

แนวทางการป้องกันมลพิษและการลดของเสียจากกระบวนการแปรรูปมะขามแช่อิ่ม:
กรณีศึกษาในพื้นที่ตำบลหินฮาว อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์
POLLUTION PREVENTION GUIDELINES AND WASTE REDUCTION
IN THE PROCESSING OF PRESERVED TAMARIND:
A CASE IN HIN HAO SUBDISTRICT AREA, LOM KAO DISTRICT,
PHETCHABUN PROVINCE

พิณทิพย์ แก้วแกมทอง

Pintip Kaewkamthong

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการแปรรูปมะขามแช่อิ่มของผู้ประกอบการในตำบลหินฮาว อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์ หาคำแนะนำของเสียและมลพิษที่เกิดจากกระบวนการแปรรูปมะขามแช่อิ่มและสร้างข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาดเพื่อเป็นแนวทางป้องกันมลพิษและลดของเสียจากกระบวนการ โดยศึกษาข้อมูลการใช้ทรัพยากรและของเสียที่เกิดขึ้นจากการแปรรูปมะขามแช่อิ่มของผู้ประกอบการในตำบลหินฮาว จำนวน 2 ราย พบว่า ในกระบวนการแปรรูปมีปริมาณการใช้น้ำ 113.8 ลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำทิ้งที่เกิดขึ้นจากกระบวนการ 112.20 ลูกบาศก์เมตร ปริมาณกากของเสีย 5,217 กิโลกรัม จากการประเมินเบื้องต้น ขั้นตอนที่มีของเสียจากกระบวนการแปรรูปมะขามแช่อิ่มมากที่สุดคือ น้ำทิ้งจากขั้นตอนการแช่น้ำเชื่อมครั้งที่ 1 รองลงมาคือ น้ำทิ้งจากขั้นตอนการล้างทำความสะอาดและขั้นตอนการปอกเปลือกมะขาม ตามลำดับ จากนั้นทำการประเมินละเอียดและสร้างข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาดที่จะนำไปสู่การปฏิบัติได้ จำนวน 3 ประเด็น ได้แก่ 1) การนำของเสียจากกระบวนการแปรรูปมะขามแช่อิ่มมาใช้ประโยชน์ โดยนำน้ำทิ้งหลังขั้นตอนการแช่น้ำเชื่อมครั้งที่ 1 เป็นส่วนผสมทำปุ๋ยหมักชีวภาพ น้ำทิ้งหลังขั้นตอนการล้างวัตถุดิบนำไปใช้รดต้นไม้และล้างทำความสะอาดพื้นบริเวณรอบ ๆ สถานที่ผลิต ส่วนของรกและเปลือกมะขามนำไปเป็นส่วนผสมทำปุ๋ยหมักชีวภาพหรือเชื้อเพลิง

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000

Faculty of Science and Technology, Phetchabun Rajabhat University, Muang District, Phetchabun Province 67000

corresponding author e-mail: pintip.kae@pcru.ac.th

Received: 5 September 2024; Revised: 20 December 2024; Accepted: 23 December 2024

DOI: <https://doi.org/10.14456/lsej.2024.40>

2) ปรับปรุงกระบวนการดำเนินงานในขั้นตอนการล้างวัตถุดิบโดยล้างวัตถุดิบในภาชนะหรืออ่างที่สามารถเก็บกักน้ำได้เพื่อลดปริมาณการใช้น้ำ 3) การจัดการน้ำเสีย มีระบบบ่อเกรอะ-บ่อซึม สำหรับบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการแปรรูปมะขามแช่อิ่ม ซึ่งเป็นระบบที่มีราคาประหยัดและมีประสิทธิภาพในการบำบัดเบื้องต้นได้ดี

คำสำคัญ: เทคโนโลยีสะอาด ป้องกันมลพิษ ลดของเสีย

Abstract

This research aims to investigate the preserved tamarind processing of entrepreneurs in Hin Hao Subdistrict, Lom Kao District, Phetchabun Province. It identifies the sources of waste and pollution generated during the processing and develops clean technology recommendations to prevent pollution and reduce waste. Data on resource utilization and waste generation were collected from two local entrepreneurs. The findings revealed that the process used 113.8 cubic meters of water and generated 112.20 cubic meters of wastewater and 5,217 kilograms of solid waste. From the preliminary assessment, it was found that the step with the most significant waste-generating step in the preserved tamarind processing is the wastewater from the first soaking in syrup, waste from the tamarind pickling process was wastewater from the first syrup soaking step, followed by wastewater from the washing step and the tamarind peeling step, respectively. A detailed assessment was then conducted to propose clean technologies that could be implemented. The study identified two clean technology options for pollution prevention and waste reduction: 1) Utilizing waste from the preserved tamarind processing by using wastewater from the second syrup soaking step as a component in making bio-organic fertilizer, using wastewater from the raw material cleaning step for watering plants and cleaning the production area, and using tamarind pulp and peels as components for bio-organic fertilizer or as fuel; 2) Improving the raw material cleaning process by washing in containers or basins that can properly collect water to reduce water usage; 3) Implement a septic tank system for treating wastewater from the preserved tamarind processing. This system is cost-effective and efficient for primary treatment.

