากขยะอาหารนั้น ได้ประสานงานเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล และสัมภาษณ์การดำเนินงานในสถานที่จริงตามข้อเสนอแนะที่ได้จากการประชุมเชิงปฏิบัติการ คือ เทศบาลนครนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี ซึ่งได้มีการดำเนินการสร้างศูนย์สาธิตทำปุ๋ยหมักกำจัดสิ่งปฏิกูล ตามแนวทางโครงการพระราชดำริ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2546 ในปัจจุบันสามารถผลิตปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพดีเพื่อใช้ในพื้นที่เกษตรกรรมและได้ปริมาณเดือนละมากกว่า 5 ตัน อีกทั้งปุ๋ยอินทรีย์จากเศษอาหารมีปริมาณธาตุอาหารที่เหมาะสมสำหรับพืช โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจนซึ่งเป็นธาตุอาหารสำคัญที่ใช้ในการเจริญเติบโตของพืช ยิ่งไปกว่านั้นยังเป็นปุ๋ยตามมาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร ทั้งนี้แนวทางในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากขยะอาหาร (รูปที่ 4-7) ซึ่งเริ่มต้นจากการใช้เศษอาหารร่วมกับ เศษผัก และกิ่งไม้ นำมาย่อยในอัตราส่วน 2:1 โดยใช้การหมักแบบกองซึ่งไม่ควรเกินสูงเกิน 1.5 เมตร เพื่อใช้ระบายอากาศได้ดี และใช้การเติมอากาศจากด้านล่างเพื่อเป็นควบคุมให้อุณหภูมิในการหมักไม่สูงเกิน 60-80 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ในระหว่างการหมักต้องมีการรดน้ำ 5-7 วันต่อครั้ง เพื่อควบคุมให้ความชื้นอยู่ในระหว่าง 50 – 60 % หมักทิ้งไว้ 90 วัน และทุก 15 วัน จะมีการกลับกองปุ๋ยเพื่อเพิ่มความสามารถในการหมัก หลังจาก 90 วัน การหมักจะสมบูรณ์จึงดำเนินการร่อนกองปุ๋ยเพื่อแยกขนาด และบรรจุใส่ในถุงปุ๋ยเพื่อนำไปใช้ต่อไป โดยตัวอย่างการเตรียมกองปุ๋ยอินทรีย์จากขยะอาหารแสดงดังรูปที่ 4-8 ทั้งนี้ในปัจจุบันนั้นปุ๋ยที่ผลิตได้จากขยะอาหารไม่ได้จำหน่ายเนื่องจากฝ่ายอาคารสถานที่ของทางเทศบาลนำไปใช้ในการบำรุงสวนภายใต้การดูแลของเทศบาล



รูปที่ 4-7 กระบวนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากขยะอาหาร



รูปที่ 4-8 การเตรียมกองปุ๋ยอินทรีย์จากเศษอาหาร

2. การผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อการผลิตไฟฟ้า

สำหรับการศึกษาเชิงลึกของแนวทางการผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะอาหารนั้น ได้ประสานงานเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล และสัมภาษณ์การดำเนินงานในสถานที่จริงตามข้อเสนอแนะที่ได้จากการประชุมเชิงปฏิบัติการ คือ Laboratory of ambient air, School of Environmental, Resource and Development, Asian Institute of Technology, Thailand (AIT) ซึ่งได้มีการดำเนินการวิจัยในด้านระบบผลิตก๊าซชีวภาพอย่างต่อเนื่อง โดยในปัจจุบันได้มีระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะอาหารขนาดใหญ่ 1,000 ลิตร (รูปที่ 4-9) ซึ่งดำเนินการเก็บรวบรวมขยะอาหารจากทั้งบริเวณของ AIT เอง และบริเวณพื้นที่โดยรอบของมหาวิทยาลัย

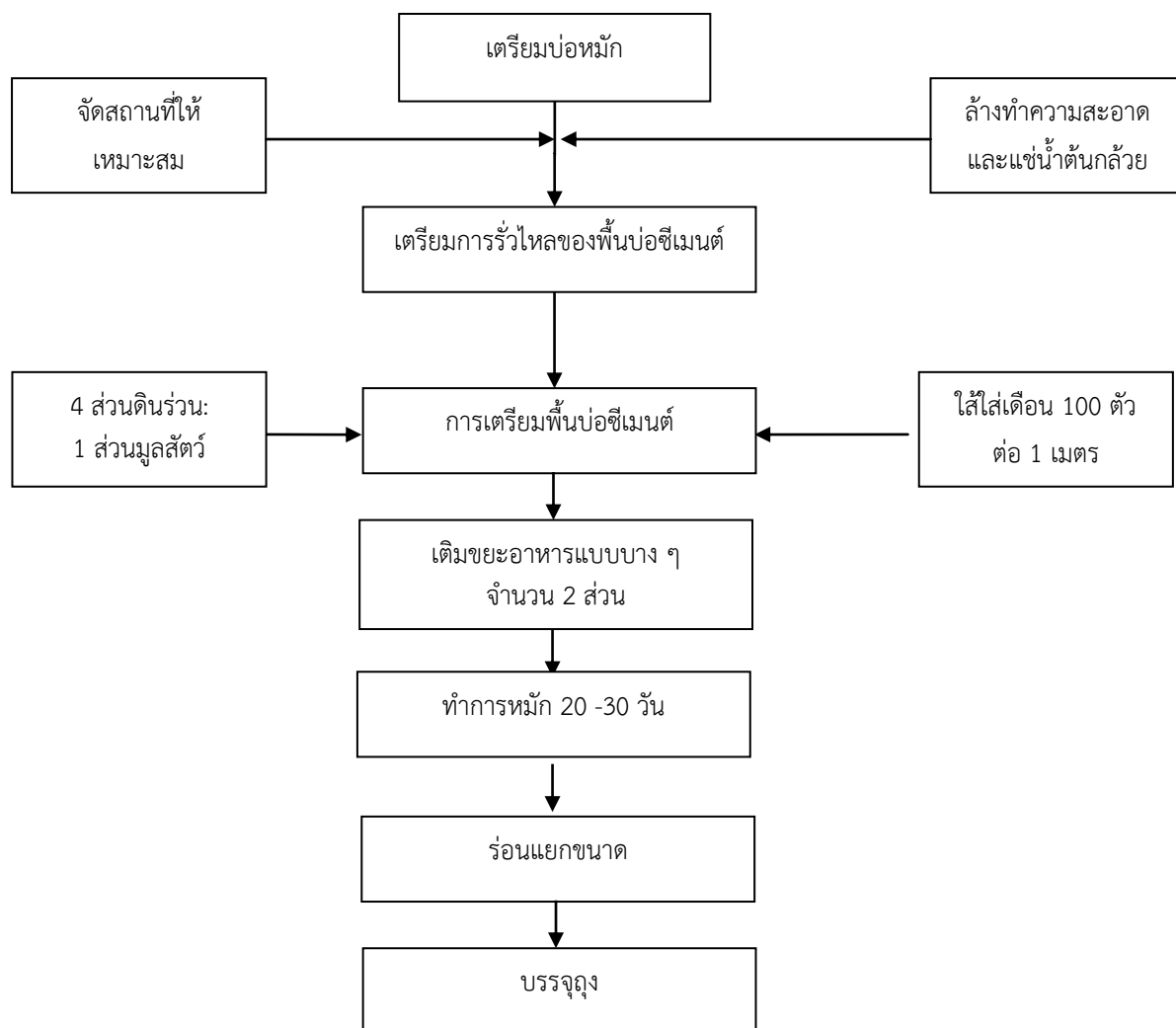
รูปแบบของการเดินระบบ จะใช้ระบบถังหมักแบบ Continuous stirred-tank reactor (CSTR) ที่ pH ของระบบหมักอยู่ในช่วง 6.5 -8.2 หัวเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นที่ 10 % TS อัตราการกวนผสมที่ 16 rpm และอัตราการระบรทุกสารอินทรีย์ระหว่าง 0.5 to 3 kg VS m^3 .d ในช่วงเริ่มต้นจะมีการเติมโมลาสพร้อมกับหัวเชื้อจุลินทรีย์ หลังจากนั้นจึงจะเติมขยะอาหารซึ่งมีการลดปริมาณขนาดเพื่อการง่ายต่อการหมักและแยกเอาขยะที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ออก โดยสภาวะที่เหมาะสมภายใต้การหมักที่เข้าสู่สภาวะที่เหมาะสมที่ 129 วัน กับการผลิตก๊าซชีวภาพมีค่าเท่ากับ 754 L/kg VS และเมื่อพิจารณาในส่วนของการผลิตมีเทนจะมีค่าเท่ากับ 0.42 m^3 /kg VS (Visvannathan and Mohanakrishnan, 2018)



รูปที่ 4-9 ระบบถังหมักแบบ Continuous stirred-tank reactor (CSTR)

3. การผลิตปุ๋ยมูลค่าสูงจากการเลี้ยงไส้เดือน

สำหรับการลงพื้นที่เพื่อศึกษาแนวทางการทำปุ๋ยมูลค่าสูงจากขยะอาหารด้วยการเลี้ยงไส้เดือน นั้น ได้ประสานเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล และสัมภาษณ์การดำเนินงานในสถานที่จริงตามข้อเสนอแนะที่ได้จากการประชุมเชิงปฏิบัติการ คือ ฟาร์มไส้เดือนตาหวาน จังหวัดสมุทรสาคร ซึ่งเป็นฟาร์มที่ได้ดำเนินการเลี้ยงไส้เดือนที่ดำเนินการมากกว่า 7 ปี โดยการเลี้ยงไส้เดือนมีหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของผู้เลี้ยง ตั้งแต่อย่างง่าย ใช้วัสดุในท้องถิ่น ลงทุนน้อย ไปจนถึงการทำโรงเรือนผลิตในระดับอุตสาหกรรมที่ลงทุนสูง โดยจากข้อเสนอแนะของเกษตรกรฟาร์มตัวอย่างเสนอให้มีการเลี้ยงโดยใช้แบบบ่อซีเมนต์ซึ่งจะเป็นวิธีการที่เหมาะสมกับการผลิตปุ๋ยจากการใช้ขยะอาหาร ซึ่งมีขั้นตอนแสดงดังรูปที่ 4-10 ดังนี้ เริ่มต้นจากการหาวบ่อซีเมนต์ที่มีพื้นและระบายน้ำและนำไปตั้งไว้ในบริเวณที่ร่ม ไม่โดนแดด หรือ ฝน อากาศถ่ายเทสะดวก เริ่มต้นจากการทำความสะอาดบ่อด้วยน้ำสะอาด 2-3 รอบ แล้วแช่ด้วยน้ำด่างกลั้วทิ้งไว้ 3-5 วัน เพื่อลดความเค็มของปูนซีเมนต์ แล้วนำเอาก้อนอิฐหรือก้อนกรวดใส่ตาข่ายในล่อนมดเป็นมุมวางไว้จุดบริเวณระบายน้ำด้านในบ่อ จากนั้นจึงทำการรองพื้นของบ่อด้วยการผสมดินร่วนกับมูลสัตว์ที่อัตราส่วน 4:1 ความสูงไม่เกิน 3 นิ้ว ต่อมาจึงเริ่มใส่ไส้เดือน 100 ตัว ต่อเส้นผ่านศูนย์กลางวงบ่อซีเมนต์ 1 เมตร จากนั้นจึงเติมขยะอาหารแบบต่างๆ โดยทั่ว เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความร้อนจากการหมัก และกลิ่นที่เกิดขึ้นจากการหมัก แล้วจึงทำการปกคลุมบ่อซีเมนต์ด้วยวัสดุที่มีรูเพื่อระบายอากาศ จากนั้นจึงทำการหมักปุ๋ยเป็นเวลา 20 -30 วัน เพื่อให้ไส้เดือนได้ทำการย่อยขยะอาหาร และเปลี่ยนเป็นปุ๋ย ทำการรดน้ำทุก 5 -7 วัน โดยหลังจากการหมักปุ๋ยสมบูรณ์จึงดำเนินการร่อนกองปุ๋ยเพื่อแยกขนาด และบรรจุใส่ในถุงปุ๋ยเพื่อนำไปใช้ต่อไป ทั้งนี้รูปตัวอย่างการหมักขยะอาหารจากไส้เดือนแสดงดังรูปที่ 4-11



รูปที่ 4-10 กระบวนการผลิตปุ๋ยมูลค่าสูงด้วยการเลี้ยงไส้เดือนจากขยะอาหาร



รูปที่ 4-11 การผลิตปุ๋ยมูลค่าสูงจากขยะอาหารด้วยไส้เดือน

4.5.3.2 บัญชีผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของแนวทางเพื่อการจัดการขยะอาหารสำหรับตลาดสด

