

บทความวิจัย

วันที่รับบทความ:

20 กรกฎาคม 2567

วันแก้ไขบทความ:

18 ตุลาคม 2567

วันตอบรับบทความ:

30 ตุลาคม 2567

อีลีเยะ สนิโซ^{1*} ลุตฟี ลีโอนี¹ มูฮัมหมัดคอยรี หะยีบากา¹ และ สุเช็ง ชายดานา²

¹สาขาเทคโนโลยีพลังงานทดแทน คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏ
ยะลา อำเภอเมือง จังหวัดยะลา 95000

²สาขาฟิสิกส์อุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
อำเภอเมือง จังหวัดยะลา 95000

*ผู้เขียนหลัก อีเมล: eleeyah.s@yru.ac.th



บทคัดย่อ

วิสาหกิจแปรรูปปลากุเลาเค็ม อำเภอหนองจิก จังหวัดปัตตานี มีปัญหาด้านการผลิตปลากุเลาเค็มเนื่องจากการตากแห้งด้วยแดดตามธรรมชาติ รอบการผลิต 2-5 สัปดาห์ และมีฝุ่นละอองและแมลงรบกวน งานวิจัยนี้จึงพัฒนากระบวนการแปรรูปปลากุเลาเค็มโดยการพัฒนาโรงอบแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมของวิสาหกิจแปรรูปปลากุเลาเค็ม สถาบันการศึกษา หน่วยงานภาครัฐในพื้นที่และประชาชนทั่วไป ดังนี้ 1) การวิเคราะห์ปัญหาการตากแห้งและแนวทางการออกแบบและสร้างโรงอบแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟ 2) การพัฒนาและทดลองใช้งานโรงอบแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟอบแห้งปลากุเลาเค็ม และ 3) การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตปลากุเลาเค็มด้วยโรงอบแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟและคุณภาพของปลากุเลาเค็ม โดยโรงอบแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟ กว้าง 200 ยาว 100 สูง 140 เซนติเมตร มีอุณหภูมิในช่วง 38.2-68.7 องศาเซลเซียส เฉลี่ย 54.5 ± 3.2 องศาเซลเซียส มีแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ขนาด กว้าง 200 ยาว 250 สูง 20 เซนติเมตร ติดตั้งอยู่ด้านหลังของห้องอบแห้ง มีอุณหภูมิในช่วง 32.6-83.1 องศาเซลเซียส เฉลี่ย 57.9 ± 3.2 องศาเซลเซียส โรงอบแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟสามารถบรรจุปลากุเลาเค็มได้ 152 ตัว ใช้เวลาอบแห้ง 9 วันต่อรอบ กำลังการผลิตปลากุเลาเค็มเพิ่มขึ้นร้อยละ 33.3 เมื่อเปรียบเทียบกับตากแห้งด้วยแดดตามธรรมชาติ ส่งผลให้รายได้สุทธิของกลุ่มวิสาหกิจแปรรูปปลากุเลาเค็มเพิ่มขึ้น 90,440 บาทต่อเดือน และสามารถคืนทุนได้ในระยะเวลา 2 เดือน โดยที่คุณภาพของปลากุเลาเค็ม ด้านสี ความแข็ง วอเตอร์แอคทีวิตี โปรตีนและเชื้อสแตปไฟโลคอคคัส ออเรียส ไม่แตกต่างกันกับการตากแดดตามธรรมชาติ

คำสำคัญ:

จังหวัดปัตตานี

ปลากุเลา

โรงอบแบบพาสซีฟ

พลังงานแสงอาทิตย์

ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

Research Article

Received:

20 July 2024

Received in revised form:

18 October 2024

Accepted:

30 October 2024

Eleeyah Saniso^{1,*}, Lutfee Seni¹, Muhammadkhoiri Hayibaka¹ and Huseng Chaydana²

¹Renewable Energy Technology Program, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University, Muang District, Yala Province, 95000 Thailand

²Physics Industrial Program, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University, Muang District, Yala Province, 95000 Thailand

*Corresponding author's E-mail: eleeyah.s@yru.ac.th



Abstract

The salted four-finger threadfin processing enterprise in Nong Chik district, Pattani province of Thailand, faces challenges in producing dried salted threadfin due to reliance on open-sun drying. Each drying cycle takes 2–5 weeks and is often disrupted by dust and insects. To address these issues, this research developed a passive solar dryer in collaboration with local enterprises, educational institutions, government agencies, and the general public. The study includes: 1) an analysis of drying challenges and the design and construction of the solar dryer, 2) experimental trials using the passive solar dryer, and 3) economic and quality assessments of the salted threadfin produced. The passive solar dryer (200 x 100 x 140 cm³) maintains temperatures between 38.2–68.7 °C, with an average of 54.5 ± 3.2 °C, and features a solar collector panel (200 x 250 x 20 cm³) with temperatures ranging from 32.6–83.1 °C. Each drying cycle accommodates 152 threadfins and takes nine days, increasing production capacity by 33.3% compared to open-sun drying. This innovation results in a net income increase of 90,440 Baht (around 2,650 USD) per month for the enterprise, with a payback period of two months. The quality of threadfins, in terms of color, hardness, water activity, protein content, and *Staphylococcus aureus* levels, is comparable to traditional methods.

Keywords:

Pattani province
Four-finger threadfin
Passive solar dryer
Solar energy
Economic worthiness

บทนำ

อำเภอหนองจิก จังหวัดปัตตานี มีบริบทและสภาพสังคมที่มีประชากรร้อยละ 93.4 เป็นคนไทยมุสลิม และร้อยละ 6.6 เป็นคนไทยพุทธ (Pattani Provincial Office, 2024) มีการผสมผสานระหว่างวัฒนธรรมและวิถีชีวิตของชุมชนท้องถิ่นแบบชาวประมงและการเกษตร การทำประมงจะใช้เรือประมงขนาดเล็กถึงขนาดกลางจับปลาในทะเลใกล้ชายฝั่งและการแปรรูปอาหารทะเลเป็นหลัก มีการจัดตั้งวิสาหกิจชุมชน 8-10 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มมีชาวบ้านในพื้นที่ 5-15 คน ที่รวมตัวกันดำเนินกิจการแปรรูปปลากุเลาและผลิตภัณฑ์อื่น ๆ จากปลา เช่น กลุ่มแปรรูปปลากุเลาแม่บ้านหนองจิก กลุ่มประมงพื้นบ้านปากบางตาขาว กลุ่มสตรีแปรรูปปลากุเลาหนองจิก กลุ่มอนุรักษ์ปกป้องทะเลและชายฝั่งบ้านตันหยงเปาว์ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนแม่บ้านบางตาขาวแปรรูปอาหารทะเล กลุ่มแปรรูปปลากุเลาปากบางตาขาว และกลุ่มวิสาหกิจศรีบารูบางตาขาว เป็นต้น เพื่อสร้างงานสร้างรายได้และสร้างความมั่นคงทางเศรษฐกิจให้กับครอบครัว เป็นการส่งเสริมอนุรักษ์และสืบทอดวัฒนธรรมภูมิปัญญาการแปรรูปปลากุเลาด้วยวิธีดั้งเดิมของท้องถิ่นจากรุ่นสู่รุ่น