Keywords: clean technology, pollution prevention, waste reduction

บทนำ

จังหวัดเพชรบูรณ์เป็นจังหวัดที่มีการปลูกมะขามหวานแหล่งใหญ่ของประเทศ เนื่องจากมีความเหมาะสมในเรื่องสภาพอากาศและพื้นที่ปลูกทำให้มะขามมีรสชาติหวานอร่อย ไม่เหมือนกับปลูกที่อื่น ๆ มะขามหวานจึงได้กลายเป็นเอกลักษณ์ประจำจังหวัดเพชรบูรณ์จนได้ขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ หรือ GI (Thai Geographical Indication) จากกรมทรัพย์สินทางปัญญา กระทรวงพาณิชย์ (Department of Intellectual Property, 2023) ปัจจุบันมีปัญหาหลังฤดูกาลราคาผลผลิตตกต่ำประกอบกับต้นมะขามไม่ติดฝักทำให้ราคาผลผลิตค่อนข้างสูง เกษตรกรจึงหันมาปลูกมะขามเปรี้ยวอีกมากขึ้นเนื่องจากมะขามเปรี้ยวอีกเป็นพืชที่มีความแข็งแรงทนทาน ปลูกและดูแลง่าย สามารถเจริญเติบโตได้ในดินทุกชนิด ออกดอกติดฝักได้เองโดยไม่ต้องดูแลรักษา ไม่ต้องมีการใส่ปุ๋ยให้น้ำและฉีดพ่นสารเคมีดังที่ปฏิบัติกับมะขามหวาน จากข้อมูลปี พ.ศ. 2560 จังหวัดเพชรบูรณ์มีเนื้อที่เพาะปลูกมะขามเปรี้ยวอีกจำนวน 1,653 ไร่ โดยมีเนื้อที่เก็บเกี่ยวผลผลิต 490 ไร่ คิดเป็นผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้ 875,140 กิโลกรัม (Phetchabun Provincial Agricultural Extension Office, 2022) จากความนิยมมะขามแปรรูปจากมะขามเปรี้ยวอีกมีมากขึ้น ผู้ประกอบการรวมถึงกลุ่มวิสาหกิจชุมชนโดยเฉพาะในเขตพื้นที่อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์ จำนวนมากกว่า 65 ราย (Regional Office of Agricultural Economics 12, 2022) จึงหันมาให้ความสนใจและแปรรูปมะขามเปรี้ยวอีกเป็นมะขามแช่อิ่มจำนวนมาก ทำให้มีของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตมาก ได้แก่ เปลือกมะขาม รกมะขาม รวมถึงน้ำเสียจากกระบวนการแปรรูปมะขามแช่อิ่มทั้งในขั้นตอนการทำความสะอาด การแช่น้ำร้อนเพื่อป้องกันเชื้อ การแช่น้ำเกลือผสมน้ำปูน น้ำและน้ำเชื่อมจากการแช่อิ่มมะขาม น้ำเสียจากกระบวนการแปรรูปมีลักษณะคล้ายน้ำเสียที่เกิดจากครัวเรือนซึ่งมีความสกปรกในรูปของสารอินทรีย์เป็นหลัก คุณลักษณะน้ำเสียโดยรวมมีความสกปรกในรูปบีโอดี โดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 159-242.5 มก./ล ค่าซีโอดี 348.9 มก./ล ค่าไนโตรเจนในรูปต่าง ๆ 7.88 มก./ล ปริมาณค่าของแข็งแขวนลอย 1,212-2,476 มก./ล ปริมาณค่าของแข็งแขวนละลายทั้งหมด 1,222-1,945 มก./ล และค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6.88-7.58 (Pollution Control Department, 2005) และไม่ได้มีการจัดการที่ถูกต้องตามหลักวิชาการจึงสร้างปัญหาเกิดขึ้นในชุมชน ทำให้เกิดความสกปรกกลิ่นเหม็นรบกวน เป็นแหล่งเพาะพันธุ์เชื้อโรค ซึ่งเกิดกรณีการร้องเรียนเรื่องกลิ่นเหม็นรบกวนที่เกิดขึ้นจากน้ำเสียจากการผลิตมะขามแช่อิ่มในพื้นที่อำเภอหล่มเก่า (Lom Kao Subdistrict Administrative Organization, 2022) ดังนั้น จึงนำหลักการของเทคโนโลยีสะอาดมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการแปรรูปมะขามแช่อิ่มเพื่อหาแนวทางการป้องกันมลพิษ ลดการเกิดของเสีย ลดการใช้ทรัพยากร ลดต้นทุนการผลิตและส่งเสริมการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมให้กับผู้ประกอบการ

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาการแปรรูปมะขามแช่อิ่มของสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ที่ตั้งอยู่ ตำบล หินสวาย อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์ เพื่อนำมาวิเคราะห์หาสมดุลมวลสาร โดยใช้เทคโนโลยีสะอาด เพื่อลำดับความสำคัญของปัญหาที่พบพร้อมหาแนวทางการปรับกระบวนการแปรรูปมะขามแช่อิ่ม

1. ขั้นตอนการวิจัย

การดำเนินงานวิจัยเริ่มจากการศึกษาข้อมูลทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการใช้ เทคโนโลยีสะอาด ศึกษาข้อมูลกิจกรรมและกระบวนการแปรรูปมะขามแช่อิ่มที่เป็นสมาชิกวิสาหกิจ ชุมชนที่มีที่ตั้งการผลิตอยู่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำสาธารณะและอยู่ใกล้ชุมชน โดยแบ่งการเก็บข้อมูล เพื่อนำมาวิเคราะห์ออกเป็น 2 ระยะ คือ ระยะประเมินเบื้องต้น ซึ่งจะเป็นการเก็บข้อมูลการใช้ทรัพยากร เพื่อทำแผนผังกระบวนการผลิต และจัดลำดับความสำคัญ จากนั้นกำหนดพื้นที่เพื่อทำการประเมิน ละเอียดโดยทำสมดุลมวลสาร พลังงานขาเข้า-ขาออก วิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียจากกระบวนการแปรรูป และเสนอแนวทางเลือกต่าง ๆ เพื่อหาแนวทางป้องกันมลพิษและลดของเสียจากกระบวนการแปรรูป มะขาม รวมถึงการลดการใช้ทรัพยากร