จากการลงพื้นที่เพื่อวิเคราะห์แนวทางเพื่อการจัดการขยะอาหารสำหรับตลาดสดทั้ง 3 แนวทาง จึงนำมากำหนดบัญชีผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของแต่ละแนวทางเพื่อการจัดการขยะอาหาร จากนั้นจึงทำการประสานงานเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลโดยแบ่งการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็น 3 ส่วน ประกอบด้วย สารขาเข้าที่ประกอบด้วยวัตถุดิบที่เข้าสู่แต่ละแนวทางโดยทำการคำนวณจากการที่ใช้ขยะอาหารจำนวน 1 ตัน หรือ 1,000 กิโลกรัม By product ของเหลือที่ไม่ใช่ผลิตภัณฑ์ และท้ายสุดของเสียที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการตามแนวทาง นอกจากนี้เมื่อมีการจัดทำบัญชีผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นการแจกแจงรายละเอียดเพื่อการทำสมดุลแล้ว ยังสามารถคิดวิเคราะห์ต้นทุนของแต่ละแนวทางเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความยั่งยืนได้อีกด้วย โดยรายละเอียดของบัญชีผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม แสดงดังตารางที่ 4-15

ตาราง 4-15 บัญชีผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของแนวทางเพื่อการจัดการขยะอาหาร

บัญชี	ชนิด	หน่วย	แนวทางจัดการขยะอาหาร		
			ปุ๋ยอินทรีย์	ก๊าซชีวภาพ	ปุ๋ยไส้เดือน
สารขาเข้า	ขยะอาหาร	kg	1,000	1,000	1,000
	น้ำ	L	450	500	250
	มูลสัตว์	kg	500	-	400
	กิ่งไม้	kg	500	-	-
	ไฟฟ้า	kWh	-	70	-
By product	เศษปุ๋ย	kg	500	-	350
	กากตะกอน	kg	-	550	-
ของเสีย	น้ำเสีย	L	-	350	-
	ขยะ	kg	40	20	30
ต้นทุน	-	บาท	5,000	6,120	3,000

4.5.3.4 การประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนตามแนวทางในการจัดการการทิ้งอาหารเป็นขยะสำหรับตลาดสด ขนาดใหญ่ของประเทศไทย

จากการระบุบัญชีผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของแนวทางทั้ง 3 แนวทาง จากนั้นนำมาประเมินศักยภาพของผลกระทบต่อการเกิดโลกร้อนตามมาตรฐาน ISO 14040 และนำค่าที่ได้การจากเก็บรวบรวมเข้าประเมินผลกระทบด้วยโปรแกรม Sigmapro Version 8.2 จากนั้นจึงนำมาคำนวณการคืนทุนด้วยการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามสมการที่ (1) โดยผลจากการประเมินผลของแต่ละแนวทางแสดง ดังตารางที่ 4-16 โดยพบว่า การผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะอาหารมีผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมด้วยค่าผลกระทบต่อการเกิดโลกร้อนที่น้อยที่สุด ($-114 \text{ kg CO}_2\text{e/บาท}$) รองลงมาด้วยการผลิตปุ๋ยไส้เดือน ($-0.004 \text{ kg CO}_2\text{e /บาท}$) และปุ๋ยอินทรีย์ ($0.003 \text{ kg CO}_2\text{e /บาท}$) จึงส่งผลให้การจัดการขยะอาหารของตลาดสดด้วยวิธีการผลิตก๊าซชีวภาพสะท้อนความยั่งยืนด้วยการประเมินการคืนทุนด้วยการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สูงที่สุด ($-0.02 \text{ kg CO}_2\text{e/บาท}$) เมื่อเปรียบเทียบการการผลิตปุ๋ยไส้เดือน ($0.004 \text{ kg CO}_2\text{e/บาท}$) และปุ๋ยอินทรีย์ ($0.003 \text{ kg CO}_2\text{e/บาท}$) โดยผลจากการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Oldfield et al. (2016) ที่ระบุว่ากระบวนการหมักปุ๋ยนั้นมีผลกระทบในรูปแบบของการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงเนื่องจากการปลดปล่อยจากระบวนการโดยตรง ซึ่งแตกต่างจากระบวนการในระบบแบบปิด ซึ่งถึงแม้ว่าจะมีการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แต่มีการควบคุมการปลดปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศได้โดยตรง ทำให้ไม่มีผลกระทบ ดังนั้นผลกระทบส่วนใหญ่ในการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จึงมาจากการใช้ทรัพยากร และวัตถุดิบในกระบวนการดำเนินงานเท่านั้น

ตาราง 4-16 การคืนทุนด้วยการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

รายละเอียด/เทคโนโลยี	ก๊าซชีวภาพ	ปุ๋ยอินทรีย์	ปุ๋ยใส่เดือน
ต้นทุนในการลงทุน (บาท/ตันของเศษอาหาร)	6,120	5,000	3,000
ผลกระทบของเทคโนโลยี (kg CO ₂ e /ตันของเศษอาหาร)	-114	13	12
การคืนทุนด้วยการลดการปลดปล่อย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (kg CO ₂ e/บาท)	- 0.02	0.003	0.004

4.5.3.5 การทวนสอบแนวทางในการจัดการการทิ้งอาหารเป็นขยะสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย

หลังจากประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนตามแนวทางในการจัดการการทิ้งอาหารเป็นขยะสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย เพื่อให้แนวทางที่พัฒนาขึ้นสามารถนำมาดำเนินงานได้จริงจึงได้นำผลการศึกษาทั้งหมดรวมถึงรูปแบบที่พัฒนาขึ้นเสนอกับสมาคมตลาดสดไทย ในการประชุมคณะกรรมการประจำเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2561 เวลา 14.00 น. ณ ห้องประชุมของร้านอาหารบ้านรับรอง เขตสวนหลวง กรุงเทพมหานคร (ดังรูปที่ 4-12) ซึ่งสมาคมตลาดสดไทยเป็นสมาคมการค้า และอยู่ในการควบคุมดูแลของสำนักงานทะเบียนสมาคมการค้า ปัจจุบันมีสมาชิกของสมาคมมากกว่า 50 ตลาดสดในประเทศไทย ด้วยวัตถุประสงค์ของสมาคมเพื่อร่วมมือร่วมใจให้เป็นหนึ่งเดียว พร้อมทั้งจะเรียนรู้ ปรับปรุงพัฒนา แก้ปัญหาทุกๆ ด้านไปด้วยกัน เพื่อสร้างสรรค์ตลาดสดวิถีไทย ให้อยู่คู่สังคมไทย สร้างอาชีพ สร้างรายได้เพื่อครอบครัวและสังคม โดยผลจากการประชุมเชิงปฏิบัติการร่วมกับทางสมาคมตลาดสดไทย พบว่า แนวทางที่พัฒนาขึ้นนั้นมีความเหมาะสมที่ตลาดสดขนาดใหญ่จะรับไปดำเนินการ ภายใต้ข้อจำกัดที่ขึ้นอยู่กับความพร้อมของตลาดสดแต่ละแห่งทั้งทางด้านเทคนิค และด้านงบประมาณ แต่อย่างไรก็ตามในการดำเนินการตามแนวทางทั้งหมดนั้นยังเป็นการรับผิดชอบในการจัดการขยะอาหารกับทางตลาดสดเพียงอย่างเดียว ทางสมาคมตลาดสดไทยจึงเห็นควรให้มีการเพิ่มเติมแนวทางการคัดแยกผัก และผลไม้จากแหล่งผลิต เพื่อเป็นการลดปริมาณขยะอาหารในส่วนของตลาดสด ซึ่งเป็นการเพิ่มความรับผิดชอบต่อ และเพิ่มความตระหนักให้กับเกษตรกรในการมีส่วนร่วมในการจัดการขยะอาหารตลอดห่วงโซ่อุปทานของการผลิตอาหาร อีกทั้งยังสามารถนำขยะอาหารที่เกิดขึ้นในแหล่งผลิตไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบของปุ๋ยอินทรีย์ หรือปุ๋ยมูลค่างูได้อีกด้วย



รูปที่ 4-12 การประชุมเชิงปฏิบัติการร่วมกับสมาคมตลาดสดไทย

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาการจัดการขยะอาหารอย่างยั่งยืนสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย ซึ่งเป็นช่องทางหนึ่งในการช่วยลดการเกิดขยะโดยเฉพาะการเกิดขยะอาหารในภาพรวมของห่วงโซ่อุปทานอาหารของทั้งประเทศได้ โดยเริ่มจากการศึกษาปริมาณและคุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของขยะอาหารของตลาดสดขนาดใหญ่ รวมไปถึงศึกษาสถานการณ์ในการจัดการขยะอาหารของตลาดสดขนาดใหญ่ จากนั้นจึงทำการพัฒนาและคัดเลือกแนวทางในการจัดการขยะอาหารอย่างยั่งยืนสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทยโดยเน้นการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วนและการพัฒนาที่ยั่งยืนเพื่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เศรษฐศาสตร์ สังคม ความมั่นคงทางอาหาร และสุขภาพ น้อยที่สุด ซึ่งทำให้สามารถนำแนวทางที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการกำหนดนโยบายสำหรับการจัดการขยะอาหารสำหรับตลาดสดของประเทศไทยในลำดับต่อไป

5.1 การดำเนินงานของตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย

จากการทบทวนวรรณกรรมและการทวนสอบขั้นตอนการดำเนินงานของตลาดสดขนาดใหญ่ จากการสัมภาษณ์และสังเกตในตลาดสดขนาดใหญ่ 3 แห่ง สามารถสรุปที่มาของการเกิดขยะอาหารได้ 3 ประเภท คือ 1) ขยะอาหารที่เกิดขึ้นจากการตัดแต่ง 2) ขยะอาหารที่เกิดขึ้นจากการเน่าเสีย และ 3) ขยะอาหารที่เกิดขึ้นหลังจากการบริโภค ซึ่งทั้งสามส่วนนั้น จะถูกจัดการโดย 3 วิธี คือ มีบริษัทเอกชนมารับซื้อขยะเหล่านั้นไปทำเป็นปุ๋ยหรือทางตลาดจัดรถขนส่งขยะอาหารเหล่านั้นไปยังบริษัทเอกชนที่ต้องการนำไปใช้ประโยชน์ หรือขยะถูกเก็บรวบรวมไว้ที่จุดรวมขยะของตลาดเพื่อรอการจัดการต่อไป ในส่วนของขยะที่ถูกนำไปทิ้งที่จุดรวมขยะจะมีทั้งที่เจ้าของแผงค้านำไปทิ้งเองและที่เจ้าของกิจการบริการรับขยะนั้นไปทิ้งให้ยังจุดรวม ขยะต่างๆ รวมทั้งขยะเศษอาหารที่จุดรวมจะถูกกำจัดด้วยวิธีการต่างๆ เช่น ให้เทศบาลผู้รับผิดชอบในพื้นที่มารับไปกำจัด ให้บริษัทหรือหน่วยงานที่ต้องการใช้ประโยชน์จากขยะมารับไป หรือทางตลาดทำการกำจัดขยะเหล่านั้นด้วยตนเองด้วยวิธีการต่างๆ เช่น นำไปหมักเป็นปุ๋ย เผาทิ้ง หรือฝังกลบ

5.2 คุณลักษณะของขยะอาหารทางกายภาพและเคมีของตลาดสดขนาดใหญ่

จากการเก็บรวบรวมตัวอย่างขยะอาหารและวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของตัวอย่างจำนวน 3 ครั้ง ในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2560 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2560 และเดือนมีนาคม พ.ศ. 2561 โดยทำการกำหนดจุดเก็บตัวอย่างขยะอาหารที่ตลาดผลไม้ ตลาดรวม ตลาดผัก และตลาดอาหารทะเล ซึ่งดำเนินการเก็บรวบรวมตัวอย่างขยะทั้งในช่วงเช้า และช่วงเย็น เป็นเวลา 3 วัน รวมวันหยุด แล้วจึงนำตัวอย่างขยะอาหารไปวิเคราะห์ขยะทางกายภาพและเคมี จำนวน 9 พารามิเตอร์ ได้แก่ ปริมาณขยะอาหาร ความหนาแน่นของขยะอาหาร ความชื้นของขยะอาหาร ปริมาณของแข็งรวม ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ ปริมาณเถ้า ปริมาณคาร์บอน ปริมาณไฮโดรเจน และปริมาณโลหะหนัก พบว่า ขยะอาหารจะมีปริมาณอยู่ในช่วงของ 40 – 50 % ของขยะทั้งหมดของตลาดสดขนาดใหญ่ มีปริมาณความชื้นสูง ปริมาณสารเผาไหม้และปริมาณเถ้าต่ำ ปริมาณคาร์บอนต่ำ ปริมาณไฮโดรเจนสูง และปริมาณโลหะหนักต่ำ โดยเมื่อพิจารณาแนวทางที่มีศักยภาพนำมาใช้เพื่อการจัดการขยะอาหารของตลาดสด ประกอบด้วย การผลิตปุ๋ย การผลิตก๊าซชีวภาพ และการผลิตเชื้อเพลิง

