



การสูญเสียอาหารและขยะอาหารในประเทศไทยและแนวทางการแก้ปัญหา

ขวัญกนิษฐ์ อินทรตระกูล¹ และ ณัฐฐา เพ็ญสุภา^{2*}

¹ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย จังหวัดเลย 42000

²ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

*Corresponding author: natthape@nu.ac.th

(Received November 11, 2020; Revised November 23, 2020; Accepted December 4, 2020)

บทคัดย่อ

ประเทศไทยเป็นประเทศผู้ผลิตและส่งออกผลิตภัณฑ์อาหารรายใหญ่ของโลก เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศที่มีความโดดเด่นด้านการทำเกษตรกรรมและแปรรูปอาหาร ในทุกขั้นตอนของห่วงโซ่อุปทานอาหาร (food supply chain) จะก่อให้เกิดการสูญเสียอาหารขึ้น ในบทความนี้จะกล่าวถึงนิยามของการสูญเสียอาหารและขยะอาหาร สถิติของการสูญเสียอาหารและสาเหตุการเกิดการสูญเสียอาหารและขยะอาหาร ผลกระทบของการสูญเสียอาหารและขยะอาหารต่อมนุษย์ในด้านสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจและสังคม และแนวทางการแก้ปัญหา เช่น การรณรงค์ และสร้างนโยบายเพื่อลดปริมาณการสูญเสียอาหารและขยะอาหาร เพื่อช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการสูญเสียอาหารที่อาจเกิดขึ้นทั่วโลก

คำสำคัญ: การสูญเสียอาหาร, ขยะอาหาร, สาเหตุของการเกิดขยะอาหาร, ผลกระทบของขยะอาหาร, แนวทางการแก้ปัญหาสำหรับ

Food Loss and Food Waste in Thailand and Direction for Amending

Kwankanit Intaratrakul¹ Nattha Pensupa^{2*}

¹Department of Science, Faculty of Science and Technology, Loei Rajabhat University, Loei 42000

²Department of Agro-Industry, Faculty of Agriculture, Natural resources and Environment, Naresuan University, 65000

*Corresponding author: natthape@nu.ac.th

(Received November 11, 2020; Revised November 23, 2020; Accepted December 4, 2020)

Abstract

Thailand is one of the biggest food producer and exporter in the world. The country is outstanding in agriculture and food processing. Food loss (FL) and food waste (FW) occur at every stage of the food supply chain. This article discusses definitions of FL and FW, statistics of FL, the causes of FL and FW. Impact of FL and FW on humans from environment perspective, economy perspectives, social perspective and the solutions to solve problems such as campaigning and creating policies to reduce FL and FW and solving the issues that arise from the loss of food that may occur around the world.

Keywords: Food loss (FL), Food waste (FW), Cause of food waste, Impact of food loss and food waste, Potential solution for food waste issue

บทนำ

การสูญเสียอาหารและขยะอาหารนับเป็นปัญหาใหญ่ที่ต้องการการจัดการอย่างเร่งด่วน เนื่องจากปัญหาที่เกิดขึ้นส่งผลกระทบต่อสังคม เศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม ในแต่ละปีเกิดการสูญเสียอาหารคิดเป็นอัตราส่วนประมาณ 1 ใน 3 ของผลผลิตที่ผลิตได้ ซึ่งปริมาณการสูญเสียอาหารสามารถนำไปใช้แก้ไขปัญหาคิวขาดแคลนอาหารทั่วโลก (world hunger) ในปัจจุบันมีประชากรทั่วโลกประมาณ 820 ล้านคน ประสบปัญหาขาดแคลนอาหาร ซึ่งส่วนมากอาศัยอยู่ในแถบทวีปแอฟริกาและเอเชีย ประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น สาธารณรัฐฟิลิปปินส์และสาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมามีค่า Global Hunger Index (GHI) ในระดับสูง คือ มีปัญหาด้านความขาดแคลนอาหารที่ต้องการการแก้ไขอย่างเร่งด่วน (Von Grebmer et al., 2019) ในขณะที่ประเทศไทยที่เป็นผู้ผลิตอาหารอันดับต้นของโลกมีค่า GHI ในระดับกลาง นอกจากนี้การสูญเสียอาหารทั่วโลกซึ่งมีปริมาณประมาณ 1,300 ล้านตัน จะกลายเป็นเศษอาหารเหลือทิ้ง ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบต่อมนุษย์ทั้งในด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม การจัดการปัญหาจึงต้องอาศัยการทำงานร่วมกันในทุกภาคส่วน เพื่อช่วยลดผลกระทบที่จะเกิดขึ้นได้

ขยะอาหารและการสูญเสียอาหาร

ขยะอาหารและการสูญเสียอาหารนั้น มีความคล้ายคลึงกันและอาจสร้างความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้ ในบทความนี้จะจำแนกขยะอาหารและการสูญเสียอาหารภายใต้นิยามขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization of the United Nations-FAO) ซึ่งใช้ขั้นตอนในการจำแนกดังนี้ การสูญเสียอาหาร หรือ “food loss” หมายถึงสิ่งหรือวัตถุดิบอาหารใดๆ ที่สูญเสียไปตั้งแต่การผลิตจนถึงก่อนถึงมือผู้บริโภค ส่วนอาหารหรือวัตถุดิบใดๆ ที่สูญเสียหรือถูกทิ้งในช่วงปลายห่วงโซ่อาหาร เช่น การสูญเสียอาหารหรือวัตถุดิบอาหารเมื่อถึงมือผู้บริโภคแล้วจะถูกเรียกว่า “ขยะอาหาร” หรือ “food waste” ดัง Figure 1

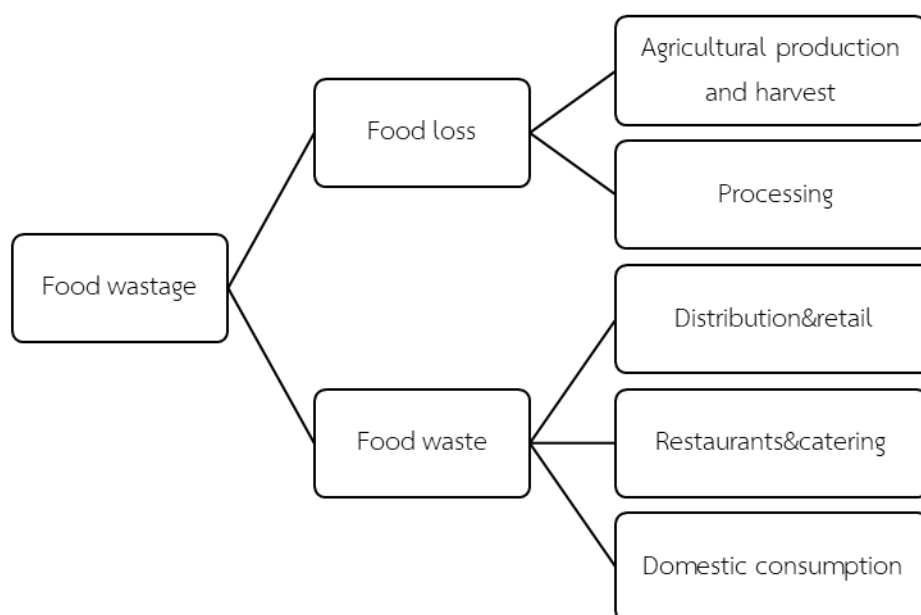


Figure 1 Food loss and food waste (FoodDrinkEurope, 2013)