2. การเก็บรวบรวมข้อมูล

งานวิจัยนี้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้ทรัพยากร (วัตถุดิบ เชื้อเพลิง น้ำ คมนาคม) ของเสียจากผู้ประกอบการในช่วงเดือนกันยายน-พฤศจิกายน พ.ศ. 2566 เพื่อจัดทำแผนผังกระบวนการ ผลิตและทำสมดุลมวลสาร พลังงานขาเข้า-ออก และนำมาประเมินตามหลักเทคโนโลยีสะอาด ได้แก่ การประเมินเบื้องต้น และประเมินละเอียด

3. การตรวจประเมินกระบวนการแปรรูปมะขามแช่อิ่มด้วยเทคโนโลยีสะอาด

การตรวจประเมินเทคโนโลยีสะอาดเบื้องต้นของกระบวนการแปรรูปมะขามแช่อิ่ม ทำการ ประเมินด้านเทคนิค ด้านเศรษฐศาสตร์และด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งแต่ละประเด็นของตัวประเมินคัดเลือกมา จากการทวนสอบข้อมูลแผนผังกระบวนการผลิตและการสำรวจสถานประกอบการเพื่อระบุประเด็นการ ใช้ทรัพยากร ประเด็นปัญหาในสถานที่ผลิต รวมถึงปัจจัยที่มีผลที่อาจทำให้สูญเสียในการใช้ทรัพยากร ได้แก่ ปริมาณน้ำ ปริมาณมะขามเปรี้ยวแก่สด ปริมาณเชื้อเพลิง ปริมาณของเสีย และปริมาณน้ำเสียที่ เกิดขึ้น การประเมินเทคโนโลยีสะอาดเบื้องต้นของกระบวนการแปรรูปมะขามแช่อิ่ม แบ่งเป็นการตรวจ ประเมินเบื้องต้น (pre-assessment) และการตรวจประเมินโดยละเอียด (detail audit) (Department of Industrial Works, n.d.) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

3.1 การประเมินเบื้องต้นตามหลักการของเทคโนโลยีสะอาดทำการประเมิน 3 ด้าน ด้านเทคนิค ด้านเศรษฐศาสตร์และด้านสิ่งแวดล้อม โดยการประเมินด้านเทคนิคเป็นการหาผลกระทบ ของการใช้ทรัพยากรรวมถึงของเสียที่มีต่อกระบวนการผลิต การประเมินด้านเศรษฐศาสตร์เป็นการ ประเมินหาทรัพยากรวัตถุดิบหรือของเสียที่มีผลกระทบต่อต้นทุนในกระบวนการผลิต การประเมิน ด้านสิ่งแวดล้อม ทำโดยจัดลำดับความสำคัญ โดยการให้ค่าน้ำหนัก (Weight factor) ความสำคัญ

ในแต่ละด้าน กำหนดน้ำหนักคะแนนช่วง 1-3 คะแนน เพื่อจัดเรียงลำดับความสำคัญ ซึ่ง 1 คะแนนมีความสำคัญน้อยที่สุด และ 3 คะแนนมีความสำคัญมากที่สุด (Tang & Li, 2010)

3.2 การตรวจประเมินอย่างละเอียดเพื่อหาแหล่งและสาเหตุของการสูญเสียจากผลการประเมินเบื้องต้น และสร้างข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาด (CT options) ที่เรียงตามลำดับความสำคัญ เพื่อใช้ในการเลือกที่จะนำไปปฏิบัติเพื่อลดมลพิษและเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการแปรรูป ซึ่งมีขั้นตอนการตรวจประเมินอย่างละเอียด ซึ่งมีขั้นตอนการตรวจประเมินอย่างละเอียด คือ เลือกประเด็นปัญหาที่มีนัยสำคัญจากการประเมินเบื้องต้น เพื่อนำมาตรวจวัดและวิเคราะห์ข้อมูล โดยพิจารณาจาก

- ปริมาณการใช้ทรัพยากร ค่าการสูญเสียที่เกิดขึ้น จัดทำสมดุลมวล และ/หรือ สมดุลพลังงาน มุ่งเน้นเฉพาะหน่วยการผลิตที่สนใจ โดยพิจารณามวลสารเข้าสู่หน่วยการผลิต โดยยึดหลักพื้นฐานของสมดุลมวลเข้าทั้งหมด=มวลออกทั้งหมด ในขั้นตอนนี้ทำให้ทราบถึงปริมาณการใช้ทรัพยากรน้ำในกระบวนการแปรรูป ปริมาณน้ำเสียและคุณลักษณะของน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการแปรรูปปะปนเข้ามาในบ่อน้ำธรรมชาติบริเวณแหล่งผลิตโดยการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้ง ได้แก่ กลิ่น สี อุณหภูมิ ค่าบีโอดี ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด และค่าความเป็นกรด-ด่าง และการตรวจวัดค่าฟิเคอในดินบริเวณที่รับน้ำทิ้งจากกระบวนการแปรรูปปะปนเข้ามา

- ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยพิจารณาว่าประเด็นดังกล่าว ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมในปริมาณมากน้อยเพียงใด

- การจัดลำดับความสำคัญจะใช้วิธีการให้น้ำหนักคะแนนของแต่ละทางเลือกในประเด็นสำคัญ ได้แก่ ความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์