5.3 สถานการณ์และรูปแบบการจัดการขยะจากเศษอาหารของตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลย้อนหลัง 12 เดือน จากตลาดสดขนาดใหญ่ทั่วทุกภาคของประเทศไทย จำนวน 18 ตลาด ตั้งแต่ในส่วนเริ่มต้นตั้งแต่สินค้าเกษตรเข้าสู่ตลาดสดและสินค้าออกจากตลาดสด พบว่า ลักษณะของตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทยนั้นเป็นแผงค้าในรูปแบบของอาหาร หรือส่วนที่สามารถนำไปประกอบอาหาร ประกอบด้วย ผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ อาหารทะเล และอาหารปรุงสุก และส่วนที่ไม่ใช่อาหาร ประกอบด้วย เสื้อผ้า ของชำ ดอกไม้ และลอตเตอรี่ เป็นต้น โดยจากข้อมูลจากแบบสอบถาม พบว่า ร้อยละ 72.50 ของแผงค้าทั้งหมดเป็นแผงค้าที่อาหาร โดยเมื่อพิจารณาจากข้อมูลการเกิดขยะอาหาร พบว่า ร้อยละ ปริมาณค่าเฉลี่ยของขยะอาหารจากตลาดสดขนาดใหญ่มีค่าเท่ากับ 63.87 ของขยะทั้งหมดที่เกิดขึ้นในตลาดสด โดยปริมาณของขยะอาหารสอดคล้องกับปริมาณของแผงค้าอาหาร และมีปริมาณค่าเฉลี่ยของขยะอาหารสำหรับตลาดสดของประเทศไทยสูงถึง 4,161.54 ตัน/ปี ทั้งนี้เมื่อพิจารณาวิธีการจัดการขยะอาหารในตลาดสดของประเทศไทย พบว่า ประมาณร้อยละ 22 ของตลาดสดทั้งหมดนั้นมีการจัดการขยะเองในตลาดด้วยวิธี (1) การส่งให้เอกชนหรือเทศบาลส่งไปฝังกลบ ร้อยละ 77.8 (2) การกำจัดด้วยการให้เป็นอาหารสัตว์ ร้อยละ 16.7 และ (3) การนำเอาขยะอาหารไปเป็นอาหารสัตว์และหมักปุ๋ย เพียงร้อยละ 5.5 หรือเพียงตลาดสดขนาดใหญ่แห่งเดียวเท่านั้น และมากกว่าร้อยละ 67 ของปัญหาในการจัดการขยะอาหารเกิดจากการไม่ได้รับความร่วมมือจากทางผู้ค้าในตลาดสด โดยแนวทางที่มีความเป็นไปได้หรือศักยภาพที่ทางตลาดสดขนาดใหญ่มีความต้องการในการนำไปใช้ในการจัดการขยะอาหาร ได้แก่ การผลิตปุ๋ยอินทรีย์

5.4 นวัตกรรมในการจัดการขยะอาหาร

เพื่อให้การศึกษาพัฒนาองค์ความรู้และแนวทางใหม่ที่มีประสิทธิภาพและยั่งยืนสำหรับการจัดการขยะอาหารสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย จึงดำเนินการสืบค้นและทบทวนนวัตกรรมในการจัดการขยะอาหารที่เกิดขึ้น จากทั้งเอกสาร เว็บไซต์ ฐานข้อมูลทั้งในระดับชาติและนานาชาติ ในระหว่างปี พ.ศ. 2558-2560 เพื่อให้ได้ทิศทางของนวัตกรรมที่มีความเหมาะสมเพื่อเพิ่มช่องทางการเกิดนวัตกรรมในการจัดการขยะอาหารสำหรับตลาดสดของประเทศไทยที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง มีประสิทธิภาพ และยั่งยืน โดยสามารถแบ่งแนวทางเชิงนวัตกรรมได้ 4 แนวทาง ได้แก่ กระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพ การหมักแบบไร้อากาศ กระบวนการทางกายภาพและเคมี และกระบวนการทางความร้อน โดยเมื่อพิจารณาแนวทางในการส่งเสริมให้การจัดการขยะอาหารของประเทศไทยอยู่บนพื้นฐานเชิงนวัตกรรมทำให้สามารถระบุแนวทางการจัดการขยะอาหาร ดังนี้ การผลิตปุ๋ยมูลค่าสูง การผลิตผลิตภัณฑ์กรด Microbial Fuel Cell การผลิตก๊าซกลุ่มก๊าซ และการเผาเพื่อผลิตไฟฟ้า

5.5 การพัฒนาแนวทางในการจัดการขยะอาหารอย่างยั่งยืนสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย

จากผลการศึกษาในส่วนของคุณลักษณะของขยะทางกายภาพและเคมี สถานการณ์และรูปแบบการจัดการขยะจากเศษอาหารของตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย และการทบทวนนวัตกรรมในการจัดการขยะอาหารสำหรับตลาดสดทั้งในประเทศและต่างประเทศ ทำให้สามารถสรุปแนวทางที่เหมาะสมที่สามารถนำมาใช้เพื่อใช้เป็นร่างแนวทางในการจัดการขยะอาหารสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ ดังนี้ การผลิตเชื้อเพลิง RDF การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ การผลิตก๊าซชีวภาพ การผลิตปุ๋ยมูลค่าสูง Microbial Fuel Cell และ การผลิตกรดชนิดต่าง ๆ จากนั้นจึงนำร่างแนวทางดังกล่าวนี้ไปจัดประชุมเชิงปฏิบัติการร่วมกับผู้ทรงคุณวุฒิด้านการจัดการขยะ ด้านเทคโนโลยีเพื่อการจัดการขยะ ด้านวิทยาศาสตร์อาหารและโภชนาการ และตัวแทนตลาดกรณีศึกษาเพื่อร่วมกันคัดเลือกแนวทางและจัดลำดับแนวทางเพื่อนำไปศึกษาและประเมินความยั่งยืน ผลจากการประชุม

ภายใต้หลักการในการคัดเลือกและจัดลำดับความสำคัญแนวทางที่ไม่ใช้เทคโนโลยีที่ซับซ้อน ไม่ควรมีต้นทุนในการจัดการที่สูงเกินไป ทางตลาดขนาดใหญ่น่าประโยชน์ได้จริง ทำให้สามารถได้สามารถระบุแนวทางที่เหมาะสมหรือมีโอกาสในการนำไปใช้ในการจัดการขยะอาหารได้จริงจำนวนทั้งสิ้น 3 แนวทาง ประกอบด้วย การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ การผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อผลิตไฟฟ้า และการผลิตปุ๋ยมูลค่าสูงจากการเลี้ยงไส้เดือน

จากแนวทางที่ถูกคัดเลือกร่วมกันจากการประชุมเชิงปฏิบัติการร่วมกับผู้ทรงคุณวุฒิ จากนั้นนำแนวทางดังกล่าวมาทำการประเมินศักยภาพแห่งความยั่งยืน โดยทำการประเมินด้วยหลักการการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์และการวิเคราะห์การคืนทุนด้วยการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งจะดำเนินการลงพื้นที่เก็บรวบรวมข้อมูล สํารวจ และสัมภาษณ์ สถานที่หรือกิจการที่ดำเนินงานจริงในแนวทางแต่ละชนิดเพื่อให้แนวทางดังกล่าวนี้สามารถนำไปใช้ได้ สถานการณ์จริงกับตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศ ไทย ผลจากการประเมิน พบว่า การผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะอาหารมีผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมด้วยค่าผลกระทบต่อเกิดการโลกร้อนที่น้อยที่สุด (-114 kg CO₂e/บาท) จึงส่งผลให้การจัดการขยะอาหารของตลาดสดด้วยวิธีการผลิตก๊าซชีวภาพสะท้อนความยั่งยืนด้วยการประเมินการคืนทุนด้วยการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เนื่องมาจากกระบวนการหมักปุ๋ยนั้นมีผลกระทบในรูปแบบของการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกระบวนการโดยตรง ซึ่งแตกต่างจากกระบวนการในระบบแบบปิดที่สามารถควบคุมการปลดปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศได้โดยตรงทำให้ไม่มีผลกระทบ

หลังจากนั้นจึงได้นำผลการศึกษาทั้งหมดนำเสนอต่อสมาคมตลาดสดไทย ในการประชุมคณะกรรมการประจำเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2561 เวลา 14.00 น. ณ ห้องประชุมของร้านอาหารบ้านรับรอง เขตสวนหลวง กรุงเทพมหานคร เพื่อให้แนวทางที่พัฒนาขึ้นสามารถนำมาดำเนินงานได้จริง ผลจากการประชุม พบว่าแนวทางที่พัฒนาขึ้นนั้นมีความเหมาะสมในการที่ทางตลาดสดขนาดใหญ่จะรับไปดำเนินการ ภายใต้ข้อจำกัดที่ขึ้นอยู่กับความพร้อมของตลาดสดแต่ละแห่งทั้งทางด้านเทคนิคและด้านงบประมาณ แต่อย่างไรก็ตามควรให้มีการเพิ่มเติมแนวทางการตัดแต่งผักและผลไม้จากแหล่งผลิตเพื่อเป็นการลดปริมาณขยะอาหารในส่วนของการตลาดสด เพิ่มความตระหนักให้กับเกษตรกรในการมีส่วนร่วมในการจัดการขยะอาหารตลอดห่วงโซ่อุปทานของการผลิตอาหาร อีกทั้งยังสามารถนำขยะอาหารที่เกิดขึ้นในแหล่งผลิตไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบของปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยมูลค่าสูงได้อีกด้วย

5.6 ข้อเสนอจากผลการวิจัย

5.6.1 ข้อเสนอแนะหน่วยงานภาครัฐ

1. ควรมีการนำแนวทางที่พัฒนาขึ้นไปประยุกต์ใช้จริงในพื้นที่ของตลาดสดขนาดใหญ่ และเก็บรวบรวมข้อมูลในระยะยาว จะทำให้มีข้อมูลพื้นฐานในการตัดสินใจเชิงรูปธรรมให้กับตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย
2. ควรมีการส่งเสริมความรู้ความเข้าใจให้กับสังคมกว้างอย่างจริงจังเกี่ยวกับความรู้ด้านขยะอาหารที่มีปริมาณสูง และทุกภาคส่วนรวมถึงทางตลาดสดยังขาดความตระหนัก จึงเน้นการจัดการขยะในรูปแบบเดียวกับขยะอินทรีย์เท่านั้น
3. ควรเพิ่มเติมประเด็นการพัฒนาแนวทางการจัดการขยะอาหารทั้งทางด้านสังคมและนโยบายสาธารณะ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญเนื่องจากการส่งเสริมเพียงนวัตกรรมอาจไม่ทำให้นโยบายหรือแนวทางที่พัฒนาได้นำไปดำเนินการให้ประโยชน์สูงสุด

5.6.2 ข้อเสนอแนะห่วงโซ่อุปทานของตลาดสดขนาดใหญ่

1. ควรเพิ่มเติมการพัฒนาแนวทางการจัดการขยะอาหารตลอดห่วงโซ่อุปทานของการเกิดขยะอาหาร เพื่อให้เกิดการจัดการขยะอาหารทั้งระบบ ไม่เป็นการผลักภาระเพียงหน่วยงานใดหน่วยงานหนึ่งของห่วงโซ่อุปทานและส่งผลให้เกิดการขับเคลื่อนการจัดการขยะอาหารอย่างเป็นรูปธรรม
2. ควรส่งเสริมระบบการจัดเก็บฐานข้อมูลของขยะอาหารอย่างจริงจังตลอดห่วงโซ่อุปทานตลาดสดขนาดใหญ่ เนื่องจากในปัจจุบันไม่มีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานภาครัฐและเอกชน จึงทำให้การเก็บข้อมูลขยะอาหารเป็นไปได้ยากและมีความคลาดเคลื่อนสูง

5.6.3 ข้อเสนอแนะงานวิจัยถัดไป

1. ควรมีการพัฒนาแนวทางในการประเมินและถอดบทเรียนเพื่อระบุการบริหารจัดการขยะอาหารอย่างมีประสิทธิภาพตั้งแต่การลดปริมาณตั้งแต่ต้น การคัดแยกและการนำไปใช้ประโยชน์ เพื่อให้สามารถใช้เป็นแนวทางปฏิบัติสำหรับตลาดอื่นๆ ได้ต่อไปในด้านการจัดการขยะอาหาร
2. ควรมีการนำแนวทางที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้แล้วทำการประเมินผลด้วยตัวชี้วัดความยั่งยืน เพื่อให้ได้ผลการดำเนินงานอย่างเป็นรูปธรรม

