DOI: 10.14456/jesm.2024.4

บทความวิจัย / Research

04

ปริมาณ องค์ประกอบทางเคมีและแนวทางการใช้ประโยชน์ขยะอาหารจากร้านอาหารและบริการอาหาร: กรณีศึกษาในพื้นที่เทศบาลเมืองชะอำ จังหวัดเพชรบุรี และเทศบาลเมืองหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

QUANTITY, CHEMICAL COMPOSITION AND UTILIZATION POTENTIAL OF FOOD WASTE FROM RESTAURANTS AND FOOD SERVICES: A CASE IN CHA-AM TOWN MUNICIPALITY AREA, PHETCHABURI PROVINCE, AND HUA HIN TOWN MUNICIPALITY AREA, PRACHUAP KHIRI KHAN PROVINCE

อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ์[a,✉] ธนวดี พรหมจันทร์[a] และ จีระศักดิ์ ชอบแต่ง[b]
[a]คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี
[b]สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์

Auraiwan Isuwan[a,✉] Thanawadee Promchan[a] and Jeerasak Chobtang[b]
[a]Faculty of Animal Sciences and Agricultural Technology, Silpakorn University, Phetchaburi IT Campus
[b]Bureau of Animal Nutrition Development, Department of Livestock Development

✉ isuwan_a@silpakorn.edu

วันที่รับ (received) 22 เม.ย. 2567 วันที่แก้ไขเสร็จ (revised) 7 มิ.ย. 2567 วันที่ตอบรับ (accepted) 10 มิ.ย. 2567

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณและองค์ประกอบทางเคมีของขยะอาหารที่เกิดจากร้านอาหารและบริการอาหารในพื้นที่เทศบาลเมืองชะอำ จังหวัดเพชรบุรี และเทศบาลเมืองหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เก็บข้อมูลจากตัวอย่างร้านอาหารและบริการอาหารในช่วงสิงหาคม พ.ศ. 2564 - กรกฎาคม พ.ศ. 2565 ผลการศึกษา พบว่า ร้านอาหารและบริการอาหารในพื้นที่เทศบาลเมืองชะอำมีขยะอาหาร 1,130.86 ตันต่อปี และในพื้นที่เทศบาลเมืองหัวหิน 2,021.41 ตันต่อปี ส่วนใหญ่เป็นเศษอาหารเหลือจากการบริโภค (ร้อยละ 46.17 และ 42.08 ของขยะอาหารทั้งหมดในพื้นที่เทศบาลเมืองชะอำและเทศบาลเมืองหัวหิน ตามลำดับ) ถัดมาเป็นขยะอาหารที่สามารถนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเศษเนื้อ นมและไข่ เศษอาหารทะเล รวมไปถึงเศษขนมปัง (ร้อยละ 29.46 และ 33.61 ตามลำดับ) และขยะอาหารที่เหมาะสำหรับใช้ทำปุ๋ยหมัก ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเศษผักและผลไม้ (ร้อยละ 24.37 และ 24.31 ตามลำดับ) เศษปลาและเปลือกกุ้งมีโปรตีนสูง มีศักยภาพในการเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหารสัตว์ ได้แต่ควรระวังเรื่องการปนเปื้อนแคดเมียมและปรอท กล่าวได้ว่า การคัดแยกขยะอาหารจากร้านอาหารและบริการอาหารที่ต้นทางตามคุณสมบัติและวิธีการนำไปใช้ประโยชน์นับเป็นการจัดการขยะอาหารที่ช่วยส่งเสริมความยั่งยืนของภาคการท่องเที่ยว

คำสำคัญ : ขยะอาหาร ร้านอาหารและบริการอาหาร องค์ประกอบทางเคมี

Abstract

The objective of the present study was to determine the quantity and chemical compositions of food waste from restaurants and food services in Cha-Am Town Municipality, Phetchaburi Province, and Hua Hin Town Municipality, Prachuap Kiri Khan Province. Data were collected from participating restaurants and food services during August 2021 to July 2022. Results showed that total food waste in Cha-Am was 1,130.86 tons annually and in Hua Hin was 2,021.41 tons annually. Most food waste was discarded (left-over) food (46.17% and 42.08% of total food waste in Cha-Am and Hua Hin, respectively), followed by food waste potentially used as animal feed, comprising waste of meat, milk, egg, seafood, and bakery (29.46% and 33.61%, respectively) and food waste used to produce composts, such as waste of vegetables and fruits (24.37% and 24.31%, respectively). Fish and shrimp waste can be used as protein sources in livestock diets, although some heavy metals' contamination would not be ignored. To sum up, sorting food wastes from restaurants and food services according to their chemical composition and potential reuse/recycling methods can be a promising approach to sustain the tourism sector.

Keywords : Food waste, Restaurants and food services, Chemical composition

บทนำ

อาหารเป็นหนึ่งในปัจจัยหลักสำหรับการดำรงชีวิตของมนุษย์ ปัจจุบันความต้องการอาหารทั้งในแง่ปริมาณและคุณภาพเพิ่มขึ้นตามจำนวนประชากรและภาวะเศรษฐกิจที่เพิ่มขึ้น (Tilman & Clark, 2014; Tilman, Balzer, Hill, & Befort, 2011) อย่างไรก็ตาม อาหารที่ผลิตได้ในโลกกลายเป็นขยะอาหารถึง 1 ใน 3 หรือประมาณ 1,300 ล้านตันต่อปี สำหรับประเทศไทยสถานการณ์ขยะอาหาร (food waste) อยู่ในขั้นวิกฤติ สาเหตุหลักเกิดจากกระบวนการบริโภคอาหารที่ไม่มีประสิทธิภาพและไม่มีการคัดแยกขยะอาหารเพื่อการจัดการที่เหมาะสม การจัดการขยะอาหารของประเทศไทยส่วนใหญ่ใช้วิธีการฝังกลบซึ่งสร้างปัญหามลพิษตามมาจำนวนมาก เช่น การเกิดกลิ่นเหม็น และการปลดปล่อยก๊าซมีเทนซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกที่ส่งผลต่อสภาวะโลกร้อน (Melikoglu, Lin, & Webb, 2013) เป็นต้น

การท่องเที่ยวถือเป็นภาคส่วนที่สำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศ กองเศรษฐกิจการท่องเที่ยวและกีฬา กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา (Economics Tourism and Sports Division, Ministry of Tourism and Sports, 2023) รายงานว่า ในปี พ.ศ. 2565 จังหวัดเพชรบุรีและประจวบคีรีขันธ์เป็นสองเมืองท่องเที่ยวที่สำคัญที่ได้รับความนิยมอย่างมากทั้งจากนักท่องเที่ยวชาวไทยและต่างประเทศ โดยธุรกิจการท่องเที่ยวและกิจการที่เกี่ยวเนื่องสร้างรายได้มากถึง 24,541.55 และ 33,871.62 ล้านบาท ตามลำดับ และถึงแม้ว่าภาคการท่องเที่ยวมีส่วนสำคัญในการสร้างรายได้แต่สิ่งที่เป็นผลพวงตามมาคือการสร้างขยะปริมาณมาก โดยเฉพาะขยะอาหารที่เกิดจากกิจการที่เกี่ยวกับการผลิตและการบริโภคอาหารเพื่อสนับสนุนการท่องเที่ยว ได้แก่ ร้านอาหารและบริการอาหาร ความต้องการอาหารเพิ่มมากขึ้นจะควบคู่ไปกับการมีปริมาณขยะอาหารเพิ่มมากขึ้น การจัดการกับขยะอาหารที่ไม่เหมาะสมนั้นนอกจากจะก่อให้เกิดมลพิษในปริมาณมากแล้วยังส่งผลต่อภาพลักษณ์ที่ดีของเมืองซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการท่องเที่ยวในอนาคต แม้ว่าการป้องกันการเกิดขยะอาหารเป็นมาตรการที่ดีที่สุดแต่หากมีขยะอาหารเกิดขึ้นแล้วการจัดการขยะอาหารโดยวิธีการที่เหมาะสมนั้นนอกจากจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดขยะอาหารแล้วยังช่วยลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมอีกด้วย (Winnow, 2018) ปัจจุบันมีทางเลือกในการจัดการขยะอาหารมากมายโดยแต่ละวิธีจะมีจุดอ่อนและจุดแข็งแตกต่างกันไป เช่น การเผาเป็นเชื้อเพลิง (Shukla *et al.*, 2024) การผลิตปุ๋ยหมัก (Lundie & Peters, 2005) การผลิตถ่านชีวภาพ (Elkhalifa, Al-Ansari, Mackey, & McKay, 2019) และการผลิตก๊าซชีวภาพ (Guven, Wang, & Eriksson, 2019) เป็นต้น