4. สร้างข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาด

โดยนำประเด็นจากการวิเคราะห์ข้างต้นมาเป็นข้อมูลในการสร้างข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาด โดยเลือกใช้วิธีการระดมสมองกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย เพื่อหาแนวทางหรือวิธีการต่างๆ ที่จะนำไปสู่การปฏิบัติที่ดีตามแนวคิดเทคโนโลยีสะอาด

5. คัดเลือกทางเลือก CT

เป็นขั้นตอนสุดท้าย ซึ่งจะเป็นการจัดกลุ่มทางเลือกด้าน CT ที่มีหลากหลายวิธีว่าทางเลือกใดเป็นทางเลือกที่เป็นไปได้และสามารถนำไปสู่การปฏิบัติได้จริง

ผลการวิจัย

1. การประเมินเทคโนโลยีสะอาดของสถานประกอบการแปรรูปมะขามแช่อิ่ม

ศึกษาข้อมูลกิจกรรมและกระบวนการแปรรูปมะขามแช่อิ่มของผู้ประกอบการกลุ่มวิสาหกิจชุมชนไต่บาสหินฮาว อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์ จากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการแปรรูปมะขามแช่อิ่มและการลงพื้นที่สำรวจ ณ สถานที่ผลิตจริง พบว่า กระบวนการแปรรูปมะขามแช่อิ่มมี

ทั้งหมด 10 ขั้นตอน โดยเริ่มจากขั้นตอนการล้างทำความสะอาดมะขามเปรี้ยวด้วยสแตนจนถึงขั้นตอนการบรรจุถุง ดังภาพที่ 1 (Figure 1) แสดงให้เห็นว่าในกระบวนการแปรรูปมีปริมาณการใช้น้ำ 113.8 ลูกบาศก์เมตร ปริมาณเชื้อเพลิง 375 กิโลกรัม ปริมาณน้ำทิ้งที่เกิดขึ้นจากกระบวนการแปรรูป 112.20 ลูกบาศก์เมตร ปริมาณกาก ของเสีย (ใบ รกมะขามและเปลือก) 5,217 กิโลกรัม และจากการสำรวจแหล่งผลิต พบว่า มีการปล่อยน้ำทิ้งจากกระบวนการแปรรูปมะขามแช่อิ่มสู่บริเวณภายนอกสถานที่ผลิต โดยไม่ได้มีการบำบัดน้ำเสียนั้นก่อนปล่อยสู่ธรรมชาติ ดังภาพที่ 2 (Figure 2) เนื่องจากผู้ประกอบการไม่มีระบบบำบัดน้ำเสียในสถานที่ผลิต การปล่อยน้ำเสียบริเวณทุ่งนาส่งผลกระทบต่อด้านกลิ่น ดินมีสภาพความเป็นกรดสูงจากการตรวจวัดค่าพีเอชในดิน มีค่าระหว่าง 3-5 และมีการปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติทำให้น้ำเน่าเสีย และผลจากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งแสดงดังตารางที่ 1 (Table 1) นำไปสู่การประเมินโดยละเอียด ผลการคัดเลือกจุดหรือบริเวณเพื่อทำการประเมินโดยละเอียด พบว่า ค่าระดับคะแนนขั้นตอนการผลิตที่มีประเด็นปัญหาที่มีความสำคัญมากที่สุด คือ ขั้นตอนการแช่น้ำเชื่อมครั้งที่ 1 ซึ่งน้ำทิ้งในขั้นตอนนี้จะมีน้ำเชื่อมผสมเมื่อปล่อยทิ้งไว้จะมีกลิ่นเหม็น (กลิ่นจากการเน่าของน้ำทิ้ง) รองลงมาคือน้ำทิ้งจากขั้นตอนการล้างทำความสะอาดซึ่งมีลักษณะใส ไม่มีกลิ่น และขั้นตอนการแกะเปลือกมะขามตามลำดับ จึงได้ทำการวิเคราะห์เพื่อการประเมินละเอียดในการวิเคราะห์หาสาเหตุของประเด็นปัญหาของทั้ง 3 ขั้นตอน เพื่อจัดทำข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาดในลำดับถัดไป



Figure 1 Process analysis for preserved tamarind; mass and energy balance.