เอกสารอ้างอิง

- กองส่งเสริมและบริหารระบบตลาด กรมการค้าภายใน. 2560. ตลาดสินค้าเกษตร. จาก <http://mwsc.dit.go.th/freshMarket.php?submitQuery=init&action=resetParam&instance=init&subType=0>.
- กรมควบคุมมลพิษ. 2552. คู่มือการทำปุ๋ยหมักจากขยะมูลฝอย. กระทรวงธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- กฤษฎา สุขนิวัฒน์ชัย. 2551. โครงการจัดการมูลฝอยจากตลาดสดเทศบาลนครพระนครศรีอยุธยา. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการทรัพยากร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จารุพงศ์ พลเดช. 2552. การผลิตพลังงานขยะด้วยเทคโนโลยี. วารสาร รักษาพลังงานฉบับที่ 59.
- ฉัตรชัย จันทร์เด่นดวง. 2550. การทำปุ๋ยหมัก. MTEC. 48-54.
- ณารัตน์ ไวยเจริญ. 2544. การทำปุ๋ยหมักของขยะจากตลาดสดในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จ.สงขลา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต . สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- บุญสม วิจารจันทร์. 2550. แนวทางการนำขยะจากเทศบาลไปใช้ประโยชน์. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี.
- พันธุ์ เม่นฉาย ปารินดา สุขสบาย และ สิริวัลภ์ เรืองช่วย ตู๊ประกาย. 2557. การวิเคราะห์และการจัดการปัญหาขยะในตลาดสดอย่างยั่งยืนโดยการมีส่วนร่วมของประชาชน : กรณีศึกษาจังหวัดสมุทรสาคร. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต.
- รุจิรา วิไลรัตน์. 2545. การจัดการสิ่งแวดล้อมตลาดสดในเขตเทศบาลเมืองพะเยา. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: เชียงใหม่.
- วรรณธณี กองจันทร์ดี. 2555. การจัดการขยะของผู้ค้าในตลาดสด ศึกษากรณีตลาดสดบางกะปิ และตลาดสดนครไทย เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขา การจัดการสิ่งแวดล้อมคณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.
- สมพงษ์ วนิชวัฒนวรชัย. 2553. การศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์โดยอาศัยหลักการการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- เสรีย์ ตู๊ประกาย. 2556. ปฏิบัติการขยะ (EVM 3203). สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมคณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- อรินทร์ โสมบ้านกล้วย ศศิธร พุทธวงษ์ นฤมล วิเธอร์ ฮาร์วีย์ และ สิรินทรเทพ เต่าประยูร. 2552. การศึกษารูปแบบการนำกลับมาใช้ใหม่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการมูลฝอยจากตลาดสดและห้างสรรพสินค้า. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 338- 344.
- อิทธิพันธ์ ดีสวัสดิ์ และคณะ. 2544. การจัดการขยะแบบบูรณาการของตลาดสดเทศบาลตำบลสลกบาตร จังหวัดกำแพงเพชร. การประชุมวิชาการ ครั้งที่ 8 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
- อัจฉรา อัครจุฑุฑชัย, พิมลพรรณ หาญศึก และเพ็ญใจ พิระเกียรติขจร. 2554. แนวทางการจัดการขยะให้เหลือศูนย์ภายในมหาวิทยาลัยมหิดล ศาลายา. วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม, 7(1): 17 – 29.
- ASTM International. 2016. D 5231-92 Standard Test Method for Determination of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste. West Conshohocken.
- Beretta C, Stoessel F, Baier U, Hellweg S. 2013. Quantifying food losses and the potential for reduction in Switzerland. Waste Management, 33(3): 764–773.

- Bermúdez-Penabad N, Kennes C, Veiga MC. 2017. Anaerobic digestion of tuna waste for the production of volatile fatty acids. *Waste Management*, 68: 96–102.
- Brancoli P, Roust K, Bolton K. 2017. Life cycle assessment of supermarket food waste. *Resources, Conservation and Recycling*, 118: 39–46.
- Bonk F, Bastidas-Oyanedel J, Yousef AF, Schmidt JE. 2017. Exploring the selective lactic acid production from food waste in uncontrolled pH mixed culture fermentations using different reactor configurations. *Bioresource Technology*, 238: 416–424.
- Catarino M, Ramos M, Dias APS, Santos MT, Puna JF, Gomes JF. 2017. Calcium rich food wastes based catalysts for biodiesel production. *Waste Biomass Valor*, 8: 1699–1707.
- Chadderton C, Foran CM, Rodriguez G, Gilbert D, Cosper SD, Linkov I. 2017. Decision support for selection of food waste technologies at military installations. *Journal of Cleaner Production*, 141: 267–277.
- Chen W-S, Strik DP, Buisman CJN and Kroeze C. 2017. Production of caproic acid from mixed organic waste: an environmental life cycle perspective. *Environ. Sci. Technol.*, 51: 7159–7168.
- Chiu SLH, Lo IMC. 2016. Reviewing the anaerobic digestion and co-digestion process of food waste from the perspectives on biogas production performance and environmental impacts. *Environmental Science and Pollution Research*, 23: 24435–24450
- Colombo B, Favini F, Scaglia B, Pepi Sciarria T, D'Imporzano G, Pognani M, Alekseeva A, Eisele G, Cosentino C and Adani F. 2017. Enhanced polyhydroxyalkanoate (PHA) production from the organic fraction of municipal solid waste by using mixed microbial culture. *Biotechnol Biofuels*, 10: 201–10.
- EC. 2014. Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council Amending Directives 2008/98/EC on Waste, 94/62/EC on Packaging and Packaging Waste, 1999/31/EC on the Landfill of Waste, 2000/53/EC on End-of-life Vehicles, 2006/66/EC on Batteries and Accumulators and Waste Batteries and Accumulators, and 2012/19/EU on Waste Electrical and Electronic Equipment.
- EPA, Environmental Protection Agency. 2014. Food waste management scoping study. Environmental Protection Agency.
- Evangelisti S, Lettieri P, Borello D, Clift R. 2014. Life cycle assessment of energy from waste via anaerobic digestion: a UK case study. *Waste Management*, 34: 226–237
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2011. Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention. Rome.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2014. Food and nutrition in numbers 2014.
- Gruber L, Brandstetter C, Bos U, Lindner J, Albrecht S. 2015. LCA study of unconsumed food and the influence of consumer behavior. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 1–12.

- Hou Q, Pei H, Hu W, Jiang L, Yu Z. 2016. Mutual facilitations of food waste treatment, microbial fuel cell bioelectricity generation and *Chlorella vulgaris* lipid production. *Bioresource Technology*, 203: 50–55.
- House of Lords. 2014. Counting the Cost of Food Waste: EU Food Waste Prevention (Report Session 2013e14 No. 10), European Union Committee. London: the Stationery Office Limited, London, UK.
- Kader AA. 2005. Increasing food availability by reducing postharvest losses of fresh produce, Proc. 5th Int. Postharvest Symp. *Acta Hortic.* 682, ISHS 2005.
- Livsmedelsverket. 2015. Slutrapport Regeringsuppdrag för Minskat Matsvinn 2013–2015. Livsmedelsverket, Jordbruksverket and Naturvårdsverket.
- Magyar M, Sousa LC, Jayanthi S, Balan V. 2017. Pie waste – A component of food waste and a renewable substrate for producing ethanol. *Waste Management*, 62: 247–254.
- Niu Y, Zheng D, Yao B, Cai Z, Zhao Z, Wu S, Cong P, Yang D. 2017. A novel bioconversion for value-added products from food waste using *Musca domestica*. *Waste Management*, 61: 455–460.
- Ola E, Goran F, Tomas E, Anna B. 2007. Life cycle assessment of fuels for district heating: A comparison of waste incineration, biomass- and natural gas combustion. *Energy Policy*, 35:1346–1362.
- Oldfield TL, White E, Holden NM. 2016. An environmental analysis of options for utilising wasted food and food residue. *Journal of Environmental Management*, 183: 826–835.
- Opatokun SA, Lopez-Sabiron AM, Ferreira G and Strezov V. 2017. Life Cycle Analysis of Energy Production from Food Waste through Anaerobic Digestion, Pyrolysis and Integrated Energy System. *Sustainability*, 9, 1804; doi:10.3390/su9101804.
- Opatokun SA, Yousef LF, Strezov V. 2017. Agronomic assessment of pyrolysed food waste digestate for sandy soil management. *Journal of Environmental Management*, 187: 24–30.
- Parfitt J, Barthel M, Macnaughton S. 2010. Food waste within food supply chains: quantification and potential for change to 2050, *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 365: 3065–3081.
- PRé Consultants B.V. 2000. The Eco-indicator 99: a damage oriented method for life cycle impact assessment. Amersfoort.
- Salemdeeb R, Al-Tabbaa A. 2015. A hybrid life cycle assessment of food waste management options: a UK case study. In: Presented at the 2015 ISWA World Congress. International Solid Waste Association, Antwerp, Belgium.
- Salemdeeb R, Ermgassen EKHJ, Kim MH, Balmford A, Al-Tabbaa A. 2017. Environmental and health impacts of using food waste as animal feed: a comparative analysis of food waste management options. *Journal of Cleaner Production*, 140: 871–880.

- Sharma K, Garg VK. 2017. Management of food and vegetable processing waste spiked with buffalo waste using earthworms (*Eisenia fetida*). *Environ Sci Pollut Res*, 24: 7829–7836.
- Scholz K, Eriksson M, Strid I. 2015. Carbon footprint of supermarket food waste. *Resources, Conservation and Recycling*, 94: 56–65.
- SEPA. 2008. Svinn i livsmedelskedjan – möjligheter till minskade mängder. Swedish Environmental Protection Agency, Bromma, Sweden, ISBN 978-91-620-5885-2
- Silva FMS, Oliveira LB, Mahler CF, Bassin JO. 2015. Hydrogen production through anaerobic co-digestion of food waste and crude glycerol at mesophilic conditions. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42: 2272-2279.
- Stein UH, Wimmer B, Ortner M, Fuchs W, Bochmann G. 2017. Maximizing the production of butyric acid from food waste as a precursor for ABE-fermentation. *Science of the Total Environment*, 598: 993–1000.
- Stuart T. 2009. *Waste – uncovering the global food scandal*. Penguin Books: London, ISBN: 978-0-141-03634-2
- Tang Y, Dong J, Chi Y, Zhou Z, Ni M. 2017. Energy and exergy optimization of food waste pretreatment and incineration. *Environ Sci Pollut Res*, 24: 18434–18443.
- Whiting A, Azapagic A. 2014. Life cycle environmental impacts of generating electricity and heat from biogas produced by anaerobic digestion. *Energy*, 70: 81-193.
- World Food and Agriculture. 2010. *FAO Statistical Yearbook 2009*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Yeshanew MM, Frunzo L, Pirozzi F, Lens PNL, Esposito G. 2017. Production of biohythane from food waste via an integrated system of continuously stirred tank and anaerobic fixed bed reactors. *Bioresource Technology*, 220: 312–322.
- Zhao J, Yang Q, Li X, Wang D, Luo K, Zhong Ya, Xu Q, Zeng G. 2015. Enhanced production of short-chain fatty acid from food waste stimulated by alkyl polyglycosides and its mechanism. *Waste Management*, 46: 33–139.

