

การจัดการขยะอาหารด้วยการใช้เว็บแอปพลิเคชัน กรณีศึกษาพื้นที่นำร่องในเขตเทศบาลนครนนทบุรี

Food Waste Management Using a Web Application : A Case Study of the Pilot Area in Nonthaburi Municipality, Thailand

พันธกานต์ ชูโชติ¹ วรพจน์ กนกกันตพงษ์^{2,3} สราวุธ ศรีทองอุทัย^{2,3}
และ นูตา ศุภคต^{2, 3*}

Pantakan Choochote¹, Vorapot Kanokkantapong^{2,3},
Sarawut Srithongouthai^{2,3} and Nuta Supakata^{2,3*}

Received: 23 October 2024

Revised: 20 January 2025

Accepted: 27 January 2025

บทคัดย่อ

การจัดการขยะอาหารเป็นความท้าทายสำคัญในการพัฒนาเมืองอย่างยั่งยืน โดยเฉพาะในเขตเมืองที่มีการเติบโตอย่างรวดเร็วและมีประชากรอย่างหนาแน่น การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสถานการณ์การจัดการขยะและปริมาณขยะอาหารของเทศบาลนครนนทบุรี นำไปสู่การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการจัดการขยะ ผลการศึกษาพบว่าเทศบาลนครนนทบุรีมีขยะมูลฝอยกว่า 304.98 ตันหรือ 111,315.97 ตันต่อปี มีขยะอาหารคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 40.35 หรือคิดเป็น 121 ตันต่อวัน เมื่อศึกษาปริมาณขยะอาหารจากแหล่งกำเนิดจำนวน 3 แห่ง ได้แก่ ตลาดสด ศูนย์อาหาร และคอนโดมิเนียม พบว่าแหล่งกำเนิดทั้ง 3 แห่งมีปริมาณขยะอาหารเกิดขึ้นเฉลี่ย 749.9 กิโลกรัมต่อวัน โดยตลาดสดมีปริมาณขยะเกิดขึ้นเฉลี่ย 749.9 กิโลกรัมต่อวัน โดยตลาดสดมีปริมาณขยะอาหารมากที่สุดเฉลี่ย 2,042.4 กิโลกรัมต่อวัน รองลงมาได้แก่คอนโดมิเนียมและศูนย์อาหาร มีขยะอาหาร

¹หลักสูตรสหสาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ ประเทศไทย 10330

²Interdisciplinary Program in Environmental Science, Graduate School, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand 10330

³ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ ประเทศไทย 10330

²Department of Environmental Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand 10330

³หน่วยปฏิบัติการวิจัยการใช้ประโยชน์จากของเสียและความประเมินความเสี่ยงทางนิเวศวิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ ประเทศไทย 10330 ³Research Unit (RU) of Waste Utilization and Ecological Risk Assessment, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand 10330

*ผู้พิมพ์ประสานงาน (Corresponding author) e-mail: nuta.s@chula.ac.th

เกิดขึ้นเฉลี่ย 115.9 และ 91.5 กิโลกรัมต่อวันตามลำดับ เมื่อพิจารณาถึงองค์ประกอบของขยะอาหารโดยรวมพบว่าส่วนใหญ่เป็น เศษผัก เปลือกผลไม้ ก้างปลา กระดูก และเปลือกไข่ (FW2) คิดเป็นร้อยละ 65.06 รองลงมาคือ เศษอาหารและเศษเนื้อสัตว์ (FW3) ร้อยละ 33.55 และอาหารส่วนเกิน (SF) พบน้อยที่สุดเพียงร้อยละ 1.39 สำหรับเว็บแอปพลิเคชัน Nakornnontfoodwaste ที่พัฒนาขึ้นช่วยเชื่อมโยงผู้ทิ้งขยะกับผู้นำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจกับความสะดวก ใช้งานง่าย เป็นประโยชน์ และได้มีเสนอแนะให้พัฒนาเป็นแอปพลิเคชันบนมือถือเพื่อเพิ่มความสะดวกในการใช้งานที่มากขึ้น สรุปได้ว่าการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการจัดการขยะอาหารมีศักยภาพในการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการขยะในเขตเมืองสอดคล้องกับแนวคิดการพัฒนาเมืองอัจฉริยะและการจัดการขยะอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: การจัดการขยะอาหาร เว็บแอปพลิเคชัน การรีไซเคิลขยะ

ABSTRACT

Food waste management presents a significant challenge in sustainable urban development, particularly in rapidly growing cities with high population density. This research aimed to study the waste management situation and food waste quantities in Nonthaburi Municipality, leading to the development of a web application for food waste management. The study revealed that Nonthaburi Municipality generates 304.98 tons of municipal solid waste daily (111,315.97 tons annually), with food waste constituting 40.35% (121 tons/day). Analysis of food waste generation from three primary sources - fresh markets, food courts, and condominiums - showed an average generation of 749.9 kg/day. Fresh markets demonstrated the highest generation rate at 2,042.4 kg/day, followed by condominiums and food courts at 115.9 and 91.5 kg/day, respectively. Compositional analysis of food waste revealed that vegetable scraps, fruit peels, fish bones, animal bones, and eggshells (FW2) comprised the majority at 65.06%, followed by food remnants and meat scraps (FW3) at 33.55%, while surplus food (SF) represented only 1.39% of the total waste. The developed web application, 'Nakornnontfoodwaste', effectively facilitated connections between waste generators and potential users. User feedback indicated high satisfaction with its convenience, user-friendliness, and utility, with suggestions for mobile application development to enhance accessibility. The study concludes that digital technology integration in food waste management demonstrates significant potential for improving urban waste management efficiency, aligning with smart city development concepts and sustainable waste management practices.

Keywords: Food waste management; Web application; Waste recycling

บทนำ

การจัดการขยะอาหารเป็นประเด็นสำคัญในการพัฒนาเมืองอย่างยั่งยืน เนื่องจากส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคมอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในเขตเมืองที่มีการเติบโตอย่างรวดเร็ว องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติคาดการณ์ว่า ปริมาณขยะอาหารทั่วโลกจะเพิ่มขึ้นจาก 931 ล้านตันในปี 2019 เป็น 1.5 พันล้านตันในปี 2030 หากไม่มีมาตรการจัดการที่มีประสิทธิภาพ [1] ขยะอาหารที่เพิ่มขึ้นนี้ก่อให้เกิดผลกระทบทางเศรษฐกิจอย่างมหาศาล โดยคิดเป็นมูลค่าความสูญเสียกว่า 1 ล้านล้านดอลลาร์สหรัฐต่อปี [2] นอกจากนี้ขยะอาหารยังเป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ โดยการจัดการขยะอาหารด้วยวิธีฝังกลบสามารถปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงถึง 3 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมของขยะอาหาร [3] ในประเทศไทยปัญหาขยะอาหารกำลังทวีความรุนแรงขึ้น โดยเฉพาะในเขตเมืองใหญ่

การจัดการขยะอาหารในประเทศไทยได้รับความสำคัญในระดับนโยบาย โดยรัฐบาลได้กำหนดแผนที่นำทางการจัดการขยะอาหาร (พ.ศ. 2566-2573) และแผนปฏิบัติการด้านการจัดการขยะอาหารระยะที่ 1 (พ.ศ. 2566-2570) ซึ่งมีเป้าหมายลดปริมาณขยะอาหารร้อยละ 28 ภายในปี 2570 [4] สอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนขององค์การสหประชาชาติข้อที่ 12.3 ที่มุ่งลดขยะอาหารลงครึ่งหนึ่งภายในปี 2573 [5] ตัวอย่างสถานการณ์ขยะอาหารในเมืองใหญ่ทั่วโลกแสดงให้เห็นความท้าทายที่คล้ายคลึงกัน เช่น ในเซี่ยงไฮ้ ประเทศจีนมีปริมาณขยะมูลฝอยเกิดขึ้นเฉลี่ย 26,000 ตันต่อวันโดยมีสัดส่วนขยะอาหารสูงถึงร้อยละ 60 [6] ในฮ่องกงมีขยะอาหารเกิดขึ้นกว่า 3,600 ตันต่อวันคิดเป็นประมาณร้อยละ 30 ของขยะมูลฝอยทั้งหมด [7] ในสิงคโปร์มีขยะอาหารเกิดขึ้นประมาณ 744,000 ตันในปี 2019 คิดเป็นร้อยละ 18 ของปริมาณขยะทั้งหมดที่กำจัด [8] และในประเทศไทยพบว่ากรุงเทพมหานครมีขยะอาหารเกิดขึ้นถึง 5,250 ตันต่อวันคิดเป็นร้อยละ 50 ของขยะมูลฝอยทั้งหมด [9] แสดงให้เห็นว่าปัญหาขยะอาหารเป็นความท้าทายสำคัญสำหรับเมืองใหญ่ทั่วโลกซึ่งจำเป็นต้องได้รับการจัดการอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อการพัฒนาเมืองอย่างยั่งยืน

เทศบาลนครนนทบุรีเป็นองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นขนาดใหญ่ที่กำลังเผชิญความท้าทายด้านการจัดการขยะอาหาร มีพื้นที่ 38.9 ตารางกิโลเมตร มีประชากรตามทะเบียนราษฎร ณ เดือนกรกฎาคม 2567 จำนวน 250,844 คน [10] ไม่รวมประชากรแฝงในแต่ละวัน มีขยะมูลฝอยเกิดขึ้นกว่า 300 ตันต่อวัน โดยเป็นขยะอาหารประมาณ 121 ตันต่อวัน (ร้อยละ 40.35) ส่งผลกระทบการใช้จ่ายงบประมาณของรัฐในค่าจัดการขยะมูลฝอยกว่า 180 ล้านบาทต่อปี และการขนส่งไปกำจัดที่หลุมฝังกลบขององค์การบริหารส่วนจังหวัดนนทบุรีซึ่งห่างออกไปกว่า 30 กิโลเมตร ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งและการย่อยสลายของขยะอาหาร นอกจากนี้ยังส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของประชาชนจากปัญหากลิ่นเหม็นและน้ำชะขยะ ที่ผ่านมาเทศบาลได้ดำเนินโครงการจัดการขยะอาหารหลายโครงการ เช่น การทำปุ๋ยหมักสูตร 1 จากเศษผักผลไม้และโครงการปุ๋ยหมักลดโลกร้อน แต่สามารถจัดการขยะอาหารได้เพียง 5.1 ตันต่อปี หรือคิดเป็นเพียงร้อยละ 0.01 ของปริมาณขยะอาหารที่เกิดขึ้น เมื่อเทียบกับเมืองในประเทศที่พัฒนาแล้วซึ่งสามารถจัดการขยะอาหารได้มากกว่าร้อยละ 30 [11] จึงเห็นได้ว่าระบบการจัดการขยะอาหารแบบดั้งเดิมยังไม่สามารถรองรับปริมาณขยะอาหารที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วได้

ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีดิจิทัลทำให้เกิดรูปแบบใหม่ในการจัดการขยะอาหารอย่างมีประสิทธิภาพ ดังจะเห็นได้จากความสำเร็จในหลายประเทศ เช่น ในสิงคโปร์การพัฒนาระบบ Internet of Things (IoT) สำหรับการจัดการขยะอาหารในร้านอาหารช่วยลดค่าใช้จ่ายในการจัดการขยะลงได้ถึงร้อยละ 30 [12] ใน

อ่องกงแอปพลิเคชัน “GREEN@COMMUNITY” ช่วยเพิ่มอัตราการรีไซเคิลขยะในพื้นที่ทดลองถึงร้อยละ 15 ภายในระยะเวลา 6 เดือน [7] ในกรุงโซลการใช้ระบบ “Pay-as-you-throw” ผ่านแอปพลิเคชัน สามารถลดปริมาณขยะอาหารลงได้ร้อยละ 25-30 [13] ขณะที่ในอัมสเตอร์ดัมแพลตฟอร์มการบริจาคอาหาร “OLIO” ช่วยลดขยะอาหารได้มากถึง 5,000 ตันต่อปี [14] นอกจากนี้การใช้แอปพลิเคชันในการจัดการขยะอาหารยังช่วยในการรวบรวมข้อมูลเพื่อการวางแผนและตัดสินใจ โดยพบว่าระบบดิจิทัลสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการขยะอาหารได้สูงถึงร้อยละ 45 [15]

ด้วยเหตุนี้จึงเกิดแนวคิดในการพัฒนาระบบจัดการขยะอาหารผ่านเว็บแอปพลิเคชันสำหรับเทศบาลนครนนทบุรี โดยมีวัตถุประสงค์หลัก 3 ประการ คือ 1) ศึกษาสถานการณ์การจัดการขยะมูลฝอยและขยะอาหารของเทศบาลนครนนทบุรีในปัจจุบัน 2) ศึกษาปริมาณและองค์ประกอบขยะอาหารของตัวอย่างแหล่งกำเนิดขยะอาหารในเขตเทศบาลนครนนทบุรี และ 3) พัฒนาและประเมินประสิทธิภาพเว็บแอปพลิเคชันในการจัดการขยะอาหาร ผลการวิจัยนี้จะเป็นต้นแบบสำหรับการพัฒนาระบบจัดการขยะอาหารที่มีประสิทธิภาพและยั่งยืนสำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นอื่นๆ ในประเทศไทยต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้ได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ส่วนที่มีความสอดคล้องคือส่วนที่ 1 ศึกษาสถานการณ์การจัดการขยะมูลฝอยและขยะอาหารของเทศบาลนครนนทบุรีในปัจจุบัน ส่วนที่ 2 ศึกษาปริมาณและองค์ประกอบขยะอาหารของตัวอย่างแหล่งกำเนิดขยะอาหารในเขตเทศบาลนครนนทบุรีจากแหล่งกำเนิดเพื่อให้ทราบถึงปริมาณและประเภทขยะอาหารที่เกิดขึ้นในพื้นที่จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 มาวางกรอบทำในส่วนที่ 3 การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันในการจัดการขยะอาหารโดยมีรายละเอียดขั้นตอนการศึกษาดังนี้

1. ศึกษาสถานการณ์การจัดการและปริมาณขยะมูลฝอยและขยะอาหารในปัจจุบันของเทศบาลนครนนทบุรี

การศึกษานี้จะทำการสัมภาษณ์เชิงลึกกับผู้บริหารและเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะมูลฝอยของเทศบาลนครนนทบุรีจำนวน 3 คน รวมถึงศึกษาข้อมูลจากรายงานประจำปีของเทศบาลนครนนทบุรีและบทความวิชาการอื่นๆที่เกี่ยวข้อง

2. ศึกษาปริมาณและองค์ประกอบขยะอาหารของตัวอย่างแหล่งกำเนิดขยะในเขตเทศบาลนครนนทบุรี

2.1 พื้นที่ศึกษาการวิจัย

แหล่งกำเนิดขยะอาหารในเขตเทศบาลนครนนทบุรีอำเภอเมืองนนทบุรีจังหวัดนนทบุรีคัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Selection) จำนวน 3 แหล่ง ได้แก่ 1) แหล่งจำหน่ายวัตถุดิบ คือ สถานที่ที่มีการจำหน่ายวัตถุดิบในการประกอบอาหาร ได้แก่ ตลาดสด 2) แหล่งผลิตอาหาร คือ สถานที่ที่มีการจำหน่ายอาหารปรุงสุก ได้แก่ ศูนย์อาหารของซูเปอร์มาร์เก็ต 3) แหล่งทิ้งขยะอาหาร คือ สถานที่ที่มีการทิ้งอาหารที่เหลือจากการบริโภค ได้แก่ คอนโดมิเนียม

2.2 การกำหนดประเภทขยะอาหาร

ในการศึกษานี้กำหนดประเภทของขยะอาหารโดยพิจารณาร่วมกับแนวทางการนำไปใช้ประโยชน์ เช่น การบริจาคเพื่อการบริโภคต่อ การนำไปเลี้ยงสัตว์ การนำไปทำวัสดุปรับปรุงดิน เป็นต้น แบ่งได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

2.2.1 อาหารส่วนเกิน (SF) คือ อาหารปรุงสุกแล้วแต่ไม่ได้จำหน่าย หรือยังไม่ได้รับประทานที่ยังอยู่ในบรรจุภัณฑ์ที่มีสภาพดี หรือวัตถุดิบทางการเกษตรสำหรับประกอบอาหารที่มีสภาพดี รวมถึงอาหารใกล้หมดอายุ เป็นต้น ซึ่งเหมาะแก่การนำไปบริจาคให้ผู้ขาดแคลนอาหาร

2.2.2 เศษผัก เปลือกผลไม้ ก้างปลา กระดูก เปลือกไข่ (FW1) เหมาะสมสำหรับการนำไปทำวัสดุปรับปรุงดิน

2.2.3 เศษอาหาร เศษเนื้อสัตว์ (FW2) เหมาะแก่การนำไปเลี้ยงสัตว์ เช่น ปลา สุนัข

2.3 วิธีการเก็บตัวอย่างขยะอาหาร

ดำเนินการเก็บตัวอย่างขยะอาหารจากแหล่งกำเนิดทั้ง 3 แหล่งในช่วงเดือนมิถุนายน 2565 เป็นระยะเวลาแหล่งกำเนิดละ 3 วัน (วันธรรมดา 2 วัน วันหยุด 1 วัน) เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ตามความเหมาะสมของเวลาทำการของแหล่งกำเนิด โดยจัดให้มีเจ้าหน้าที่คอยดูแลและติดตามการเก็บตัวอย่างตลอดระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง จากนั้นชั่งน้ำหนักโดยตรงและวิเคราะห์องค์ประกอบขยะอาหารตามประเภทที่กำหนด โดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนัก (หน่วยเป็นกิโลกรัม)

3. การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการจัดการขยะอาหาร

สร้างเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการจัดการขยะอาหารและนำมาใช้ในพื้นที่นาร่อง ได้แก่ ตลาดสด ศูนย์อาหาร และคอนโดมิเนียมแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

3.1 การออกแบบเว็บแอปพลิเคชัน

นำข้อมูลและผลการศึกษาจากการศึกษาปริมาณและประเภทขยะอาหารมาวิเคราะห์และกำหนดกรอบการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน เช่น การกำหนดประเภทขยะอาหาร บทบาทหน้าที่ผู้ที่เกี่ยวข้องระบบการจัดตารางการนัดหมาย การรับแจ้งและแก้ไขปัญหาต่างๆ และการรายงานผล เป็นต้น

3.2 การทดสอบการใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน

นำเว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นดำเนินการทดลองการใช้งานในพื้นที่ต้นแบบในการจัดการขยะอาหาร ได้แก่ ตลาดสด 1 แห่ง ศูนย์อาหาร 1 แห่ง และคอนโดมิเนียม 1 แห่ง รวมทั้งสิ้น 3 แห่ง คัดเลือกจากแหล่งกำเนิดที่มีนโยบายในการจัดการขยะอาหาร โดยการจัดอบรมให้ความรู้เกี่ยวกับวิธีการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันและการจัดการขยะอาหารอย่างถูกต้องให้แก่เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับงานรักษาความสะอาดหรืองานขยะมูลฝอยเป็นระยะเวลา 1 เดือน

3.3 การประเมินผลการใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน

ประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันด้วยวิธีการสอบถามผู้ใช้งานจริง เพื่อรวบรวมความคิดเห็นเกี่ยวกับประสบการณ์การใช้งานและความพึงพอใจ เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการพัฒนาและปรับปรุงเว็บแอปพลิเคชันในอนาคตแสดงดังภาพที่ 1