ลักษณะของขยะอาหารและการสูญเสียอาหารนั้น จะมีความแตกต่างกันตามวัตถุดิบที่ใช้ในอุตสาหกรรม กรรมวิธีในการแปรรูปและระบบต่างๆในห่วงโซ่อุปทาน ในกรณีนี้ขอยกตัวอย่าง ดังนี้ อุตสาหกรรมอาหารที่ใช้พืชผัก ผลไม้เป็นวัตถุดิบในการผลิตจะมีการสูญเสียอาหารในขั้นตอนการเพาะปลูก เนื่องจากการเก็บเกี่ยวที่ไม่ถูกวิธี ทำให้ผลผลิตทางการเกษตรที่ได้มีลักษณะทางกายภาพที่ไม่เป็นที่ต้องการของโรงงาน มีรอยขีด ส่องผลให้เกิดการเสื่อมเสียของวัตถุดิบในเวลาต่อมา ในกระบวนการแปรรูปเองจะมีการคัดส่วนที่ไม่ต้องการออก ในขั้นตอนการขนส่งอาหารไปยังร้านค้าอาจเกิดการสูญเสียอาหารและขยะอาหารได้ หากมีระบบการขนส่งที่ไม่เหมาะสม ในกรณีที่สินค้าถึงมือผู้บริโภคแล้วจะมีการสูญเสียอาหารและขยะอาหารเกิดขึ้นเนื่องจากพฤติกรรมของผู้บริโภคเอง ส่วนการสูญเสียอาหารประเภทเนื้อสัตว์ จะเกิดการสูญเสียอาหารจากวัตถุดิบในขั้นตอนการผลิต เช่น สัตว์ตายในขั้นตอนการเพาะเลี้ยง หรือในระหว่างขนส่งไปโรงฆ่าสัตว์ สำหรับสัตว์น้ำอาจเกิดการสูญเสียในระหว่างการแช่แข็ง การบรรจุเพื่อขนส่งวัตถุดิบไปยังโรงงานผลิต เพื่อแปรรูปวัตถุดิบให้เป็นผลิตภัณฑ์ และในขั้นตอนการแปรรูปจะมีการตัดชิ้นส่วนที่ไม่ต้องการออก กระบวนการแปรรูปอาหารบางชนิดเช่น ไส้กรอกจะมีการสูญเสียจากการคัดชิ้นส่วนเฉพาะเพื่อผสมในผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตเองก็ทำให้เกิดการสูญเสียอาหารได้เช่นกัน

สถิติการสูญเสียอาหารและขยะอาหาร

จากข้อมูลของ FAO รายงานว่าปริมาณขยะอาหารมีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกปี โดยในปี ค.ศ. 2011 พบว่ามีการสูญเสียอาหารและวัตถุดิบอาหารกว่า 1.3 พันล้านตันต่อปี (Gustavsson et al., 2011) ปริมาณอาหารที่สูญเสียไปจากระบบห่วงโซ่อุปทาน และขยะอาหารที่เกิดขึ้นนั้น มีสาเหตุจากหลายปัจจัย เช่น ชนิดของวัตถุดิบอาหารและลักษณะของวัตถุดิบอาหาร เทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูป พฤติกรรมของผู้บริโภคและโครงสร้างพื้นฐานของประเทศนั้นๆ โดยลักษณะของวัตถุดิบอาหารมีผลต่อการสูญเสียและเสื่อมเสีย เช่น การผลิตอาหารตลอดห่วงโซ่อุปทานจากวัตถุดิบผักผลไม้ (fruit & vegetable) และพืชหัว (roots & tubers) จะมีการสูญเสียประมาณร้อยละ 40-50 วัตถุดิบอาหารประเภทธัญพืช (cereals) จะมีการสูญเสียเกิดขึ้นประมาณร้อยละ 30 ส่วนวัตถุดิบอาหารประเภทเนื้อสัตว์ นมและพืชน้ำมัน (oil seeds) มีการสูญเสียประมาณร้อยละ 20 วัตถุดิบอาหารทะเลและปลาจะมีการสูญเสียประมาณร้อยละ 35

Table 1 แสดงปริมาณการสูญเสียอาหารและวัตถุดิบอาหารต่าง ๆ ในปี ค.ศ. 2017 พบว่า เมื่อเวลาผ่านไปปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเพาะปลูกจนถึงการแปรรูปมีปริมาณลดลงอย่างเห็นได้ชัด อาหารประเภทผลไม้ เช่น แอปเปิ้ล กล้วย ส้มและสับปะรดมีปริมาณการสูญเสียอาหารประมาณ 12-19 % อาจเป็นเพราะเทคโนโลยีการเพาะปลูก แปรรูปและขนส่งที่ทำได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น อย่างไรก็ตาม ปริมาณของการสูญเสียจะขึ้นอยู่กับลักษณะของวัตถุดิบ ปริมาณการผลิต เทคโนโลยีการแปรรูปและการขนส่ง เพื่อการจัดจำหน่ายเทคโนโลยีในการแปรรูปและโครงสร้างพื้นฐานนั้นมีส่วนสำคัญที่ก่อให้เกิดการสูญเสียอาหารและวัตถุดิบอาหารอย่างมาก เช่น ข้าวบาร์เลย์และผลิตภัณฑ์จากข้าวบาร์เลย์ที่มีปริมาณการสูญเสียอาหารสูงถึง 68 % เนื่องจากธรรมชาติของผลิตภัณฑ์อาหารประเภทนี้ เป็นอาหารที่ให้พลังงานและมีองค์ประกอบที่เป็นคาร์โบไฮเดรตอยู่มาก จึงง่ายต่อการเจริญของจุลินทรีย์ ซึ่งอาจจะก่อให้เกิดการเน่าเสียได้ ในขณะที่อ้อยเป็นพืชที่ให้พลังงานและมีปริมาณน้ำตาลสูง แต่มีปริมาณการสูญเสียอาหารเพียง 11 % เนื่องจากการแปรรูปหลังการเก็บเกี่ยวต้องทำทันที เทคโนโลยีที่ใช้ผลิตน้ำตาลสามารถลดการเจริญของจุลินทรีย์ได้ และมีการนำส่วนต่าง ๆ ไปใช้ประโยชน์ต่อ ทำให้มีปริมาณการสูญเสียอาหารน้อยเมื่อเทียบกับข้าวบาร์เลย์และผลิตภัณฑ์จากข้าวบาร์เลย์

Table 1 Global food production and food loss (FAO, 2017)

Item	Value	Value	%loss
Apples and products	63043	7644	12.13
Bananas	88433	17039	19.27
Barley and products	7889	5035	63.82
Beans	19020	1703	8.95
Cassava and products	101745	29310	28.81
Cereals, Other	6977	1392	19.95
Citrus, Other	11560	1461	12.64
Cocoa Beans and products	300	136	45.33
Coconuts - Incl Copra	20956	3603	17.19
Dates	6996	670	9.58
Fats, Animals, Raw	6897	1440	20.88
Fruits, Other	193395	22246	11.50
Groundnuts (Shelled Eq)	17932	2493	13.90
Lemons, Limes and products	13751	1813	13.18
Maize and products	144291	63102	43.73
Mutton & Goat Meat	13705	631	4.60
Onions	87701	8069	9.20
Oranges, Mandarines	85949	10452	12.16
Pepper	550	39	7.09
Pineapples and products	20925	3966	18.95
Potatoes and products	246667	40127	16.27
Poultry Meat	111837	2926	2.62
Rice and products	600013	41050	6.84
Roots, Other	14213	3247	22.85
Sesame seed	1352	341	25.22
Soybeans	10411	4613	44.31
Spices, Other	6482	472	7.28
Sugarcane	118887	13319	11.20
Sunflower seed	1360	486	35.74
Sweet potatoes	58014	9232	15.91
Tomatoes and products	153366	17599	11.48
Vegetables, Other	806677	91851	11.39
Wheat and products	483505	26397	5.46