จากการทบทวนวรรณกรรมยังไม่พบรายงานการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการประเมินปริมาณและองค์ประกอบทางเคมีของขยะอาหารที่ได้จากร้านอาหารและบริการอาหารในพื้นที่ที่มีการท่องเที่ยวเข้มข้น ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณ ลักษณะจำเพาะ องค์ประกอบทางเคมีและแนวทางการใช้ประโยชน์ขยะอาหารที่เกิดจากร้านอาหารและบริการอาหารในพื้นที่เทศบาลเมืองชะอำ จังหวัดเพชรบุรี และเทศบาลเมืองหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ซึ่งเป็นเมืองที่มีการท่องเที่ยวเข้มข้น

วิธีดำเนินการวิจัย

ดำเนินการเก็บข้อมูลปริมาณและลักษณะจำเพาะของขยะอาหารที่เกิดจากกิจการร้านอาหารและบริการอาหารในพื้นที่เทศบาลเมืองชะอำ จังหวัดเพชรบุรี และเทศบาลเมืองหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ระหว่างเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2564 และเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2565

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ จำนวนร้านอาหารและบริการอาหารทั้งหมดที่ได้ขึ้นทะเบียนกับเทศบาลจำนวน 631 ร้าน โดยแบ่งเป็นเทศบาลเมืองชะอำ 222 ร้าน และเทศบาลเมืองหัวหิน จำนวน 409 ร้าน แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มตามขนาดของกิจการโดยใช้เกณฑ์การแบ่งขนาดร้านอาหารและบริการอาหารของเทศบาลซึ่งใช้พื้นที่ประกอบกิจการเป็นเกณฑ์ คำนวณจำนวนตัวอย่างร้านอาหารและบริการอาหารของแต่ละเทศบาลที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ตามคำแนะนำของ Yamane (1967) ดังนี้ $n = N / [1 + N (e)^2]$ โดยที่ n หมายถึง จำนวนตัวอย่างร้านอาหารและบริการอาหาร N หมายถึง จำนวนประชากรร้านอาหารและบริการอาหาร และ e หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนซึ่งกำหนดไว้ที่ร้อยละ 20 เมื่อได้จำนวนตัวอย่างทั้งหมดแล้วทำการสุ่มตัวอย่างร้านอาหารและบริการอาหารเพื่อเป็นตัวแทนของร้านอาหารและบริการอาหารแต่ละขนาดตามสัดส่วนประชากร เพิ่มจำนวนตัวอย่างร้านอาหารและบริการอาหารในพื้นที่เทศบาลเมืองหัวหินเป็น 2 เท่าของจำนวนตัวอย่างที่คำนวณได้ทั้งนี้เพื่อให้ได้จำนวนตัวอย่างของร้านอาหารและบริการอาหารแต่ละขนาดไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 ของประชากรแต่ละขนาด ดังรายละเอียดในตารางที่ 1

ตารางที่ 1: จำนวนประชากรและกลุ่มตัวอย่างร้านอาหารและบริการอาหารแยกตามพื้นที่และขนาดของหน่วยธุรกิจ

รายการ	ประชากร (ร้าน)	กลุ่มตัวอย่าง (ร้าน)
เทศบาลเมืองชะอำ จังหวัดเพชรบุรี		
- ขนาดเล็ก (พื้นที่ประกอบกิจการ 100 - 200 ตร.ม.)	83	9
- ขนาดกลาง (พื้นที่ประกอบกิจการ 200 - 300 ตร.ม.)	89	9
- ขนาดใหญ่ (พื้นที่ประกอบกิจการมากกว่า 300 ตร.ม.)	50	5
รวม	222	23
เทศบาลเมืองหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์		
- ขนาดเล็ก (พื้นที่ประกอบกิจการ 100 - 200 ตร.ม.)	213	22
- ขนาดกลาง (พื้นที่ประกอบกิจการ 200 - 300 ตร.ม.)	104	11
-ขนาดใหญ่ (พื้นที่ประกอบกิจการมากกว่า 300 ตร.ม.)	92	10
รวม	409	43

2. ช่วงเวลาในการสุ่มเก็บข้อมูล

เก็บข้อมูลปริมาณและลักษณะจำเพาะ และสุ่มเก็บตัวอย่างขยะอาหารจากร้านอาหารและบริการอาหารที่ร่วมโครงการ (กลุ่มตัวอย่าง) ในพื้นที่เทศบาลเมืองชะอำและเทศบาลเมืองหัวหิน ตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2564 ถึง เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2565 โดยในแต่ละเทศบาลมีการสลับเปลี่ยนสัปดาห์ทุก ๆ 3 เดือน และในแต่ละสัปดาห์ที่เก็บข้อมูลจะแยกเก็บสัปดาห์ละ 2 วัน แยกเป็นวันธรรมดา 1 วัน และวันหยุดสุดสัปดาห์ 1 วัน (เพื่อใช้ข้อมูลในการหาค่าเฉลี่ยอัตราขยะอาหารในวันธรรมดาและวันหยุดสุดสัปดาห์) รายละเอียดการเก็บข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2: รายละเอียดการเก็บข้อมูลงานวิจัยร้านอาหารและบริการอาหาร

พื้นที่ศึกษา	เดือน	สัปดาห์ที่	วัน
เทศบาลเมืองชะอำ	ส.ค.-ต.ค. 64	3	พฤหัสบดีและวันอาทิตย์
	พ.ย. 64 -ม.ค. 65	4	พฤหัสบดีและวันอาทิตย์
	ก.พ.-เม.ย.65	1	พฤหัสบดีและวันอาทิตย์
	พ.ค.-ก.ค.65	2	พฤหัสบดีและวันอาทิตย์
เทศบาลเมืองหัวหิน	ส.ค.-ต.ค. 64	1	พุธและวันเสาร์
	พ.ย. 64-ม.ค. 65	2	พุธและวันเสาร์
	ก.พ.-เม.ย. 65	3	พุธและวันเสาร์
	พ.ค.-ก.ค. 65	4	พุธและวันเสาร์

ตัวอย่างเช่น ในช่วง 3 เดือนแรก (สิงหาคม - ตุลาคม พ.ศ. 2564) ในเขตพื้นที่เทศบาลเมืองชะอำเก็บข้อมูลทุกสัปดาห์ที่ 3 ของเดือน ในวันพฤหัสบดีและวันอาทิตย์ ในขณะที่ในเขตเทศบาลเมืองหัวหิน เก็บข้อมูลทุกสัปดาห์ที่ 1 ของเดือน ในวันพุธและวันเสาร์ ทั้งนี้เพื่อเป็นการกระจายช่วงเวลาเพื่อให้ได้ข้อมูลครอบคลุมทุกสัปดาห์ของเดือน