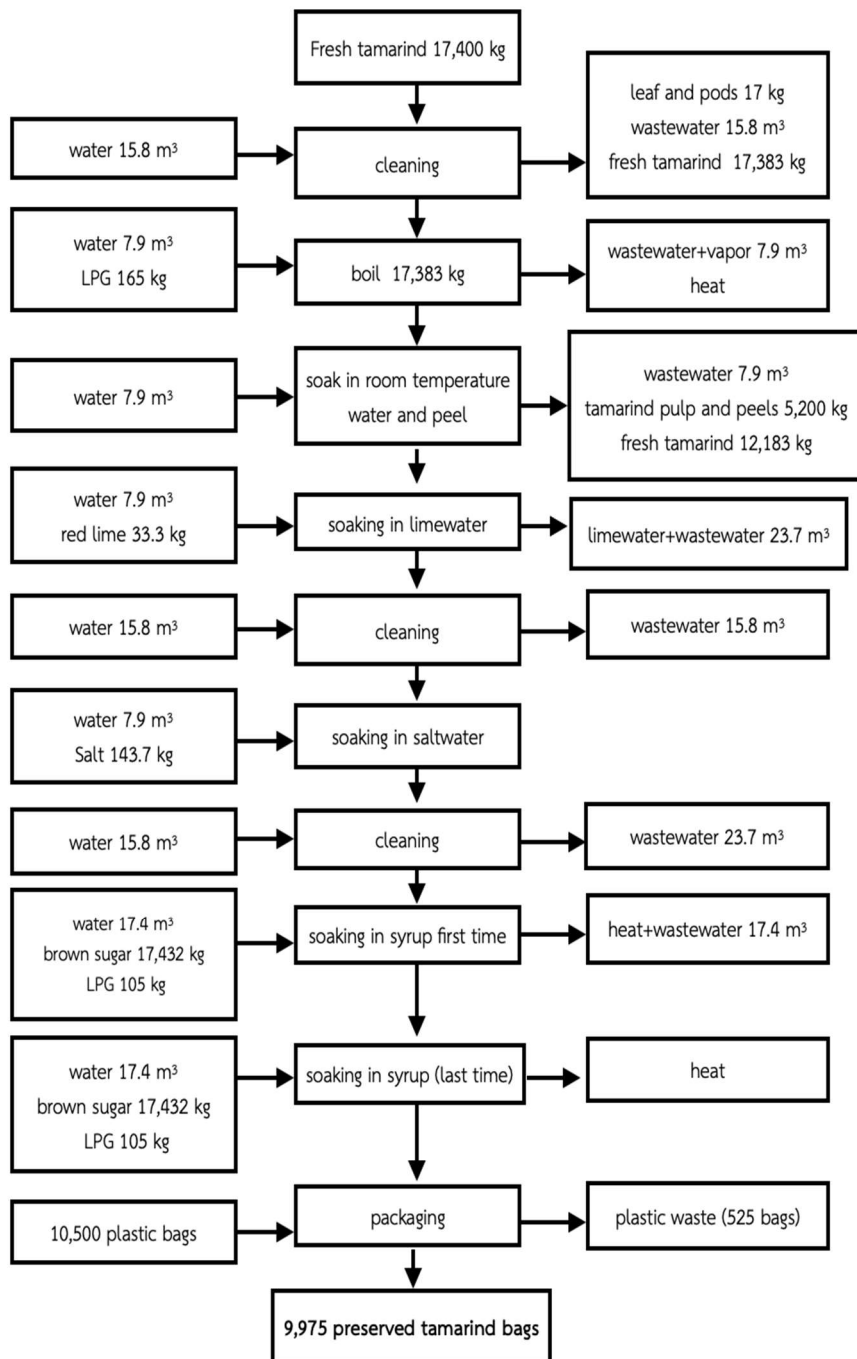


Figure 2 Area for the disposal of wastewater from the tamarind processing.

Table 1 Results of wastewater parameter analysis from the preserved tamarind processing.

Parameter	Unit	Measured value	Standard value
Odor	-	smelly	-
Color	-	yellow, cloudy	-
pH	-	2.38	5.5-9.0
Temperature	°C	25.60	<40
Conductivity	Ms/L	21.18	-
Chemica; Oxygen Demand (COD)	mg/L	430	-
Biochemical Oxygen Demand (BOD)	mg/L	248.50	<60
Total Suspended Solids (TSS)	mg/L	2520	<50
Total Dissolved Solids (TDS)	mg/L	32,940	-

Remark Standards for controlling wastewater discharge from small establishments, Group 2, according to the announcement of the Ministry of Natural Resources and Environment on the determination of standards for controlling wastewater discharge from small establishments that produce certain types of goods or services, B.E. 2564.

2. การจัดลำดับความสำคัญประเด็นปัญหาการทำเทคโนโลยีสะอาด

จากการประเมินละเอียดเพื่อจัดลำดับความสำคัญประเด็นปัญหาในขั้นตอนการแช่น้ำเชื่อมครั้งที่ 1 ขั้นตอนการล้างทำความสะอาด และขั้นตอนการปอกเปลือกมะขาม จากตารางที่ 2 (Table 2) พบว่า ประเด็นปัญหาหลักคือ กลิ่น ซึ่งมีสาเหตุเกิดจากน้ำเชื่อมหลังจากการแช่เชื่อมแล้วนำเสีย กล่าวคือ น้ำเชื่อมหลังจากการแช่เชื่อมแล้วจะถูกนำไปทิ้งลงในบ่อ บางส่วนปล่อยทิ้งลงทุ่งนาแล้วปล่อยให้แห้งไปตามธรรมชาติ และบางครั้งปล่อยลงแหล่งน้ำตามธรรมชาติ ก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำและทางดินตามมา โดยวิเคราะห์จากค่า COD (Chemical Oxygen Demand) ค่า COD ที่วัดได้อยู่ในปริมาณที่ค่อนข้างสูง (430 มก./ล) และมีค่า pH ค่อนข้างต่ำ กล่าวคือ มีความเป็นกรด (2.38) และมีความเค็ม (21.18 มก./ล) และน้ำมีกลิ่นเหม็นที่รุนแรง ส่วนปัญหารองลงมาคือปริมาณการใช้น้ำซึ่งจะเห็นได้ว่าในขั้นตอนการผลิตมีการใช้น้ำเป็นจำนวนมาก (113.8 ลูกบาศก์เมตร) และเกิดปริมาณน้ำทิ้งมากเช่นกัน (112.20 ลูกบาศก์เมตร) และประเด็นผลกระทบลำดับสาม คือ กาก ของเสีย ได้แก่ รกมะขาม เปลือกและใบของมะขาม ซึ่งมีจำนวน 5,217 กิโลกรัม และส่วนนี้ไม่สามารถนำกลับไปใช้ประโยชน์ในกระบวนการผลิตได้ ถึงแม้ว่ากาก ของเสียนี้อาจจะสามารถย่อยสลายได้โดยธรรมชาติ แต่เนื่องจากมีปริมาณมากและไม่มีจัดการที่เหมาะสมจึงเกิดการฟุ้งกระจายส่งผลกระทบต่อชุมชนและต่อสภาพลักษณะของผู้ประกอบการ

Table 2 Prioritizing issues in the tamarind processing process in the first syrup soaking step, the cleaning step, and the peeling step.