ปลากุเลา (Four-finger threadfin) เป็นปลาทะเลที่มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Eleutheronema tetradactylum* มีรูปร่างยาวเรียว ลำตัวหนาและแบนข้าง หัวค่อนข้างเล็ก มีฟันแหลมคม จะงอยปากสั้น ตามีเยื่อไขมันปกคลุมและอยู่ใกล้ปลายจะงอย ปากเฉียงขึ้นเล็กน้อย ลักษณะเด่นคือ ก้านครีบส่วนล่างของครีบทูแยกออกเป็นเส้นรยางค์ 4 เส้น ซึ่งเรียกว่าหนวด มีครีบหลังแยกห่างกัน 2 อัน ครีบท้องเป็นแฉกเล็ก ส่วนของลำตัวที่อยู่แนวหลังมีสีเทาปนเขียว ส่วนที่อยู่ถัดลงมาสีเนื้อและสีขาวเงิน ครีบหลังและครีบท้องมีรอยแต้มสีเทา ที่ปลายครีบอื่น ๆ มีสีเหลือง (Pornchaloempong & Rattanapanone, 2024; Sritakon et al., 2019) ดังภาพที่ 1a (Figure 1a) ปลากุเลาเป็นปลาที่มีเนื้อมาก เนื้อจะหวานและมัน มีก้างตรงกลางลำตัวที่เดียวจึงรับประทานได้ตลอดทั้งตัว ปลากุเลาจะอาศัยและหากินตามหน้าดินที่เป็นดินโคลน กินลูกปลา ลูกกุ้ง และสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่บริเวณหน้าดินเป็นอาหาร มีความยาวและความหนาของลำตัวเท่ากับ 40-60 และ 2.5-10 เซนติเมตร ตามลำดับ ขนาดใหญ่ที่สุดจะมีความยาวประมาณ 200 เซนติเมตร ประเทศไทยพบปลากุเลาจำนวนมากในช่วงเดือนพฤศจิกายน-มีนาคมของทุกปี ในทะเลภาคใต้ฝั่งอ่าวไทย เช่น จังหวัดสงขลา จังหวัดปัตตานี และจังหวัดนราธิวาส เป็นต้น และน้ำกร่อยบริเวณอ่าวไทย (Na Pibul, 2012; Sritakon et al., 2019)

ปลากุเลานิยมแปรรูปเป็นปลากุเลาเค็ม การตากแห้งปลากุเลาเค็มทำให้สามารถเก็บรักษาได้นานและเก็บไว้จำหน่ายในช่วงฤดูการที่ไม่มีปลา และเป็นการตากแห้งตามธรรมชาติด้วย

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นหลัก กระบวนการผลิตปลากุเลาเค็มแห้งเริ่มต้นจากการคัดเลือกปลากุเลาสดจากน้ำทะเลไม่เกิน 2.5 ชั่วโมง ขอดเกล็ด ควักไส้และเครื่องใน ล้างทำความสะอาด จากนั้นหมักด้วยเกลือหวานปัตตานีที่มีความเข้มข้น (Yiyusoh, 2010) แล้วพักไว้ประมาณ 3-4 วัน จากนั้นนำไปตากแดดตามธรรมชาติประมาณ 2-5 สัปดาห์ ในช่วงเวลานี้ต้องนวดปลากุเลาเค็มด้วยขวดแก้วกลมทรงกระบอกสลับกับการตากแดดตามธรรมชาติเพื่อให้เนื้อปลากุเลาเค็มมีความละเอียดและนุ่มทั่วทั้งตัว เมื่อทอดจะมีกลิ่นหอมโชย หนึ่งจะกรอบแน่นเนียนและมีรสเค็มกำลังดี ปลากุเลาเค็มแห้งดังภาพที่ 1b (Figure 1b) จะมีราคา 1,200-1,500 บาทต่อกิโลกรัม (Jakklom, 2020; Manager Online, 2018; Na Pibul, 2012)

สถานการณ์ที่เป็นอยู่เดิม

วิสาหกิจแปรรูปปลากุเลาเค็ม อำเภอหนองจิก จังหวัดปัตตานี ตากแห้งปลากุเลาเค็มด้วยแดดตามธรรมชาติโดยการห้อยหัวปลาเพื่อให้มันปลากุเลาไหลเยิ้มออกมาซึ่งจะทำให้ปลากุเลาเค็มมีสีเหลืองทอง การตากแห้งปลากุเลาเค็มด้วยแดดตามธรรมชาติช่วงแรกจะมีกลิ่นฉุนรุนแรงส่งผลให้มีแมลงวันมาวางไข่จึงห่อกระดาษปิดหัวปลากุเลาเค็ม โดยปลากุเลาเค็มที่แมลงวันวางไข่จะมีหนอนทำให้ขายได้ราคาต่ำหรือไม่เป็นที่ต้องการของตลาด วิสาหกิจแปรรูปปลากุเลาเค็มจึงสร้างมุ้งคลุมราวตากแดดปลากุเลาเค็มเพื่อป้องกันการวางไข่ของแมลงวัน ดังภาพที่ 2a (Figure 2a) การตากแห้งปลากุเลาเค็มด้วยแดดตามธรรมชาติของวิสาหกิจแปรรูปปลากุเลาเค็มจะใช้ราวตากที่เป็นโครงโลหะเชื่อมติดกันขนาด 200 x 80 x 150 เซนติเมตร (กว้าง x ยาว x สูง) โดยมีราวเชื่อมเรียงกันจำนวน 4 แถว ระยะห่าง 20-25 เซนติเมตร แต่ละแถวมีตะขอสำหรับแขวนปลากุเลาจำนวน 20-25 อัน ระยะห่าง 10-15 เซนติเมตร ดังนั้น หนึ่งราวตากจะสามารถตากแห้งปลากุเลาเค็มได้ 80-100 ตัว ดังภาพที่ 2b (Figure 2b) และบางกรณีจะทำราวตากเป็น 2 ชั้น สามารถทำแห้งปลากุเลาเค็มได้เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า คือ 160-200 ตัว การตากแห้งปลากุเลาเค็มด้วยแดดตามธรรมชาตินี้จะใช้เวลา 2-5 สัปดาห์ ทั้งนี้ ปลากุเลาเค็มที่มีขนาดใหญ่จะใช้เวลาตากแห้งนานกว่าปลากุเลาเค็มขนาดเล็ก

วิสาหกิจแปรรูปปลากุเลาเค็มผลิตปลากุเลาเค็ม 2 รอบต่อเดือน แต่ละเดือนมีจำนวนการผลิตและปริมาณการจำหน่ายปลากุเลาเค็มเฉลี่ยต่อหนึ่งราวตาก 304 กิโลกรัม และ 304,000 บาท ตามลำดับ โดยจำหน่ายตามช่องทางต่าง ๆ เช่น การจัดส่งทางไปรษณีย์ การขายผ่านสื่อออนไลน์และการออกร้านตามกิจกรรมต่าง ๆ ทั้งของภาครัฐและภาคเอกชน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการซื้อปลากุเลาเค็มเพื่อเป็นของขวัญให้กับญาติผู้ใหญ่และบุคคล



Figure 1 Four-finger threadfin at Nong-chik district, Pattani province; (a) Raw four-finger threadfin, and (b) Packaging of dried salted four-finger threadfin of community enterprise



Figure 2 Salted four-finger threadfin dried by community enterprise using open-sun drying; (a) Salted four-finger threadfin dried on the roadside, and (b) Hanging salted four-finger threadfin head-down with a spacing of approximately 10–15 cm

สำคัญ คุณภาพปลากุเลาเค็มจากการตากแห้งด้วยแดดตามธรรมชาติมีค่าสี L^* , a^* , b^* เฉลี่ยเท่ากับ 51.37 ± 1.97 , 2.04 ± 1.01 , 13.91 ± 1.67 ตามลำดับ ในขณะที่ค่าความแข็งเท่ากับ 16.46 ± 4.45 นิวตัน วอเตอร์แอคทีวิตี 0.93 ± 0.02 โปรตีน 32.92 ± 1.3 กรัมต่อหนึ่งร้อยกรัม และเชื้อสแตปพิโลคอคคัส ออเรียส < 10 ซีเอฟยูต่อกรัม