3. การคัดแยกขยะและการสุ่มตัวอย่าง

ขยะจากร้านอาหารและบริการอาหารทั้งหมดจากแต่ละร้านจะถูกคัดแยกออกเป็น 5 ประเภท รายละเอียดเกณฑ์การจำแนกดังแสดงในตารางที่ 3 บันทึกน้ำหนักและลักษณะจำเพาะของขยะอาหารแต่ละประเภท

ตารางที่ 3: รายละเอียดเกณฑ์การจำแนกขยะอาหารแยกตามประเภท

ประเภท	รายละเอียด
1	ประเภทเศษเนื้อ กระดูก นม และไข่ รวมถึงผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้ไม่รวมเนื้อ กระดูก นม ไข่ และ ผลิตภัณฑ์ที่ปรุงสุกแล้ว
2	ประเภทเศษผักและผลไม้ ทั้งนี้ไม่รวมผักและผลไม้ที่ปรุงสุกแล้ว
3	ประเภทเศษขนมอบ / ขนมปัง และขนมหวาน ทั้งนี้ไม่รวมขนมอบ / ขนมปัง และขนมหวานที่เหลือจากการบริโภค
4	ประเภทเศษอาหารทะเล ทั้งนี้ไม่รวมเศษอาหารทะเลที่ปรุงสุกแล้ว
5	ประเภทอาหารที่ปรุงสุกแล้วและเศษอาหารที่เหลือจากการบริโภค

4. แนวทางการจัดการขยะอาหารจำแนกตามคุณสมบัติ

ขยะอาหารแต่ละประเภทที่จำแนกตามเกณฑ์ในตารางที่ 3 จะถูกจำแนกอีกครั้งโดยใช้คุณสมบัติของขยะอาหารเป็นเกณฑ์ตามคำแนะนำของ Teigiserova, Hamelin, & Thomsen (2020) จำนวน 5 กลุ่มย่อย เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับพิจารณาแนวทางในการใช้ประโยชน์ขยะอาหาร รายละเอียดเกณฑ์การจำแนกดังแสดงในตารางที่ 4 บันทึกน้ำหนักและลักษณะจำเพาะของขยะอาหารแต่ละกลุ่มย่อย และสุ่มเก็บตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

ตารางที่ 4: รายละเอียดเกณฑ์การจำแนกขยะอาหารแยกตามคุณสมบัติ

กลุ่มย่อย	รายละเอียด	ลักษณะและคุณสมบัติเด่น
1	ขยะอาหารที่มนุษย์สามารถบริโภคได้	อาหารส่วนเกินที่จำหน่ายหรือบริโภคไม่หมด อาหารผิดรูปทรง และ อาหารกระป๋อง เป็นต้น
2	ขยะอาหารที่ไม่เหมาะสำหรับเป็นอาหารมนุษย์แต่เหมาะสำหรับเป็นอาหารสัตว์	ส่วนของอาหารที่มนุษย์ไม่สามารถบริโภคได้ (เช่น กระดูก และก้างปลา) อาหารหลังจากวันหมดอายุ และอาหารที่มีข้อบกพร่อง
3	ขยะอาหารที่ไม่เหมาะสำหรับเป็นอาหารมนุษย์และอาหารสัตว์ แต่เหมาะสำหรับใช้เลี้ยงหนอนแมลงวันลาย	เศษอาหารที่เหลือจากการบริโภคที่มีลักษณะแห้งหรือมีความชื้นเล็กน้อย ส่วนใหญ่เป็นเศษเหลือของข้าว และเศษผักที่ใช้ตกแต่งอาหาร
4	ขยะอาหารที่ไม่เหมาะสำหรับเป็นอาหารมนุษย์ อาหารสัตว์ หรือ อาหารเลี้ยงหนอนแมลงวันลาย แต่เหมาะสำหรับใช้กำกิจชีวภาพ	เศษอาหารที่เหลือจากการบริโภคที่มีลักษณะเปียกและมีความชื้นสูง มีน้ำผสม เช่น เศษอาหาร น้ำแกง เป็นต้น
5	ขยะอาหารที่ไม่เหมาะสำหรับเป็นอาหารมนุษย์ อาหารสัตว์ อาหารเลี้ยงหนอนแมลงวันลาย หรือ ผลิตกิจชีวภาพ แต่เหมาะสำหรับใช้กำปุ๋ยหมัก	เศษผักและผลไม้ที่เกิดจากการตัดแต่ง และแห้งเหลือง ไปสด

ที่มา: Teigiserova *et al.*, (2020)

5. การวิเคราะห์ทางเคมี

นำขยะอาหารจากแต่ละกลุ่มย่อยที่ที่จำแนกตามเกณฑ์ในตารางที่ 4 มาสับย่อยให้มีขนาด 3 – 5 เซนติเมตร คลุกเคล้าให้เข้ากัน จากนั้น สุ่มตัวอย่างขยะอาหารจากแต่ละกลุ่มย่อยปริมาณ 1 – 2 กิโลกรัม แล้วนำไปสับย่อยอีกครั้งให้มีขนาด 0.5 – 1 เซนติเมตร นำไปอบโดยใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่ จากนั้น บดตัวอย่างผ่านตะแกรงที่มีรูขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อวิเคราะห์ทางเคมี ได้แก่ วัตถุแห้ง (Dry matter) โดยการอบด้วยตู้อบชนิด Force-air oven ที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ตามวิธีที่ 930.15 (Association of Official Analytical Chemists, 2016) วิเคราะห์หาโปรตีนด้วยการหาเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนด้วยวิธี Kjeldahl แล้วใช้แฟคเตอร์ 6.25 ตามวิธีที่ 5983-2 (International Organization for Standardization, 2009) ไขมัน (Ether extract) โดยใช้ปิโตรเลียมอีเธอร์ตามวิธีที่ 2003.05 (Association of Official Analytical Chemists, 2016)

เถ้า (Ash) โดยเผาตัวอย่างที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ตามวิธีที่ 942.05 (Association of Official Analytical Chemists, 2016) วิเคราะห์ผนังเซลล์ (Neutral detergent fiber) โดยใช้ Sodium sulphite และ Alpha amylase ตามวิธีที่ 5.1 ของ Undersander, Mertens & Theix (1993) ลิกโนเซลลูโลส (Acid detergent fiber) ด้วยวิธี 973.18 (Association of Official Analytical Chemists, 2016) ลิกนิน (Acid detergent lignin) ตามวิธีที่ 973.18 (Association of Official Analytical Chemists, 2016)

ขยะอาหารในกลุ่มย่อยที่ 2 ได้แก่ เศษปลาและเปลือกกุ้ง และกลุ่มย่อยที่ 3 ได้แก่ อาหารเหลือบริโภค ซึ่งเหมาะสำหรับการนำกลับมาใช้ใหม่โดยการใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ ขยะอาหารกลุ่มนี้มีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนโลหะหนัก จึงทำการวิเคราะห์โลหะหนัก ได้แก่ แคดเมียม ตะกั่วและปรอท โดยใช้วิธี EPA method 1631 (U.S. Environmental Protection Agency, 2002)