การแปรรูปในอุตสาหกรรมอาหารจะให้ผลพลอยได้และของเสียออกจากกระบวนการที่ต่างกัน (Table 2)

Table 2 Type of Food loss and Food waste from different food processing

Food processing	Type of food loss and food waste
Cereals	Hull, hulk, bran and outer peel
Fruits and vegetables	Unwanted part, peel, pomace, seed, stem and fiber
Poultry	Skin, bone, blood, feather and offal
Fisheries	Viscera, head, bone, blood and shell
Dairy	Whey and lactose

สาเหตุการเกิดการสูญเสียอาหารและขยะอาหาร

สาเหตุของการสูญเสียอาหารและขยะอาหารนั้น มีสาเหตุหลักมาจากประเภทวัตถุดิบ เทคโนโลยี และพฤติกรรมของผู้บริโภค หากพิจารณาตามขั้นตอนในห่วงโซ่อุปทานอาหารแบ่งสาเหตุการสูญเสียอาหารและขยะอาหารได้เป็น 5 ช่วง ดังนี้

- 1) การสูญเสียอาหารในขั้นตอนการผลิต
- 2) การสูญเสียอาหารในขั้นตอนการเก็บรักษา
- 3) การสูญเสียอาหารในขั้นตอนการแปรรูปและบรรจุ
- 4) การสูญเสียอาหารในขั้นตอนการขนส่งและจัดจำหน่าย
- 5) การสูญเสียอาหารเมื่อถึงมือผู้บริโภค

โดยการสูญเสียอาหารในขั้นตอนการผลิตอาจมีสาเหตุหลายประการ เช่น ข้อจำกัดด้านโครงสร้างพื้นฐาน ปริมาณน้ำ การใส่ปุ๋ยที่ไม่เพียงพอ ระยะเวลาในการเก็บเกี่ยว อุปกรณ์และเทคโนโลยีที่ใช้ในการเก็บเกี่ยว อาจทำให้ผลิตผลทางการเกษตรออกมาไม่ได้ตามมาตรฐาน การปรับเปลี่ยนมาตรฐานการรับวัตถุดิบของโรงงานแปรรูปให้สูงขึ้นก็มีส่วนทำให้เกิดการสูญเสียอาหาร อีกทั้งหากมีตัวเลือกว่าวัตถุดิบอาหารอื่น ซึ่งสามารถทดแทนวัตถุดิบอาหารเดิมในราคาต้นทุนที่ต่ำกว่าก็จะส่งผลให้เกิดการปฏิเสธการรับวัตถุดิบจากเกษตรกรทำให้เกิดการสูญเสียอาหารได้เช่นเดียวกัน

สาเหตุของการสูญเสียอาหารในขั้นตอนการเก็บรักษาอาจเกิดจากลักษณะของวัตถุดิบอาหาร เนื่องจากประเภทของวัตถุดิบอาหารที่แตกต่างกัน มีสถานะที่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสีย และต้องการเทคโนโลยีในการเก็บรักษาและแปรรูปที่ต่างกันด้วย เช่น วัตถุดิบเนื้อสัตว์ อาหารทะเล เป็นวัตถุดิบอาหารที่มีความชื้นสูง อุดมไปด้วยโปรตีน ไขมัน ง่ายต่อการเจริญของจุลินทรีย์หากไม่ได้รับการเก็บรักษาในอุณหภูมิที่ถูกต้อง นอกจากนี้ วัตถุดิบเนื้อสัตว์มักเกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายตัวเอง (Autolysis) และการรวมตัวกับออกซิเจนของไขมันเกิดเป็นสารเอมีน แอมโมเนีย ไตรเมทิลเอมีน ซึ่งทำให้มีกลิ่นไม่พึงประสงค์ โรงงานผลิตอาหารจึงปฏิเสธวัตถุดิบอาหารเหล่านี้หากระบบขนส่งวัตถุดิบไม่ได้มีการควบคุมอุณหภูมิ ในทางกลับกันหากวัตถุดิบอาหารนั้นเป็นธัญพืช ที่อุดมไปด้วยโปรตีน แต่มีความชื้นต่ำ เช่น วัตถุดิบประเภทถั่ว การขนส่งไม่ต้องการการควบคุมอุณหภูมิแต่มีข้อกำหนดเรื่องความชื้นของวัตถุดิบ เนื่องจากอาจมีการปนเปื้อนของสปอร์เชื้อราได้

ในขั้นตอนการแปรรูปและบรรจุสามารถก่อให้เกิดการสูญเสียอาหารได้ เนื่องจากในขั้นตอนการแปรรูปจะมีการตัดชิ้นส่วนที่ไม่ต้องการออก เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเหมือนกันและได้มาตรฐาน นอกจากนี้ หากมีการขัดข้องของเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการแปรรูปย่อมส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้เกิดการปนเปื้อน



มีคุณลักษณะไม่ตรงตามความต้องการ หรือมีคุณภาพต่ำกว่าข้อกำหนด ทำให้ต้องนำผลิตภัณฑ์นั้นไปทิ้งหรือทำลาย