Topic	Resource	Environmental Impact	Law and standard	Total	Order
Water use	3	3	2	8	2
Energy consumption (LPG)	2	2	1	5	4
Waste (peel and pulp)	3	2	1	6	3
Air pollution	2	1	1	4	5
Water pollution	3	3	3	6	3
Soil pollution	2	2	2	6	3
Odor (from wastewater)	3	3	3	9	1
Noise	1	1	1	3	6

3. การสร้างข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาด (CT Options) และคัดเลือกทางเลือก

จากการวิเคราะห์และรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการแปรรูปในทุกขั้นตอน ตั้งแต่การเตรียมวัตถุดิบไปจนถึงการจัดการของเสีย ประเมินการใช้ทรัพยากร (น้ำ พลังงาน วัตถุดิบ) และชนิดของของเสียที่เกิดขึ้น (น้ำเสีย กากของเสีย) ระบุแหล่งกำเนิดของเสียและปัญหาสิ่งแวดล้อม จัดลำดับความสำคัญของแหล่งกำเนิดของเสีย โดยพิจารณาจากปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและกฎหมาย ประเมินเทคโนโลยีสะอาดเบื้องต้น ศึกษาแนวทางเทคโนโลยีสะอาดที่สามารถนำมาใช้ได้ในการกระบวนการแปรรูปโดยพิจารณาจากความคุ้มค่า ความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ และความสามารถในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาดเพื่อป้องกันมลพิษและลดของเสียจากกระบวนการแปรรูปมะขามแช่อิ่มมี 3 ประเด็นหลัก ได้แก่ การนำของเสียจากกระบวนการแปรรูปมะขามแช่อิ่มมาใช้ประโยชน์และ ปรับปรุงกระบวนการดำเนินงานและการจัดการน้ำเสีย จำนวน 5 แนวทางสำหรับกระบวนการแปรรูปมะขามแช่อิ่ม ดังต่อไปนี้ CT Option 1: นำน้ำทิ้งหลังขั้นตอนการแช่น้ำเชื่อมครั้งที่ 1 เป็นส่วนผสมทำปุ๋ยหมักชีวภาพ CT Option 2: ในขั้นตอนการล้างวัตถุดิบโดยล้างวัตถุดิบในภาชนะหรืออ่างที่สามารถเก็บกักน้ำได้เหมาะสมเพื่อลดปริมาณการใช้น้ำ ลดต้นทุนการผลิต CT Option 3: น้ำทิ้งหลังขั้นตอนการล้างวัตถุดิบนำไปใช้รดต้นไม้และล้างทำความสะอาดพื้นบริเวณรอบ ๆ สถานที่ผลิต CT Option 4: ในส่วนของรกและเปลือกมะขามนำไปเป็นส่วนผสมทำปุ๋ยหมักชีวภาพหรือเชื้อเพลิง CT Option 5: มีระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อทำการบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการแปรรูปมะขามแช่อิ่ม คือ ระบบบ่อเกรอะ-บ่อซึม ซึ่งเป็นระบบที่มีราคาประหยัดและมีประสิทธิภาพในการบำบัดเบื้องต้นได้ดีพอสมควร แนวทางการเลือกระบบบำบัดจะเลือกจากสภาพพื้นที่ของสถานที่ผลิต กล่าวคือ พื้นที่ที่มีการระบายน้ำดี มีระดับน้ำใต้ดินในฤดูฝนอยู่ลึกจากผิวดินพอสมควร ควรเลือกระบบบำบัดแบบบ่อเกรอะ-บ่อซึมสำหรับพื้นที่ทั่วไป สำหรับพื้นที่ที่มีการระบายน้ำยากหรือมีระดับน้ำใต้ดินสูง

ควรเลือกบ่อเกรอะสำหรับพื้นที่ที่ระบายน้ำยากซึ่งในระบบจะมีตัวกลาง (media) อยู่ภายในระบบ ซึ่งระบบบำบัดทั้งสองนี้จัดเป็นการบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพใช้จุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจนในการบำบัด

อภิปรายผล

การศึกษาระบบการแปรรูปมะขามแช่อิ่มของผู้ประกอบการที่เป็นสมาชิกวิสาหกิจชุมชนในพื้นที่ตำบลหินฮาว อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์ จากขั้นตอนการล้างทำความสะอาดมะขามเปรี้ยวยักษ์สดจนถึงขั้นตอนการบรรจุถุง แต่ละขั้นตอนมีการใช้ทรัพยากรในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะน้ำซึ่งเป็นทรัพยากรสำคัญในกระบวนการ จากข้อมูลที่ได้รวบรวม พบว่า กระบวนการแปรรูปมะขามแช่อิ่มในแต่ละรอบการผลิตมีการใช้น้ำและเกิดน้ำเสียจากกระบวนการ จากการวิเคราะห์แหล่งกำเนิดของเสียและมลพิษและการจัดทำสมดุลมวลเข้าและออก พบว่า แหล่งกำเนิดของเสียที่สำคัญเกิดจาก 3 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ ขั้นตอนการแช่น้ำเชื่อมครั้งที่ 1 เป็นแหล่งกำเนิดน้ำทิ้งที่มีปริมาณสูงและมีคุณลักษณะน้ำทิ้งในพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องเกินกว่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากสถานประกอบการขนาดเล็ก กลุ่มที่ 2 ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากสถานประกอบการขนาดเล็กที่ผลิตสินค้าหรือให้บริการบางประเภท พ.ศ. 2564 ขั้นตอนการล้างวัตถุดิบ หลังจากการล้างวัตถุดิบน้ำในขั้นตอนนี้มีความสกปรกไม่มากยังคงใส ไม่มีกลิ่น เนื่องจากการล้างทำความสะอาดวัตถุดิบเท่านั้นสามารถอธิบายในงานวิจัยการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียจากการผลิตมะขามแช่อิ่มด้วยกระบวนการเอสบีอาร์เพื่อยกระดับสิ่งแวดล้อมของชุมชน (Kongroi, 2023) และขั้นตอนการปกปิดเปลือก เกิดของเสียในรูปของรกและเปลือกมะขามที่มีปริมาณมาก ข้อมูลเหล่านี้ช่วยระบุขั้นตอนที่ควรได้รับการปรับปรุงเพื่อการจัดการของเสียอย่างมีประสิทธิภาพ จะเห็นได้ว่ากระบวนการแปรรูปมะขามแช่อิ่มเป็นกระบวนการที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ทั้งในด้านการเกิดมลพิษและของเสีย งานวิจัยจึงมุ่งเน้นไปที่การนำเสนอแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันมลพิษและลดของเสียเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยการใช้เทคโนโลยีสะอาดในอุตสาหกรรมอาหารสามารถลดการปล่อยสารมลพิษได้ (Nokyungthong, 2019) จากการประเมินเทคโนโลยีสะอาดโดยละเอียด พบว่ามีข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาดที่สามารถนำไปใช้เพื่อป้องกันมลพิษและลดของเสียได้ 3 แนวทาง ได้แก่ 1) การนำของเสียจากกระบวนการแปรรูปมะขามแช่อิ่มมาใช้ประโยชน์ โดยนำน้ำทิ้งหลังขั้นตอนการแช่น้ำเชื่อมครั้งที่ 1 เป็นส่วนผสมทำปุ๋ยหมักชีวภาพ น้ำทิ้งหลังขั้นตอนการล้างวัตถุดิบนำไปใช้รดต้นไม้และล้างทำความสะอาดพื้นบริเวณรอบ ๆ สถานที่ผลิต ส่วนของรกและเปลือกมะขามที่ไม่สามารถใช้ได้ในกระบวนการผลิตมาผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์ เป็นส่วนผสมทำปุ๋ยหมักชีวภาพหรือเชื้อเพลิง ซึ่งการใช้เชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมอาหารหรือการใช้ประโยชน์ของเสียเป็นแนวทางที่สามารถช่วยลดปริมาณของเสียที่ต้องกำจัดได้เป็นการเพิ่มมูลค่าและสร้างรายได้ให้ผู้ประกอบการอีกทางหนึ่ง (Ponhong, 2020) 2) ปรับปรุงกระบวนการดำเนินงานในขั้นตอนการล้างวัตถุดิบโดยล้างวัตถุดิบในภาชนะหรืออ่างที่สามารถเก็บกักน้ำได้เพื่อลดปริมาณการใช้น้ำจากงานวิจัย

เทคโนโลยีสะอาดสำหรับการลดของเสียในกระบวนการผลิตบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป ได้ดำเนินการเปลี่ยนวิธีการล้างวัตถุดิบด้วยการล้างในภาชนะสามารถลดปริมาณการใช้น้ำและช่วยลดต้นทุนการผลิตได้ (Nokyungthong, 2019) เช่นเดียวกับงานวิจัยการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตน้ำตาลด้วยเทคโนโลยีสะอาด (Rattanapan & Ounsaneha, 2019) 3) การจัดการน้ำเสีย มีระบบบ่อเกรอะ-บ่อซึม สำหรับบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการแปรรูปมะขามแฉ่อม ซึ่งเป็นระบบที่มีราคาประหยัดและมีประสิทธิภาพในการบำบัดเบื้องต้นได้ดี ระบบนี้ช่วยลดปริมาณน้ำเสียและมลพิษทางน้ำได้ดีในอุตสาหกรรมอาหารผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทผลไม้ดองและผลไม้ดองปรุงรสขนาดเล็กและขนาดกลาง (Pollution Control Department, 2005) และอีกหนึ่งปัจจัยยังพบว่าการอบรมพนักงานให้มีความรู้และความเข้าใจในการจัดการของเสียเป็นปัจจัยสำคัญในการลดปริมาณของเสีย (Nokyungthong, 2019) การตรวจสอบผลการดำเนินงานหลังจากสถานประกอบการได้นำข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาดไปประยุกต์ใช้ พบว่า สถานประกอบการได้ดำเนินการปรับปรุงกระบวนการผลิตในขั้นตอนการล้างวัตถุดิบโดยการล้างในภาชนะ (CT option 4) สามารถลดปริมาณการใช้น้ำได้จาก 113.8 ลูกบาศก์เมตรต่อรอบการผลิต ลดลงเหลือ 92 ลูกบาศก์เมตรต่อรอบการผลิต ซึ่งหมายความว่า ทุกการผลิต 17,400 กิโลกรัม ผู้ประกอบการสามารถลดปริมาณการใช้น้ำได้ 21.8 ลูกบาศก์เมตรต่อรอบการผลิต สามารถประหยัดค่าน้ำประปาได้ 109 บาทต่อรอบการผลิต (หน่วยละ 5 บาท) และจากงานวิจัยและสามารถนำน้ำจากการล้างวัตถุดิบไปใช้รดต้นไม้และล้างทำความสะอาดพื้นบริเวณรอบ ๆ สถานที่ผลิต (CT option 2) และ CT Option 1 น้ำทิ้งหลังขั้นตอนการแช่น้ำเชื่อมครั้งที่ 1 สามารถนำเป็นส่วนผสมทำปุ๋ยหมักชีวภาพได้ (Pollution Control Department, 2005) ผู้ประกอบการจึงเก็บรวบรวมน้ำทิ้งจากขั้นตอนนี้ใส่ถังปิดฝาสนิทและจำหน่ายให้กับผู้รับซื้อนำไปผลิตปุ๋ยหมักชีวภาพในราคา 3 บาท/ลิตร ส่งผลให้มีรายได้เพิ่มขึ้น 52 บาทต่อรอบการผลิต