ขยะอาหารในกลุ่มย่อยที่ 5 ได้แก่ เศษผักและผลไม้ที่เหลือจากการตัดแต่ง ซึ่งเหมาะสำหรับทำปุ๋ยอินทรีย์ จะทำการวิเคราะห์ธาตุอาหารพืชที่สำคัญ ได้แก่ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available phosphorus) โดยใช้น้ำยาสกัด Bray II (Bray & Kurtz, 1945) อัตราส่วนดินต่อน้ำยาสกัดเป็น 1 : 10 แล้วทำให้เกิดสีด้วยสารละลาย Ascorbic acid วัดปริมาณด้วยเครื่อง UV-Spectrophotometer โพแทสเซียม (Exchangeable potassium) แคลเซียม (Exchangeable calcium) และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable magnesium) โดยวิธีการสกัดดินด้วยสารละลาย Ammonium acetate 1 N pH 7 ใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำยาสกัด 1 : 10 นำสารละลายที่ได้วัดปริมาณด้วยเครื่อง Flame Photometer (Peech, Alexander, Dean, & Reed, 1947)

6. การคำนวณปริมาณขยะอาหารจากร้านอาหารและบริการอาหาร

คำนวณหาปริมาณขยะอาหารจากร้านอาหารและบริการอาหารรายเดือน ดังนี้

6.1 คำนวณอัตราการเกิดขยะอาหารเฉลี่ยวันธรรมดา 1 วัน หรือ เฉลี่ยวันหยุดสุดสัปดาห์ 1 วัน ของร้านอาหารและบริการอาหารแต่ละขนาด ดังนี้

$$\text{อัตราการเกิดขยะอาหารเฉลี่ย (กก./ร้าน/วัน)} = \frac{\text{น้ำหนักขยะอาหารจากตัวอย่างร้านอาหารและบริการอาหาร (กก./วัน)}}{\text{จำนวนตัวอย่างร้านอาหารและบริการอาหาร (ร้าน)}}$$

6.2 ประเมินปริมาณขยะอาหารรายเดือนของประชากรร้านอาหารทั้งหมดแยกตามขนาด ดังนี้

ปริมาณขยะอาหารรายเดือน (กก./เดือน) = [(อัตราการเกิดขยะอาหารเฉลี่ยของร้านอาหารและบริการอาหารขนาดเล็กวันธรรมดา (กก./ร้าน/วัน) × จำนวนประชากรร้านอาหารและบริการอาหารขนาดเล็ก (ร้าน) × จำนวนวันธรรมดาในแต่ละเดือน (วัน)] +

[(อัตราการเกิดขยะอาหารเฉลี่ยของร้านอาหารและบริการอาหารขนาดกลางวันธรรมดา (กก./ร้าน/วัน) × จำนวนประชากรร้านอาหารและบริการอาหารขนาดกลาง (ร้าน) × จำนวนวันธรรมดาในแต่ละเดือน (วัน)] +

[(อัตราการเกิดขยะอาหารเฉลี่ยของร้านอาหารและบริการอาหารขนาดใหญ่วันธรรมดา (กก./ร้าน/วัน) × จำนวนประชากรร้านอาหารและบริการอาหารขนาดใหญ่ (ร้าน) × จำนวนวันธรรมดาในแต่ละเดือน (วัน)] +

[(อัตราการเกิดขยะอาหารเฉลี่ยของร้านอาหารและบริการอาหารขนาดเล็กวันหยุดสุดสัปดาห์ (กก./ร้าน/วัน) × จำนวนประชากรร้านอาหารและบริการอาหารขนาดเล็ก (ร้าน) × จำนวนวันหยุดสุดสัปดาห์ในแต่ละเดือน (วัน)] +

[(อัตราการเกิดขยะอาหารเฉลี่ยของร้านอาหารและบริการอาหารขนาดกลางวันหยุดสุดสัปดาห์ (กก./ร้าน/วัน) × จำนวนประชากรร้านอาหารและบริการอาหารขนาดกลาง (ร้าน) × จำนวนวันหยุดสุดสัปดาห์ในแต่ละเดือน (วัน)] +

[(อัตราการเกิดขยะอาหารเฉลี่ยของร้านอาหารและบริการอาหารขนาดใหญ่วันหยุดสุดสัปดาห์ (กก./ร้าน/วัน) × จำนวนประชากรร้านอาหารและบริการอาหารขนาดใหญ่ (ร้าน) × จำนวนวันหยุดสุดสัปดาห์ในแต่ละเดือน (วัน)]

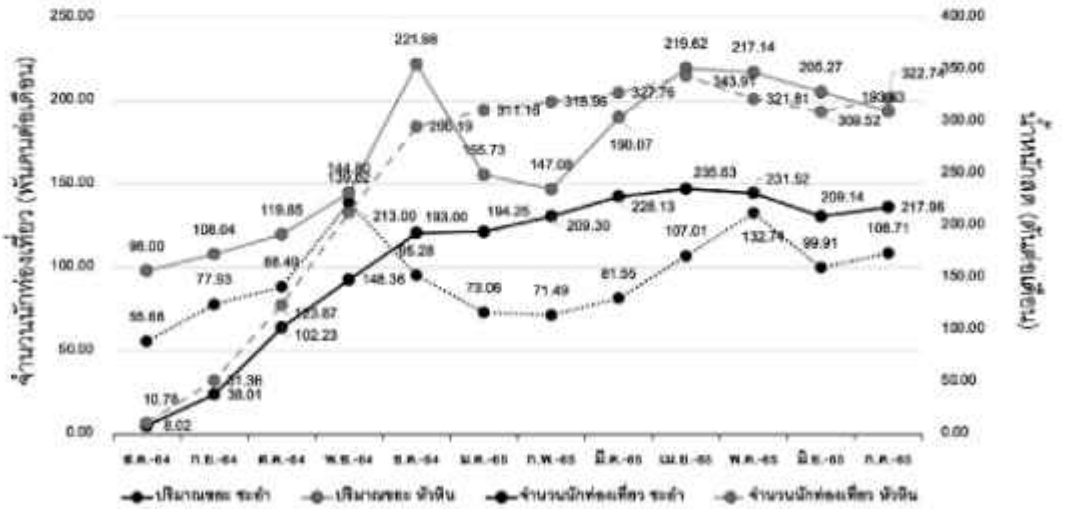
6.3 ประเมินปริมาณขยะอาหารทั้งหมดจากกิจการร้านอาหารและบริการอาหารในเขตพื้นที่เทศบาลเมืองชะอำและเทศบาลเมืองหัวหินโดยใช้ผลรวมปริมาณขยะอาหารรายเดือนทั้ง 12 เดือน

ผลการวิจัย

1. ปริมาณขยะอาหาร

1.1 ปริมาณขยะอาหารในภาพรวม

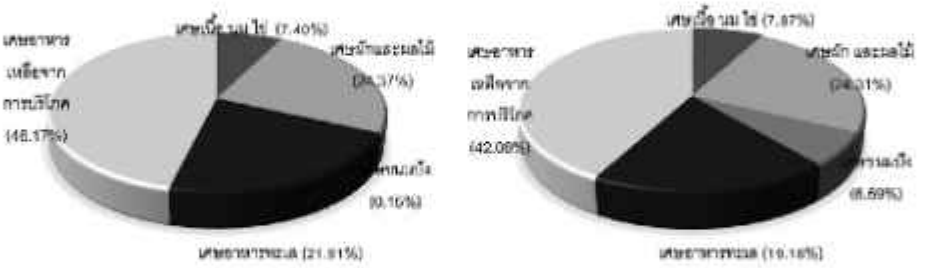
กิจการร้านอาหารและบริการอาหารในพื้นที่เทศบาลเมืองชะอำมีขยะอาหาร 1,130.86 ตันต่อปี น้อยกว่าในพื้นที่เทศบาลเมืองหัวหินที่มีขยะอาหารถึง 2,021.41 ตันต่อปี ทั้งนี้เนื่องจากในพื้นที่เทศบาลเมืองหัวหินมีจำนวนร้านอาหารและบริการอาหารมากกว่าจึงมีขยะอาหารมากกว่า และเห็นได้ว่า การเพิ่มขึ้นและลดลงของปริมาณขยะอาหารสอดคล้องกับความเข้มข้นของการท่องเที่ยวโดยในช่วงเดือนพฤศจิกายน–ธันวาคม และเดือนเมษายน- พฤษภาคม ปริมาณขยะจากสูงกว่าช่วงเดือนอื่น ๆ เนื่องจาก ในช่วงเดือนดังกล่าวเป็นช่วงเดือนที่มีการท่องเที่ยวเข้มข้นและมีนักท่องเที่ยวจำนวนมาก (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1: ปริมาณขยะอาหารจากร้านอาหารและบริการอาหารและจำนวนนักท่องเที่ยวตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2564 - กรกฎาคม พ.ศ. 2565 ในพื้นที่เทศบาลเมืองชะอำ จังหวัดเพชรบุรี และเทศบาลเมืองหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