การสูญเสียอาหารและวัตถุดิบอาหารในประเทศกำลังพัฒนามถึงประเทศไทยคิดเป็นร้อยละ 44 ของการสูญเสียอาหารของโลก โดยการสูญเสียอาหารจะเกิดขึ้นในกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยว (post-harvest) และในขั้นตอนการแปรรูป (processing) เนื่องจากไม่มีเทคโนโลยีในการผลิตที่ช่วยลดการสูญเสีย/เสื่อมเสียของวัตถุดิบได้ (Ishangulyyev et al., 2019) ในทางกลับกันการสูญเสียอาหารและวัตถุดิบอาหารในประเทศอุตสาหกรรมใหม่ (Newly Industrialized countries, NIC) มีปริมาณการสูญเสียอาหารคิดเป็นร้อยละ 56 ของการสูญเสียอาหารทั่วโลก ซึ่งส่วนมากการสูญเสียอาหารจะเกิดขึ้นช่วงปลายน้ำ (ร้อยละ 40) คือ เมื่ออาหารหรือวัตถุดิบอาหารถึงร้านค้าหรือถึงมือผู้บริโภคแล้ว พฤติกรรมการบริโภคของผู้บริโภคในประเทศอุตสาหกรรมใหม่นั้นเป็นตัวการสำคัญในการเกิดขยะอาหาร ประชาชนในกลุ่มประเทศยุโรปและอเมริกาเหนือทิ้งขยะอาหารปริมาณ 95-115 กิโลกรัม/คน/ปี ในขณะที่ประชากรที่อาศัยอยู่ในประเทศแถบแอฟริกาใต้ เอเชียใต้และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ทิ้งขยะอาหารปริมาณ 6-11 กิโลกรัม/คน/ปี (Gustavsson et al., 2011) พฤติกรรมของผู้บริโภคที่ทำให้เกิดการสูญเสียอาหารและขยะอาหาร เช่น พฤติกรรมการไม่ยอมรับสินค้าที่มีรูปร่างผิดปกติ คือ ทศนคติของผู้บริโภคที่ไม่ยอมรับสินค้าไม่มีรูปร่างแบบอุดมคติ เช่น แอปเปิ้ลหรือมะเขือเทศที่ไม่มีรูปร่างเป็นทรงกลมจะถูกคัดนำไปทิ้งเนื่องจากไม่มีผู้บริโภคซื้อสินค้านั้นๆ การจัดการสินค้าของร้านค้าที่ทำให้ผู้บริโภคเกิดความสับสนต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหาร (shelf-life) นอกจากนี้ การจัดการยุทธ์ทางการตลาดของร้านค้าเพื่อกระตุ้นการขายทำให้ผู้บริโภคซื้อสินค้ามากเกินไป ทำให้สินค้าหมดอายุก่อนการบริโภค (Ishangulyyev et al., 2019) รวมถึงข้อกำหนดในด้านความปลอดภัยอาหารและข้อกำหนดการกำจัดสินค้าอาหารที่ไม่เหมาะสมแก่การจำหน่ายของแต่ละบริษัทมีส่วนก่อให้เกิดขยะอาหารเพิ่มขึ้นได้ เช่น ไข่ไก่สภาพดีจากแพ็คเกจที่ชำรุดแตกหักไป สินค้าทั้งแพ็คเกจจะถูกกำจัดทิ้งที่สินค้าภายในไม่ได้เสื่อมเสีย หรือเสียหาย นอกจากนี้ ความเข้าใจที่ผิดพลาดเกี่ยวกับข้อมูลที่บรรจุภัณฑ์มีส่วนสำคัญที่ก่อให้เกิดขยะอาหาร เช่น ความสับสนระหว่างสัญลักษณ์ “ควรบริโภคก่อน” “Best before” หรือ “BB” กับสัญลักษณ์ “วันหมดอายุ” “Expiry date” หรือ “EXP” ซึ่งทั้งสองสัญลักษณ์นี้มีความแตกต่างกัน โดยสัญลักษณ์ “ควรบริโภคก่อน” นั้น หากเลยวันดังกล่าวสินค้าหรือผลิตภัณฑ์อาหารจะมีคุณภาพต่ำกว่าที่มาตรฐานของบริษัทกำหนด แต่สินค้านั้นๆ ยังไม่เสื่อมเสียสามารถนำไปบริโภคได้ ในขณะที่สัญลักษณ์ “วันหมดอายุ” หากเลยวันดังกล่าว สินค้าหรือผลิตภัณฑ์อาหารจะเสื่อมเสีย ก่อให้เกิดความเสี่ยงและเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค (Table 3)

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคม

ปัญหาเกี่ยวกับปริมาณขยะอาหารและการสูญเสียอาหารนั้น ส่งผลกระทบต่อทั้งด้านสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจและสังคม โดยในส่วนจะกล่าวถึงผลกระทบของปริมาณขยะอาหารและการสูญเสียอาหารต่อสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างแรก ปริมาณขยะอาหารและการสูญเสียอาหารที่เกิดขึ้นนั้นส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในหลายๆ ด้าน เช่น การจัดการขยะอาหารด้วยการฝังกลบ (landfilling) จะก่อให้เกิดปริมาณก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gas, GHG) เช่น ก๊าซมีเทนซึ่งมี global warming potential สูงกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 25 เท่า นอกจากนี้ ยังพบก๊าซในกลุ่มไนโตรเจนออกไซด์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ปนอยู่ด้วย ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากขยะอาหารทั่วโลกมีปริมาณสูงถึง 3.6 พันล้านตัน คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (carbon dioxide equivalent, CO₂ eq.) ต่อปี และเมื่อรวมก๊าซเรือนกระจกที่มีสาเหตุมาจากการใช้พื้นที่เพาะปลูก

Table 3 Possible Causes of Food loss and Food Waste (Ishangulyyev et al., 2019)

Production Stage	Handling and Storage Stage	Processing and Packaging Stage	Distribution and Marketing Stage	Consumption Stage
• Infrastructural limitation • Over Production • Harvesting timing • Harvesting method (mechanical versus manual) • Pesticides and fertilizers • Economic problems • Quality Standards • Choice of variety	• Degradation and spillage according to product characteristics • Transportation from farm to distribution • Storage infrastructure	• Unavoidable losses • Technical inefficiencies and malfunctions • Methods and changes in processing lines • Contamination in processing lines • Legislation restrictions • Packaging system • Overproduction	• Inappropriate conveyance conditions • (temperature-controlled aircrafts and ships) • Contamination of transportation • Transportation and market facilities • Road and distribution vehicles • Business Rule • Packaging management • Commercial conditions • Consumer Reference	• Household size and composition • Household income • Household demographics • Household culture • Individual attitude • Cooking process and method, storage in household, over cooking

จะทำให้มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงถึง 4.4 พันล้านตัน คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี (Wieben, 2017) วัตถุประสงค์อาหารแต่ละประเภทมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่แตกต่างกัน วัตถุประสงค์อาหารประเภทผักผลไม้ และพืชหัวจะปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำเมื่อเทียบกับวัตถุประสงค์อาหารประเภทอื่น ในขณะที่วัตถุประสงค์อาหารประเภทเนื้อสัตว์จะมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่า เช่น มูลของสัตว์จะมี ก๊าซมีเทนปนมาด้วย เนื่องจากระบบย่อยอาหารของสัตว์ นอกจากนี้ ขั้นตอนในการผลิตอาหารสัตว์ยังก่อให้เกิดไนตรัสออกไซด์ (nitrous oxide) ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกที่มี global warming potential สูงกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ถึง 298 เท่า วัตถุประสงค์อาหารประเภทเนื้อปลาและสัตว์น้ำจะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงการขนส่ง (FAO., 2013) สำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อม (Environmental Protection Agency -EPA) ซึ่งเป็นหน่วยงานระดับประเทศ หรือระดับรัฐบาลกลางของประเทศสหรัฐอเมริกาใช้วิธีการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการฝังกลบขยะ 1 ตัน ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก 2.94 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (United_States_Environmental_Protection_Agency, 2020) ดังนั้น หากคำนวณจากปริมาณการสูญเสียอาหาร 1.3 พันล้านตัน เมื่อฝังกลบจะก่อให้เกิดปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก 3.82 พันล้านตัน คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งคิดเป็น 6% ของก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปลดปล่อยทั่วโลก ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปลดปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศจะทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกและทำให้อุณหภูมิของโลกเพิ่มสูงขึ้น

นอกจากนี้ การผลิตวัตถุประสงค์อาหาร 1.3 พันล้านตัน ต้องใช้ทรัพยากรน้ำประมาณ 170 ล้านล้านลิตรต่อปี คิดเป็นปริมาณน้ำ 24% ของน้ำที่ใช้ในการเกษตรทั่วโลก และต้องใช้พื้นที่เพาะปลูกกว่า 30% ในการผลิตวัตถุประสงค์อาหารในปริมาณดังกล่าว ความต้องการในการใช้พื้นที่ในการเพาะปลูกยังส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ ก่อให้เกิดปัญหาการรุกรานป่าซึ่งจะทำให้สัตว์กว่า 66% เสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ (FAO., 2013)

ในด้านเศรษฐกิจพบว่าในปีค.ศ. 2011 มูลค่าของอาหารที่สูญเสียไปมีมูลค่ากว่า 6.8 แสนล้านดอลลาร์สหรัฐ จากประเทศอุตสาหกรรมใหม่ และ 3.1 แสนล้านดอลลาร์สหรัฐจากประเทศกำลังพัฒนา ในปี ค.ศ. 2014 มีมูลค่าสูงถึง 7.5 ล้านล้านดอลลาร์สหรัฐ (FAO, 2014) มูลค่าการสูญเสียนี้ ยังไม่รวมถึงการสูญเสียทางเศรษฐกิจที่เกิดจากผลกระทบของขยะอาหารต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจโดยรวมของโลก

ปัญหาเกี่ยวกับการจัดการเรื่องขยะอาหาร (food waste) และการสูญเสียอาหาร (food loss) นับว่าเป็นเรื่องที่มีความสำคัญซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์และสังคม การกล่าวถึงขยะอาหารเริ่มตั้งแต่ปี ค.ศ. 1945 โดย Daniel และคณะ (1945) ที่กล่าวถึงวิธีการควบคุมขยะอาหารในยุคสิ้นสุดของสงครามโลกครั้งที่ 2 (Daniel, 1945) ในบทความได้เน้นให้ตระหนักถึงความสำคัญของการใช้ทรัพยากรให้คุ้มค่า ต่อมาในปี ค.ศ. 1946 จึงมีการกล่าวถึงผลกระทบของขยะอาหารและการสูญเสียอาหารต่อสิ่งแวดล้อม โดย Cohn และคณะ (1946) ได้กล่าวถึงผลกระทบของขยะอาหารต่อสิ่งแวดล้อมและระบบบำบัดน้ำเสีย (Cohn, 1946) และในปีค.ศ. 1952 จึงมีการศึกษาใช้ประโยชน์จากของเหลือจากอุตสาหกรรมอาหาร (Murdock, 1952) โดยมีการใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การใช้ Peanut protein waste liquor จากอุตสาหกรรมเป็นแหล่งอาหารในการเพาะเลี้ยงเชื้อยีสต์ (Klatt et al., 1945) การสกัด chitin และ chitosan เพื่อประยุกต์ใช้ในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย (Knorr, 1991) การผลิต hydrocolloid จาก acid whey (Martino et al., 1991) การสกัดโปรตีนจาก fish viscera (Gildberg, 1992) เป็นต้น ซึ่งปัจจุบันมีแนวโน้มการศึกษาเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือทิ้งจากการแปรรูปในอุตสาหกรรมอาหารเพิ่มสูงขึ้น (Figure 2) โดยในปี ค.ศ. 2020 มีการตีพิมพ์บทความเกี่ยวกับการสูญเสียอาหารและการใช้ประโยชน์จากของเหลือจากการแปรรูปอาหารถึง 3,086 บทความใน Scopus Database ซึ่งส่วนใหญ่เป็นบทความจากประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน สาธารณรัฐอินเดียและสหรัฐอเมริกา ส่วนประเทศไทยที่เป็นประเทศผู้ผลิตสินค้าเกษตรบริโภคและส่งออกมีบทความเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ที่ฐานข้อมูลของ Scopus เพียง 56 บทความเมื่อเทียบกับประเทศในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้นับเป็นอันดับสามรองจากประเทศมาเลเซียและสาธารณรัฐอินโดนีเซียที่มีการตีพิมพ์บทความด้านนี้ในฐานข้อมูล (Figure 2)

ประเทศไทยกับการแก้ปัญหาด้านการสูญเสียอาหารและขยะอาหาร

การสูญเสียอาหารหรือวัตถุดิบอาหารในประเทศไทยในปี ค.ศ. 2017 มีปริมาณสูงถึง 6.96 ล้านตัน (FAO, 2017) แต่ประเทศไทยไม่มีการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับขยะอาหารที่เกิดขึ้น มีเพียงสถิติปริมาณขยะมูลฝอยจากชุมชนที่รวบรวมข้อมูลโดยเทศบาล ซึ่งมีปริมาณขยะอินทรีย์ (ขยะอาหาร) คิดเป็น 64% ของปริมาณขยะมูลฝอยทั้งหมด ในปี พ.ศ. 2561 ปริมาณขยะมูลฝอยในประเทศไทยมีปริมาณ 27.93 ล้านตัน หรือประมาณ 76,529 ตันต่อวัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2561) คิดเป็นปริมาณขยะอาหารหรือขยะอินทรีย์ 17.87 ล้านตันต่อปี ซึ่งข้อมูลนี้ไม่รวมถึงขยะอาหารที่ภาคธุรกิจจ้างบริษัทเอกชนเข้ามาจัดการ การจัดการขยะมูลฝอยประมาณ 9.76 ล้านตันจะเข้าสู่ระบบการรีไซเคิล และขยะมูลฝอยประมาณ 10.85 ล้านตันจะถูกนำไปกำจัดด้วยการฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาลหรือการเผาในเตาควบคุม ส่วนปริมาณขยะมูลฝอยอีก 7.32 ล้านตันถูกนำไปทิ้งที่แหล่งทิ้งโดยเทกองรวมกันไม่มีการควบคุม ซึ่งการจัดการขยะแบบนี้ทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมและก่อให้เกิดมลพิษต่อผู้ที่อยู่อาศัยในบริเวณใกล้เคียง เช่น การกระจายของเชื้อโรคต่าง ๆ ปนเปื้อนลงสู่ดินและแหล่งน้ำ

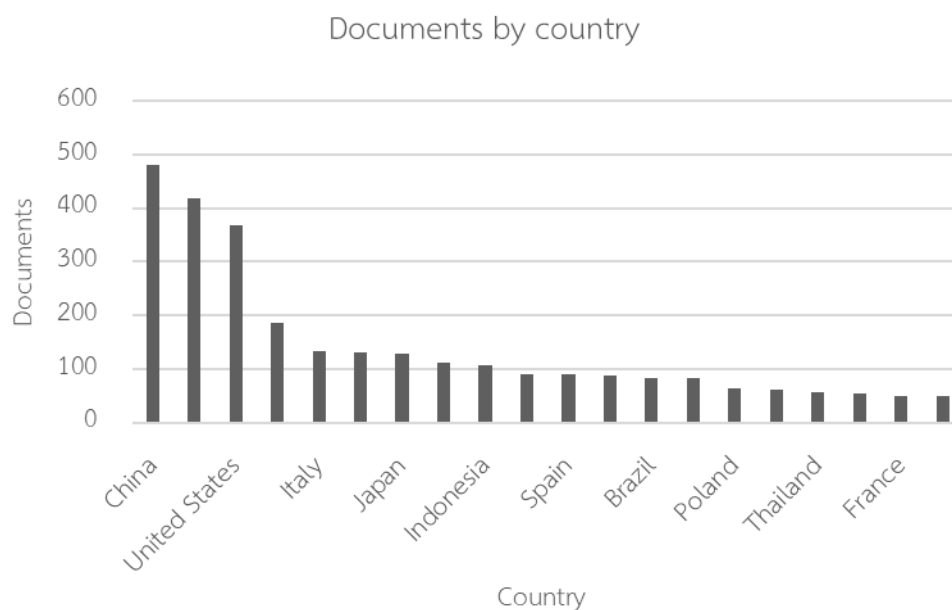


Figure 2 Trend food waste utilization

สาเหตุของปัญหาการสูญเสียอาหารและการเกิดขยะอาหารในประเทศไทยนั้น มีสาเหตุหลายประการ เช่น สภาพภูมิอากาศ ประเทศไทยเป็นประเทศเขตร้อนชื้น จึงมักประสบปัญหาอาหารเสื่อมเสียเร็วเนื่องจากจุลินทรีย์มีการเจริญของอย่างรวดเร็วในอาหาร หากไม่มีการควบคุมสภาวะในการเก็บรักษาที่ถูกต้องปัญหาด้านเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวและเทคโนโลยีการการผลิตมีส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดการสูญเสียอาหาร เช่น การตัดชิ้นส่วนที่ไม่ได้มาตรฐานโรงงาน แต่ยังเป็นชิ้นส่วนอาหารที่สามารถนำไปบริโภคได้และมีคุณค่าทางโภชนาการออก นอกจากนี้ หากพิจารณาจากปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับผู้บริโภคพบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ขาดความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาการสูญเสียอาหารและการเกิดขยะอาหาร และไม่มีความรู้เกี่ยวกับการลดขยะอาหาร การแยกขยะและการจัดการขยะอาหารหรืออาหารส่วนเกิน ซึ่งสาเหตุเหล่านี้ทำให้ประเทศไทยมีขยะอาหารจำนวนมากที่ปะปนอยู่กับขยะมูลฝอย ทำให้ปริมาณขยะที่ต้องฝังกลบมีมากเกินไปจนขีดจำกัดในการจัดการขยะชุมชนของสถานีกำจัดขยะ ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมและมลพิษตามมา

ปัญหาเกี่ยวกับปริมาณขยะอาหารและการสูญเสียอาหารที่เกิดขึ้นในประเทศไทยส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจและสังคมเช่นเดียวกับทุกประเทศทั่วโลก ดังนั้น การจัดการปัญหาขยะอาหารนั้นใช้หลักการการจัดการของเสีย ซึ่งมีแนวทางการดำเนินการตาม Figure 3 โดยการจัดการที่ดีที่สุด คือ การลดปริมาณขยะและป้องกันการเกิดขยะอาหาร ในขั้นตอนนี้ต้องใช้การทำงานร่วมกันระหว่างหน่วยงานของรัฐและเอกชน แม้ว่าประเทศไทยยังไม่มีกฎหมายที่ออกมากำกับดูแลเรื่องการจัดการด้านการสูญเสียอาหารและขยะอาหารอย่างชัดเจน (Pollution Control Department, 2004) อย่างไรก็ตามรัฐบาลมีความตื่นตัวเกี่ยวกับปัญหาด้านการสูญเสียอาหารและการเกิดขยะอาหาร โดยจัดให้มีการบรรจุปัญหาด้านขยะอาหารไว้ในแผนขับเคลื่อนแผนขับเคลื่อนการผลิตและการบริโภคที่ยั่งยืน พ.ศ. 2560 – 2579 (Sustainable Consumption and production roadmap 2017 – 2036) โดยในภาคเกษตรกรรมและอาหารมีเป้าหมายลดความสูญเสียตลอดห่วงโซ่การผลิตอาหาร 5% ต่อปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2563– 2579 ส่วนภาคเอกชน ผู้ผลิตอาหารต่างๆ มีส่วนร่วมในการลดปริมาณขยะอาหารได้ โดยการคำนวณการผลิตที่เหมาะสมต่อการบริโภค เช่นเดียวกับประชาชนทั่วไป

สามารถลดปริมาณขยะอาหารที่เกิดขึ้นได้โดยการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมผู้บริโภค วางแผนการซื้อและบริโภคสินค้า การบริจาคอาหารส่วนเกินให้กับมูลนิธิเป็นอีกขั้นตอนหนึ่งที่สามารถช่วยลดปริมาณการสูญเสียอาหารและขยะอาหารได้ โดยประเทศไทยมีองค์กรอิสระ เช่น มูลนิธิไทยเอสโอเอส (Scholars of Sustenance, SOS) รับบริจาคอาหารส่วนเกินจากร้านค้า โรงแรมและร้านค้าปลีกขนาดใหญ่ส่งต่ออาหารส่วนเกินที่จำหน่ายไม่หมดไปยังกลุ่มคนที่ไม่สามารถเข้าถึงอาหารได้ ซึ่งโครงการนี้จะให้ความรู้ในด้านความปลอดภัยอาหาร ขั้นตอนการปฏิบัติในการบรรจุ การขนส่งผลิตภัณฑ์ให้กับผู้บริจาคและผู้รับบริจาค นอกจากนี้ยังมีมูลนิธิกระจกเงาที่รับบริจาคอาหารแห้งและส่งต่อไปยังผู้ขาดแคลน

การจัดการในส่วนต่อมา คือ การนำขยะอาหารหรืออาหารที่สูญเสียไปในขั้นตอนการผลิตไป ทำให้เกิดประโยชน์ เช่น นำไปผลิตวัสดุก่อสร้าง (Panyakaew & Fotios, 2008; Wilaipon, 2009) นำไปเป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์ อาหารแมลง (Halloran et al., 2017) นำไปทำปุ๋ย (Sihanonth et al., 2006) น้ำหมักชีวภาพ (Chanwichit, 2019) ซึ่งเป็นการจัดการที่ไม่ใช้เทคโนโลยีสูง อย่างไรก็ตามวัสดุอาหารที่ถูกทิ้งในระหว่างขั้นตอนการผลิตนั้นยังมีคุณค่าทางโภชนาการ จึงมีการนำวัตถุดิบดังกล่าวมาสกัดสารสำคัญ เช่น สารสกัดแกมมาออริซานอลจากกากข้าว (Sukonthamut et al., 2014) โปรตีนไฮโดรไลเสทจากรำสกัดน้ำมัน (Pantao et al., 2020) หรือใช้เป็นแหล่งคาร์บอนในกระบวนการหมักเพิ่มผลิตสารเมตาบอไลต์ที่มีมูลค่าสูง (Kanchanasuta & Pisutpaisal, 2017; Koido et al., 2018) การนำเอาขยะอาหารไปใช้ให้เกิดประโยชน์นั้นมีข้อจำกัด คือ ความหลากหลายของวัตถุดิบที่อยู่ในผลิตภัณฑ์อาหาร จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาเทคโนโลยีในการแยกขยะให้สามารถรวบรวมวัตถุดิบคล้ายกัน เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ได้

นอกจากนี้ ขยะอาหารยังสามารถถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานได้ เช่น ก๊าซชีวภาพ (Biogas) (Koido et al., 2018; Ratanatamskul & Manpetch, 2016) เอทานอล (Bioethanol) (Silalertruksa et al., 2015) หรือเผาเพื่อผลิตเป็นพลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้า (Kongprasert et al., 2019; Prasertsan & Sajjakulnukit, 2006) ซึ่งในส่วนของการเผาเพื่อผลิตพลังงานจำเป็นต้องมีการกำหนดปริมาณความชื้นโดยการทำแห้งก่อนเข้าเตาเผา เพื่อไม่ให้เตาเผาใช้พลังงานสูงเกินไปและส่วนที่เหลือจากการเผาก็จะนำไปฝังกลบ

โดยสรุปแนวทางในการแก้ปัญหาการสูญเสียอาหารและขยะอาหารอาจแบ่งได้เป็น 3 แนวทางหลักดังแสดงใน Figure 4 คือ การแก้ปัญหาด้วยเทคโนโลยี (Technological Solutions) การปรับเปลี่ยนวัฒนธรรมและพฤติกรรม และการแก้ปัญหาโดยการออกกฎหรือข้อกำหนด (Policy Solutions and recommendations) (Vilarinho et al., 2017) การใช้เทคโนโลยีเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ ลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียของอาหาร ใช้เทคโนโลยีในการควบคุมเก็บรักษาผลิตภัณฑ์และขนส่ง เพื่อให้เกิดการเสื่อมเสียหรือการขาดของผลิตภัณฑ์น้อยที่สุด ในส่วนการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมผู้บริโภค จะเริ่มจากร่างความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาการสูญเสียอาหารและผลกระทบต่อมนุษย์ทั้งทางตรงและทางอ้อม รวมถึงการให้ความรู้เกี่ยวกับการจัดการขยะอาหาร ส่วนสุดท้าย คือ การออกกฎระเบียบ เช่น ออกกฎระเบียบที่มีการบังคับใช้บทลงโทษเมื่อมีการจัดการขยะไม่ถูกวิธีและส่งผลกระทบต่อชุมชน เพิ่มอัตราค่าธรรมเนียมในการจัดการขยะ ออกกฎคุ้มครองผู้บริจาคอาหารส่วนเกินให้มูลนิธิ หรือออกแนวปฏิบัติเพื่อสร้างแรงจูงใจ เช่น ลดหย่อนภาษีให้กับผู้บริจาคอาหาร