วิสาหกิจแปรรูปปลากุเลาเค็มทำแห้งปลากุเลาเค็มด้วยการตากแดดตามธรรมชาติ ซึ่งต้องอาศัยแสงอาทิตย์เป็นหลัก ทำให้มีข้อจำกัดเรื่องความสม่ำเสมอของแสงอาทิตย์ เนื่องจากภาคใต้มีฝนตกชุกเกือบตลอดปี มีสภาพอากาศแบบร้อนชื้นจากผลกระทบของลมมรสุม ส่งผลให้ปลากุเลาเค็มมีความชื้นสูงและคุณภาพไม่สม่ำเสมอ ใช้เวลานานในการตากแดดตามธรรมชาติ

แห้งช้า ไม่เป็นสีเหลืองทอง มีฝุ่นละอองเกาะติดที่ตัวปลาและมีแมลงวันรบกวน

กระบวนการที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงและการยอมรับของชุมชนเป้าหมาย

การพัฒนาและยกระดับการผลิตปลากุเลาเค็มของวิสาหกิจแปรรูปปลากุเลาเค็ม ใช้กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม สมาชิกในชุมชนมีบทบาทตลอดกระบวนการวิจัย โดยร่วมพัฒนาขีดความสามารถด้านการผลิตปลากุเลาเค็มในข้อต่อของผู้แปรรูป 1 (Processor 1) ดังภาพที่ 3 (Figure 3) ตามการวิเคราะห์ศักยภาพการทำธุรกิจของผู้ประกอบการในห่วงโซ่คุณค่า ด้วยการพัฒนาโรงอบแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟที่สามารถลดเวลาการทำแห้งปลากุเลาเค็มซึ่งจะส่งผลให้สามารถเพิ่มคุณภาพและปริมาณการผลิตปลากุเลาเค็ม

1. การวิเคราะห์ปัญหาการตากแห้งและแนวทางการออกแบบและสร้างโรงอบแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟ

การระดมความคิดเห็นกับกลุ่มวิสาหกิจแปรรูปปลากุเลาเค็ม เพื่อร่วมวิเคราะห์ปัญหาการตากแห้งและแนวทางการออกแบบและสร้างโรงอบแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟให้สามารถเพิ่มและควบคุมอุณหภูมิระหว่างการอบแห้งได้ดีกว่าการตากแห้งด้วยแดดตามธรรมชาติ ดังภาพที่ 4 (Figure 4) โดยใช้โลหะกัลวาไนซ์ทำเป็นโครงโรงอบแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟขนาดพื้นที่เท่ากับ 20,000 ตารางเซนติเมตร สามารถบรรจุปลากุเลาเค็มได้ 152 ตัว ซึ่งใกล้เคียงกับราวตากแห้งของวิสาหกิจเพื่อให้เหมาะสมกับการ

ติดตั้งในพื้นที่การผลิตเดิม ใช้แผ่นสังกะสีเป็นผนังด้านนอกส่วนผนังด้านในเป็นแผ่นสแตนเลส ระหว่างผนังด้านนอกกับด้านในบุด้วยฉนวนกันความร้อนหนา 1.0 เซนติเมตร เพื่อป้องกันการถ่ายโอนความร้อนออกจากห้องอบแห้งและใช้พัดลมดูดอากาศซึ่งติดตั้งที่ด้านบนโรงอบแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟสำหรับนำอากาศจากแผงรับรังสีอาทิตย์เข้าโรงอบแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟแล้วกระจายแบบอิสระผ่านปลากุเลาเค็มไปยังทางออกซึ่งอยู่ด้านบนของโรงอบแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟ โดยอุณหภูมิเฉลี่ยของโรงอบแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟควรอยู่ในช่วง 52–65 องศาเซลเซียส

นอกจากนี้โรงอบแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟยังสามารถป้องกันแมลงวันรบกวนระหว่างการอบแห้งและไม่ต้องเคลื่อนย้ายช่วงฝนตกและเวลากลางคืน ทั้งยังสามารถลดเวลาการทำแห้งและคงคุณภาพด้านสี ค่าความแข็ง วอเตอร์แอคทีวิตี โปรตีนและเชื้อสแตปไฟโลคอคคัส ออเรียส ทำให้ปลากุเลาเค็มไม่แตกต่างกับการตากแห้งด้วยแดดตามธรรมชาติ

2. การพัฒนาและทดลองใช้งานโรงอบแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟอบแห้งปลากุเลาเค็ม

วิสาหกิจแปรรูปปลากุเลาเค็ม พัฒนาโรงอบแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟจากโลหะกัลวาไนซ์ ซึ่งมีต้นทุนประมาณ 70,500 บาท และสามารถดำเนินการสร้าง ดูแลและซ่อมบำรุงรักษาได้ ดังภาพที่ 5 (Figure 5)

โรงอบแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟประกอบด้วยห้องอบแห้งขนาด 200 x 100 x 140 เซนติเมตร (กว้าง x ยาว x สูง) และแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ขนาด 200 x 250 x 20 เซนติเมตร (กว้าง x ยาว x สูง) ติดอยู่ที่ด้านหลังของห้องอบแห้ง ดังภาพที่ 6 (Figure 6) ภายในทาด้วยลีสต์สำหรับเป็นส่วนสะสมความร้อนจากรังสี

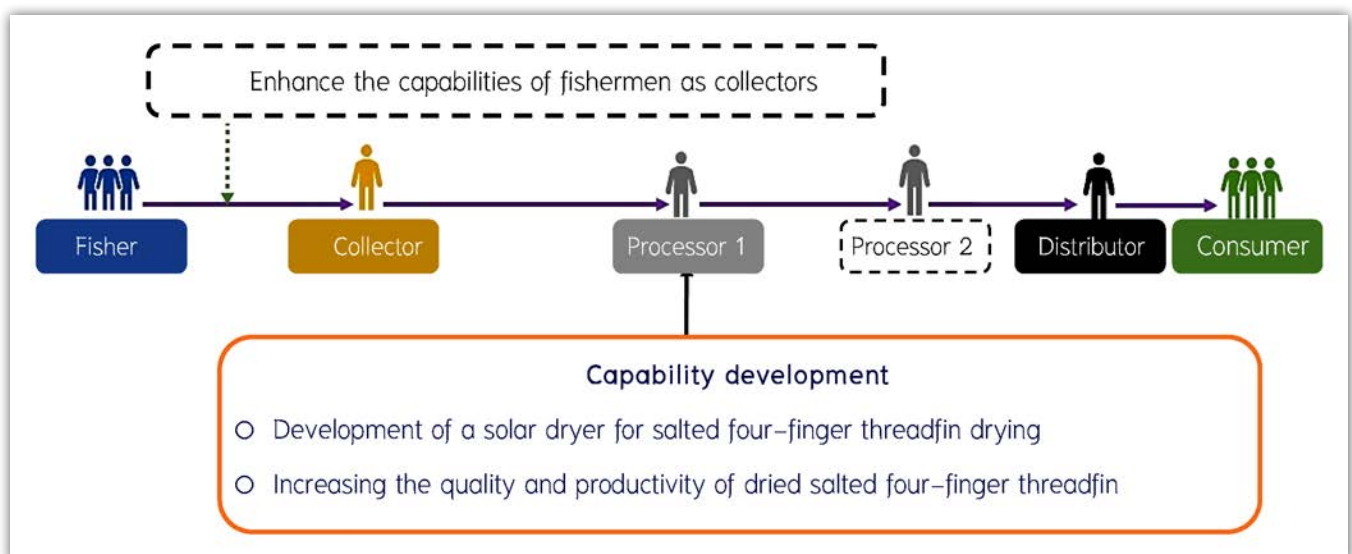


Figure 3 Analysis of the business potential of entrepreneurs in the salted four-finger threadfin value chain