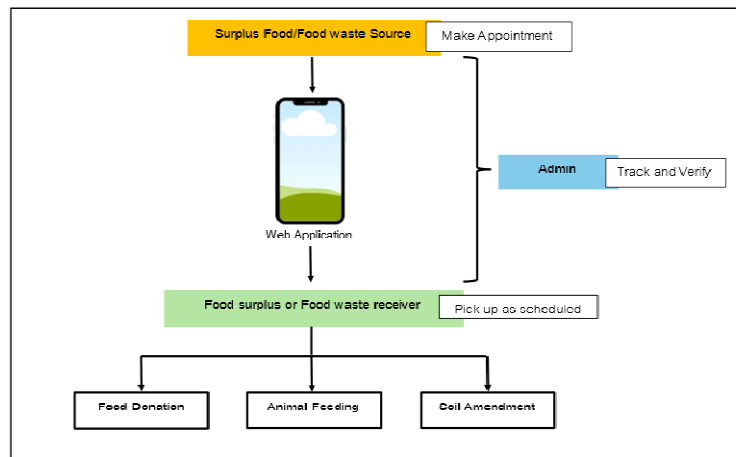


Figure 1 Web application conceptual framework

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล ปริมาณ และองค์ประกอบของขยะอาหาร และการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันเชิงพรรณนา ใช้สถิติร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean)

ผลการวิจัย

1. การศึกษาสถานการณ์ขยะมูลฝอยและขยะอาหารของเทศบาลนครนนทบุรี

1.1 สถานการณ์ขยะมูลฝอยและขยะอาหารของเทศบาลนครนนทบุรี

เทศบาลนครนนทบุรี เป็นองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นขนาดใหญ่ในเขตปริมณฑลกรุงเทพมหานคร ครอบคลุมพื้นที่ 38.9 ตารางกิโลเมตร ประกอบด้วย 5 ตำบล 93 ชุมชน มีประชากรตามทะเบียนราษฎร 250,844 คน โดยไม่รวมประชากรแฝง เป็นที่ตั้งของหน่วยงานราชการ สถานประกอบการ และที่พักอาศัยหนาแน่น จากการสัมภาษณ์ผู้บริหารของเทศบาลนครนนทบุรี ได้แก่ ปลัดเทศบาล อดีตปลัดเทศบาล ผู้อำนวยการสำนักสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม และเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะ เกี่ยวกับแนวทางการบริหารจัดการขยะมูลฝอยของเทศบาลนครนนทบุรี พบว่าที่ผ่านมาเทศบาลนครนนทบุรีได้ให้บริการเก็บขนมูลฝอยเอง โดยในแต่ละวันมีขยะมูลฝอยเกิดขึ้นกว่า 300 ตัน มีค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการด้านขยะมูลฝอย เช่น ค่าจ้างพนักงาน ค่าสวัสดิการพนักงาน ค่าซื้อรถ ค่าเชื้อเพลิง ค่าบำรุงรักษา รวมแล้วกว่า 180 ล้านบาทต่อปี และขยะมูลฝอยบางส่วนโดยเฉพาะขยะรีไซเคิล โดยเฉพาะขวดน้ำพลาสติกและเศษโลหะจะถูกคัดแยกออกจากพนักงานประจำรถขยะ ส่วนที่เหลือจะถูกนำไปกำจัดที่หลุมขององค์การบริหารส่วนจังหวัดนนทบุรี ซึ่งห่างออกไปจากเขตเทศบาลกว่า 30 กิโลเมตร ซึ่งในปีงบประมาณ 2568 เทศบาลนครนนทบุรี ได้ว่าจ้างให้บริษัทเอกชนเข้ามาช่วยเก็บขนขยะมูลฝอยบางพื้นที่ในเขตเทศบาล ซึ่งคาดว่าจะช่วยให้ปัญหาขยะมูลฝอยตกค้างลดลงได้ แสดงดังภาพที่ 2

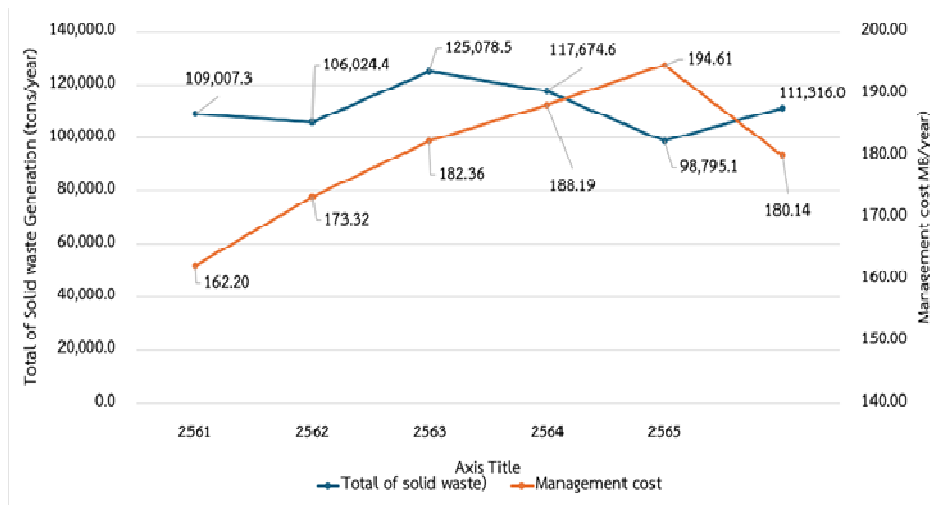


Figure 2 Municipal solid waste generation and management costs in Nonthaburi city municipality during 2561-2565

สำหรับกิจกรรมการลด คัดแยก และนำขยะมูลฝอยไปใช้ประโยชน์ เทศบาลนครนนทบุรีดำเนินโครงการรณรงค์ให้ประชาชนมีการคัดแยกขยะ เช่น กิจกรรมผ้าป่ารีไซเคิล กิจกรรมขยะกำพร้าสัญจร ช่วยลดขยะมูลฝอยได้ 17.4 ตันต่อปี การจัดการขยะอินทรีย์หรือขยะอาหาร ที่ผ่านมามunicipalityมีโครงการทำปุ๋ยนครนนท์สูตร 1 ซึ่งเป็นผลผลิตมาจากการหมักเศษผักผลไม้จากตลาดเทศบาลร่วมกับ กิ่งไม้ ผักตบชวาที่ได้จากสวนสาธารณะ และการขุดลอกคูคลอง แต่ในปัจจุบันไม่มีการดำเนินการแล้ว นอกจากนี้เทศบาลนครนนทบุรียังได้สนับสนุนการจัดการขยะอาหารภาคครัวเรือน ได้แก่ โครงการปุ๋ยหมักลดโลกร้อนของกระทรวงมหาดไทยและโครงการกล่องปุ๋ยหมักนครนนท์ ซึ่งสามารถช่วยลดปริมาณขยะอาหารได้ถึง 5.1 ตันต่อปี สำหรับการจัดการขยะอินทรีย์จากแหล่งกำเนิดอื่นๆ เช่น คอนโดมิเนียม ตลาดสด ห้างสรรพสินค้า โรงเรียน สถานที่ราชการ พบว่ามีตลาดสด โรงเรียน สถานที่ราชการและห้างสรรพสินค้าบางแห่งเท่านั้น ที่มีการติดต่อให้เกษตรกรมารับเศษอาหารเพื่อนำไปเลี้ยงปลา แต่เทศบาลก็ไม่ได้มีระบบรวบรวมบันทึกข้อมูล

1.2 ปริมาณและองค์ประกอบขยะมูลฝอยของเทศบาลนครนนทบุรี

จากการศึกษารายงานโครงการจ้างเหมาเพื่อศึกษาองค์ประกอบและลักษณะของขยะมูลฝอยชุมชนของเทศบาลนครนนทบุรี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 [10] ทำให้ทราบองค์ประกอบขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นของเทศบาลนครนนทบุรีใน 2 ฤดูกาล คือ ฤดูฝน (วันที่ 18-19 มีนาคม 2565) และฤดูแล้ง (9 และ 11 มิถุนายน 2565) มีรายละเอียดดังนี้

เศษอาหารเป็นองค์ประกอบหลักของขยะมูลฝอยทั้งหมดในทั้ง 2 ฤดู และพบว่ามีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อเข้าสู่ช่วงฤดูฝนจากร้อยละ 34.42 ในฤดูแล้ง เป็นร้อยละ 46.28 ในฤดูฝน

พลาสติกเป็นขยะมูลฝอยอีกประเภทหนึ่งที่ปริมาณมากเป็นอันดับ 2 ในทั้งสองฤดู และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในฤดูฝน จากร้อยละ 27.51 ในฤดูแล้ง เป็นร้อยละ 36.74 ในฤดูฝน

กระดาษที่มีปริมาณลดลงอย่างมากจากร้อยละ 23.78 ในฤดูแล้ง เหลือเพียงร้อยละ 5.25 ในฤดูฝน

ขยะติดเชื้อมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในฤดูฝนจากร้อยละ 2.34 เป็นร้อยละ 6.38 ส่วนองค์ประกอบขยะประเภทอื่นๆ เช่น แก้ว โลหะ และหนัง มีแนวโน้มลดลงในฤดูฝน โดยเฉพาะแก้วที่ลดลงจากร้อยละ 7.53 เหลือเพียงร้อยละ 1.55 ส่วนขยะประเภทผ้าไม้ลังไม้กิ่งไม้ มีปริมาณที่ค่อนข้างคงที่ระหว่างสองฤดูกาล แสดงดังภาพที่ 1

เมื่อพิจารณาเฉพาะขยะอาหาร ทำให้คาดการณ์ได้ว่าเทศบาลนครนนทบุรีมีส่วนของขยะอาหารอยู่ที่ร้อยละ 34.42 -46.28 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 40.35 หรือสามารถคาดการณ์ปริมาณขยะอาหารทั้งหมดของเทศบาลนครนนทบุรีได้ประมาณ 121 ตันต่อวัน ($300 \text{ ตัน/วัน} \times 40.35\%$) แสดงดังภาพที่ 3