สรุปผลการวิจัย

ปัญหาสิ่งแวดล้อมด้านต่าง ๆ ที่เกิดในพื้นที่เกิดจากการแปรรูปมะขามแฉ่อม ได้แก่ มลพิษทางน้ำที่เกิดจากขั้นตอนการแช่น้ำเชื่อมครั้งที่ 1 ขั้นตอนการล้างทำความสะอาด ปัญหาสิ่งแวดล้อมประเภทกากและของเสียเกิดจากขั้นตอนการแกะหรือปอกเปลือกมะขาม (เปลือก รก ใบของมะขาม) และปัญหาด้านมลพิษทางดินก้นเกิดจากการจัดการน้ำทิ้งที่ไม่เหมาะสมที่เกิดจากการแช่บ่มขั้นที่ 1 จากนั้นทำการประเมินโดยละเอียดเพื่อสร้างข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาดโดยจัดกระบวนการการมีส่วนร่วมร่วมกับผู้ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตของสถานประกอบการกลุ่มตัวอย่าง ผู้ทรงคุณวุฒิ/ผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์สาเหตุของการสูญเสียพบว่า มีข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาดเพื่อป้องกันมลพิษและลดของเสียจากกระบวนการแปรรูปมะขามแฉ่อม 3 ประเด็นหลัก ได้แก่ การนำของเสียจากกระบวนการแปรรูปมะขามแฉ่อมมาใช้ประโยชน์ การปรับปรุงกระบวนการดำเนินงานและการจัดการน้ำเสีย ซึ่งสามารถนำไปปฏิบัติได้จริงสามารถลดปริมาณการใช้ทรัพยากรและลดผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมในบริเวณสถานที่ผลิตและชุมชน และลดต้นทุนการผลิตได้เนื่องจากการนำของเสียมาใช้ให้เกิดประโยชน์และสามารถจำหน่ายได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ และขอขอบคุณองค์การบริหารส่วนตำบลหินสว อำเภอลำเหล จังหวัดเพชรบูรณ์ และกลุ่มแปรรูปมะขาม ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Department of Industrial Works. Cleaner Technology-CT, 2005. Available at: https://greenindustry.diw.go.th/webgi/wp-content/uploads/2022/11/ct_industry.pdf. Accessed August 1, 2023.
- Department of Intellectual Property. Thai geographical indication, 2023. Available at: <https://www.ipthailand.go.th/th/gi-015/item/staticgiregistration.html>. Accessed August 1, 2023.
- Kongroi P. Development of pickled tamarind production wastewater treatment system with SBR process to upgrade the community environment (Research Report). Phetchabun: Phetchabun Rajabhat University; 2023.
- Lom Kao Subdistrict Administrative Organization. Nuisance of sewage water, emitting a foul smell, behind the Makhom Sarach factory, Moo. 11, Ban Wat Thung Thong Chai, 2022. Available at: www.obtlomkao.go.th/news/activity/content/552. Accessed August 1, 2023.
- Nokyoungthong M. Clean technology for reducing waste in the instant noodle production process. Master of Science (Environmental Science), Graduate School, Silpakorn University; 2019.
- Phetchabun Provincial Agricultural Extension Office. Basic agricultural information in Phetchabun Province, 2022. Available at: <https://phetchabun.doae.go.th/province/?p=195>. Accessed August 1, 2023.
- Pollution Control Department. Handbook for pollution prevention in pickled and seasoned fruit products in local communities, 2005. Available at: https://www.pcd.go.th/wp-content/uploads/2020/05/pcdnew-2020-05-25_07-02-22_113761.pdf. Accessed August 12, 2023.
- Pollution Control Department. Announcement of the ministry of natural resources and environment on the determination of standards for controlling wastewater discharge from small businesses that produce certain types of goods or services, B.E. 2564, 2022. Available at: <https://www.pcd.go.th/laws/25317/>. Accessed August 12, 2023.
- Ponhong L. Waste utilization: A case study of starch manufactured factory in Mukdahan Province. Master of Engineering (Environmental Engineering), Faculty of Engineering, Ubon Ratchathani University; 2020.
- Rattanapan C, Ounsaneha W. Enhancing efficiency of sugar cane production process by clean technology. Khon Kaen Agriculture Journal 2019;47(1):60-66.
- Regional Office of agricultural economics 12. agricultural information, 2022. Available at: <http://oaezone.oae.go.th/view/20/index/TH-TH>. Accessed August 12, 2023.
- Tang Y, Li J. Material flow analysis on venous industrial park-taking Tianjin Ziya circular economy park for example. Proceedings 17th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, IE and EM 2010;1828-1831.