Figure 4 3D Passive solar dryer drawing

ดวงอาทิตย์แล้วเคลื่อนที่ผ่านเข้าไปในห้องอบแห้งที่แขวนปลาเกลือเค็ม โดยมีประตูบานเลื่อนสำหรับเปิด-ปิดขณะนำปลาเกลือเค็มเข้า-ออก ในห้องอบแห้งแบ่งออกเป็น 2 ชั้น มีราวสำหรับแขวนปลาเกลือเค็มชั้นละ 4 แถว ระยะห่าง 20 เซนติเมตร แต่ละราวมีตะขอสำหรับแขวนปลาเกลือเค็มระยะห่าง 10 เซนติเมตร ซึ่งสามารถบรรจุปลาเกลือเค็มได้ 150-200 ตัว ขึ้นกับขนาดของปลาเกลือ และ มีพัดลมระบายอากาศสำหรับควบคุมการไหลของอากาศให้เกิดการถ่ายโอนความร้อนและความชื้นอยู่ด้านบนของห้องอบแห้ง

วิสาหกิจแปรรูปปลาเกลือเค็ม ดำเนินการอบแห้งปลาเกลือเค็มด้วยโรงอบแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟตามขั้นตอนการผลิตปลาเกลือเค็มแห้งและบันทึกรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การชั่งน้ำหนักปลาเกลือเค็มก่อนและหลังอบแห้ง ดังภาพที่ 7 (Figure 7) บันทึกที่ระยะเวลาการอบแห้ง บันทึกการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในโรงอบแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟและแผงรับรังสีดวงอาทิตย์และทำการนวด (รีด) ปลาเกลือเค็มระหว่างการอบแห้งเช่นเดียวกับการตากแห้งด้วยแดดตามธรรมชาติโดยอุณหภูมิในโรงอบแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 54.5 ± 3.2 องศาเซลเซียส หากการ



Figure 5 Passive solar drying system; (a) Welding and assembly of the drying chamber, (b) Welding and assembly of the drying chamber frame with the solar collector, (c) Installation of the chamber walls, and (d) Installation of racks for hanging salted four-finger threadfin inside the drying chamber



Figure 6 Drying process of salted four-finger threadfin; (a) Full-scale solar dryer, (b) Sliding door for the solar dryer, and (c) Hanging fish inside the drying chamber



Figure 7 (a) Removal of dried fish from the drying chamber and (b) Weighing and recording of the salted four-finger threadfin's weight after the drying process

อบแห้งด้วยโรงอบแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟไม่สามารถลดความชื้นได้ถึงจุดที่ต้องการในระยะเวลา 1 วัน ต้องแขวนปลาเกลือเค็มไว้ในโรงอบแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟตามปกติตลอดระยะเวลาการอบแห้ง แต่ต้องปิดช่องอากาศเข้าและออกทุกครั้งในตอนเย็นและ

เปิดออกในตอนเช้าเพื่อป้องกันปลากุเลาเค็มดูดความชื้นในช่วงเวลากลางคืน

การลดลงของความชื้นมีการเปลี่ยนแปลงแบบสมการเอ็กซ์โปเนนเชียล ดังภาพที่ 8 (Figure 8) โดยปลากุเลาเค็มที่อบแห้ง

ด้วยโรงอบแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟใช้เวลาอบแห้งจากความชื้นเริ่มต้น 230 ± 5 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง ลดเหลือ 120 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง ใช้เวลา 72 ชั่วโมง (9 วัน) ในขณะที่การอบแห้งปลาเกลือเค็มโดยการตากแห้งด้วยแดดตามธรรมชาติใช้เวลาทั้งหมด 108 ชั่วโมง (14 วัน) ดังนั้น การอบแห้งปลาเกลือเค็มด้วยโรงอบแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟสามารถลดเวลาการทำแห้งปลาเกลือเค็มลง 32 ชั่วโมง (4 วัน) คิดเป็นร้อยละ 35.7 โดยที่คุณภาพด้านสี ความแข็ง วอเตอร์แอคทีวิตี โปรตีนและเชื้อสแตปไฟโลคอคคัส ออเรียส ของปลาเกลือเค็มแห้งไม่แตกต่างกับการตากแห้งด้วยแดดตามธรรมชาติ โดยเนื้อปลาเกลือเค็มที่อบแห้งด้วยโรงอบแสงอาทิตย์

แบบพาสซีฟมีค่าความขาว (L^*) เฉลี่ยเท่ากับ 52.87 ± 2.10 ค่าความแข็ง ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี โปรตีนและเชื้อสแตปไฟโลคอคคัส ออเรียส (*Staphylococcus Aureus*) เท่ากับ 18.41 ± 6.08 นิวตัน, 0.92 ± 0.03 , 32.55 ± 2.2 กรัมต่อหนึ่งร้อยกรัม และ <10 ซีเอฟยูต่อกรัม ตามลำดับ

ปลาเกลือเค็มที่อบแห้งด้วยโรงอบแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟเริ่มมีสีเหลืองทอง ตั้งแต่วันที่ 3-4 ของการอบแห้ง ดังภาพที่ 9a (Figure 9a) ซึ่งสามารถทำให้เรียบโดยการกลิ้งด้วยขวดกลม เมื่อสังเกตด้วยสายตาจะเห็นว่าปลาเริ่มมีสีตามปกติ ดังภาพที่ 9b (Figure 9b) และเมื่อวัดสี ด้วยการใช้วัดค่าปลาเกลือเค็มแห้ง 5 ครั้ง

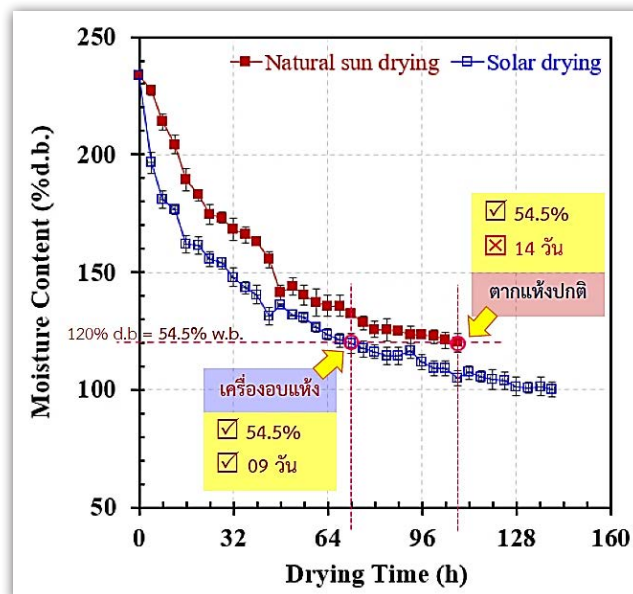


Figure 8 Temporal variations moisture content of salted four-finger threadfin dried using open-sun drying and indirect solar drying



Figure 9 Salted four-finger threadfin dried at 4th days using (a) Open-sun drying and (b) Indirect solar drying

ตำแหน่งเดียวกัน ตามมาตรฐานระบบ CIE ด้วยเครื่อง ColorFlex EZ Spectrophotometer, model A60-1014-593 version 2.2, Virginia, USA โดยที่ความสว่าง (Lightness) มีค่าตั้งแต่ 0-100 โดย $L^* = 0$ คือ สีดำ และ $L^* = 100$ คือ สีขาว ส่วน a^* จะแสดงถึงสีเขียว ($-a^*$) ไปถึงสีแดง ($+a^*$) และ b^* จะแสดงถึงสีน้ำเงิน ($-b^*$) ไปถึงสีเหลือง ($+b^*$) พบว่า เนื้อของปลากุเลาเค็มที่อบแห้งด้วยโรงอบแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟมีค่า L^* และ a^* เฉลี่ยเท่ากับ 52.87 ± 2.10 และ 2.16 ± 0.94 ตามลำดับ ค่า b^* มีค่าเท่ากับ 16.93 ± 1.04 ทั้งนี้ เนื่องจากปลากุเลาเค็มที่อบแห้งด้วยโรงอบแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟได้รับความร้อนและสัมผัสออกซิเจนเป็นเวลานานซึ่งเป็นสาเหตุของปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (Browning reaction) ชนิดที่ใช้เอนไซม์ (Enzymatic browning reaction) ของปลากุเลาเค็ม