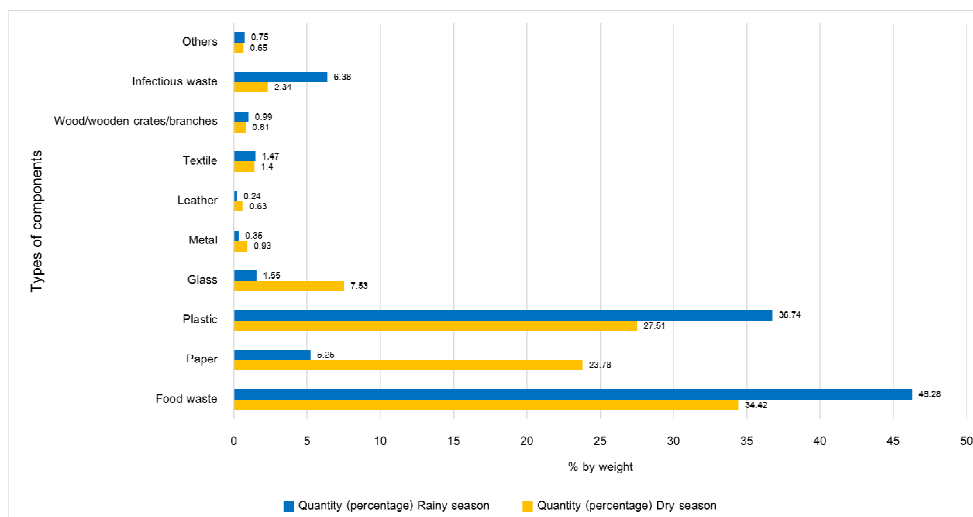


Figure3 Quantity and composition of municipal solid waste in Nonthaburi city municipality

2. ปริมาณและประเภทขยะอาหารจากแหล่งกำเนิดในเขตเทศบาลนครนนทบุรี

ศึกษาปริมาณและประเภทขยะอาหารในเขตเทศบาลนครนนทบุรีด้วยวิธี direct weighting เก็บข้อมูลจากแหล่งกำเนิดขยะอาหารตัวอย่าง ได้แก่ ตลาดสด ศูนย์อาหารซูเปอร์มาร์เก็ต และคอนโดมิเนียม รวมทั้งสิ้น 3 แห่ง ในช่วงเดือนมิถุนายน 2565 พบว่าแหล่งกำเนิดขยะอาหารดังกล่าวมีปริมาณขยะอาหารที่เกิดขึ้นเฉลี่ย 749.9 กิโลกรัมต่อวัน เมื่อพิจารณาประเภทขยะอาหารพบว่าขยะอาหารส่วนใหญ่เป็นเศษผัก เปลือกผลไม้ ก้างปลา กระดูก และเปลือกไข่ (FW1) คิดเป็นร้อยละ 65.06 รองลงมาคือเศษอาหารและเศษเนื้อสัตว์ (FW2) ร้อยละ 33.55 อาหารส่วนเกิน (SF) พบน้อยที่สุด เพียงร้อยละ 1.39 แสดงดังภาพที่ 4 และ 5

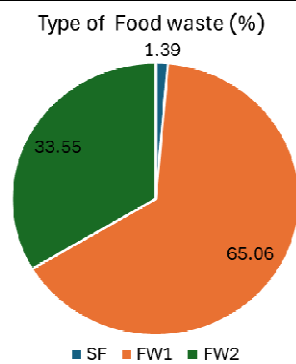


Figure 4 Quantity of food waste

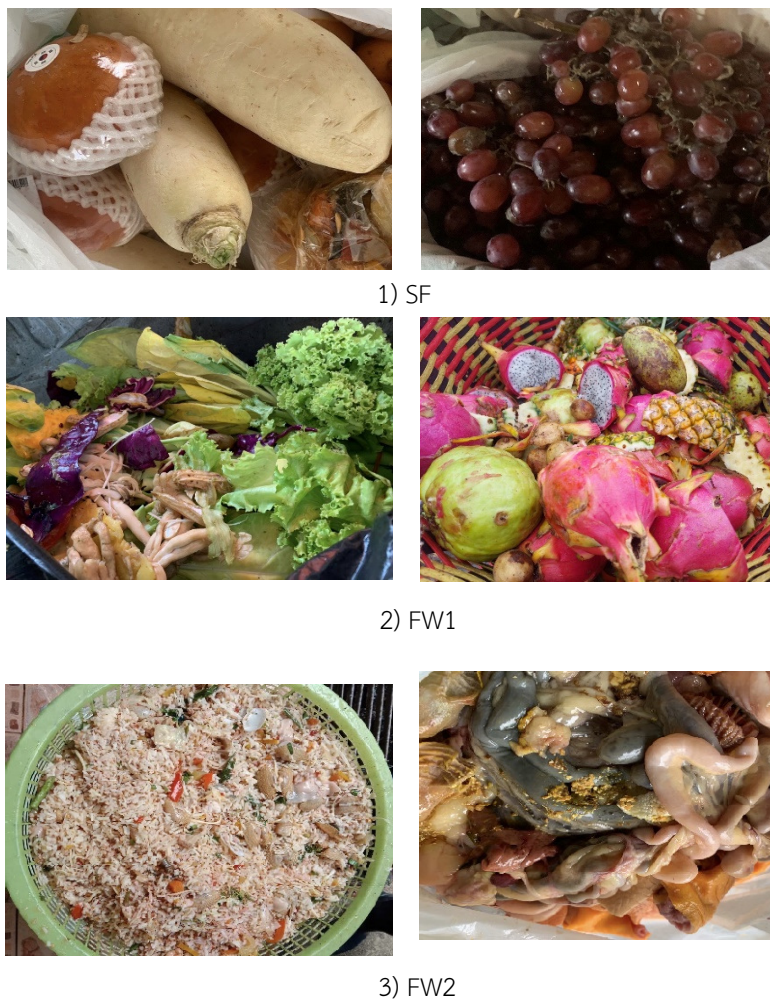


Figure 5 Types of food surplus (SF) and food waste (FW1) and (FW2)

เมื่อพิจารณาปริมาณอาหารส่วนเกินและขยะอาหารแต่ละแหล่งกำเนิด พบว่าตลาดสดมีปริมาณขยะอาหารมากที่สุดเฉลี่ย 2,042.4 กิโลกรัมต่อวัน โดยส่วนใหญ่เป็น FW1 ร้อยละ 67.54 รองลงมาคือ FW2 ร้อยละ 30.93 และมี SF น้อยที่สุดร้อยละ 1.53 ศูนย์อาหารมีขยะอาหารเฉลี่ย 91.5 กิโลกรัมต่อวัน ส่วนใหญ่เป็น FW2 ร้อยละ 78.81 รองลงมาคือ FW1 ร้อยละ 21.19 โดยไม่พบ FS ส่วนคอนโดมิเนียมมีขยะอาหารเกิดขึ้นเฉลี่ย 115.9 กิโลกรัมต่อวัน โดยมีสัดส่วน FW1 ร้อยละ 55.98 และ FW2 ร้อยละ 44.02 ใกล้เคียงกันและไม่พบ SF แสดงดังภาพที่ 6

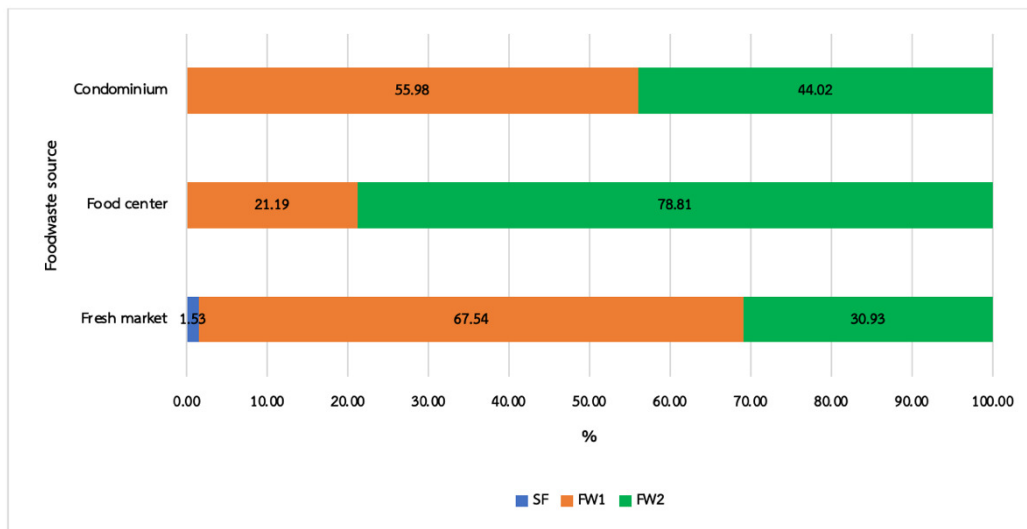


Figure 6 Proportion of food surplus/food waste from each source

3. การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันการจัดการขยะอาหารสำหรับเทศบาลนครนนทบุรี

การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเพื่อการจัดการขยะอาหารเป็นการสร้างรูปแบบใหม่ของการจัดการขยะอาหารสำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเทศบาลนครนนทบุรีที่เป็นเทศบาลขนาดใหญ่พิเศษ และมีขยะอาหารมาจากหลายแหล่งกำเนิดและมีปริมาณมาก เว็บแอปพลิเคชันเพื่อการจัดการขยะอาหารที่พัฒนาขึ้นนี้ จะเป็นศูนย์กลางในการเชื่อมโยงผู้ที่ต้องการทิ้งขยะอาหารและผู้ที่ต้องการใช้ประโยชน์จากขยะอาหาร ซึ่งจะช่วยอำนวยความสะดวกต่อการจัดการขยะอาหารของเทศบาลนครนนทบุรี ดังแสดงที่ลิงก์ <https://www.nakornnontfoodwaste.com> แสดงรายละเอียดเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

3.1 การจัดทำกรอบการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน

3.1.1 กำหนดประเภทขยะอาหาร

นำข้อมูลและประเภทขยะอาหารที่เกิดขึ้นจากผลการศึกษาในข้อที่ 4.2 มากำหนดประเภทขยะอาหารที่จะมีการทิ้ง-รับไปใช้ประโยชน์ผ่านเว็บแอปพลิเคชันโดยคำนึงถึงศักยภาพของพื้นที่และ

ความสามารถในการจัดการขยะของเทศบาลนครนนทบุรีเป็นสำคัญ สามารถแบ่งขยะอาหารที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เป็น 4 ประเภท ได้แก่ อาหารส่วนเกิน/อาหารใกล้หมดอายุ เศษอาหาร เศษผักผลไม้ และเศษเนื้อสัตว์