1.2 ปริมาณและลักษณะจำเพาะของขยะอาหารแยกตามประเภท

ปริมาณขยะอาหารของทั้ง 2 พื้นที่เป็นไปในรูปแบบเดียวกัน กล่าวคือ ขยะอาหารส่วนใหญ่จัดอยู่ในประเภทที่ 5 คือ ประเภทเศษอาหารที่เหลือจากการบริโภค โดยในเทศบาลเมืองชะอำมีปริมาณร้อยละ 46.17 และเทศบาลเมืองหัวหินมีปริมาณร้อยละ 42.08 (ภาพที่ 2) ขยะอาหารในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่เป็นเศษกระดูกและก้างปลา ถัดมาเป็นขยะอาหารในประเภทที่ 2 คือ ประเภทเศษผักและผลไม้ (ร้อยละ 24.37 และ 24.31 ในเทศบาลเมืองชะอำและเทศบาลเมืองหัวหิน ตามลำดับ) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเศษเหลือที่เกิดจากการตัดแต่งก่อนการปรุงอาหาร (เกิดขึ้นในครัว) อันดับ 3 เป็นขยะอาหารประเภทที่ 4 คือ ประเภทเศษอาหารทะเลที่เหลือจากการเตรียมวัตถุดิบก่อนการปรุงอาหาร (ร้อยละ 21.91 และ 19.16 ในเทศบาลเมืองชะอำและเทศบาลเมืองหัวหิน ตามลำดับ) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเปลือกกุ้ง หัวและก้างปลา และเปลือกหอย อันดับที่ 4 เป็นขยะอาหารประเภทที่ 1 คือ ประเภทเศษเนื้อ กระดูก นม และไข่ รวมถึงผลิตภัณฑ์ (ร้อยละ 7.40 และ 7.87 ในเทศบาลเมืองชะอำและเทศบาลเมืองหัวหิน ตามลำดับ) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเปลือกไข่ และอันดับที่ 5 ขยะอาหารประเภทที่ 3 คือ ประเภทเศษขนมอบ / ขนมปัง และขนมหวาน ทั้งนี้ไม่รวมขนมอบ / ขนมปัง และขนมหวานที่เหลือจากการบริโภค (ร้อยละ 0.15 และ 6.59 ในเทศบาลเมืองชะอำและเทศบาลเมืองหัวหิน ตามลำดับ) โดยส่วนใหญ่เป็นขอบขนมปังแผ่นและขนมปังแผ่นที่หมดอายุ

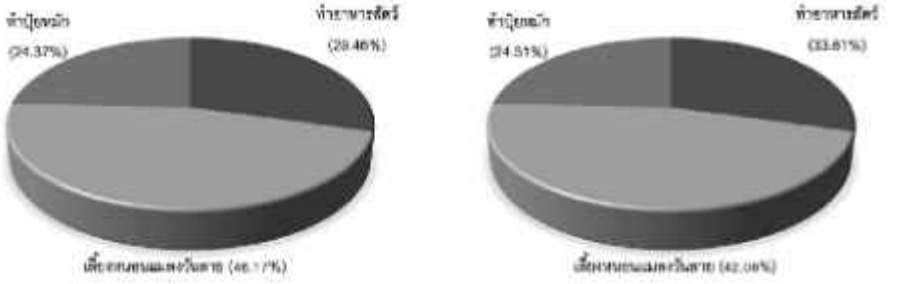


เทศบาลเมืองชะอำ เทศบาลเมืองหัวหิน

ภาพที่ 2: ปริมาณขยะอาหารในพื้นที่เทศบาลเมืองชะอำ จังหวัดเพชรบุรี และเทศบาลเมืองหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์จำแนกตามประเภท

1.3 ปริมาณขยะอาหารที่จำแนกตามคุณสมบัติและแนวทางการใช้ประโยชน์

การจำแนกขยะอาหารแต่ละประเภทออกเป็นกลุ่มย่อยสามารถจำแนกได้เพียง 3 กลุ่มย่อยเท่านั้น (ภาพที่ 3) ทั้งนี้เนื่องจากไม่มีขยะอาหารในกลุ่มย่อยที่ 1 (ขยะอาหารที่มนุษย์สามารถบริโภคได้) และกลุ่มย่อยที่ 4 (ขยะอาหารที่เหมาะสำหรับใช้ทำก๊าซชีวภาพ) โดยขยะอาหารในกลุ่มย่อยที่ 3 (ขยะอาหารที่เหมาะสำหรับใช้เลี้ยงหนอนแมลงวันลาย) มีปริมาณมากที่สุดซึ่งส่วนใหญ่เป็นเศษอาหารเหลือจากการบริโภคคิดเป็นร้อยละ 46.17 (เทศบาลเมืองชะอำ) และ 42.08 (เทศบาลเมืองหัวหิน) ถัดมาเป็นขยะอาหารในกลุ่มย่อยที่ 2 (ขยะอาหารที่เหมาะสำหรับใช้เป็นอาหารสัตว์) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเศษเนื้อ นม และไข่ เศษอาหารทะเล รวมไปถึงเศษขนมอบ / ขนมปัง และขนมหวาน มีสัดส่วนร้อยละ 29.46 (เทศบาลเมืองชะอำ) และ 33.61 (เทศบาลเมืองหัวหิน) ขยะอาหารในกลุ่มนี้สามารถนำมาผ่านกระบวนการและนำไปใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์สำหรับเลี้ยงสัตว์ได้ และขยะอาหารในกลุ่มย่อยที่ 5 (ขยะอาหารที่เหมาะสำหรับใช้ทำปุ๋ยหมัก) มีปริมาณน้อยสุดส่วนใหญ่เป็นจำพวกเศษผักและผลไม้มีสัดส่วนร้อยละ ร้อยละ 24.37 (เทศบาลเมืองชะอำ) และ 24.31 (เทศบาลเมืองหัวหิน)



เทศบาลเมืองชะอำ เทศบาลเมืองหัวหิน

ภาพที่ 3: ปริมาณขยะอาหารจากร้านอาหารและบริการอาหารในพื้นที่เทศบาลเมืองชะอำ จังหวัดเพชรบุรี และเทศบาลเมืองหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์จำแนกตามกลุ่มย่อย

2. **องค์ประกอบทางเคมีของขยะอาหารที่จำแนกตามคุณสมบัติ**

องค์ประกอบทางเคมีของขยะอาหารทั้ง 3 กลุ่ม คือ 1) ขยะอาหารที่มีคุณสมบัติเหมาะสำหรับเป็นอาหารเลี้ยงหนอนแมลงวันลาย 2) ขยะอาหารที่มีคุณสมบัติเหมาะสำหรับการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ และ 3) ขยะอาหารที่มีคุณสมบัติเหมาะสำหรับนำมาทำเป็นปุ๋ยหมัก แสดงในตารางที่ 5 และ 6 โดยมีคุณสมบัติที่ต้องพิจารณา ดังนี้