การทดสอบความแข็ง (Hardness) ของเนื้อปลากุเลาเค็มที่อบแห้งด้วยโรงอบแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟและตากแห้งด้วยแดดตามธรรมชาติที่ตำแหน่งเดียวกัน ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) model TA.XT Express enhanced, Stable micro systems, USA บ่งชี้ว่ามีความกรอบเพิ่มขึ้น เนื้อปลากุเลาเค็มที่อบแห้งด้วยโรงอบแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟมีค่าความแข็งเท่ากับ 18.41 ± 6.08 นิวตัน ซึ่งสูงกว่าปลากุเลาเค็มที่ตากแดดตามธรรมชาติเล็กน้อย แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากการอบแห้งด้วยโรงอบแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟมีอุณหภูมิสูงกว่าการตากแดดตามธรรมชาติไม่มาก การหดตัวในเนื้อปลากุเลาเค็มจึงเกิดขึ้นได้น้อย ส่งผลให้ความแข็งของปลากุเลาเค็มไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาคุณภาพของปลากุเลาเค็มที่อบแห้งด้วยโรงอบแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟ พบว่า ค่าคอเลสเตอรอลที่วัดได้ โปรตีนและเชื้อสแตปฟีโลคอคคัส ออเรียส มีค่าเท่ากับ 0.92 ± 0.03 , 32.55 ± 2.2 กรัมต่อหนึ่งร้อยกรัม และ <10 ซีเอฟยูต่อกรัม ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

3. การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตปลากุเลาเค็มด้วยโรงอบแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟและคุณภาพของปลากุเลาเค็ม

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตปลากุเลาเค็มโดยการรวบรวมข้อมูลการผลิต รายงานรายรับและรายจ่ายของแต่ละรอบการผลิต ดังนี้

การวิเคราะห์ต้นทุนการดำเนินงาน แบ่งเป็นค่าใช้จ่ายคงที่ ซึ่งเป็นค่าวัสดุและอุปกรณ์สำหรับสร้างโรงอบแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟ 50,500 บาท และค่าจ้างช่างสำหรับสร้างและติดตั้งระบบไฟฟ้า 20,000 บาท รวมเท่ากับ 70,500 บาท เมื่อคิดอายุการใช้งานโรงอบแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟที่ 5 ปี และคิดมูลค่าซาก (Salvage value) ของโรงอบแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟที่ร้อยละ 10 ของราคาเริ่มต้น ซึ่งค่าเท่ากับ 7,050 บาท จะคำนวณค่าเสื่อมราคาของ

โรงอบแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟแบบเส้นตรง (F_1) และค่าดอกเบี้ยในการลงทุน (F_2) ตามสมการได้ดังนี้

$$F_1 = (70,500 - 7,050) / 5 = 12,690 \text{ บาทต่อปี}$$

$$F_2 = (70,500 + 7,050) / 5 = 15,510 \text{ บาทต่อปี}$$

ดังนั้น ต้นทุนคงที่รวม ($F_1 + F_2$) มีค่าเท่ากับ 28,200 บาทต่อปี

ค่าต้นทุนผันแปรแบ่งออกเป็นค่าปลากุเลาจำนวน 152 ตัว คิดเป็นน้ำหนักเท่ากับ 820 กิโลกรัม (น้ำหนักเฉลี่ย 1.8 กิโลกรัมต่อตัว) ราคา 225 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งเท่ากับ 1,107,120 บาทต่อปี การอบแห้งได้จริง 6 เดือนต่อปี เนื่องจากฤดูกาลจับปลากุเลาของวิสาหกิจแปรรูปปลากุเลา อำเภอหนองจิก จังหวัดปัตตานี จะอยู่ในช่วงเดือนกันยายน-เมษายนของทุกปี และค่าจ้างคนงาน 1 คน ที่ระยะเวลาการจ้าง 150 วันต่อปี สำหรับการเตรียมปลากุเลาเค็มและการนำปลากุเลาเค็มเข้าและออกจากโรงอบแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟ รวมทั้งตรวจสอบการอบแห้งและการนวดปลาวันละ 1 ครั้ง โดยกำหนดค่าจ้างแรงงานวันละ 300 บาทต่อวัน ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ค่าปลากุเลา} &= 152 \text{ ตัว} \times 3 \text{ รอบต่อเดือน} \times 6 \text{ เดือน} \\ &\quad \times 1.8 \text{ กิโลกรัม} \times 225 \text{ บาท} \\ &= 1,107,120 \text{ บาทต่อปี} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าจ้างแรงงาน} &= 150 \text{ วัน} \times 300 \text{ บาท} \times 1 \text{ คน} \\ &= 45,000 \text{ บาทต่อปี} \end{aligned}$$

$$\text{ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ} = 6,000 \text{ บาทต่อปี}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น ต้นทุนผันแปร} &= 1,107,120 + 45,000 + 6,000 \\ &= 1,158,120 \text{ บาทต่อปี} \end{aligned}$$

ต้นทุนการผลิตปลากุเลาเค็มด้วยโรงอบแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟมีค่าเท่ากับผลรวมของต้นทุนคงที่ 28,200 บาทต่อปี และต้นทุนผันแปร 1,158,120 บาทต่อปี รวมเป็น 1,186,320 บาทต่อปี และปลากุเลาเค็มแห้งจะมีน้ำหนักเฉลี่ย 1.0 กิโลกรัมต่อตัว ได้จำนวน 3 รอบต่อเดือน ซึ่งคิดเป็นน้ำหนักปลากุเลาเค็มทั้งสิ้น 456 กิโลกรัมต่อเดือน ขายโดยกลุ่มวิสาหกิจแปรรูปปลากุเลาเค็มที่ราคา 1,000 บาทต่อกิโลกรัม คิดเป็นราคาปลากุเลาเค็มเท่ากับ 456,000 บาทต่อเดือน จึงคิดเป็นรายได้สุทธิจากการขายปลากุเลาเค็มเท่ากับ 271,275 บาทต่อเดือน หรือคิดเป็น 1,627,650 บาทต่อปี ซึ่งคิดเป็นผลกำไรจากการจำหน่ายปลากุเลาเค็มเท่ากับ 441,330 บาทต่อปี เมื่อนำมาวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนและจุดคุ้มทุนจะได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ROR} &= (441,330 / 70,500) \times 100 \\ &= 626.53 \text{ เปอร์เซ็นต์} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BP} &= 70,500 / 441,330 \\ &= 0.159 \text{ ปี} \approx 2 \text{ เดือน} \end{aligned}$$