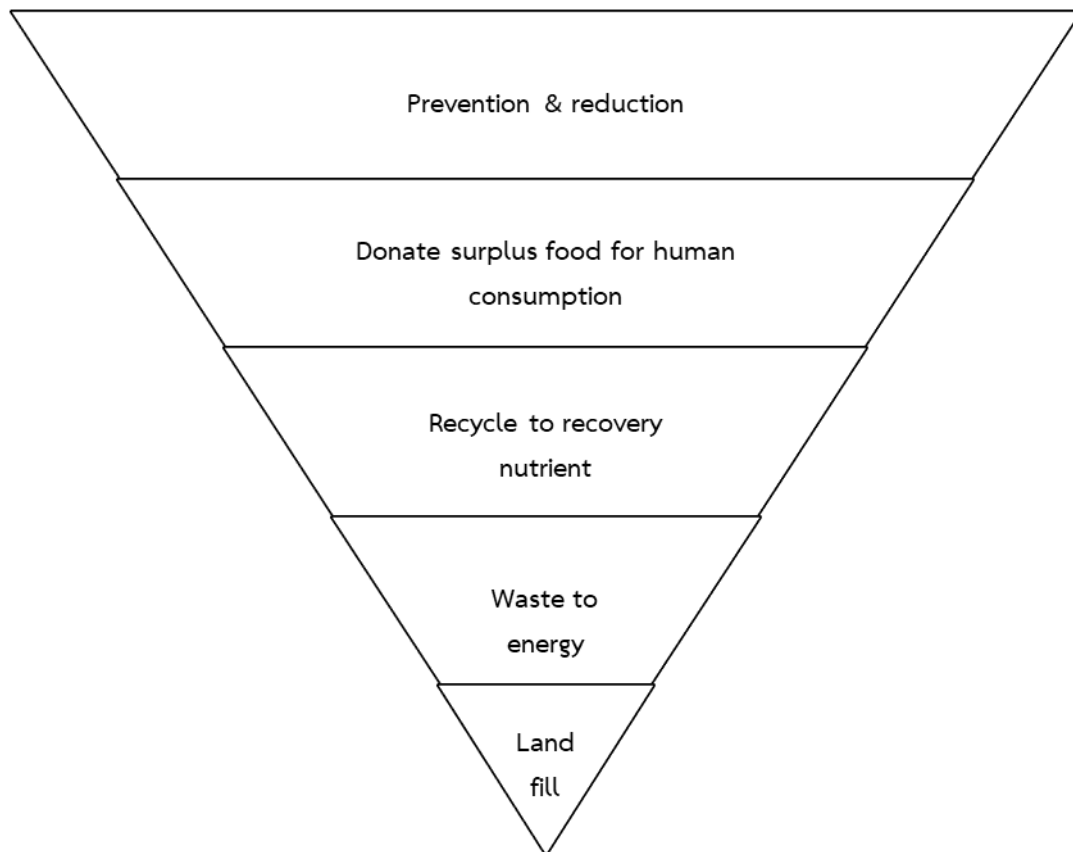


Figure 3 Food loss and food waste management

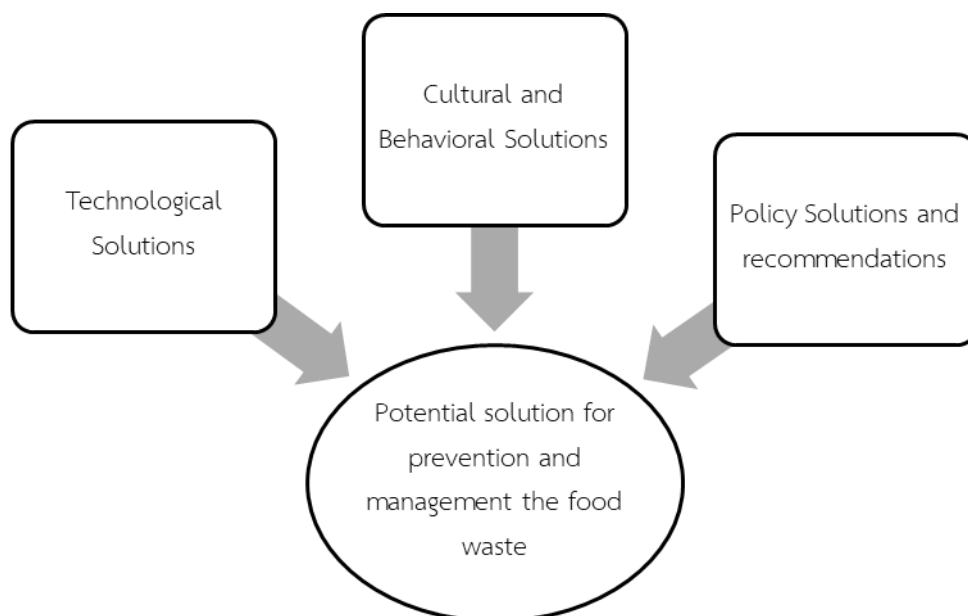


Figure 4 Potential solution for prevention and management the food waste

สรุป

ปัญหาเกี่ยวกับสูญเสียอาหารและอาหารเหลือทิ้งนั้น นับว่าเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบอย่างมากทั้งด้านสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคม ซึ่งสาเหตุของการสูญเสียอาหารและการเกิดขยะอาหารส่วนหนึ่งเกิดจากพฤติกรรมของมนุษย์ การแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นสามารถทำได้ในระดับครอบครัวคือประเมินการบริโภคและวางแผนการซื้ออาหารให้เหมาะสมต่อการบริโภคก็สามารถช่วยลดปริมาณการเกิดขยะอาหารได้ สาเหตุการสูญเสียอาหารมีสาเหตุจากลักษณะของวัตถุดิบ เทคโนโลยีที่ใช้ในการเก็บเกี่ยว เทคโนโลยีที่ใช้ในการแปรรูปและขนส่งอาหาร หากมีการพัฒนาในด้านเทคโนโลยีและโครงสร้างพื้นฐานจะสามารถลดการสูญเสียอาหารที่เกิดขึ้นได้ ปัจจุบันมีการจัดการเกี่ยวกับการสูญเสียอาหาร เช่น การนำผลพลอยได้จากการแปรรูปและการจัดการแปลงปลูกไปใช้ประโยชน์ด้านพลังงาน หรือสกัดสารสำคัญเพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ ส่วนการจัดการเกี่ยวกับขยะอาหารยังมีหน่วยงานที่จัดการด้านนี้น้อยและไม่ทั่วถึงจึงยังไม่ส่งผลกระทบโดยกว้าง การแก้ไขหรือลดปัญหาเกี่ยวกับการสูญเสียอาหารและขยะอาหารนั้น ต้องอาศัยความร่วมมือของทุกภาคส่วนทั้งภาครัฐ เอกชนและประชาชน ในส่วนการทำงานของภาครัฐควรมุ่งเน้นการออกกฎระเบียบการจัดการของเหลือจากห่วงโซ่อุปทาน การประกาศระเบียบข้อบังคับหรือข้อตกลงเพื่อสนับสนุนการผลิตอาหารโดยใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า สนับสนุนการบริจาคอาหารส่วนเกินให้มูลนิธิเพื่อส่งต่อให้ผู้ที่ต้องการ พัฒนาระบบโครงสร้างพื้นฐานและรณรงค์ให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการลดปริมาณขยะอาหารอย่างยั่งยืน บริษัทผู้ผลิตอาหารหรือบริษัทที่มีความเกี่ยวข้องใดๆ กับห่วงโซ่อุปทานควรมีมาตรการในการบริหารจัดการในด้านการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า การใช้บรรจุภัณฑ์ที่ลดการสูญเสียอาหารก่อนถึงมือผู้บริโภค การใช้เทคโนโลยีการจัดการของเหลือจากกระบวนการผลิตและขยะอาหารต้องมีการจัดการที่ถูกต้อง สำหรับการลดปัญหาการสูญเสียอาหาร และขยะอาหารในระดับครัวเรือน ชุมชนสามารถทำได้โดยสร้างจิตสำนึกให้กับประชาชนและส่งเสริมการแยกประเภทของขยะเพื่อการจัดการขยะอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. (2561). รายงานสถานการณ์สถานที่กำจัดมูลฝอยชุมชนของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2561, (Ed.) ส.ก.ก. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กองจัดการกากของเสียและสารอันตราย สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 1-16 สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัด 76 จังหวัด. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
- Chanwichit, P. (2019). ผลของน้ำหมักชีวภาพและปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักปวยเล้ง (*Spinacia oleracea* L.) ในระบบไฮโดรโปนิกส์. *Naresuan Phayao Journal*, 12(3), 51-54.
- Cohn, M.M. (1946). Effect of food wastes on sewers and sewage treatment. *Sewage Works Journal*, 18(3), 477-483.
- Daniel, C.E.H. (1945). Food-Waste Control. *Journal of Higher Education*, 16(1), 24-28.
- FAO. (2017). New Food Balances, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). fao.org/faostat.
- FAO. (2014). Food Wastage Footprint, Full-Cost Accounting. *Final Report*.
- FAO. (2013). *Food wastage footprint: Impacts on natural resources*. FAO.
- FoodDrinkEurope. (2013). What is food wastage?, Vol. 2020. <https://www.fooddrinkurope.eu/>.

- Gildberg, A. (1992). Recovery of proteinases and protein hydrolysates from fish viscera. *Bioresource Technology*, 39(3), 271-276.
- Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., Van Otterdijk, R., & Meybeck, A. (2011). Global food losses and food waste. *Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rom*.
- Halloran, A., Hanboonsong, Y., Roos, N., & Bruun, S. (2017). Life cycle assessment of cricket farming in north-eastern Thailand. *Journal of Cleaner Production*, 156, 83-94.
- Ishangulyyev, R., Kim, S., & Lee, S.H. (2019). Understanding food loss and waste—Why are we losing and wasting food? *Foods*, 8(8), 297.