2.1 องค์ประกอบทางเคมีของขยะอาหารที่มีคุณสมบัติเหมาะสำหรับเป็นอาหารเลี้ยงหนอนแมลงวันลาย

ขยะอาหารในกลุ่มนี้เป็นเศษอาหารเหลือจากการบริโภคซึ่งมีค่าวัตถุแห้งอยู่ในระดับต่ำ ทำให้มีความเสี่ยงต่อการเน่าเสียแต่มีค่าโปรตีนค่อนข้างสูง อย่างไรก็ตาม ความหลากหลายของวัตถุดิบที่ใช้ในการประกอบอาหารและการปนเปื้อนของเนื้อสัตว์หลากหลายชนิดทำให้การนำเศษอาหารไปใช้เลี้ยงสัตว์มีข้อจำกัดและขัดกับข้อกฎหมายในพระราชบัญญัติการควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์ ปี พ.ศ. 2558

2.2 องค์ประกอบทางเคมีของขยะอาหารที่มีคุณสมบัติเหมาะสำหรับการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์

ขยะอาหารในกลุ่มนี้ ได้แก่ เศษปลา เปลือกหอย เปลือกกุ้งและเปลือกไข่ ซึ่งขยะอาหารเหล่านี้มีค่าวัตถุแห้งแตกต่างกัน โดยขยะอาหารที่มีค่าวัตถุแห้งต่ำแต่มีค่าไขมันสูง ได้แก่ เศษปลาและเปลือกกุ้ง การมีวัตถุแห้งต่ำทำให้ขยะอาหารมีความเสี่ยงต่อการเน่าเสีย ส่วนเปลือกหอยและเปลือกไข่เป็นขยะอาหารที่มีค่าวัตถุแห้งและเถ้าในระดับสูง การมีค่าวัตถุแห้งสูงทำให้มีความเสี่ยงต่อการเน่าเสียต่ำกว่า

2.3 องค์ประกอบทางเคมีของขยะอาหารมีคุณสมบัติเหมาะสำหรับนำมาทำเป็นปุ๋ยหมัก

ขยะอาหารในกลุ่มนี้ ได้แก่ เศษผักและผลไม้ ซึ่งมีค่าวัตถุแห้งต่ำทำให้มีความเสี่ยงต่อการเน่าเสียสูงมาก การนำขยะอาหารกลุ่มนี้ไปทำปุ๋ยหมักจึงเป็นทางเลือกในการจัดการที่มีความยุ่งยากน้อยกว่าการใช้ประโยชน์ในรูปแบบอื่น โดยองค์ประกอบทางเคมีรวมถึงปริมาณธาตุอาหารพืชของขยะอาหารกลุ่มนี้ค่อนข้างสูง อย่างไรก็ตาม ระดับความชื้นที่สูงเกินไปทำให้ต้องมีการปรับระดับความชื้นให้เหมาะสมกับการทำปุ๋ยหมัก การนำเศษผักและผลไม้ไปผสมกับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอื่นที่แห้ง ซึ่งสามารถช่วยดูดซับและปรับระดับความชื้นให้เหมาะสมต่อการทำปุ๋ยหมัก เช่น ใบก้ามปูและขานอ้อย เป็นต้น

ตารางที่ 5: องค์ประกอบทางเคมีของขยะอาหารจากร้านอาหารและบริการอาหารในพื้นที่เทศบาลเมืองชะอำ จังหวัด

เพชรบุรี และเทศบาลเมืองหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

ร้อยละ									
			วัตถุแห้ง	โปรตีน	เถ้า	ไขมัน	พนังเซลล์	ลิกโนเซลลูโลส	ลิกนิน
เทศบาลเมืองชะอำ	เศษเนื้อ นม ไข่ อาหารทะเล และขนมปัง	เศษปลา	33.83 ± 3.73	42.38 ± 9.77	20.06 ± 2.43	31.60 ± 6.04	na [1]	na	na
		เปลือกหอย	89.59 ± 5.81	4.20 ± 1.77	93.86 ± 1.03	3.09 ± 1.33	na	na	na
		เปลือกกุ้ง	23.84 ± 3.12	44.77 ± 6.67	25.11 ± 6.04	14.44 ± 1.82	na	na	na
		เปลือกไข่	83.50 ± 2.06	6.59 ± 1.54	89.15 ± 2.12	3.70 ± 1.41	na	na	na
	เศษอาหารเหลือจากการบริโภค		34.97 ± 4.81	22.61 ± 4.16	23.85 ± 8.11	20.29 ± 3.21	36.91 ± 9.02	20.82 ± 9.65	3.03 ± 1.40
	เศษผักและผลไม้		8.62 ± 1.85	16.22 ± 2.12	9.54 ± 1.09	11.31 ± 2.06	49.80 ± 8.99	21.55 ± 7.92	0.92 ± 0.18
เทศบาลเมืองหัวหิน	เศษเนื้อ นม ไข่ อาหารทะเล และขนมปัง	เศษปลา	37.48 ± 3.02	49.08 ± 3.03	26.18 ± 0.89	28.67 ± 2.48	na	na	na
		เปลือกหอย	91.71 ± 3.47	2.81 ± 1.49	92.85 ± 1.00	4.26 ± 0.46	na	na	na
		เปลือกกุ้ง	26.09 ± 4.17	41.34 ± 9.87	28.09 ± 8.76	19.00 ± 3.13	na	na	na
		เปลือกไข่	96.17 ± 1.32	5.55 ± 1.02	90.70 ± 1.67	3.70 ± 1.49	na	na	na
		ขนมปัง	68.53 ± 3.43	14.78 ± 1.13	2.02 ± 0.33	18.11 ± 2.17	na	na	na
	เศษอาหารเหลือจากการบริโภค		42.14 ± 3.35	26.28 ± 1.84	28.18 ± 10.86	21.22 ± 6.50	35.28 ± 12.23	28.11 ± 6.23	5.41 ± 1.60
	เศษผักและผลไม้		8.93 ± 0.92	15.81 ± 2.03	9.79 ± 0.72	14.47 ± 3.22	43.67 ± 6.51	28.95 ± 8.81	1.37 ± 0.50

หมายเหตุ [1] na หมายถึง ไม่วิเคราะห์ทางเคมี

ตารางที่ 6: ธาตุอาหารพืชและโลหะหนักของขยะอาหารจากร้านอาหารและบริการอาหารในพื้นที่เทศบาลเมืองชะอำ จังหวัดเพชรบุรี และเทศบาลเมืองหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

		ธาตุอาหารพืช (ร้อยละ)						โลหะหนัก (ร้อยละ)		
		ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม	แคลเซียม	แมกนีเซียม	ซัลเฟอร์	แคดเมียม	ตะกั่ว	ปรอท
เทศบาลเมืองชะอำ	เศษผักและผลไม้	2.60 ± 0.34	0.40 ± 0.02	2.18 ± 0.76	0.57 ± 0.10	0.26 ± 0.03	0.49 ± 0.25	-	-	-
	เศษปลา	na[1]	na	na	na	na	na	0.48	nd[2]	1.40
	เปลือกกุ้ง	na	na	na	na	na	na	3.03	nd	0.25
	เศษอาหารเหลือจากการบริโภค	na	na	na	na	na	na	0.35	nd	0.16
เทศบาลเมืองหัวหิน	เศษผักและผลไม้	2.53 ± 0.32	0.39 ± 0.03	1.82 ± 0.82	0.69 ± 0.15	0.28 ± 0.08	0.56 ± 0.39	-	-	-
	เศษปลา	na	na	na	na	na	na	0.08	nd	0.48
	เปลือกกุ้ง	na	na	na	na	na	na	0.87	nd	0.32
	เศษอาหารเหลือจากการบริโภค	na	na	na	na	na	na	0.76	nd	0.05