ภาคผนวก ก.
แบบสอบถามเพื่อเก็บรวบรวม
สถานการณ์และรูปแบบการจัดการขยะ
จากเศษอาหารของตลาด



**แบบสอบถามสถานการณ์และรูปแบบการจัดการขยะจากเศษอาหารของตลาด
โครงการวิจัยเรื่อง
“แนวทางการจัดการขยะอาหารของตลาดสดขนาดใหญ่ในประเทศไทยอย่างยั่งยืน”**

วัตถุประสงค์:

เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาแนวทางการจัดการขยะอาหารอย่างยั่งยืนสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย

คำชี้แจง :

(1) สำหรับแบบสอบถามชุดนี้จะประกอบด้วย 4 ส่วน ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญ ดังนี้

ส่วนที่ 1: ข้อมูลทั่วไปของตลาดสด

ส่วนที่ 2: ข้อมูลการเกิดขยะอาหาร

ส่วนที่ 3: ข้อมูลขยะอาหารของตลาดสด

ส่วนที่ 4: ข้อมูลการจัดการขยะอาหาร

(2) กรุณากรอกข้อมูลตามความเป็นจริงในช่องว่างที่กำหนดให้

จึงเรียนมาเพื่อใคร่ขอความอนุเคราะห์ข้อมูล และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงที่ท่านกรุณาสละเวลาในการตอบแบบสอบถามไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ
ผศ.ดร.ชีระวิทย์ รัตนพันธ์
อาจารย์ประจำสถาบันพัฒนาสุขภาพอาเซียน
มหาวิทยาลัยมหิดล
หัวหน้าโครงการวิจัย

สอบถามข้อมูลเพิ่มเติมได้ที่ ผศ.ดร.ชีระวิทย์ รัตนพันธ์ โทร. 08-1690-1806

คำนิยาม

ขยะอาหาร (Food Waste) คือ อาหารหรือส่วนที่สามารถนำมาเป็นอาหารได้ที่ถูกทิ้ง
หรือปล่อยให้เน่าเสียเป็นขยะอย่างเปล่าประโยชน์

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของตลาดสด

1. ชื่อตลาดสด.....
ชื่อผู้ให้ข้อมูล.....เบอร์โทรศัพท์.....
2. พื้นที่ของตลาด.....ไร่
3. จำนวนแผงค้าทั้งหมด.....แผง
จำนวนแผงค้าที่ขายอาหาร/สิ่งที่รับประทานได้.....แผง แบ่งเป็น
 - ☐ แผงผัก.....จำนวน
 - ☐ แผงผลไม้.....จำนวน
 - ☐ แผงเนื้อสัตว์.....จำนวน
 - ☐ แผงอาหารทะเล.....จำนวน
 - ☐ แผงอาหารปรุงสุก.....จำนวน
 - ☐ แผงอื่น ๆ ระบุ.....จำนวน

ส่วนที่ 2 ข้อมูลการเกิดขยะอาหาร

4. ตลาดของท่านมีขยะอาหารที่เกิดขึ้นภายในตลาดหรือไม่
 - ☐ มี
 - ☐ ไม่มี
5. กิจกรรมของแผงค้าใดบ้างที่ก่อให้เกิดเศษอาหาร (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) และกรณาระบุปริมาณเศษอาหารที่เกิดขึ้นในแต่ละวันสำหรับแหล่งกำเนิดต่าง ๆ ใน
 - ☐ แผงผัก :กิโลกรัม
 - ☐ แผงผลไม้ :กิโลกรัม
 - ☐ แผงเนื้อสัตว์ :กิโลกรัม
 - ☐ แผงอาหารทะเล :กิโลกรัม
 - ☐ แผงอาหารปรุงสุก :กิโลกรัม
 - ☐ แผงอื่น ๆ ระบุ.....กิโลกรัม
6. ปริมาณมูลฝอยทั้งหมดที่เกิดขึ้นต่อวัน :กิโลกรัม
ปริมาณขยะอาหารที่เกิดขึ้นต่อวัน :กิโลกรัม

ส่วนที่ 3 ข้อมูลปริมาณขยะอาหารของตลาดสด

7. ปริมาณขยะทั้งหมดและขยะอาหารในแต่ละเดือนของปี พ.ศ. 2559 จำนวน 12 เดือน

เดือน	ขยะทั้งหมด (ตัน)	ขยะอาหาร (ตัน)
มกราคม		
กุมภาพันธ์		
มีนาคม		
เมษายน		
พฤษภาคม		
มิถุนายน		
กรกฎาคม		
สิงหาคม		
กันยายน		
ตุลาคม		
พฤศจิกายน		
ธันวาคม		

ส่วนที่ 4 การขยะอาหารของตลาดสด

8. ตลาดของท่านมีการคัดแยกขยะอาหารออกจากขยะประเภทอื่นหรือไม่

☐ คัดแยก

☐ ไม่คัดแยก

9. ปริมาณขยะอาหารที่มีการคัดแยกคิดเป็นสัดส่วนกี่เปอร์เซ็นต์ของขยะอาหารที่เกิดขึ้นทั้งหมด (ในการคาดประมาณของท่าน)

☐ 0-25 % ให้ท่านลองประมาณเป็นตัวเลข :เปอร์เซ็นต์

☐ 26-50 % ให้ท่านลองประมาณเป็นตัวเลข :เปอร์เซ็นต์

☐ 51-75 % ให้ท่านลองประมาณเป็นตัวเลข :เปอร์เซ็นต์

☐ 76-100 % ให้ท่านลองประมาณเป็นตัวเลข :เปอร์เซ็นต์

10. ขยะอาหารที่คัดแยกแล้ว ทางตลาดไปกำจัดด้วยวิธีใด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ ให้ บุคคล/หน่วยงานภาครัฐ/เอกชน มารับไป (กรุณาให้รายละเอียดในข้อ 11)

☐ มีผู้มารับซื้อ (กรุณาให้รายละเอียดในข้อ 12)

☐ กำจัดเอง โดยวิธี.....

☐ อื่น ๆ ระบุ.....

11. ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อเดือนที่ทางตลาดจ่ายให้ผู้มารับไป :บาท

12. ผู้ที่มีรับซื้อเป็นเจ้าประจำหรือไม่ ☐ เจ้าประจำ ☐ ไม่ประจำ

12.1 มีกี่รายที่รับซื้อในปัจจุบัน

12.2 มีกี่รายที่รับซื้อในปัจจุบัน

12.3 รายรับจากการขายขยะอาหารที่ตลาดได้รับ.....บาท

12.4 รายได้ที่ตลาดได้รับจากการขายขยะอาหารเป็นของใคร

- ☐ ตลาด
☐ ผู้ที่ทำหน้าที่รวบรวมหรือคัดแยก
☐ อื่น ๆ ระบุ.....

12.5 ทราบหรือไม่ว่าคนมารับซื้อเอาไปทำอะไร

- ☐ เลี้ยงสัตว์
☐ ทำปุ๋ย
☐ ไม่ทราบ
☐ อื่น ๆ ระบุ.....

12.6 ทราบที่อยู่ของผู้มารับซื้อหรือไม่

- ☐ ไม่ทราบ
☐ ทราบ กรุณาให้ข้อมูล ชื่อผู้มารับซื้อ/บริษัท/ฟาร์ม:.....
 ที่อยู่และเบอร์โทรศัพท์:.....

13. ท่านคิดว่าการคัดแยกขยะอาหารมีประโยชน์หรือไม่

- ☐ มี
☐ ไม่มี กรุณาระบุเหตุผล.....

14. ท่านคิดว่าควรสนับสนุนให้มีการคัดแยกขยะอาหารออกจากขยะประเภทอื่นหรือไม่

- ☐ สนับสนุน
☐ ไม่สนับสนุน
☐ ไม่มีความเห็น
☐ อื่น ๆ ระบุ.....

15. ท่านคิดว่าปัญหาในการคัดแยกขยะอาหารคืออะไร

- ☐ ไม่ทราบวิธีการแยกระหว่างขยะอาหารที่ยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์อย่างอื่นได้กับไม่มีประโยชน์
☐ คัดแยกขยะอาหารแล้ว แต่ไม่มีผู้มารับซื้อ
☐ การคัดแยกขยะอาหารทำให้เสียเวลา
☐ การคัดแยกขยะอาหารทำให้มีค่าใช้จ่ายสูง
☐ อื่น ๆ ระบุ.....

15. ทางตลาดมีโครงการหรือแนวทางใดบ้างในอนาคตในการนำขยะอาหารไปใช้ประโยชน์

ระบุ.....

16. ทางตลาดมีความสนใจในการนำนวัตกรรมใหม่ ๆ มาใช้ในการจัดการขยะอาหาร

- ☐ สนใจ
☐ ไม่สนใจ

17. ทางตลาดคิดว่าแนวทางใดที่เหมาะสมมากที่สุดในการนำมาจัดการขยะอาหารกับตลาดสด

ระบุ.....

18. ทางตลาดต้องการความช่วยเหลือในส่วนใดบ้างในการจัดการขยะอาหาร

ระบุ.....
.....

19. สำหรับขยะประเภทอื่นที่ท่านคัดแยกจากขยะอาหาร ท่านมีการกำจัดด้วยวิธีใด

☐ ให้ บุคคล/หน่วยงานภาครัฐ/เอกชน มารับไป (กรุณาให้รายละเอียดในข้อ 11)

☐ กำจัดเอง โดยวิธี.....

☐ อื่น ๆ ระบุ.....

20. ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อเดือนสำหรับการกำจัดขยะทั้งหมดที่เกิดขึ้นของตลาด

:..... บาท

-----ขอขอบพระคุณ-----

ภาคผนวก ข.
เอกสารรับรองจริยธรรมในคน



Certificate of MUSSIRB Approval



Certificate of Approval No.: 2018/109.0805
 MU-SSIRB No.: 2017/293 (B2)
 Title of Project: OPTION OF SUSTAINABLE FOOD WASTE MANAGEMENT FOR LARGE FRESH MARKETS OF THAILAND
 Principal Investigator: ASSITANT PROFESSOR DR.CHEERAWIT RATTANAPAN
 Co-Investigator: ASSITANT PROFESSOR DR.THUNWADEE SUKSAROJ
 LECTURE.DR.WEERAWAT OUNSANEHA
 Name of Institution: ASEAN INSTITUTE FOR HEALTH DEVELOPMENT
 Approval includes: 1) MUSSIRB Submission Form version received date 3 May 2018
 2) Participant Information sheet version date 3 May 2018
 3) Informed Consent Form version date 2 November 2017

The Committee for Research Ethics (Social Sciences) is in full compliance with International Guidelines of Human Research Protection such as Declaration of Helsinki, The Belmont Report, and CIOMS Guidelines.

Date of Approval: May 8, 2018

Date of Expiration: May 7, 2019

Chairman

(Emeritus Professor Dr.Santhat Sermsri)

Head of the Institute

(Assoc.Prof.Dr.Luechai Sri-Ngernyuang)
Dean of Faculty of Social Sciences and Humanities

Office of The Committee for Research Ethics (Social Sciences), Faculty of Social Sciences and Humanities, Mahidol University
 Phuttamonthon 4 Rd., Salaya, Phuttamonthon District, Nakhon Pathom 73170. Tel.(662) 441 9180 Fax.(662) 441 9181
 Website: www.mussirb.com ; e-mail: mussirb310@gmail.com

ภาคผนวก ค.
บทความที่ได้รับการเผยแพร่




ASTC2018

การประชุมวิชาการระดับชาติ
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 6

**“วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม
ก้าวตามศาสตร์พระราชา สู่การพัฒนาที่ยั่งยืน”**

“Science, Technology and Innovation: Following the Wisdom of King for Sustainable National Development”

**รวมบทความฉบับสมบูรณ์
(Full Proceeding Book)**

วันพุธที่ 6 มิถุนายน พ.ศ. 2561

ณ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (พื้นที่ส่วนขยาย มฉก.2)
ตำบลบางไฉลง อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ



การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 6
The 6th Academic Science and Technology Conference 2018
วันพุธที่ 6 มิถุนายน 2561

AS-P71

**แนวทางเพื่อการจัดการขยะอาหารในตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย:
กรณีศึกษาตลาดกลางผลไม้ในจังหวัดปทุมธานี**
**Option for Food Waste Management of Large Fresh Markets of Thailand:
A Case Study of Central Fruit Market in Pathum Thani Province.**

รุ่งทิพย์ พวงแก้ว¹ ชีระวิทย์ รัตนพันธ์² และวีระวัฒน์ อุ่นแสนหา^{1*}
Rungthiwa Puangkeaw¹, Cheerawit Rattanapan² and Weerawat Ounsaneha^{1*}

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

²สถาบันพัฒนาสุขภาพอาเซียน มหาวิทยาลัยมหิดล

*ผู้ประสานงานหลัก E-mail: weerawat@vru.ac.th, ounsaneha_w@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาแนวทางเพื่อการจัดการขยะอาหารในตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย กรณีศึกษาตลาดกลางผลไม้ในจังหวัดปทุมธานี ผลจากการศึกษา พบว่า แผงสับปะรด ขนุน และส้มโอ จะมีการแปรรูปเบื้องต้นด้วยการตัดแต่งทำให้เกิดขยะอาหารในตลาด โดยเมื่อทำการวิเคราะห์การสูญเสียและปริมาณขยะอาหารของตลาดกลางผลไม้ ระบุว่า มากกว่า 390 กิโลกรัม/วัน ของขยะอาหารที่ต้องมีการส่งกำจัด นอกจากนี้ จากผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของขยะอาหาร แสดงให้เห็นว่า ขยะอาหารของตลาดกลางผลไม้มีการปนเปื้อนโลหะหนักในปริมาณต่ำ และมีศักยภาพในการนำไปใช้ประโยชน์ ซึ่งท้ายสุด พบว่า แนวทางการนำไปใช้ประโยชน์โดยการหมักปุ๋ย การผลิตก๊าซชีวภาพ และการส่งไปผลิตเชื้อเพลิง เป็นแนวทางที่มีศักยภาพและมีโอกาสพัฒนาในการนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงสำหรับการจัดการขยะอาหารของตลาดกลางผลไม้โดยการพัฒนางานร่วมกันของผู้ประกอบการตลาด เจ้าของแผงค้า และทีมวิจัย

คำสำคัญ: การจัดการขยะอาหาร ตลาดสดขนาดใหญ่ ตลาดกลางผลไม้

Abstract

This research was to the option development for the food waste management of Large Fresh Markets of Thailand: A Case Study of Central Fruit Market in Pathum Thani Province. The result showed that a pineapple jackfruit and grapefruit shop was the primary process by cutting for food waste generation in this market. For food waste and loss analysis, more than 390 kilogram/day of food waste was transform to disposal. Moreover, the physical and chemical analysis of food waste characteristic presented the low heavy metal contamination and high potential of utilization. Finally, the composting, biogas production and refuse derived fuel production was the potential option and chance of utilization for food waste management of central fruit market by the brainstorming with market owner, shop owner and research team.