ความรู้หรือความเชี่ยวชาญที่ใช้

เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟ (Passive solar dryer) เป็นเทคโนโลยีที่ใช้พลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ในการอบแห้งวัสดุแทนการใช้พลังงานไฟฟ้าหรือเชื้อเพลิงอื่น ๆ เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและไม่ก่อให้เกิดมลพิษเนื่องจากใช้พลังงานที่มีอยู่ในธรรมชาติ โดยมีแผ่นรับรังสีอาทิตย์ที่ทำหน้าที่เก็บพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ ซึ่งอาจเป็นแผ่นสะท้อนแสง (Reflector) หรือแผ่นทึบ (Absorber plate) ที่สามารถดูดซับพลังงานจากแสงอาทิตย์ โดยแผ่นรับรังสีอาทิตย์จะเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นความร้อน โดยใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติในการเก็บความร้อน ซึ่งความร้อนที่เกิดขึ้นจะถูกส่งผ่านไปยังห้องอบแห้งที่มีการไหลเวียนของอากาศเพื่อให้ความร้อนกระจายไปทั่วถึงโดยใช้พัดลมหรือการถ่ายโอนมวลอากาศร้อนโดยธรรมชาติ เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีดังนี้ เช่น 1) เครื่องอบแห้งแบบพาเนล (Panel dryer) ที่ใช้แผงรับรังสีอาทิตย์เก็บความร้อนแล้วส่งไปยังห้องอบแห้ง 2) เครื่องอบแห้งแบบกล่อง (Box dryer) ที่มีลักษณะเป็นกล่องสะสมความร้อน มีประตูหรือช่องระบายอากาศช่วยให้การไหลเวียนของอากาศดีขึ้น และ 3) เครื่องอบแห้งแบบท้อ (Trommel dryer) ที่ใช้ท้อหมุนซึ่งมีแผงรับรังสีอาทิตย์ติดตั้งอยู่โดยรอบ เพื่อให้วัสดุที่อยู่ในท้อได้รับความร้อนอย่างสม่ำเสมอ (Bala, 2017) เป็นต้น

Sirichana et al. (2022) เปรียบเทียบสมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไหลเวียนอากาศแบบธรรมชาติและแบบบังคับ พบว่า เครื่องอบแห้งที่ไหลเวียนอากาศแบบธรรมชาติมีประสิทธิภาพต่ำกว่าเครื่องอบแห้งที่ไหลเวียนอากาศแบบบังคับเท่ากับร้อยละ 11.68 และ 12.91 ตามลำดับ Piwsaod & Phusampao (2022) ทดลองอบแห้งสมุนไพรฟ้าทะลายโจรด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกความกว้าง 9 เมตร ยาว 24 เมตร และสูง 4 เมตร ซึ่งปิดคลุมด้วยแผ่นพอลิคาร์บอเนตบนพื้นคอนกรีต ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 50 วัตต์ จำนวน 2 แผง ขับเคลื่อนพัดลมระบายอากาศในเครื่องอบแห้งแบบกระแสตรงขนาด 15 วัตต์ จำนวน 9 ตัว พบว่า เมื่อทดลองอบแห้งสมุนไพรฟ้าทะลายโจร 50 กิโลกรัม จะมีอุณหภูมิในห้องอบแห้งตั้งแต่ 32–65 องศาเซลเซียส โดยสามารถลดเวลาการอบแห้งได้ร้อยละ 33 เทียบกับการตากแดดตามธรรมชาติ ในขณะที่ Patoommakesorn et al. (2021) สร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์สำหรับอบแห้งพลาสติกหมักชะคราม โดยเครื่องอบแห้งประกอบด้วยโรงอบแห้งรูปพาราโบลาและตัวเก็บรังสีอาทิตย์ขนาดพื้นที่ 3.24 และ 1.305 ตารางเมตร ตามลำดับ จากการทดลองอบแห้งพลาสติกหมักชะคราม ความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ย

204.73 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง ที่ความเร็วลม 1, 2 และ 3 เมตรต่อวินาที พบว่า อุณหภูมิในโรงอบแห้งและอุณหภูมิแวดล้อมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 51.96 และ 31.11 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งที่ความเร็วลม 3 เมตรต่อวินาที ใช้เวลาอบแห้งเร็วที่สุดเท่ากับ 80 นาที โดยพลาสติกหมักชะครามมีความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 180 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง และเครื่องอบแห้งมีประสิทธิภาพโดยรวมเท่ากับร้อยละ 18.068 ดังนั้น เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จึงเป็นทางเลือกสำหรับการอบแห้งวัสดุในพื้นที่ที่มีแสงอาทิตย์เพียงพอ ซึ่งสามารถประหยัดพลังงาน ใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ทดแทนการใช้พลังงานชนิดอื่น ๆ เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและมีค่าใช้จ่ายต่ำ

การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต

การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์มีความสำคัญสำหรับใช้เป็นแนวทางการตัดสินใจลงทุนของวิสาหกิจ ทั้งนี้การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์เบื้องต้นที่สำคัญ ได้แก่ การหาอัตราส่วนผลตอบแทนและการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน (ระยะเวลา) (Blank & Tarquin, 2012; Chaimuanglen et al., 2024; Jino & Assawarachan, 2019) ดังนี้

ค่าใช้จ่ายคงที่ (Fixed costs: F) คือค่าใช้จ่ายที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามปริมาณการผลิตหรือการดำเนินงานในระยะสั้น ซึ่งยังคงเกิดขึ้นแม้ว่าจะมีการผลิตหรือไม่ก็ตาม เช่น ค่าเช่าสถานที่ ค่าเครื่องจักรและค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์ เป็นต้น ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการค่าเสื่อมราคาแบบเส้นตรง (F_1) และค่าดอกเบี้ยในการลงทุน (F_2) ซึ่งเป็นมูลค่าต่อปีตามค่าเงินในเวลานั้น คำนวณได้ดังนี้

$$F_1 = (P-L)/N \quad (1)$$

$$F_2 = (P+L)/N \quad (2)$$

เมื่อ P คือ ราคาโรงอบแห้ง (บาท) L คือ ราคาซากของโรงอบแห้ง (บาท) และ N คือ อายุการใช้งานโรงอบแห้ง (ปี) โดยค่าใช้จ่ายคงที่รวมหรือค่าต้นทุนคงที่รวม (Total fixed costs) มีค่าเท่ากับผลรวมของค่าเสื่อมราคาของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟและค่าดอกเบี้ยในการลงทุน

ค่าใช้จ่ายผันแปร (Variable costs) คือ ค่าใช้จ่ายที่เปลี่ยนแปลงตามระดับการผลิตหรือการดำเนินงานของธุรกิจ ซึ่งจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามปริมาณสินค้าหรือบริการที่ผลิตหรือจำหน่าย เช่น ค่าวัตถุดิบหรือวัสดุที่ใช้ในการผลิตสินค้าหรือบริการ ค่าจ้างแรงงาน ค่าโฆษณา และค่าสาธารณูปโภค (ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำ และบริการอื่น ๆ ที่ใช้ตามปริมาณการผลิต) เป็นต้น

อัตราผลตอบแทน (Rate of return: ROR) คือ อัตราส่วนของกำไรหรือขาดทุน (Profit value) ที่เกิดขึ้นจากการลงทุนเมื่อเทียบกับเงินลงทุนเดิม (Investment cost) ใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินความคุ้มค่าในการลงทุน โดยยิ่งอัตราผลตอบแทนมีค่าสูงการลงทุนนั้นก็ถือว่ามีความคุ้มค่าในการทำกำไรสูง คำนวณได้ดังนี้

$$ROR = (\text{Profit value} / \text{Investment cost}) \times 100 \quad (3)$$

จุดคุ้มทุน (Break-even point: BP) คือ จุดที่รายได้รวมเท่ากับต้นทุนรวม โดยการผลิตหรือการขายที่จุดคุ้มทุนนี้ ธุรกิจจะไม่มีกำไรหรือขาดทุน เป็นการคำนวณเพื่อระบุจำนวนสินค้าหรือบริการที่ต้องขายเพื่อให้ครอบคลุมค่าใช้จ่ายทั้งหมดทั้งต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปร ทำให้ทราบว่าปริมาณต่ำสุดที่ต้องผลิตคือเท่าใด จึงจะทำให้เกิดกำไร ซึ่งเป็นประโยชน์สำหรับวางแผนการดำเนินงานผลิตในอนาคต คำนวณได้ดังนี้