หมายเหตุ ใช้เกณฑ์กำหนดตามพระราชบัญญัติควบคุมคุณภาพอาหารของกรมปศุสัตว์ พ.ศ. 2525 แคดเมียมทั้งหมด (Cd) ไม่เกิน 2 ppm ตะกั่วทั้งหมด (Pb) ไม่เกิน 5 ppm ปรอททั้งหมด (Hg) ไม่เกิน 0.33 ppm

[1] na หมายถึง ไม่วิเคราะห์ทางเคมี

[2] nd หมายถึง ตรวจไม่พบ

การอภิปรายผลการศึกษา

Filimonau & Uddin (2021) รายงานว่า มีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณขยะอาหารที่เกิดจากร้านอาหารซึ่งหากจำแนกตามกิจกรรมสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นตอนก่อนการทำครัว (pre-kitchen) ขยะอาหารที่เกิดขึ้นในขั้นตอนนี้ส่วนใหญ่เกิดจากการขนส่งและการเก็บรักษา 2) ขั้นตอนการทำครัว (in-kitchen) โดยขยะอาหารในขั้นตอนนี้ส่วนใหญ่เกิดจากการเตรียมวัตถุดิบ การปรุงและการเสิร์ฟอาหาร และ 3) ขั้นตอนหลังการทำครัว (post-kitchen) ขยะอาหารในช่วงนี้เกิดจากอาหารเหลือจากการรับประทาน

จากข้อมูลในประเทศอังกฤษแสดงให้เห็นว่าขยะอาหารปริมาณมากเกิดขึ้นในขั้นตอนการทำครัว (คิดเป็นร้อยละ 65.7) ส่วนขั้นตอนหลังการทำครัวและและก่อนการทำครัวคิดเป็นร้อยละ 29.6 และ 4.7 ตามลำดับ (Sustainable Restaurant Association, 2010) สัดส่วนของเศษอาหารที่เหลือจากการบริโภคที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ (ร้อยละ 42.08 – 46.17) สูงกว่าที่รายงานของประเทศอังกฤษ (ร้อยละ 29.60) ซึ่งอาจจะเกิดจากความแตกต่างเกี่ยวกับวัฒนธรรมการปรุงและการบริโภคอาหาร เช่น ในขณะที่การเสิร์ฟอาหารในประเทศอังกฤษหรือแถบยุโรปจะเน้นใส่อาหารที่สามารถบริโภคได้เท่านั้นลงในจาน แต่การเสิร์ฟอาหารในประเทศไทยมีการใส่ส่วนที่ไม่สามารถบริโภคได้ลงไปในจานด้วย เช่น กระดูก ก้างปลา รวมไปถึงเครื่องปรุงที่เป็นสมุนไพรต่าง ๆ เช่น ข่า ตะไคร้และใบมะกรูด เป็นต้น

เศษอาหารเหลือจากการบริโภคมีคุณสมบัติเหมาะสำหรับนำไปเป็นอาหารเลี้ยงหนอนแมลงวันลาย การเลี้ยงหนอนแมลงวันจึงเป็นทางเลือกหนึ่งเนื่องจากแมลงวันลายไม่เป็นพาหะนำโรค ไม่เป็นสัตรูพืช และหนอนเป็นผู้ย่อยสลายอินทรียวัตถุที่มีประสิทธิภาพและรวดเร็ว (Diener *et al.*, 2011) สิ่งที่สำคัญอย่างยิ่ง คือ การเปลี่ยนจากขยะอาหารที่ไม่มีค่าเป็นหนอนแมลงวันลายที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์หลายด้านเพราะหนอนแมลงวันลายมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 42 และไขมันร้อยละ 35 (Sheppard, Tomberlin, Joyce, Kiser, & Sumner, 2002) ใช้เป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์ (Surendra *et al.*, 2020) เป็นแหล่งโปรตีนทางเลือกในอาหารสัตว์ต่าง ๆ เช่น อาหารปลา อาหารไก่ (Cullere *et al.*, 2016) อาหารสุกร (Newton, Sheppard, Watson, Burtle, & Dove, 2005) เป็นต้น เศษเหลือจากการเลี้ยงหนอนแมลงวันลายสามารถนำไปเป็นปุ๋ยอินทรีย์สำหรับการปลูกพืชได้เป็นอย่างดี เนื่องจากมีการย่อยสลายที่สมบูรณ์แล้ว นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์ทางเคมี พบว่า ขยะอาหารในกลุ่มนี้ไม่มีการปนเปื้อนของตะกั่วและถึงแม้ว่าจะพบการปนเปื้อนของแคดเมียมและปรอทแต่ก็อยู่ในระดับที่ไม่เกินมาตรฐานอาหารสัตว์

เศษปลา เปลือกกุ้ง เปลือกหอยและเปลือกไข่ มีคุณสมบัติที่สามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ โดยเศษปลาและเปลือกกุ้งมีค่าโปรตีนสูงสามารถใช้เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์ได้ เช่น ใช้ทดแทนปลาป่น โดยทั่วไปปลาป่นที่ใช้ในการเลี้ยงสัตว์มีค่าโปรตีนอยู่ในช่วงร้อยละ 45 - 55 (Karaket, Seel-audom, & Yuangsoi, 2022) ส่วนเปลือกหอยและเปลือกไข่มีค่าเถ้าสูงอาจใช้เป็นแหล่งของแร่ธาตุในสูตรอาหารสัตว์ Safamehr, Lanille, Anderson, & Maolsaao (2013) รายงานว่า เปลือกหอยป่นมีค่าแคลเซียมสูงถึงร้อยละ 38.14 ในทำนองเดียวกันเปลือกไข่มีแคลเซียมและฟอสฟอรัสสูงร้อยละ 29.87 และ 0.16 ตามลำดับ (Lertchunhakiat, Saenphoom, Nopparatmaitree, & Chimthong, 2016) สำหรับเศษขนมปังมีโปรตีนอยู่ในระดับปานกลาง มีค่าเถ้าต่ำมากแต่มีค่าไขมันอยู่ในระดับสูง ทั้งนี้เนื่องจากขนมปังส่วนใหญ่ประกอบด้วยแป้ง น้ำตาลและไขมัน ดังนั้น เศษขนมปังสามารถนำไปผ่านกระบวนการเพื่อนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานในอาหารสัตว์ได้

การใช้ขยะอาหารเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ต้องพิจารณาองค์ประกอบอื่นด้วยโดยเฉพาะข้อจำกัดในการใช้ ที่สำคัญ ได้แก่ การปนเปื้อนโลหะหนัก ผลการวิเคราะห์ทางเคมี พบว่า เศษปลาและเปลือกกุ้งไม่มีการปนเปื้อนของตะกั่ว แต่พบว่า มีการปนเปื้อนของแคดเมียมและปรอท โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ปรอทในเศษปลาซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานสำหรับใช้เป็นอาหารสัตว์

สรุป

การศึกษาปริมาณและองค์ประกอบทางเคมีของขยะอาหารที่เกิดจากร้านอาหารและบริการอาหารในพื้นที่ เทศบาลเมืองชะอำ จังหวัดเพชรบุรี และเทศบาลเมืองหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เก็บข้อมูลระหว่างเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2564 - กรกฎาคม พ.ศ. 2565 สรุปได้ ดังนี้ พื้นที่เทศบาลเมืองชะอำมีขยะอาหาร 1,130.86 ตันต่อปี และในพื้นที่เทศบาลเมืองหัวหินมีขยะอาหาร 2,021.41 ตันต่อปี ขยะอาหารส่วนใหญ่เป็นขยะอาหารจำพวกเศษอาหารที่เหลือจากการบริโภค เศษผักและผลไม้ที่เหลือจากการตัดแต่ง และเศษอาหารทะเล