Key Words: Food waste management; Large Fresh Market; Central Fruit Market

บทนำ

ในปัจจุบันการทิ้งอาหารเป็นขยะมีปริมาณสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องตามการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร จากรายงานขององค์การอาหารและการเกษตรของสหประชาชาติได้ระบุว่า หนึ่งในสามของการผลิตอาหารในแต่ละปีมีอาหารมากถึง 1.3 พันล้านตัน หรือคิดเป็น 1 ใน 3 ของอาหารที่ผลิตเพื่อการบริโภคถูกปล่อยให้สูญเสีย (losses) และ/หรือทิ้งเป็นขยะ (waste) ในตลอดห่วงโซ่อาหาร ทั้งการลดลงของการทิ้งอาหารเป็นขยะจึงเป็นประเด็นที่มีความสำคัญเพื่อเป็นโอกาสในการเพิ่มความมั่นคงทางอาหารและลดต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ อีกทั้งยังเป็นการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเป็นทางเลือกที่ลดความขัดแย้งกว่าวิธีการอื่น ๆ ที่ช่วยลดการบริโภคในบางผลิตภัณฑ์ อาทิ การลดการบริโภคเนื้อวัวและนม เป็นต้น (1-2)

จากการศึกษาของ พันชัย เม่นฉาย และ คณะ (2557) (3) ทำการศึกษาการจัดการปัญหาขยะในตลาดสดในจังหวัดสมุทรสาคร พบว่า องค์ประกอบที่พบที่มากสุดในตลาดสด คือ เศษอาหาร มากกว่า 50 % ซึ่งทำให้ทางตลาดกลางแห่งนี้มีปริมาณอาหารขยะในส่วนนี้ซึ่งต้องกำจัดในปริมาณที่สูงเป็นอย่างมาก ซึ่งผลให้เกิดต้นทุนในการนำขยะอาหารไปกำจัด จากผลดังกล่าวจึงแสดงให้เห็นว่าการดำเนินงานหรือกิจกรรมของตลาดกลางสดนั้นส่งผลต่อการเกิดขยะอาหารในปริมาณสูงและยังมีผลกระทบทางด้านเศรษฐศาสตร์กับต้นทุนในการกำจัดและเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นอีกด้วย



ทั้งนี้การจัดการขยะอาหารนั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งเนื่องมาจากปัญหาดังกล่าวส่งผลกระทบต่อสุขภาพและปัญหาสิ่งแวดล้อมในวงกว้าง ดังนั้นการพัฒนาแนวทางที่เหมาะสมในการจัดการปัญหาขยะอาหารจึงมีความสำคัญ โดยในปัจจุบันแนวทางที่เลือกใช้ในการจัดการ คือ การทำปุ๋ย การเผา การฝังกลบ และ การหมักแบบไร้อากาศ เป็นต้น (4) แต่อย่างไรก็ตามแนวทางดังกล่าวส่งผลกระทบต่อในหลากหลายรูปแบบ อาทิ การฝังกลบเป็นแนวทางที่ทำให้เกิดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณสูง (5-6) ในส่วนของการเผาและการทำปุ๋ยเองก็มีรายงานว่าส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณสูงเช่นเดียวกับการฝังกลบ นอกจากนี้ยังเสี่ยงที่เกิดจากการหมักแบบไร้อากาศขยะที่เกิดจากการทิ้งเศษอาหารก็ทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในส่วนของ การเกิดยูโทรฟิเคชันและการเกิดสภาพความเป็นกรดในระบบนิเวศท้องถิ่น (7-10) เป็นต้น โดยในปัจจุบันการจัดการขยะอาหารนั้นยังไม่มีแนวทางการจัดการอย่างเป็นรูปธรรมนอกจากการนำไปเลี้ยงสัตว์หรือส่งไปฝังกลบ ดังนั้นการเลือกหรือพัฒนาแนวทางในการจัดการขยะอาหารจึงเป็นเรื่องสำคัญเร่งด่วนและควรมีการส่งเสริมการดำเนินการอย่างจริงจังเพื่อเป็นการลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคม อย่างแท้จริง

ยิ่งไปกว่านั้นในส่วนของตลาดสดของประเทศไทยซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดขยะอาหารที่สำคัญและมีปริมาณสูงแหล่งหนึ่งของประเทศ ซึ่งตลาดขนาดใหญ่มีความจำเป็นที่ต้องมีการจัดการขยะอาหารที่ดีเนื่องจากเป็นแหล่งที่ทำให้เกิดขยะอาหารอย่างมีนัยสำคัญในแต่ละวัน แต่ในปัจจุบันยังไม่มีรายงานหรือการศึกษาใดที่มุ่งเน้นศึกษา ปริมาณ คุณภาพ และการจัดการเฉพาะในส่วนขยะอาหารในส่วนตลาดสด จะมุ่งเน้นการศึกษาในส่วนการจัดการขยะที่เกิดขึ้นทั้งหมดโดยรวม ทั้งที่เป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญของขยะประเภทดังกล่าว ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาการจัดการขยะอาหารอย่างยั่งยืนสำหรับตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย กรณีศึกษาตลาดกลางผลไม้ในจังหวัดปทุมธานี ซึ่งเป็นตลาดกลางผลไม้ขนาดใหญ่ที่สุดแห่งหนึ่งของประเทศไทย โดยเริ่มจากการศึกษาปริมาณ คุณลักษณะทางกายภาพ และเคมีของขยะอาหารของตลาดกลางผลไม้ในจังหวัดปทุมธานี รวมไปถึงศึกษาปริมาณขยะสูญเสียในตลาดเพื่อทำให้สามารถนำพัฒนาแนวทางสำหรับการจัดการขยะอาหารสำหรับตลาดสดของประเทศไทยในลำดับต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัย

สถานการณ์ทั่วไปของตลาดกลางผลไม้จังหวัดปทุมธานี

ตลาดกลางผลไม้กรณีศึกษาเป็นตลาดค้าส่งผลไม้ขนาดใหญ่ของภาคกลาง โดยจะมีการตัดแต่งเบื้องต้นบางส่วนก่อนการจำหน่าย ซึ่งผลไม้ที่มีการตัดแต่งและก่อให้เกิดเป็นขยะอาหารได้ ได้แก่ สับปะรด ขนุน และ ส้มโอ โดยเมื่อมีการขนส่งผลไม้มาจากเกษตรกร จะมีบางส่วนที่เสียหายและกลายเป็นขยะ ไม่สามารถจำหน่ายได้ ร่วมกับขยะที่เกิดการเน่าเสียขึ้นจากการจำหน่ายไม่ทันเวลา ขยะที่เกิดขึ้นจากทั้งสามส่วนจะถูกขนไปยังบริเวณที่ทิ้งขยะรวมก่อนนำไปกำจัด

การศึกษากฎระเบียบอาหารและปริมาณขยะอาหารในตลาดกลางผลไม้

ทำการการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นของการเกิดขยะอาหารในตลาดกลางผลไม้จังหวัดปทุมธานีด้วยการสัมภาษณ์ สังเกต และชั่งน้ำหนักจากการดำเนินงานในพื้นที่ เป็นเวลา 3 วัน พร้อมทั้งจัดเก็บด้วยแบบบันทึกข้อมูลเพื่อให้สามารถระบุปริมาณการสูญเสียอาหาร (ปริมาณอาหารที่หายไปจากการแปรรูป) และปริมาณขยะอาหารที่เกิดขึ้นจริงจากการดำเนินงานของตลาดเพื่อนำไปใช้ในการเสนอแนะแนวทางในการกำจัดในลำดับต่อไป

การศึกษาคุณลักษณะของขยะทางกายภาพและเคมีของขยะอาหารในตลาดกลางผลไม้

ทำการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ตัวอย่างขยะในตลาดผลไม้กรณีศึกษา โดยทำการการสุ่มตัวอย่างขยะอาหารอย่างมีระบบเพื่อเป็นตัวแทนของขยะจากแหล่งกำเนิด และเพื่อดำเนินการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ และเคมีของขยะ การสุ่มตัวอย่างขยะ เพื่อศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพมีรายละเอียดดังนี้

1. เก็บตัวอย่างขยะโดยการสุ่มตัวอย่างขยะจากจุดรวมขยะ ทั้งในช่วงเช้า (9.00 น.) และ ช่วงเย็น (17.00 น.) เพื่อให้ได้ชนิดของขยะที่แตกต่างกันสุ่มตัวอย่างขยะประมาณ 1-2 ลบ.ม.
2. นำขยะทั้งหมดที่ได้ประมาณ 1-2 ลบ.ม. มาเทกองรวมกันบนผ้าขาวสำหรับปูพื้นที่ได้เตรียมไว้ ทำการคลุกเคล้าให้ห่อหุ้มประกอบต่าง ๆ กระจายกันอย่างทั่วถึง นำขยะมากองรวมกันแล้ว คลุกเคล้าให้เข้ากันมากที่สุด
3. กองขยะในลักษณะสมมาตรรูปกรวย แบ่งกองขยะออกเป็น 4 ส่วน (Quartering) เลือก 2 ส่วนที่กองอยู่ตรงกันข้ามมารวมกัน แล้วคลุกเคล้าให้เข้ากันอีกครั้ง ให้ห่อหุ้มประกอบต่าง ๆ กระจายอย่างสม่ำเสมอ



การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 6

The 6th Academic Science and Technology Conference 2018

วันพุธที่ 6 มิถุนายน 2561

4. ทำ Quartering ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งได้ตัวอย่างขยะในปริมาณที่ต้องการ และดำเนินการจดบันทึกลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ปริมาณขยะ และความหนาแน่น

5. ทำการวิเคราะห์ลักษณะทางเคมีของขยะจากขยะอาหาร ได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณของแข็งรวม ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ ปริมาณเถ้า ค่าปริมาณคาร์บอน ปริมาณไนโตรเจน และปริมาณโลหะหนัก

การพัฒนาแนวทางเพื่อจัดการขยะอาหารตลาดกลางผลไม้ในจังหวัดปทุมธานี

1. ทำการสรุปข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมดจากการที่รวบรวมได้ จากขั้นตอนของการศึกษาข้างต้นทั้งในส่วนของการสูญเสียอาหาร และปริมาณขยะอาหาร คุณลักษณะทางกายภาพ และเคมีของขยะอาหาร รวมไปถึงการทบทวนวรรณกรรมจากงานวิจัยต่างๆ ทั้งใน และต่างประเทศถึงการจัดการขยะอาหารสำหรับตลาดสด

2. ทำการจัดประชุมร่วมกับผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญในส่วนของการจัดการสิ่งแวดล้อม การจัดการตลาด และการจัดการเทคโนโลยี และผู้ประกอบการ เพื่อร่วมกันเสนอแนะแนวทางที่มีศักยภาพที่สามารถดำเนินการได้จริงและเหมาะสมกับบริบทพื้นฐานของข้อมูลทั้งหมดที่ทำการศึกษาในส่วนต้นของการศึกษา เพื่อให้ได้แนวทางที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการขยะอาหารสำหรับตลาดสดของประเทศไทยต่อไป

ผลการศึกษาและการอภิปรายผล

การสูญเสียอาหารและปริมาณขยะอาหารในตลาดกลางผลไม้

จากการศึกษาข้อมูลและลงพื้นที่สำรวจตลาดกลางผลไม้ (พื้นที่ตลาดฤดูกลาง) จังหวัดปทุมธานี พบว่า ผลไม้ที่มีการตัดแต่งในตลาดก่อนการจำหน่ายมีทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ สับปะรด ขนุน และ ส้มโอ ซึ่งผลการศึกษาการสูญเสียอาหาร และปริมาณขยะอาหารในตลาดกลางผลไม้ แสดงดังตารางที่ 1 โดยมีรายละเอียดของแต่ละชนิดของผลไม้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 การสูญเสียอาหารและปริมาณขยะอาหารในตลาดกลางผลไม้ตามชนิดของผลไม้