3.1.2 กำหนดหน้าที่ผู้ใช้งาน

(1) แหล่งกำเนิดขยะอาหาร คือ ผู้ที่ต้องการทิ้งขยะอาหาร เช่น ตลาดสด ตลาดนัด ตลาดเอ็กซน ซูเปอร์มาร์เก็ต ร้านอาหาร คอนโดมิเนียม โรงเรียน สถานที่ราชการ ศาสนสถาน เป็นต้น

(2) ผู้รับอาหารส่วนเกิน/ขยะอาหาร คือ ผู้ที่ต้องการใช้ประโยชน์จากขยะอาหาร เช่น เกษตรกรที่ต้องการขยะอาหารไปใช้เลี้ยงสัตว์ ทำวัสดุปรับปรุงดิน

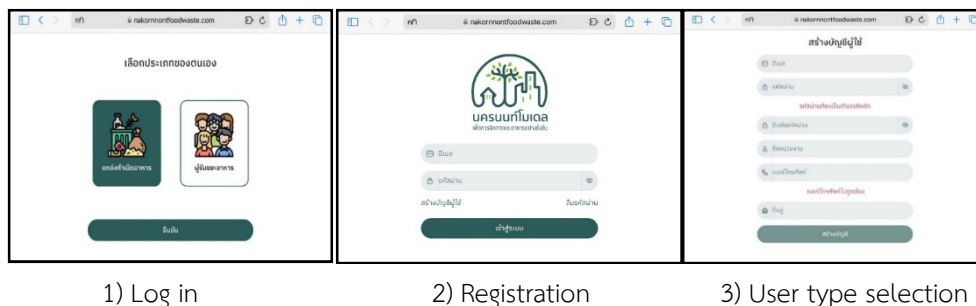
(3) ผู้กำกับดูแล กำหนดให้เทศบาลนครนนทบุรี

3.2 การพัฒนาฟังก์ชันเว็บแอปพลิเคชันและวิธีการใช้งาน

คุณลักษณะและฟังก์ชันของเว็บแอปพลิเคชันบนครอนท์เพื่อการจัดการขยะอาหารอย่างยั่งยืน มีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 ระบบสมาชิก

ระบบสมาชิกของเว็บแอปพลิเคชันนี้ออกแบบมาเพื่อรองรับผู้ใช้งาน 3 กลุ่มหลัก ได้แก่ แหล่งกำเนิดขยะอาหาร ผู้รับอาหารส่วนเกิน/ขยะอาหาร และผู้กำกับดูแล โดยแต่ละกลุ่มต้องลงทะเบียนและยืนยันตัวตนผ่านอีเมล เมื่อสมัครสมาชิกเรียบร้อยแล้ว ผู้ใช้สามารถเข้าสู่ระบบด้วยอีเมลและรหัสผ่านที่ตั้งไว้ ระบบนี้ช่วยให้การจัดการและติดตามการทำงานของผู้ใช้แต่ละประเภทเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ แสดงดังภาพที่ 7



1) Log in

2) Registration

3) User type selection

Figure 7 Registration system

3.2.2 การจัดการขยะอาหาร

เว็บแอปพลิเคชันนี้ได้แบ่งประเภทขยะอาหารออกเป็น 4 ประเภทหลัก ได้แก่ อาหารส่วนเกิน เศษอาหาร เศษผักผลไม้ และเศษเนื้อสัตว์ ผู้ใช้สามารถบันทึกข้อมูลโดยระบุปริมาณและน้ำหนักของขยะอาหารแต่ละประเภท พร้อมทั้งอัปโหลดรูปภาพ เพื่อให้เห็นลักษณะของอาหารส่วนเกินหรือขยะอาหารได้ชัดเจนยิ่งขึ้น เป็นข้อมูลในการตัดสินใจของผู้รับอาหารส่วนเกิน/ขยะอาหาร นอกจากนี้ยังสามารถกำหนดวันและเวลาที่ต้องการให้มี

การเข้ามารับขยะได้ ฟังก์ชันนี้ช่วยให้การจัดการอาหารส่วนเกินหรือขยะอาหารเป็นไปอย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพแสดงดังภาพที่ 8

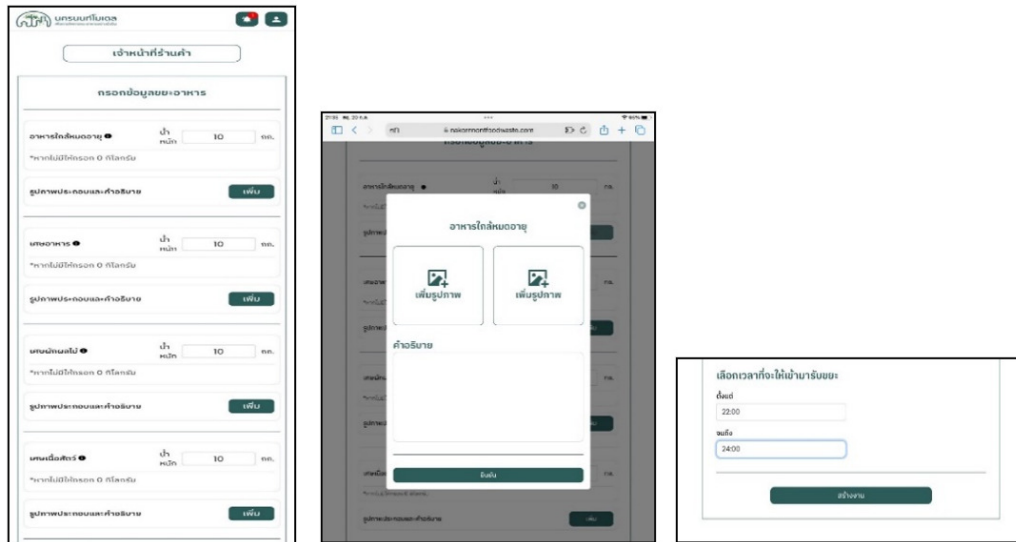


Figure 8 Display functions for quantity specification, image upload, and appointment scheduling

3.2.3 ระบบนัดหมายและติดตามสถานะ

ระบบนัดหมายและติดตามสถานะเป็นหัวใจสำคัญของเว็บแอปพลิเคชันนี้ โดยจะแสดงรายการอาหารส่วนเกินหรือขยะอาหารที่พร้อมให้รับ ซึ่งผู้รับอาหารส่วนเกินหรือขยะอาหารสามารถเลือกรับงานที่ตรงกับความต้องการได้ เมื่อรับงานแล้ว ระบบจะให้ยืนยันการรับงานไปที่แหล่งกำเนิดทราบ และหากมีการเปลี่ยนแปลง ผู้รับอาหารส่วนเกินหรือขยะอาหารสามารถยกเลิกงานได้ภายใน 1 ชั่วโมง แต่หากเลยเวลาที่กำหนดรับจะเป็นหน้าที่ของเทศบาลในการจัดเก็บอาหารและอาหารส่วนเกินเพื่อไปจัดการและระบบการติดตามสถานะเป็นอีกฟังก์ชันสำคัญที่ช่วยให้ทุกฝ่ายสามารถติดตามความคืบหน้าของการจัดการขยะได้ โดยแสดงสถานะต่างๆ เช่น รอการรับ อยู่ระหว่างดำเนินการ และรับขยะแล้ว พร้อมทั้งมีระบบแจ้งเตือนเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสถานะ ทำให้ทุกฝ่ายสามารถรับรู้และจัดการกับสถานการณ์ได้อย่างทันท่วงที แสดงดังภาพที่ 9

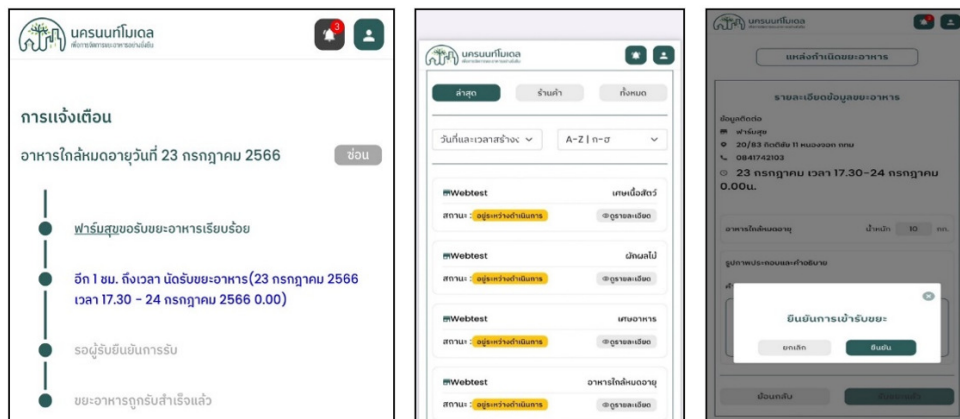


Figure 9 Appointment and status tracking process

3.2.4 ระบบกำกับดูแล

สำหรับผู้กำกับดูแลเว็บแอปพลิเคชันมีฟังก์ชันพิเศษที่ช่วยให้เทศบาลสามารถตรวจสอบรายการอาหารส่วนเกิน หรือขยะอาหารทั้งหมดที่เข้าสู่ระบบได้ และสามารถรับงานแทนในกรณีที่ไม่มีผู้รับงาน หรือในกรณีที่ขยะอาหารตกค้าง และสามารถติดตามตรวจสอบกระบวนการทั้งหมดได้ทำให้การควบคุมและจัดการระบบโดยรวมเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

3.2.5 การรายงาน

เว็บแอปพลิเคชันนี้สามารถรวบรวมปริมาณอาหารส่วนเกินและขยะอาหารที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์ได้ช่วยให้ผู้เกี่ยวข้องสามารถเห็นภาพรวมของการจัดการขยะอาหารได้ทั้งรายเดือนและรายปีโดยสามารถนำส่งข้อมูลปริมาณขยะอาหารที่จัดการได้ในรูปแบบของไฟล์ excel ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการวางแผนและพัฒนาระบบการจัดการขยะในอนาคตของเทศบาล

3.2.6 ระบบความปลอดภัย

ด้านความปลอดภัย เว็บแอปพลิเคชันให้ความสำคัญกับการปกป้องข้อมูลส่วนบุคคลโดยมีระบบเข้ารหัสข้อมูลและการจำกัดสิทธิ์การเข้าถึงข้อมูลตามประเภทผู้ใช้ ทำให้ผู้ใช้งานสามารถมั่นใจได้ว่าข้อมูลของตนจะได้รับการคุ้มครองอย่างเหมาะสม