เศษอาหารเหลือจากการบริโภคมีคุณสมบัติเหมาะสำหรับนำไปเป็นอาหารเลี้ยงหนอนแมลงวันลาย ส่วนเศษปลา เปลือกกุ้ง เปลือกหอยและเปลือกไข่ มีคุณสมบัติที่สามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์แต่ต้องคำนึงถึงการปนเปื้อนของโลหะหนักโดยเฉพาะเศษปลา ขยะอาหารประเภทเศษผักและผลไม้มีคุณสมบัติและปริมาณธาตุอาหารพืชเหมาะสำหรับการนำไปทำเป็นปุ๋ยหมัก ดังนั้น การแยกขยะอาหารที่ต้นทางให้สอดคล้องกับการนำไปใช้ประโยชน์อาจจะช่วยอำนวยความสะดวกในการนำขยะอาหารกลับมาใช้ประโยชน์ซึ่งจะช่วยลดปริมาณขยะอาหารที่จะไปสู่หลุมฝังกลบ

ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป

ควรมีการศึกษาถึงผลกระทบของการจัดการขยะอาหารในรูปแบบต่างที่มีต่อลักษณะทางเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อมเพื่อให้การตัดสินใจเลือกวิธีการใช้ประโยชน์จากขยะอาหารมีความยั่งยืนรอบด้าน

กิตติกรรมประกาศ

ผลงานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2564 สัญญาทุนเลขที่ วช.อว.(อ)(กบท1)/344/2564

เอกสารอ้างอิง

Association of Official Analytical Chemists. (2016). *Official Methods of Analysis (20th ed)*. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA.

Bray, R.H., & Kurtz, L.T. (1945). Determination of total organic and available forms of phosphorus in soil. *Soil Science, 59*(1), 39-45.

Cullere, M., Tasoniero, G., Giaccone, V., Miotti-Scapin, R., Claeys, E., De Smet, S., & Zotte, D.A. (2016). Black soldier fly as dietary protein source for broiler quails: apparent digestibility, excreta microbial load, feed choice, performance, carcass and meat traits. *Animal, 10*, 1923-1930.

Diener, S., Zurbrügg, C., Gutiérrez, F.R., Nguyen, D.H., Morel, A., Koottatep, T., & Tockner, K. (2011). Black soldier fly larvae for organic waste treatment-prospects and constraints. *In Proceedings of the WasteSafe 2011 – 2nd International Conference on Solid Waste Management in the Developing Countries* ,13-15 February 2011 (pp. 52(1-8)). Khulna, Bangladesh.

Economics Tourism and Sports Division, Ministry of Tourism and Sports. (2023). Domestic Tourism Statistics - Classify by region and province 2023 [in Thai]. Retrieved May 14, 2024, from https://www.mots.go.th/news/category/705.

Elkhalifa, S., Al-Ansari, T., Mackey, H.R., & McKay, G. (2019). Food waste to biochars through pyrolysis: A review. *Resources, Conservation and Recycling, 144*, 310-320.

Filimonau, V. & Uddin, R. (2021). Food waste management in chain-affiliated and independent consumers' places: A preliminary and exploratory study. *Journal of Cleaner Production, 319*, Article 128721.

Guven, H., Wang, Z., & Eriksson, O. (2019). Evaluation of future food waste management alternatives in Istanbul from the life cycle assessment perspective. *Journal of Cleaner Production, 239*, 117999

International Organization for Standardization. (2009). ISO 5983-2: 2009. *Animal feeding stuffs-Determination of nitrogen content and calculation of crude protein content-Part 2: Block digestion and steam distillation method*.

Karaket, T., Seel-audom, M., & Yuangsoi, B. (2022). Partial replacement of fish meal with blood meal in diet on growth performance for nursing Red Tilapia (Oreochromis spp.). *Burapha Science Journal, 27*(2), 801-814.

Lertchunhakiat, K., Saenphoom, P., Nopparatmaitree, M., & Chimthong, S. (2016). Effect of eggshell as a calcium source of breeder cock diet on semen quality. *Agriculture and Agricultural Science Procedia, 11*, 137-142.

Lundie, S., & Peters, G.M. (2005). Life cycle assessment of food waste management options. *Journal of Cleaner Production, 13(3)*, 275-286.

Melikoglu, M., Lin, C.S.K., & Webb, C. (2013). Analysing global food waste problem: pinpointing the facts and estimating the energy content. *Central European Journal of Engineering, 3(2)*, 157-164.

Newton, L.A.R.R.Y., Sheppard, C.R.A.I.G., Watson, D.W., Burtle, G.A.R.Y., & Dove, R.O.B.E.R.T. (2005). *Using the black soldier fly, Hermetia illucens, as a value-added tool for the management of swine manure*. Animal and Poultry Waste Management Center, North Carolina State University, Raleigh, NC, 17.

Peech, M., Alexander, L.T., Dean, L.A., & Reed, J.F. (1947). *Method of Soil Analysis for Soil Fertility Investigation*. Washington: Government Printing Office, Department of Agriculture.

Safamehr, A., Lanille, M.I., Anderson, D.M., & MacIsaac, J.L. (2013). Evaluation of composition and in vitro solubility rate of by-products of the Atlantic shellfish industry as alternative calcium sources. *Journal of Applied Poultry Research, 22(3)*, 529-538.

Sheppard, D.C., Tomberlin, J.K., Joyce, J.A., Kiser, B.C., & Sumner, S.M. (2002). Rearing methods for the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae). *Journal of medical entomology, 39(4)*, 695-698.

Shukla, K.A., Sofian, A.D.A.B.A., Singh, A., Chen, W.H., Show, P.L., & Chan, Y.J. (2024). Food waste management and sustainable waste to energy: Current efforts, anaerobic digestion, incinerator and hydrothermal carbonization with a focus in Malaysia. *Journal of Cleaner Production, 448*,141457.

Surendra, K.C., Tomberlin, J.K., van Huis, A., Cammack, J.A., Heckmann, L.H.L., & Khanal, S.K. (2020). Rethinking organic wastes bioconversion: Evaluating the potential of the black soldier fly *(Hermetia illucens* (L.)) (Diptera: Stratiomyidae) (BSF). *Waste Management, 117*, 58-80.

Sustainable Restaurant Association. (2010). *Too Good to Waste: Restaurant Food Waste Survey Report*, SRA, London.

Teigiserova, D.A., Hamelin, L., & Thomsen, M. (2020). Towards transparent valorization of food surplus, waste and loss: Clarifying definitions, food waste hierarchy, and role in the circular economy. *Science of the Total Environment, 706*, 136033.

Tilman, D., & Clark, M. (2014). Global diets link environmental sustainability and human health. *Nature, 515*, 518–522.

Tilman, D., Balzer, C., Hill, J., & Befort, B.L. (2011). Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 108*, 20260–20264.

Undersander, D., Mertens, D.W., & Theix, N. (1993). *Forage Analysis Procedures*. National Forage Testing Association, Omaha, NE.

U.S. Environmental Protection Agency. (2002). *Method 1631*, Revision E: Mercury in Water by Oxidation, Purge and Trap, and Cold Vapor Atomic Fluorescence Spectrometry.

Winnow. (2018). *Addressing Food Waste in the Hospitality & Foodservice Sector*. An Overview of Why and Where Food Waste Happens Winnow Solutions, London.

Yamane, T. (1967). *Statistics: An Introductory Analysis*, 2nd Ed., New York: Harper and Row.