ชนิดของผลไม้	ปริมาณที่ขาย (กิโลกรัม/วัน)	ปริมาณขยะอาหาร (กิโลกรัม/วัน)	ร้อยละของ การสูญเสีย
สับปะรด	4,000	390	10
ขนุน	4,500	450	10
ส้มโอ	800	200	50

สำหรับการจำหน่ายสับปะรดของตลาดกลางผลไม้มีทั้งหมด 2 ขอย คือ ขอยที่ 5 และขอยที่ 6 โดยมีจำนวนร้านค้ารวม 30 ร้านค้า ซึ่งจะรับสับปะรดจากจังหวัดต่างๆ ในประเทศไทย เช่น ตาก จันทบุรี ระยอง ชัยภูมิ อุตรดิตถ์ ลำปาง ประจวบคีรีขันธ์ ราชบุรี ชลบุรี ฉะเชิงเทรา และหนองคาย เป็นต้น ในแต่ละร้านจะมีการรับสับปะรดทุกๆ 2 วัน ประมาณ 8-9 ตัน ซึ่งในแต่ละร้านจะจำหน่ายได้ประมาณ 4,000 กิโลกรัม/วัน โดยมีปริมาณขยะอาหาร 390 กิโลกรัม/วัน คิดเป็นร้อยละ 10 ของการสูญเสียที่ทำให้เกิดขยะอาหารในระหว่างการตัดแต่งผลไม้ก่อนการจำหน่าย

ในส่วนของการจำหน่ายขนุนในตลาดกลางผลไม้ในขอยที่ 9 มีจำนวนแผงค้าทั้งหมด 10 แผงค้า ในแต่ละวันปริมาณการขายขนุนเท่ากับ 4,500 กิโลกรัม ซึ่งมีการขาย 2 ประเภท คือ แบบแกะเนื้อขาย คิดเป็น 40% หรือ 1,800 กิโลกรัม และแบบขายทั้งลูก คิดเป็น 60% หรือ 2,700 กิโลกรัม โดยจากการพิจารณาการสูญเสีย พบว่า ขนุน 1 ลูกเป็นขยะอาหารที่ต้องนำไปกำจัด คือแกนขนุนเท่านั้นซึ่งคิดเป็น 10% ของการขายแบบแกะขาย แต่อย่างไรก็ตามเปลือก และขิงขนุนสามารถนำไปขายต่อให้กับโรงงานผลิตอาหารสัตว์ และปุ๋ยได้ จึงไม่จำเป็นต้องนำไปกำจัดหรือสูญเสียอาหารไป

แผงค้าส้มโอตั้งอยู่ในขอยที่ 12 มีจำนวน 16 แผงค้า โดยการจำหน่ายส้มโอมี 3 ประเภท คือ แบบขายยกถุง โดย 1 ถุงมีน้ำหนักประมาณ 14 กิโลกรัม/ถุง ซึ่งขายได้ประมาณ 40 ถุง/วัน ไม่มีการเกิดขยะหรือการสูญเสีย แบบขายทั้งลูกซึ่งขายได้ประมาณ 50-100 กิโลกรัม/วัน ไม่มีการเกิดขยะและการสูญเสีย และแบบขายแกะเนื้อ ซึ่งขายได้ประมาณ 700-800 กิโลกรัม/วัน มีน้ำหนัก 12 กิโลกรัม/ลูก เป็นปริมาณเนื้อ 800 กรัม และปริมาณเปลือก 400 กรัม ซึ่งเปลือกที่เหลือจากแกะเนื้อขายนั้นไม่มีการนำไปทิ้งที่ทิ้งขยะรวม เนื่องจากเปลือกส้มโอมีห่อเยื่อมารับไปอบแห้งส่งออกประเทศจีน และร้านสปากรับบางส่วนไปทำน้ำมันสกัดจากเปลือกส้มโอ



คุณลักษณะของขยะทางกายภาพและเคมีของขยะอาหารในตลาดกลางผลไม้

ตารางที่ 2 แสดงการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของตลาดกลางผลไม้ พบว่า ปริมาณความหนาแน่น ความชื้น สารเผาไหม้ได้ เถ้า คาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน และของแข็งรวม มีค่าเท่ากับ 0.5 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร 72 % 15.42 % 84.58 % 8.60 % 0.96 % 11.20 % และ 28 % ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาถึงปริมาณของโลหะหนักในขยะอาหารของตลาดกลางผลไม้ ซึ่งในการศึกษานี้ทำการวิเคราะห์โลหะหนักจำนวน 5 ชนิด ได้แก่ แคดเมียม โครเมียม ตะกั่ว สารหนู และสังกะสี ซึ่งมีปริมาณแสดงดังตารางที่ 2 โดยเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพดิน ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 25 พ.พ.ว่า ปริมาณโลหะหนักของขยะอาหารในทุกพารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์มีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์อื่นๆ ต่อได้ เช่น การทำปุ๋ย และการผลิตก๊าซชีวภาพ

ตารางที่ 2 คุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของตลาดกลางผลไม้

พารามิเตอร์	ปริมาณ
ความหนาแน่น (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)	0.5
ความชื้น (%)	72
สารเผาไหม้ได้ (%)	15.42
เถ้า (%)	84.58
คาร์บอน (%)	8.60
ไฮโดรเจน (%)	0.96
ไนโตรเจน (%)	11.20
ของแข็งรวม (%)	28
โลหะหนัก (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	
- แคดเมียม	8.98
- โครเมียม	14.97
- ตะกั่ว	22.96
- สารหนู	20.98
- สังกะสี	47.87

แนวทางเพื่อจัดการขยะอาหารตลาดกลางผลไม้ในจังหวัดปทุมธานี

จากการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการสูญเสียอาหาร และปริมาณอาหารและคุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของขยะอาหารในตลาดกลางผลไม้ พร้อมด้วยแนวทางเพื่อจัดการขยะอาหาร ของ ภัทรานิษฐ์ ศรีจันทร์พันธ์ (2559) (11) จากนั้นจึงทำการประชุมร่วมกับผู้ประกอบการของตลาด และแม่ค้าในแผงค้าเพื่อประเมินแนวทางที่มีศักยภาพที่สามารถนำไปดำเนินการได้จริงในตลาดผลไม้ขนาดใหญ่ ทำให้สามารถได้แนวทางเบื้องต้นที่ต้องนำไปวิเคราะห์เชิงลึกในลำดับต่อไปจำนวน 3 แนวทาง

1. การหมักปุ๋ย ซึ่งเมื่อพิจารณาค่าปริมาณคาร์บอนที่มีค่ามากกว่าร้อยละ 8 ซึ่งมีปริมาณเพียงพอต่อการนำไปใช้เป็นวัตถุดิบ เพื่อจัดทำสารปรับปรุงดิน อีกทั้งเมื่อพิจารณาถึงปริมาณโลหะหนักที่มีค่าต่ำ ยังเป็นทางเลือกหนึ่งที่มีโอกาสนำไปดำเนินการได้จริงด้วยต้นทุนการดำเนินงานที่ไม่สูงมากอีกด้วย (12)

2. การผลิตก๊าซชีวภาพ โดยเมื่อพิจารณาถึงความเหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะอาหารของตลาดกลางผลไม้ในจังหวัดปทุมธานี โดยอาศัยหลักการย่อยสลายของจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้อากาศ พบว่า มีศักยภาพทั้งในส่วนของคุณสมบัติคาร์บอน และสารอื่นๆ ซึ่งจะเพียงพอต่อการเปลี่ยนขยะอาหารไปใช้เป็นพลังงานต่างๆ (13) แต่อย่างไรก็ตามประเด็นของต้นทุน และผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมก็เป็นประเด็นที่ควรศึกษาเพิ่มเติม และให้ความสำคัญในการดำเนินการ

3. การผลิตเชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel: RDF) เป็นรูปแบบของการจัดการขยะเพื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงวิธีหนึ่ง โดยการปรับปรุง และแปลงสภาพของขยะมูลฝอยให้เป็นเชื้อเพลิงแข็งที่มีคุณสมบัติในด้านค่าความร้อน โดยจะเป็นการส่งไปขยะอาหารของทางตลาดไปยังบริษัทเอกชนที่รับซื้อขยะมูลฝอยดังกล่าว (14) ซึ่งเป็นวิธีการที่มีศักยภาพสูงในการดำเนินการ แต่ต้องมีการเตรียมการในการรวบรวมและจัดส่ง ซึ่งต้องศึกษาเพิ่มเติมอย่างละเอียดในลำดับต่อไป



การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 6
The 6th Academic Science and Technology Conference 2018
วันพุธที่ 6 มิถุนายน 2561

สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาแนวทางเบื้องต้นในการจัดการขยะอาหารในตลาดสดขนาดใหญ่ กรณีศึกษาตลาดกลางผลไม้ในจังหวัดปทุมธานี โดยผลจากการศึกษา พบว่า ผลไม้ที่มีการตัดแต่งในตลาดก่อนการจำหน่ายมีทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ สับปะรด ขนุน และส้มโอ ทั้งนี้เมื่อพิจารณาถึงการสูญเสียอาหาร และปริมาณขยะอาหารในตลาดกลางผลไม้ ชี้ให้เห็นว่า เฉพาะแฉ่งค้าสับปะรดที่เกิดขยะอาหารที่ต้องมีการส่งกำจัด นอกจากนี้เมื่อพิจารณาคุณลักษณะทางกายภาพ และเคมีของขยะอาหาร พบว่า มีศักยภาพในการนำไปใช้ประโยชน์ และการปนเปื้อนโลหะหนักอยู่ในปริมาณที่ยอมรับได้ ท้ายสุดจึงพัฒนาแนวทางในการจัดการขยะอาหารสำหรับตลาดกลางผลไม้ร่วมกับผู้ประกอบการตลาดและแฉ่งค้า พบว่า การหมักปุ๋ย การผลิตก๊าซชีวภาพ และการส่งไปผลิตเชื้อเพลิง เป็นแนวทางที่มีศักยภาพและการนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง แต่อย่างไรก็ตามแนวทางดังกล่าวเป็นเพียงแนวทางเบื้องต้น ควรมีการวิเคราะห์ขั้นสูงถึงการทำแนวทางดังกล่าวไปประยุกต์ใช้จริง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากชุดโครงการงานวิจัยการจัดการการทิ้งอาหารเป็นขยะสนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (เลขที่สัญญา SRI6020205)

เอกสารอ้างอิง

- (1) Beretta C, Stoessel F, Baier U, Hellweg S. (2013). Quantifying food losses and the potential for reduction in Switzerland. *Waste Management*, 33(3): 764–773.
- (2) Gruber L, Brandstetter C, Bos U, Lindner J, Albrecht S. (2015). LCA study of unconsumed food and the influence of consumer behavior. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 1–12.
- (3) พันชัย เมินฉาย ปารินดา สุขสบาย และ ลีรวิทย์ เรืองช่วย ตู้อึ้งกาย. (2557). การวิเคราะห์และการจัดการปัญหาขยะในตลาดสดอย่างยั่งยืนโดยการมีส่วนร่วมของประชาชน : กรณีศึกษาจังหวัดสมุทรสาคร. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต.
- (4) Chiu SLH, Lo IMC. (2016). Reviewing the anaerobic digestion and co-digestion process of food waste from The perspectives on biogas production performance and environmental impacts. *Environmental Science and Pollution Research*, 23: 24435–24450
- (5) EC. (2014). Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council Amending Directives 2008/98/EC on Waste, 94/62/EC on Packaging and Packaging Waste, 1999/31/EC on the Landfill of Waste, 2000/53/EC on End-of-life Vehicles, 2006/66/EC on Batteries and Accumulators and Waste Batteries and Accumulators, and 2012/19/EU on Waste Electrical and Electronic Equipment.
- (6) House of Lords. (2014). Counting the Cost of Food Waste: EU Food Waste Prevention (Report Session 2013e14 No. 10), European Union Committee. London: the Stationery Office Limited, London, UK.
- (7) Evangelisti S, Lettieri P, Borello D, Clift R. (2014). Life cycle assessment of energy from waste via anaerobic digestion: a UK case study. *Waste Management*, 34: 226-237.
- (8) Saleemdeen R, Al-Tabbaa A. (2015). A hybrid life cycle assessment of food waste management options: a UK case study. In: Presented at the 2015 ISWA World Congress. International Solid Waste Association, Antwerp, Belgium.
- (9) Whiting A, Azapagic A. (2014). Life cycle environmental impacts of generating electricity and heat from biogas produced by anaerobic digestion. *Energy*, 70: 81-193.
- (10) Saleemdeen R, Ermgassen EKJ, Kim MH, Balmford A, Al-Tabbaa A. (2017). Environmental and health impacts of using food waste as animal feed: a comparative analysis of food waste management options. *Journal of Cleaner Production*, 140: 871-880.