- Kanchanasuta, S., & Pisutpaisal, N. (2017). Improvement of glycerol waste utilization by co-feedstock with palm oil decanter cake on biohydrogen fermentation. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(5), 3447-3453.
- Klatt, T.J., Parker, E.D., Pomes, A.F., & Porges, N. (1945). Food yeast growth on peanut protein waste liquors. *Oil and Soap*, 22(12), 319-321.
- Knorr, D. (1991). Recovery and utilization of chitin and chitosan in food-processing waste management. *Food Technology*, 45(1), 114-122.
- Koido, K., Takeuchi, H., & Hasegawa, T. (2018). Life cycle environmental and economic analysis of regional-scale food-waste biogas production with digestate nutrient management for fig fertilisation. *Journal of Cleaner Production*, 190, 552-562.
- Kongprasert, N., Wangphanich, P., & Jutilartavorn, A. (2019). Charcoal briquettes from Madan wood waste as an alternative Energy in Thailand. *Procedia Manufacturing*, 30, 128-135.
- Martino, M., Youssefhakimi, N., Daeschel, M.A., & Torres, J.A. (1991). Production and physicochemical properties of hydrocolloid obtained by *Lactobacillus- plantarum* fermentation of acid whey- Model studies. *Revista De Agroquimica Y Tecnologia De Alimentos*, 31(3), 379-392.
- Murdock, H.R. (1952). Industrial wastes-chlorophyll bearing planktons synthesize the soluble substances in natural water to complex animal food. *Industrial and Engineering Chemistry*, 44(6), A97-A99.
- Pantoa, T., Kubota, M., Suwannaporn, P., & Kadowaki, M. (2020). Characterization and bioactivities of young rice protein hydrolysates. *Journal of Cereal Science*, 95, 103049.
- Panyakaew, S., & Fotios, S. (2008). 321: agricultural waste materials as thermal insulation for dwellings in thailand: preliminary results. *25 Conference on Passive and Low Energy Architecture, Dublin*. Citeseer.
- Pollution Control Department. (2004). Thai Environmental Regulations, Vol. 2017, Pollution Control Department, Ministry of Natural Resources and Environment of Thailand. Pollution Control Department, Ministry of Natural Resources and Environment.
- Prasertsan, S., & Sajjakulnukit, B. (2006). Biomass and biogas energy in Thailand: Potential, opportunity and barriers. *Renewable Energy*, 31(5), 599-610.

- Ratanatamskul, C., & Manpetch, P. (2016). Comparative assessment of prototype digester configuration for biogas recovery from anaerobic co-digestion of food waste and rain tree leaf as feedstock. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 113, 367-374.
- Sihanonth, P., Piapukiew, J., Kamihara, M., Inoue, K., & Someya, T. (2006). Microbial development in food waste composting in two regions of Thailand (The annual Meeting of the Society in 2006). *土と微生物*, 60(2), 139.
- Silalertruksa, T., Gheewala, S.H., & Pongpat, P. (2015). Sustainability assessment of sugarcane biorefinery and molasses ethanol production in Thailand using eco-efficiency indicator. *Applied Energy*, 160, 603-609.
- Sukonthamut, S., Thawai, C., & Ruen-ngam, D. (2014). Evaluation of gamma-oryzanol in Thai rice bran oil extracted by conventional solvent extraction method and its antioxidant activities. *New Biotechnology*, 31, S147.
- United States Environmental Protection Agency. (2020). Energy and the Environment. in: *Greenhouse Gases Equivalencies Calculator - Calculations and References*, Vol. 2020.
- Vilariño, M.V., Franco, C., & Quarrington, C. 2017. Food loss and waste reduction as an Integral Part of a Circular Economy. *Frontiers in Environmental Science*, 5, 21.
- Von Grebmer, K., Bernstein, J., Patterson, F., Wiemers, M., Chéilleachair, R., Foley, C., Gitter, S., Ekstrom, K., & Fritschel, H. 2019. Global hunger index: the challenge of hunger and climate change. *Concern Worldwide and Deutsche Welthungerhilfe eV: Dublin/Bonn, Irish*, 2019-10.
- Wieben, E. (2017). Save food for a better climate: converting the food loss and waste challenge into climate action.
- Wilaipon, P. (2009). The effects of briquetting pressure on banana-peel briquette and the banana waste in Northern Thailand. *American Journal of Applied Sciences*, 6(1), 167.