3.2.7 ระบบสนับสนุน

ระบบสนับสนุนที่มีช่องทางการติดต่อสอบถามหรือแจ้งปัญหาให้แก่ผู้กำกับดูแล พร้อมทั้งมีข่าวสารความรู้ อัปเดตตลอดเวลา ช่วยให้ผู้ใช้สามารถแก้ไขปัญหาหรือข้อสงสัยได้อย่างรวดเร็ว ทำให้การใช้งานเว็บแอปพลิเคชันเป็นไปอย่างราบรื่นและมีประสิทธิภาพ

4. ความสัมพันธ์ของบทบาทการใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน

4.1 แหล่งกำเนิดอาหารส่วนเกินหรือขยะอาหาร เช่น ตลาดสด ตลาดนัด ตลาดเอกชน ซูเปอร์มาร์เก็ต ร้านอาหาร คอนโดมิเนียม โรงเรียน สถานที่ราชการ ศาสนสถาน ที่ต้องการจัดการขยะมีหน้าที่ในการคัดแยกและรวบรวมอาหารส่วนเกินหรือขยะอาหารให้มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ประโยชน์และกรอกข้อมูลปริมาณขยะอาหารที่ต้องการทิ้งลงในเว็บแอปพลิเคชันแล้วทำการนัดหมายวันและเวลาเข้าเก็บ

4.2 ผู้ที่ต้องการอาหารส่วนเกินหรือขยะอาหาร เช่น เกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ องค์กร มูลนิธิ ผู้ยากไร้หรือบุคคลทั่วไป มีหน้าที่ในการรับงานจากเว็บแอปพลิเคชันและเข้าเก็บขยะอาหารหรือเข้ารับอาหารส่วนเกินให้ตรงตามวันและเวลาที่ได้ทำการนัดหมาย

4.3 ผู้กำกับดูแล กำหนดให้เทศบาลนครนนทบุรีมีหน้าที่ติดตามตรวจสอบความถูกต้องของกระบวนการทิ้งและการรับอาหารส่วนเกินหรือขยะอาหาร รวมถึงการเข้าเก็บขยะอาหารกรณีตกค้าง รวมถึงการรับแจ้งข้อร้องเรียนและการแก้ไขปัญหาต่างๆ ประสานงานทุกส่วนที่เกี่ยวข้องและนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์เพื่อวางแผนในการบริหารจัดการ แสดงดังภาพที่ 10

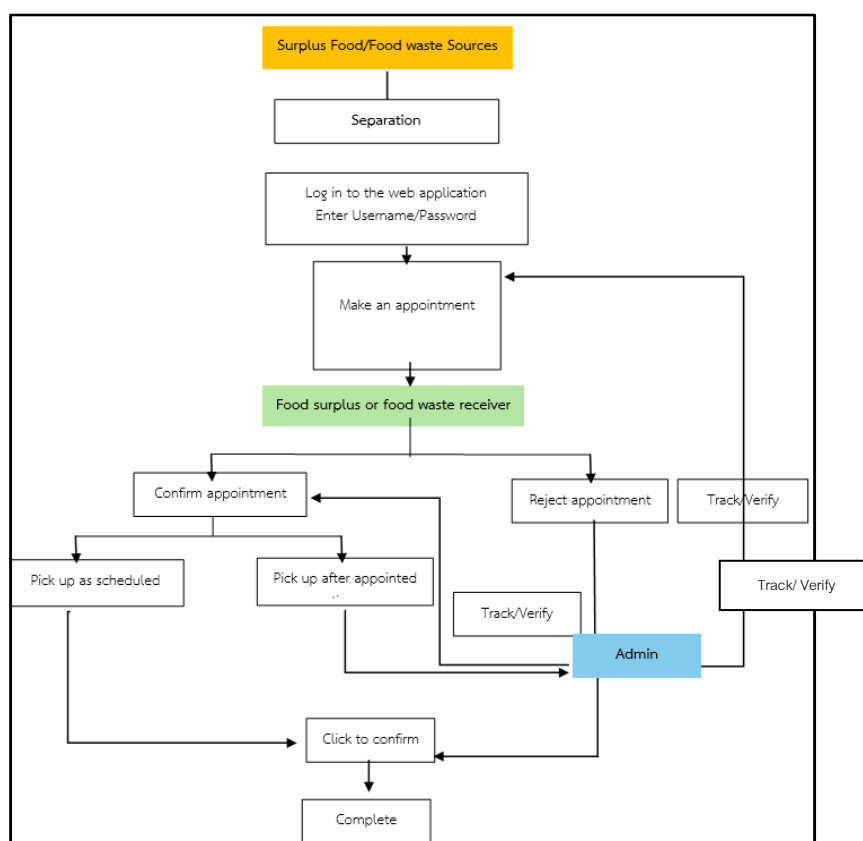


Figure 10 Display the relationship between users in each role

5. การทดลองใช้งานเว็บแอปพลิเคชันในพื้นที่ต้นแบบ
นำเว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นมาทดลองใช้ในพื้นที่ต้นแบบขยะอาหารของเทศบาลนครนนทบุรี โดยคัดเลือกจากแหล่งกำเนิดขยะอาหาร 3 กลุ่ม ดังนี้

- 5.1 ตลาดจามวงค์วาน เป็นตัวแทนของแหล่งจำหน่ายวัตถุดิบ
- 5.2 ร้านข้าวแกงคุณตา เป็นตัวแทนของแหล่งผลิตขยะอาหาร
- 5.3 สำนักงานสลากกินแบ่งรัฐบาลและกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์เป็นตัวแทนของแหล่งทิ้งขยะอาหารเหลือจากการบริโภค

ดำเนินการจัดอบรมให้ความรู้เกี่ยวกับการใช้เว็บแอปพลิเคชัน และวิธีการคัดแยกอาหารส่วนเกินและขยะอาหารเพื่อการจัดการอย่างถูกต้อง นอกจากนี้ยังได้สนับสนุนอุปกรณ์การคัดแยกขยะ เช่น ชุตถังคัดแยกขยะอาหาร ป้ายประชาสัมพันธ์ และสื่อให้ความรู้ให้กับพื้นที่ต้นแบบ แสดงดังภาพที่ 11

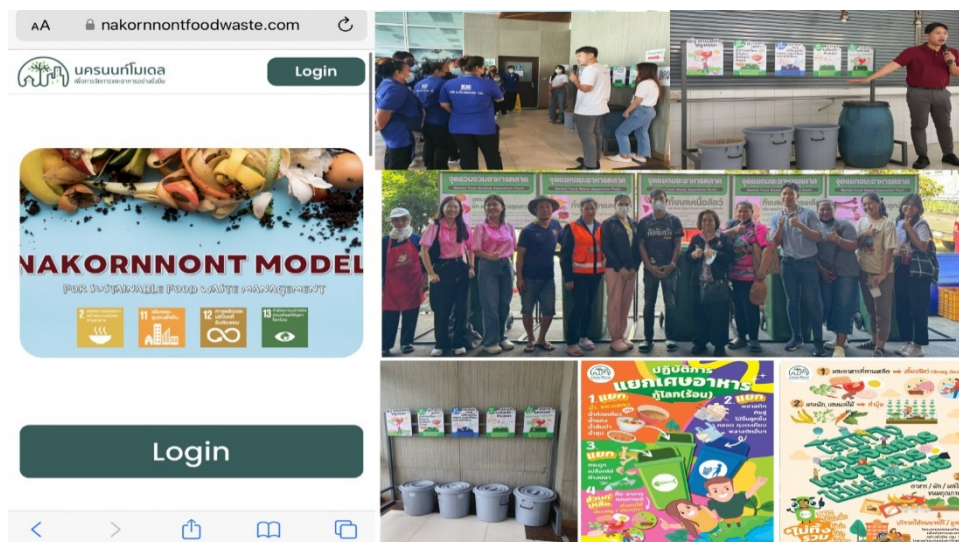


Figure 11 Web application pilot testing in the pilot area

6. การประเมินความพึงพอใจของเว็บแอปพลิเคชันการจัดการขยะอาหารสำหรับเทศบาลนครนนทบุรี
ประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันด้วยวิธีการสอบถามผู้ใช้งานจริง เพื่อรวบรวมความคิดเห็นเกี่ยวกับประสบการณ์การใช้งานและความพึงพอใจ เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการพัฒนาและปรับปรุงแอปพลิเคชันในอนาคต ทำการสัมภาษณ์ผู้ใช้งานจากกลุ่ม 3 หลัก ได้แก่ แหล่งกำเนิด ผู้นำขยะอาหารไปใช้ประโยชน์ และเจ้าหน้าที่เทศบาลนครนนทบุรี ซึ่งเป็นตัวแทนของผู้ที่เกี่ยวข้องในระบบการจัดการขยะอาหาร ผลการสอบถามสามารถสรุปประเด็นสำคัญได้ดังนี้

6.1 ความสะดวกในการใช้งาน

ผู้ใช้งานใหญ่แสดงความพึงพอใจกับความง่ายและความสะดวกในการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันโดยเฉพาะอย่างยิ่งความสามารถในการเข้าถึงและใช้งานได้จากทุกสถานที่ ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการออกแบบที่ต้องการให้ระบบมีความยืดหยุ่นและตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ที่หลากหลาย

6.2 ประโยชน์ในการจัดการขยะอาหาร

ผู้ใช้งานเห็นถึงประโยชน์ที่ชัดเจนของแอปพลิเคชันในแง่ของการนำขยะอาหารไปใช้ประโยชน์ต่อการติดตามปริมาณขยะอาหาร และการทราบถึงปลายทางของขยะอาหาร ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเว็บแอปพลิเคชันสามารถตอบโจทย์ในการสร้างระบบการจัดการขยะอาหารที่มีประสิทธิภาพ

6.3 ความพึงพอใจโดยรวม

ผู้ใช้งานแสดงความพึงพอใจอย่างมากกับการใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน สะท้อนให้เห็นว่าระบบสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้เป็นอย่างดี และมีศักยภาพในการสร้างผลกระทบเชิงบวกต่อการจัดการขยะอาหารในพื้นที่