**ACESD
2018**

2018 3rd Asia Conference on
Environment and Sustainable Development

**ICNEA
2018**

2018 3rd International Conference
on New Energy and Applications



The Annual Meeting of IJESD & SGCE Editorial Board

November 2-4, 2018
Singapore

Co-organized and Sponsored by



Choice of Food Waste Management for a Large Vegetable Market in Thailand

Weerawat Ounsaneha, Thunwadee Tachapattaworakul Suksaroj, and Cheerawit Rattanapan

Abstract— The food waste is the emerging issue from the growing global population and hence a need to ensure more food. The appropriate management of food waste is of great importance to minimize environmental burdens. For Thailand, 20 % of total solid waste generation was the fresh market and the lack of food waste management for vegetable market in Thailand is presented. Hence, this research was to develop the choice of food waste management for a large vegetable markets in Thailand. The result showed that cabbage and lettuce products were the primary process by cutting for food waste generation in this market. For the owner food waste management, these vegetable wastes were collected by the private sector for fertilizer production and animal feed. Moreover, the physical and chemical characteristics of food waste in this market were the high potential utilization and were acceptable with Thai soil quality standard for heavy metal contamination. Finally, the fertilizer, biogas and refuse derived fuel productions was the strong ability of utilization for food waste management of large vegetable market by the brainstorming with market owner, shop owner and research team.

Index Terms— Food waste management, Large Fresh Market, Large Vegetable Market, Thailand

I. INTRODUCTION

The important problem in both developed and developing countries is the waste management issue. Food wastes represents a significantly fraction of municipal solid wastes [1]. One-third of the food produced for human consumption is lost along the food supply chain, which includes unconsumed food that is discarded by food processing industries, retailers, restaurants, and consumers[2], is the single largest component of the waste stream worldwide. The wasting of food is the growing global population and hence a need to ensure more food [3]. Climate and environmental change will result in the increasingly

unpredictable and difficult production of food in the years to come. It's a challenge to answer the question of how to make food production more environment friendly (sustainable) and more flexible to feed more people more efficiently [4]. Hence, the appropriate management of food waste is of great importance to minimize environmental burdens.

Although food wastage occurs at all stages along the food supply chain, later stages such as households and the retail sector play a major role in industrialized countries [5]. In Thailand, 20 % of total solid waste generation was the fresh market and was the second largest solid waste generator after households [5]. Scholz et al [6] reported that the average carbon footprint per ton of food waste from the supermarket store in Sweden was 1.6 t CO₂e. Moreover, the fresh fruit and vegetables were responsible for 85% of the wasted mass, amounting to 74 t per store and year. The option for food waste management of fruit market of Thailand was developed by Puangkeaw et al [7]. The lack of food waste management for vegetable market in Thailand is presented.

Presently, number of technologies of food waste management can transform composting and anaerobic digestion to value-added nutrient products [8]. Only in European country recommended the guidelines on disposal technologies including reduce food waste, redistribute, recycle, compost, recover energy and landfill [9]. Hence, this research was to develop the choice of food waste management for a large vegetable market in Thailand. The value, physical and chemical characteristic and food loss value of a large vegetable market were determined for proposing the choice of food waste management.

II. MATERIAL AND METHODS

A. Situation analysis of a large vegetable market

A case study in this study is large vegetable market in Thailand where located in the Ratchaburi province. Various vegetable products were transported to the trade show for cutting without rejection ex. leaves outside of the cabbage etc. The vegetable product from the cutting process was collected by the plastic box before sale. The high volume of food waste from the cutting process was found and managed by this market.

Manuscript received September 15, 2018. This research was supported by The Thailand Research Fund (contract reference number SRI6020205)

Weerawat Ounsaneha is with Faculty of Science and Technology, Walailak University, Nakhon Phanom, Thailand (e-mail: weerawat@vru.ac.th).

Thunwadee Tachapattaworakul Suksaroj is with ASEAN Institute for Health Development, Mahidol University, Thailand (e-mail: thunwadee.suk@mahidol.ac.th).

Cheerawit Rattanapan Suksaroj is with ASEAN Institute for Health Development, Mahidol University, Thailand (e-mail: cheerawit.rat@mahidol.ac.th).

B. Food loss and waste value of a large vegetable market

The generation of food waste in a large vegetable market was conducted by interview, observation and weighting in the market for three days. The values of food loss and food waste in this market were identified by record forms for proposing the choice of food waste management in the next step.

C. Physical and chemical characteristic of food waste

The vegetable waste from this market was systemic sampled for the representative of original source for determining the physical and chemical characteristics of food waste. The detail of sampling was following:

- 1) The 1-2 m³ volume of vegetable waste was sampled from the collector point in the morning (9.00 am) and afternoon period (5.00 pm).
- 2) The food waste sample was plied and mixed on the insulator.
- 3) The mixed food waste sample was separated in four quarters and then was selected by two quarters. The selected sample was plied for homogeneous sample.
- 4) The quartering process was continuing to 10 kg of sample. The physical characteristics of food waste sample including volume and density was recorded.
- 5) The chemical characteristics of food waste including moisture, total solid, volatile solid, ash, carbon, hydrogen and heavy metal values were analysis.
- 6) All analyses were carried out in duplicate according to standard procedures [10].

D. Choice Development of food waste management

1. The information from all steps including situation analysis of a large vegetable market, physical and chemical characteristic of food waste and food loss and waste value of a large vegetable market was synthesis and developed for choice of food waste management.

2. The brainstorming workshop with the environmental, market management, technology management experts and market owner was conducted for selecting and suggesting the potential choice of food waste management. The selecting choice of food waste management was studied the potential of application in the next part of the research.

III. RESULT AND DISCUSSION

A. Situation of food loss and waste in a large vegetable market

From the real survey in a large vegetable market (Table 1), the vegetable production was transported at

the shop by various farmers and middle man. Ten tons of vegetable productions per day were sold by eleven whole sale shops in this market. The main vegetable product in this market was cabbage and lettuce and was from the northern part of Thailand. The fresh vegetable product was cutting for removing the poor quality during transportation and harvesting. Twenty and twenty-five percents of production loss were found in the cabbage and lettuce product, respectively. The vegetable waste from this process was collected by the private sector for fertilizer production and animal feed. The characteristic of food waste and loss generation are shown in Figure 1-2.

TABLE I: THE FOOD LOST AND WASTE IN A LARGE VEGETABLE MARKET

Vegetable types	Total Product (Kg/day)	Total Food waste (Kg/day)	Loss Percentage (%)
Cabbage	4,500	900	20
Lettuce	5,500	1,375	25



Fig 1 Characteristic of food waste generation in a large vegetable market



Fig.2 Characteristic of food loss generation in a large vegetable market

B. Characteristic of food waste in a large vegetable market

Table 2 presented the physical and chemical character characteristic of food waste in a large vegetable market. The results showed that the values of density, moisture, volatile solid, ash, carbon, hydrogen, and total solid were 154 kg/m³, 96 %, 23.46%, 74.62 %, 18.56 %, 18.56 % and 4.5 %, respectively. For health metal values including cadmium, chromium, lead, arsenic and zinc contamination in the vegetable waste found that the values of all health metal was acceptable with the soil quality standard form Thai National Environmental Committee [11]. Hence, the food waste of this market should be applied for fertilizer and biogas production.

TABLE 2: CHARACTERISTIC OF FOOD WASTE IN A LARGE VEGETABLE MARKET

Parameters	Values
Density (kg/m ³)	154
Moisture (%)	96
Volatile solid (%)	23.46
Ash (%)	74.62
Carbon (%)	18.56
Hydrogen (%)	18.56
Total solid (%)	4.5
Heavy metal (mg/kg)	
- cadmium	9.12
- Chromium	16.91
- Lead	12.30
- Arsenic	18.90
- Zinc	13.20

C. Choice of food waste management in a large vegetable market

From the result of situation analysis of a large vegetable market, physical and chemical characteristic of food waste and food loss and waste value of a large vegetable market with the recommendation of guidelines on disposal technologies from European country [9] and the brainstorming with environmental, market management, technology management experts and market owner was proposed the three choices of waste management in a large vegetable market following:

1) Fertilizer production: the finding of high carbon value (> 8 %) in this food waste was strongly enough for material of soil amendment. In addition, the heavy metal contamination of this food waste was low value. Hence, the potential of this choice was high performance with low cost operation [12].

2) Biogas production: the potential choice of food waste management with biogas production in this waste was high performance with the high carbon value for biodegradation to energy production [13].

However, the issue of operation cost and environmental impact were concerned.

3) Refuse Derived Fuel (RDF) production: this choice is the novel model of food waste management for energy production. The improvement process of food waste from solid waste to heat energy was found in this choice [14]. The food waste in this market was transported to the private company. However, the waste collection system and transportation was generated for this choice support.

IV. CONCLUSION

This research was to develop the choice of food waste management for a large vegetable market in Thailand. The result showed that the main of vegetable product for the cutting process was cabbage and lettuce. For the food and food waste found that vegetable waste from this process was collected by the private sector for fertilizer production and animal feed. Moreover, the physical and chemical characteristics of food waste in this market were the high potential of application and were acceptable with the soil quality standard in the issue of heavy metal contamination. Finally, the fertilizer, biogas and refuse derived fuel productions were the high ability approach in the real situation for food waste management of vegetable market. However, this finding was the preliminary study of food waste management in this market. The advanced analysis in the cost operation and environmental impact should be concerned.

ACKNOWLEDGMENT

This research was supported by The Thailand Research Fund (contract reference number SRI6020205).

REFERENCES

- [1] T.P.T. Pham, R. Kaushik, G.K. Parshetti, R. Mahmood, and R. Balasubramanian, "Food waste-to-energy conversion technologies: current status and future directions," *Waste Management*, Vol. 38, pp. 399–408, 2015.
- [2] H. Huang, V. Singh, and N. Qureshi, "Butanol production from food waste: a novel process for producing sustainable energy and reducing 3 environmental pollution," *Biotechnology for Biofuels*, Vol. 8, pp. 147, 2015.
- [3] J.C. Buzby, and J. Hyman, "Total and per capita value of food loss in the United States," *Food Policy*, Vol. 37, pp. 561–570, 2012.
- [4] T. Garnett, "Food sustainability: problems, perspectives and solutions," *Proceedings of the Nutrition Society*, Vol. 72, pp. 29–39, 2013.
- [5] J. Gustavsson, C. Cederberg, U. Sonesson, R. Van Otterdijk, and A. Meybeck, A., *Global Food Losses and Food Waste. Extent, Causes and Prevention*. Swedish Institute for Food and Biotechnology (SIK), Gothenburg (Sweden), and FAO, Rome (Italy), 2011.
- [6] K. Scholz, M. Eriksson, and I. Strid I, Carbon footprint of supermarket food waste *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 94, pp. 56–65, 2015

- [7] R. Puangkeaw, C. Rattanapan, and W. Ounsaneha, "Option for Food Waste Management of Large Fresh Markets of Thailand: A Case Study of Central Fruit Market in Pathum Thani Province," *The 6th Academic Science and Technology Conference*, pp.553-558, 2018.
- [8] A. Bernstad, and J. la Cour Jansen. "Review of comparative LCAs of food waste management systems e current status and potential improvements," *Waste Management*, Vol. 32, pp. 2439-2455, 2012.
- [9] EC, "Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council Amending Directives 2008/98/EC on Waste", 94/62/EC on Packaging and Packaging Waste, 1999/31/EC on the Landfill of Waste, 2000/53/EC on End-of-life Vehicles, 2006/66/EC on Batteries and Accumulators and Waste Batteries and Accumulators, and 2012/19/EU on Waste Electrical and Electronic Equipment, 2014.
- [10] APHA. "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", 21s Edition, American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, Washington DC, 2005.
- [11] Thai National Environmental Committee, "Soil Quality Standard," Royal Thai Government Gazette, 2004.
- [12] K. Sharma, and V.K. Garg. "Management of food and vegetable processing waste spiked with buffalo waste using earthworms (*Eisenia fetida*)," *Environmental Science and Pollution Research*, Vol. 24, pp. 7829–7836, 2017.
- [13] A. Sharp, and J. Sang-Arun, "A Guide for Sustainable Urban Organic Waste Management in Thailand: Combining Food, Energy, and Climate Co-Benefits," Japan: Institute for Global Environmental Strategies, 2012.
- [14] S.A. Opatokun, A.M. Lopez-Sabiron, G. Ferreira, and V. Strezov, "Life Cycle Analysis of Energy Production from Food Waste through Anaerobic Digestion, Pyrolysis and Integrated Energy System," *Sustainability*, Vol. 9, pp. 1804, 2017.