6.4 ปัญหาด้านความเสถียรของระบบ

มีการรายงานปัญหาเกี่ยวกับความเสถียรของระบบ โดยพบว่าบางครั้งไม่สามารถสร้างงานหรือยืนยันการทำงานได้ ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญที่ต้องได้รับการแก้ไขเพื่อให้การใช้งานมีความราบรื่นและน่าเชื่อถือมากขึ้น

6.5 ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนา

ผู้ใช้งานแนะนำให้พัฒนาเป็นแอปพลิเคชันบนมือถือ (Mobile application) เพื่อเพิ่มความสะดวกในการใช้งานมากกว่าเว็บแอปพลิเคชัน (Web application) นอกจากนี้ยังมีความต้องการให้แอปพลิเคชันสามารถใช้งานได้บนทั้งระบบปฏิบัติการ iOS และ Android เพื่อรองรับผู้ใช้ที่หลากหลายมากขึ้น

จากผลการประเมินนี้สามารถสรุปได้ว่าเว็บแอปพลิเคชันการจัดการขยะอาหารได้รับการตอบรับที่ดีจากผู้ใช้งาน โดยเฉพาะในด้านความสะดวกและประโยชน์ที่ได้รับ อย่างไรก็ตามยังมีประเด็นที่ต้องปรับปรุง โดยเฉพาะด้านความเสถียรของระบบและการพิจารณาพัฒนาเป็นแอปพลิเคชันบนมือถือในอนาคต

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

1. ปริมาณขยะมูลฝอยทั่วไป

เทศบาลนครนนทบุรีมีปริมาณขยะมูลฝอยเกิดขึ้นมากถึงวันละ 300 ตันซึ่งมีปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นคล้ายกับหลายพื้นที่เขตเมืองเช่นกรุงเทพมหานครมีขยะมูลฝอยเกิดขึ้น 10,500 ตันต่อวันในปี 2019 [16] นอกจากนี้ยังพบว่าในกรุงเทพมหานครอินโดนีเซียมีขยะมูลฝอยเกิดขึ้นประมาณ 7,500 ตันต่อวันในปี 2019 [17] ในกรุงโซลประเทศเกาหลีใต้มีขยะมูลฝอยเกิดขึ้นประมาณ 9,189 ตันต่อวันในปี 2007 [18] แสดงให้เห็นว่าเมืองใหญ่ในหลายประเทศก็เผชิญกับความท้าทายในการจัดการขยะมูลฝอยปริมาณมากเช่นเดียวกัน

โดยปริมาณขยะมูลฝอยมีความแตกต่างกันไปตามขนาดของเมืองและจำนวนประชากรสำหรับขยะอาหารเทศบาลนครนนทบุรีมีปริมาณขยะอาหารเกิดขึ้นประมาณ 121 ตันต่อวันหรือคิดสัดส่วนร้อยละ 40.35 ของขยะมูลฝอยทั้งหมด เมื่อเปรียบเทียบกับสัดส่วนจำนวนประชากร พบว่าปริมาณขยะอาหารที่เกิดขึ้นของเทศบาลนครนนทบุรีมีปริมาณใกล้เคียงกันกับและกรุงเทพมหานคร มีขยะอาหารประมาณ 5,250 ตันต่อวัน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 50 ของขยะมูลฝอยทั้งหมด [16]

2. การคัดแยกและการนำกลับมาใช้ประโยชน์

เทศบาลนครนนทบุรียังมีระบบการนำขยะกลับมาใช้ประโยชน์ค่อนข้างน้อย 17.4 ตันต่อปี ในขณะที่ประเทศอื่นๆมีอัตราการนำขยะมูลฝอยที่มากกว่าและที่แตกต่างกันไป เช่น ในปี 2018 สหรัฐอเมริกามีการนำขยะมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์อยู่ที่ร้อยละ 32.1 [19] สหภาพยุโรปมีอัตราการนำขยะมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์ร้อยละ 47 [20] และเกาหลีใต้ก็สามารถนำขยะมูลฝอยชุมชนกลับมาใช้ประโยชน์ได้กว่าร้อยละ 59.1 [21] ในญี่ปุ่นมีอัตราการรีไซเคิลขยะอาหารอยู่ที่ร้อยละ 31 ในปี 2015 [22] ในขณะที่เทศบาลนครนนทบุรีปริมาณการใช้ประโยชน์จากขยะอาหารอยู่เพียง 5.1 ตันต่อปี

จะเห็นได้ว่าอัตราการคัดแยกและการนำขยะกลับมาใช้ประโยชน์มีความแตกต่างกันอย่างมากระหว่างประเทศต่างๆ โดยหลายประเทศพัฒนาแล้วมีอัตราการรีไซเคิลที่สูงกว่าประเทศกำลังพัฒนา อย่างไรก็ตามแม้แต่ในประเทศที่มีระบบการจัดการขยะที่ก้าวหน้า ก็ยังมีโอกาสในการพัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพการคัดแยกและรีไซเคิลขยะได้อีกมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วน of ขยะอาหาร ซึ่งมักมีอัตราการรีไซเคิลที่ต่ำกว่าขยะประเภทอื่น ๆ

3. ประเภทของขยะอาหาร

ในเทศบาลนครนนทบุรี พบว่าขยะอาหารส่วนใหญ่เป็นเศษผัก เปลือกผลไม้ ก้างปลา กระดูก และเปลือกไข่ (FW2) คิดเป็นร้อยละ 65.06 รองลงมาคือเศษอาหารและเศษเนื้อสัตว์ (FW3) ร้อยละ 33.55 และอาหารส่วนเกิน (SF) พบน้อยที่สุดเพียงร้อยละ 1.39 เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาในเคนมารักของ Edjabou et al. [23] พบว่ามีความสอดคล้องกันในแง่ที่เศษผักและผลไม้เป็นองค์ประกอบหลักของขยะอาหาร โดยในเคนมารักพบว่าเศษผักและผลไม้คิดเป็นร้อยละ 40 ของขยะอาหารทั้งหมด อย่างไรก็ตามมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในสัดส่วนของอาหารส่วนเกิน โดยในเคนมารักพบว่าอาหารที่หลีกเลี่ยงได้ (avoidable food waste) มีสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 58 ของขยะอาหารทั้งหมด ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาในเทศบาลนครนนทบุรีที่พบเพียงร้อยละ 1.39 ความแตกต่างนี้อาจเป็นเพราะการศึกษานี้ได้เก็บตัวอย่างอาหารส่วนเกินและขยะอาหารจากจุดทิ้งขยะรวมของแหล่งกำเนิด ทำให้พิจารณาลักษณะทางกายภาพของขยะอาหารแต่ละประเภทได้ค่อนข้างยาก สัดส่วนของ Avoidable food waste หรือ Surplus food จึงมีน้อยกว่า

4. เว็บแอปพลิเคชัน Nakornnontfoodwaste

พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันการจัดการขยะอาหารสำหรับเทศบาลนครนนทบุรีชื่อว่า Nakornnontfoodwaste เพื่อเชื่อมโยงผู้ที่ต้องการทิ้งขยะอาหารและผู้ที่ต้องการใช้ประโยชน์จากขยะอาหาร ที่ช่วยอำนวยความสะดวกต่อการจัดการขยะอาหารระหว่างต้นทางกับปลายทาง รวมถึงการเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณขยะอาหาร ณ แหล่งกำเนิด เพื่อนำมาวิเคราะห์และสร้างนโยบายบริการสาธารณะของเทศบาลนครนนทบุรี นอกจากนี้ได้ทดลองใช้งานเว็บแอปพลิเคชันในพื้นที่ต้นแบบในการจัดการขยะอาหารอย่างยั่งยืน จากนั้นประเมินประสิทธิภาพของเว็บ

แอปพลิเคชันที่จัดทำขึ้นเพื่อการต่อยอดในอนาคต โดยได้ทำการสอบถามผู้ใช้งานเว็บแอปพลิเคชันจากต้นแบบ 3 กลุ่ม แหล่งกำเนิดขยะอาหาร เกษตรกรผู้เลี้ยงปลา และเจ้าหน้าที่เทศบาลนครนนทบุรี ความคิดเห็นโดยส่วนใหญ่เห็นว่าเว็บแอปพลิเคชัน ใช้งาน สะดวก สามารถใช้ได้ทุกที่ มีประโยชน์ในด้านการนำขยะอาหารไปใช้ประโยชน์ต่อ มีปลายทางของขยะชัดเจน และยังเห็นว่าระบบควรมีการพัฒนาให้มีความเสถียรมากขึ้นและควรเป็น mobile application เนื่องจากจะทำให้การใช้งานสะดวกกว่าเว็บแอปพลิเคชันและโมบายแอปพลิเคชัน ควรรองรับระบบปฏิบัติการทั้ง IOS และ Android

อย่างไรก็ดี เว็บแอปพลิเคชัน Nakornnontfoodwaste นี้มีความมุ่งหวังในการสร้างรูปแบบใหม่ของการจัดการอาหารส่วนเกินและขยะอาหารขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นให้สามารถแก้ไขปัญหาเรื่องขยะอาหารได้มากขึ้น นำไปสู่เป้าหมายการลดปริมาณขยะอาหารให้เหลือร้อยละ 28 ในปี 2570 ตามแผนที่นำทางการจัดการขยะอาหาร(พ.ศ. 2566 - 2573) และแผนปฏิบัติการด้านการจัดการขยะอาหารระยะที่ 1 (พ.ศ. 2566 - 2570) เช่นเดียวกับกรณีตัวอย่างที่ดำเนินการสำเร็จมาแล้วในฮ่องกงได้นำแอปพลิเคชันชื่อ “GREEN@COMMUNITY” มาจัดการขยะมูลฝอยชุมชน และสิ่งที่น่าสนใจคือแอปพลิเคชันนี้มีการให้รางวัลเพื่อกระตุ้นให้ผู้ใช้งานสนใจการนำขยะมารีไซเคิล ส่งผลให้อัตราการรีไซเคิลขยะในชุมชนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีการรายงานว่าอัตราการรีไซเคิลในพื้นที่ทดลองเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 15 ภายในระยะเวลา 6 เดือน [24] แสดงให้เห็นถึงผลกระทบเชิงบวกของการใช้เทคโนโลยีร่วมกับแรงจูงใจทางสังคม เช่นเดียวกันในอีกหลายๆ เมือง เช่น เมืองอัมสเตอร์ดัม ประเทศเนเธอร์แลนด์ ได้พัฒนาแพลตฟอร์มสำหรับการจัดการอาหารส่วนเกิน โดยเฉพาะแพลตฟอร์มการบริจาคอาหารนี้ชื่อว่า “OLIO” สามารถลดปริมาณขยะอาหารได้มากถึง 5,000 ตันต่อปี [25] ซึ่งไม่เพียงแต่ช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แต่ยังช่วยแก้ปัญหาความมั่นคงทางอาหารในชุมชนอีกด้วย หรืออย่างในซีแอตเทิลได้นำแอปพลิเคชันชื่อว่า “Seattle Public Utilities” มาปรับปรุงการสื่อสารระหว่างเทศบาลกับประชาชน ส่งผลให้การจัดการขยะมีประสิทธิภาพมากขึ้นและลดข้อร้องเรียน ในขณะที่โซลได้นำระบบ “Pay-as-you-throw” มาใช้ผ่านแอปพลิเคชัน ซึ่งสร้างแรงจูงใจทางการเงินให้ประชาชนลดปริมาณขยะ [26]

การขยายผลการใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน Nakornnontfoodwaste ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด จำเป็นต้องได้รับการสนับสนุนเชิงนโยบายจากผู้บริหารของเทศบาลนครนนทบุรี การจัดสรรงบประมาณและบุคลากรเทศบาลในการสนับสนุนการพัฒนาระบบอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้เทศบาลนครนนทบุรีควรกำหนดให้การคัดแยกและจัดการขยะอาหารตั้งแต่ต้นทางเป็นวาระสำคัญของการจัดการขยะทุกประเภท ควรพัฒนาระบบให้อยู่ในรูปแบบแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่เพื่อเพิ่มความสะดวกในการใช้งาน ขยายเครือข่ายความร่วมมือไปยังภาคเอกชน ภาคราชการ ภาคประชาชน พร้อมทั้งจัดทำคู่มือและหลักสูตรฝึกอบรมเพื่อเป็นต้นแบบให้กับสำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นอื่น

สำหรับการวิจัยในอนาคตควรนำหลัก Bio Circular Green Economy (BCG) ประยุกต์ใช้ด้วยเพื่อให้เกิดความยั่งยืน เช่น การสร้างมูลค่าของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากขยะอาหารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เช่น การผลิต Biofertilizer การผลิตอาหารเลี้ยงปลาจากเศษอาหาร และเพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นจึงควรมีการศึกษา

เกี่ยวกับธาตุอาหารของวัสดุปรับปรุงดิน หรือการศึกษาเพื่อประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ต่างๆที่ได้จากขยะอาหาร รวมไปถึงการประเมินความเสี่ยงของขยะอาหารที่นำมาเลี้ยงสัตว์

จากผลการศึกษาสรุปได้ว่า การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการจัดการขยะอาหารของเทศบาลนครนนทบุรีประสบความสำเร็จในการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการขยะอาหารในเขตเมือง โดยสามารถลดต้นทุน ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และสร้างการมีส่วนร่วมของผู้เกี่ยวข้องได้อย่างเป็นรูปธรรม อย่างไรก็ตามความสำเร็จในระยะยาวจำเป็นต้องได้รับการสนับสนุนเชิงนโยบาย การพัฒนาระบบอย่างต่อเนื่องและการมีส่วนร่วมจากทุกภาคส่วน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ (N25A650679) และได้รับการสนับสนุนทางการเงินบางส่วนจากหน่วยวิจัยการใช้ประโยชน์จากของเสียและการประเมินความเสี่ยงทางนิเวศวิทยา คณะผู้วิจัยขอขอบคุณทีมงานจากสำนักงานเทศบาลนครนนทบุรีเป็นอย่างยิ่ง ได้แก่ ดร.สมนึก ชนเดชากุล (นายกเทศมนตรี) นายมาชัย ธนไพศาลสมบัติ (ปลัดเทศบาล) นายสมศักดิ์ ศรีเพ็ง (ผู้อำนวยการสำนักสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม) และนางสาวพรศรี กิจธรรม (อดีตปลัดเทศบาล) คุณปิยาภรณ์ เสิบขุนทด (นักวิชาการสุขาภิบาล) สำหรับการสนับสนุนในทุกด้าน ท้ายที่สุดคณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ดร.วิจารณ์ สิมฉายา ดร.สุจิตรา วาสนาดำรงดี และ ดร.เสกสรร พ่าป้อง สำหรับการสนับสนุนและข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์

References

- [1] Sinha, S. & Tripathi, P. (2021). Trends and Challenges in Valorisation of Food Waste in Developing Economies: A Case Study of India. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 4, 100162.
- [2] Niu, Z., et al. (2022). Food Waste and its Embedded Resources Loss: A Provincial Level Analysis of China. *Science of the Total Environment*, 823, 153665.
- [3] Karaiskakis, A. N., et al. (2024). Multi-scale Assessment of Global Warming Mitigation Potential of Anaerobic Digestion for Food Waste Management in the United States: A Comparison of Life Cycle Assessment Approaches. *Resources, Conservation and Recycling*, 203, 107442.
- [4] Pollution Control Department. (2024). *Food waste management roadmap (2023-2030) and food waste management action plan phase 1 (2023-2027)*. Bangkok: Waste and Hazardous Substance Management Division, Pollution Control Department, Ministry of Natural Resources and Environment. (in Thai)
- [5] de Sadeleer, I., et al. (2020). Waste Prevention, Energy Recovery or Recycling - Directions for Household Food Waste Management in Light of Circular Economy Policy. *Resources, Conservation & Recycling*, 160, 104908.
- [6] Filimonau, V., et al. (2020). Food Waste Management in Shanghai Full-Service Restaurants:

- A Senior Managers' Perspective. *Journal of Cleaner Production*, 258, 120975.
- [7] Mak, T. M. W., et al. (2021). A Cross-Region Analysis of Commercial Food Waste Recycling Behaviour. *Chemosphere*, 274, 129750.
- [8] Rut, M., et al. (2021). Participating in Food Waste Transitions: Exploring Surplus Food Redistribution in Singapore Through the Ecologies of Participation Framework. *Journal of Environmental Policy & Planning*, 23(1), 34-47.
- [9] Srijuntrapun, P. (2018). Appropriate Participatory Food Waste Management in the World Heritage Site, the Historic City of Ayutthaya. *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 39, 381-386.
- [10] Nonthaburi City Municipality. (2022). *Report on the Analysis of Physical and Chemical Composition and Characteristics of Municipal Solid Waste According to the Project for Hiring Analysis of Composition and Characteristics of Municipal Solid Waste, Nonthaburi City Municipality, Fiscal Year 2022*. Available from https://nakornnont.go.th/files/com_strategy/2020-07_1e072ef16420d3b.pdf. Accessed date: 18 July 2024. (in Thai)
- [11] Ryen, E. G. & Babbitt, C. W. (2022). The Role of U.S. Policy in Advancing Circular Economy Solutions for Wasted Food. *Journal of Cleaner Production*, 369, 133200.
- [12] Tiong, Y. W., et al. (2024). Real-World Assessment of a Decentralized Food Waste Anaerobic Digestion System: A Test-Bedding Case Study Application. *Journal of Cleaner Production*, 437, 140752
- [13] Janousek, A., et al. (2018). "We See a Real Opportunity Around Food Waste": Exploring the Relationship Between On-Farm Food Waste and Farm Characteristics. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 42(8), 933-960
- [14] Yu, M., et al. (2024). Unlocking the Potential of Surplus Food: A Blockchain Approach to Enhance Equitable Distribution and Address Food Insecurity in Italy. *Socio-Economic Planning Sciences*, 93, 101868.
- [15] Mastorakis, G., et al. (2024). Managing Household Food Waste with the FoodSaveShare Mobile Application. *Sustainability*, 16(7), 2800.
- [16] Liu, C., et al. (2020). Food Waste in Bangkok: Current Situation, Trends and Key Challenges. *Resources, Conservation and Recycling*, 157, 104779.
- [17] Wen, Z., et al. (2018). Design, Implementation, and Evaluation of an Internet of Things (IoT) Network System for Restaurant Food Waste Management. *Waste Management*, 73, 26-38.
- [18] Padeyanda, Y., et al. (2016). Evaluation of Environmental Impacts of Food Waste Management by Material Flow Analysis (MFA) and Life Cycle Assessment (LCA). *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 18(3), 493–508.
- [19] Armington, W. R., et al. (2020). Variability in commercial and institutional food waste

- generation and implications for sustainable management systems. *Resources Conservation and Recycling*, 155, 104622.
- [20] Corrado, S., & Sala, S. (2018). Food Waste Accounting Along Global and European Food Supply Chains: State of the Art and Outlook. *Waste Management*, 79, 120-131.
- [21] Kim, M. H., et al. (2013). Evaluation of food waste disposal options in terms of global warming and energy recovery: Korea. *International Journal of Energy and Environmental Engineering*, 4(1), 1.
- [22] Fujii, H., & Kondo, Y. (2018). Decomposition Analysis of Food Waste Management with Explicit Consideration of Priority of Alternative Management Options and its Application to the Japanese Food Industry From 2008 to 2015. *Journal of Cleaner Production*, 188, 568-574.
- [23] Edjabou, M. E., et al. (2015). Municipal Solid Waste Composition: Sampling Methodology, Statistical Analyses, and Case Study Evaluation. *Waste Management*, 36, 12-23.
- [24] Lee, C. K. M., et al. (2018). A System Dynamics Model for Evaluating Food Waste Management in Hong Kong, China. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 21(3), 433-456.
- [25] Tonini, D., et al. (2020). Quantitative Sustainability Assessment of Household Food Waste Management in the Amsterdam Metropolitan Area. *Resources, Conservation and Recycling*, 160, 104854.
- [26] Hong, I., et al. (2014). IoT-Based Smart Garbage System for Efficient Food Waste Management. *The Scientific World Journal*, 2014, 646953.