$$BP = \text{Investment cost} / \text{Profit value} \quad (4)$$

การอบแห้งวัสดุอาหารและผลผลิตทางการเกษตร

การลดความชื้นวัสดุอาหารและผลผลิตทางการเกษตรส่วนใหญ่ใช้วิธีดั้งเดิม คือ การตากแดดตามธรรมชาติ (Open-sun drying) และใช้พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar energy) (Bala, 2017; Thanonkaew et al., 2024) โดย Saniso et al. (2008) ได้พัฒนาเครื่องอบแห้งชั้นบางพลังงานความร้อนร่วมระหว่างแสงอาทิตย์และอากาศร้อน โดยใช้อากาศร้อนจากฮีตเตอร์ช่วยรักษาอุณหภูมิการอบแห้งให้เป็นไปตามที่กำหนด เพื่อศึกษาจลนศาสตร์การอบแห้งวัสดุอาหารและผลผลิตทางการเกษตร โดยทดสอบในที่ร่มและกลางแจ้ง เมื่อควบคุมอุณหภูมิของขดลวดความร้อนและความเร็วลมในช่วง 60–200 องศาเซลเซียส และ 1–3 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ พบว่า เมื่ออุณหภูมิของขดลวดความร้อนเพิ่มขึ้นอุณหภูมิในห้องอบแห้งจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย และที่อุณหภูมิของขดลวดความร้อนเท่ากันการทดสอบกลางแจ้งจะให้อุณหภูมิในห้องอบสูงกว่าการทดสอบในที่ร่ม เนื่องจากห้องอบแห้งจะสะสมพลังงานความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบไว้ ในขณะที่ความเร็วลมจะมีผลต่ออุณหภูมิในห้องอบแห้งทั้งที่ทดสอบในที่ร่มและกลางแจ้ง โดยเมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นอุณหภูมิในห้องอบจะลดลงและเครื่องอบแห้งที่ออกแบบและสร้างขึ้นนี้สามารถใช้อบแห้งวัสดุอาหารและผลผลิตทางการเกษตรได้

Jain et al. (2023) พัฒนาและวิเคราะห์ประสิทธิภาพโรงอบแห้งแบบนำความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar conduction dryer) สำหรับอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ซึ่งมีกระจกเป็นแผงสะท้อนรังสีอาทิตย์ที่ด้านข้างทั้งสองด้านของโรงอบแห้งทำหน้าที่สะท้อนรังสีอาทิตย์เข้าไปยังห้องอบแห้งและเป็นฝาปิดวัสดุอบแห้งเมื่อมีฝนตก จากการทดสอบพบว่า อุณหภูมิสูงสุดในโรงอบแห้งเมื่อมีและไม่มีกระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์มีค่าเท่ากับ 77.4 องศาเซลเซียส และ 61.2 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยมีประสิทธิภาพการอบแห้งเมื่อมีและไม่มีกระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์ร้อยละ 59.4

และ 50.09 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทั่วไปที่มีประสิทธิภาพการอบแห้งประมาณร้อยละ 35 ในขณะที่อัตราการอบแห้งเมื่อมีและไม่มีกระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์มีการเปลี่ยนแปลงในช่วง 1.525–0.005 และ 1.397–0.005 กรัมของน้ำที่ระเหยต่อกรัมวัสดุอบแห้งต่อชั่วโมง ตามลำดับ และสามารถคืนทุนได้ในระยะเวลา 1.02 ปี

Rao & Sivalingam (2023) พบว่า การอบแห้งใบกะเพราด้วยเครื่องอบแห้งแบบพาสซีฟ โดยพัฒนาแผงรับรังสีอาทิตย์เป็นหลอดสุญญากาศ (Evacuated tube solar collector) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสร้างลมร้อนเปรียบเทียบกับ การตากแดดตามธรรมชาติ พบว่า เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ใช้เวลาอบแห้งใบกะเพราเพียง 8 ชั่วโมง ในขณะที่การตากแดดตามธรรมชาติต้องใช้เวลาราว 22 ชั่วโมง เพื่อให้ใบกะเพราที่มีความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 12 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง จากความชื้นเริ่มต้น 47.26 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง โดยเครื่องเก็บพลังงานแสงอาทิตย์และเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพในช่วง 42–75 และ 0–18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ที่รังสีอาทิตย์เฉลี่ยเท่ากับ 720 ± 20 วัตต์ต่อตารางเมตร โดยการคาดการณ์อายุการใช้งานอยู่ที่ 20 ปี สามารถลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ได้ 13.2 ตัน ซึ่งได้รับค่าคาร์บอนเครดิตระหว่าง 4,642–18,569 บาท และมีระยะเวลาการคืนทุนอยู่ที่ 0.4 ปี

Pontecha & Cansee (2020) ได้พัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกขนาด $300 \times 400 \times 230$ เซนติเมตร (กว้าง x ยาว x สูง) สำหรับอบแห้งปลานิล โดยติดตั้งพัดลมระบายอากาศขนาด 3.4 W ที่ด้านบนเหนือประตู พบว่า อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในเครื่องอบแห้งมีค่าสูงกว่าอากาศแวดล้อมเท่ากับ 12.8 องศาเซลเซียส และ 13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่งผลให้เครื่องอบแห้งสามารถลดความชื้นปลานิลจาก 80 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปียก เป็น 25.8 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปียก ซึ่งลดความชื้นได้มากกว่าการตากแดดธรรมชาติ 6.2 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปียก และ Nilnont & Phitakwinai (2021) ได้พัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบผสมที่พาความร้อนแบบบังคับด้วยการติดตั้งโดมทรงกลมในตัวเก็บรังสีอาทิตย์เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวการถ่ายเทความร้อนแล้วทดลองอบแห้งสับปะรด พบว่า อุณหภูมิสูงสุดในห้องอบแห้งและที่ออกจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์เท่ากับ 62.59 และ 68.91 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งสามารถลดปริมาณความชื้นของสับปะรดจาก 84.97 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปียก เหลือ 29.37 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปียก มีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเท่ากับ 1.9634 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อกิโลกรัม ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลสำหรับพัฒนาศักยภาพของการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบอบแห้งให้เกิดประโยชน์สูงสุด

สถานการณ์ใหม่ ที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

วิสาหกิจแปรรูปปลาเกลือเค็มทำการอบแห้งปลาเกลือเค็มที่มีน้ำหนัก 0.8–2.8 กิโลกรัม (น้ำหนักเฉลี่ย 1.8 กิโลกรัมต่อตัว) ด้วยโรงอบแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟ รอบละ 152 ตัว จำนวน 3 รอบต่อเดือน ซึ่งต้องใช้ปลาเกลือเค็มจำนวน 456 ตัวต่อเดือน หรือคิดเป็นน้ำหนักปลาเกลือเค็มทั้งสิ้น 821 กิโลกรัมต่อเดือน โดยเมื่อปลาเกลือเค็มแห้งจะมีน้ำหนักเฉลี่ย 1.0 กิโลกรัมต่อตัว คิดเป็นน้ำหนักปลาเกลือเค็มแห้งทั้งสิ้น 456 กิโลกรัมต่อเดือน และคิดเป็นราคาปลาเกลือเค็มแห้งเท่ากับ 456,000 บาทต่อเดือน ขายโดยวิสาหกิจแปรรูปปลาเกลือเค็มที่ราคา 1,000 บาทต่อกิโลกรัม จึงคิดเป็นรายได้สุทธิจากการขายปลาเกลือเค็มแห้งเท่ากับ 271,275 บาทต่อเดือน ในขณะที่การตากแดดตามธรรมชาติจะใช้ปลาเกลือเค็มเพียง 304 ตัวต่อเดือน หรือคิดเป็นน้ำหนักปลาเกลือเค็มสดเท่ากับ 547 กิโลกรัมต่อเดือน ซึ่งเมื่อแห้งจะได้ 304 กิโลกรัมต่อเดือน ดังนั้นการใช้โรงอบแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟสามารถเพิ่มกำลังผลิตปลาเกลือเค็มแห้งได้เท่ากับ 152 กิโลกรัมต่อเดือน เทียบกับการตากแดดตามธรรมชาติของวิสาหกิจที่ดำเนินการอยู่ ส่งผลให้รายได้สุทธิของวิสาหกิจเพิ่มขึ้น และลดเวลาการตากแดดปลาเกลือเค็มตามธรรมชาติ ซึ่งระยะเวลาการทำแห้งปลาเกลือเค็มลดลงเท่ากับเพิ่มปริมาณการผลิตปลาเกลือเค็มแห้งเท่ากับ 90,440 บาทต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 33.3

การพัฒนาโรงอบแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟมีมูลค่าการสร้างเท่ากับ 70,500 บาทต่อเครื่องเป็นค่าวัสดุและอุปกรณ์ 50,500 บาท และค่าจ้างช่างสำหรับสร้างและติดตั้งระบบไฟฟ้า 20,000 บาท เมื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการสร้างโรงอบแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟ พบว่า มีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 0.159 ปี (≈ 2 เดือน)

ผลกระทบและความยั่งยืน ของการเปลี่ยนแปลง

โรงอบแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟสำหรับการอบแห้งปลาเกลือเค็ม สามารถนำมาใช้ในการอบแห้งผลิตภัณฑ์อื่น ๆ วัสดุอาหาร และผลผลิตทางการเกษตรที่คล้ายคลึงกันได้ จึงมีการส่งเสริมการขายผลไปยังกลุ่มอื่น ๆ ผ่านกลไกของภาคีเครือข่ายระดับอำเภอและระดับจังหวัด ได้แก่ พลังงานจังหวัดและเกษตรจังหวัด เพื่อการขยายผลให้ชุมชนและวิสาหกิจต่าง ๆ

การพัฒนาขีดความสามารถการผลิตปลาเกลือเค็มของวิสาหกิจแปรรูปปลาเกลือเค็ม ด้วยการพัฒนาโรงอบแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟสามารถป้องกันแมลงวันรบกวนระหว่างการทำแห้ง และไม่ต้องเคลื่อนย้ายปลาเกลือเค็ม/อุปกรณ์ทำแห้งไปมา โรงอบแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟสามารถลดเวลาการอบแห้งและคงคุณสมบัติทางกายภาพของปลาเกลือเค็ม โดยผลที่ได้จากการอบแห้งปลาเกลือเค็มด้วยโรงอบแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟสามารถลดเวลาการอบแห้งได้ร้อยละ 35.7 และรักษาคุณภาพและสมบัติทางกายภาพได้มากกว่าร้อยละ 80 เป็นการแก้ปัญหาให้กับวิสาหกิจชุมชนด้วยการเพิ่มปริมาณการผลิตและสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์อย่างยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยโดยกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.) และหน่วยบริหารและจัดการทุนด้านการพัฒนาระดับพื้นที่ (บพท.) ประจำปี พ.ศ. 2564 สัญญาเลขที่ A13F640026

References

- Bala, B. K. (2017). *Drying and storage of cereal grains*. (2nd edition). Chichester, England: John Wiley & Sons, Ltd.
- Blank, L., & Tarquin, A. (2012). *Engineering economy*. (7th edition). New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Chaimuanglen, S., Rattanaphai boon, P., Sasujit, K., Tararux, C., Riyana, S., Buochareon, S., & Homdoun, N. (2024). Analysis of the performance and economic of the Zingiberaceae using an infrared rotating tray dryer. *Journal of Renewable Energy for Community*, 7(2), 45–56. (in Thai).
- Jain, R., Paul, A. S., Sharma, D., & Panwar, N. L. (2023). Enhancement in thermal performance of solar dryer through conduction mode for drying of agricultural produces. *Energy Nexus*, 9, 1–6.
- Jakkom, N. (2020). Kulaothong (four-finger threadfin) Maepaen Takbai. *Industrial Journal*, 63, 20–21. (in Thai).

- Jino, P., & Assawarachan, R. (2019). *Economy analysis of the automatic egg incubator for community enterprise*. Conference proceedings: The 20th Thai Society of Agricultural Engineering (TSAE) National Conference, (March 14–15, 2019), Hard Rock Hotel, Pattaya, Chonburi. (in Thai).
- Laykhaphun, T., Esamah, A., Junsuk, P., Wattanakul, M., & Junker, T. (2024). Product value addition for Ban Hua Kuan Tie Dye Art Community Enterprise Group, Sathon sub-district, Songkhla province. *Area Based Development Research Journal*, 16(1), 75–86. (in Thai).
- Manager Online. (2018). Plakulao (four-finger threadfin) Takbai. Retrieved August 25, 2023, from: <https://mgronline.com/travel/detail/9570000103053>. (in Thai).
- Na Pibul, S. (2012). The gulao fish drying process using an electrical energy dryer with PID temperature control. *Princess of Naradhiwas University Journal*, 7(2), 1–11. (in Thai).
- Nilnont, W., & Phitakwinai, S. (2021). Thermal analysis of a mixed-mode solar dryer for drying of pineapple. *The Journal of KMUTNB*, 31(2), 231–244. (in Thai).
- Patoommakesorn, K., Pengpongsa, W., Chum-in, T., & Tongkam, S. (2021). Drying of snakeskin gourami marinated in suaeda maritima by using solar energy combined with hot air from solar collector. *Journal of Energy and Environment Technology*, 8(1), 22–31. (in Thai).
- Pattani Provincial Office. (2024). *Pattani provincial development plan 2023–2027 (Annual review for fiscal year 2024)*. Office of Strategy and Development Information, Pattani province. (in Thai).
- Piwsaoad, J. & Phusampao, C. (2022). Greenhouse solar dryer for drying *Andrographis paniculata* herb. *Life Sciences and Environment Journal*, 23(2), 324–333. (in Thai).
- Pontecha, P., & Cansee, S. (2020). Tilapia nilotica drying with solar greenhouse dryer. *Thai Society of Agricultural Engineering Journal*, 26(2), 58–64. (in Thai).
- Pornchaloempong, P., & Rattanapanone, N. (2024). Four-finger threadfin. Food network solution. Retrieved September 16, 2024, from: <https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/3463/ปลาทุเรสสี่เส้น-fourfinger-threadfin>. (in Thai).
- Rao, T. S. S. M., & Sivalingam, M. (2023). Assessment of energy, exergy, environmental, and economic study of an evacuated tube solar dryer for drying Krishna Tulsi. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 67351–67367.
- Saniso, E., Kasa, M., & Cheteh, M. (2008). The development of thin-layer dryer using combine heating energy YRU-TLD#1(R&E). *Journal of Yala Rajabhat University*, 3(2), 87–96. (in Thai).
- Sathaporn, C., Tonkhundum, P., Tippaya, T., Linma, T., Rodjaroen, S., & Theerachun, S. (2021). Value co-creation process of Tonnamtapi Handmade Community Enterprise by art and design activities with community participation. *Area Based Development Research Journal*, 13(5), 257–372. (in Thai).
- Sigurgisladdottir, S., Hafsteinsson, H., Jonsson, A., Lie, Ø., Nortvedt, R., Thomassen, M., & Torrissen, O. (1999). Textural properties of raw Salmon fillets as related to sampling method. *Journal of Food Science*, 64(1), 99–104.
- Sirichana, S., Pumchumpol, S., Teeboonma, U., Namkhat, A., & Waramit, P. (2022). Comparative study on performance of passive and active solar dryer. *Farm Engineering and Automation Technology Journal*, 8(2), 144–156. (in Thai).
- Sritakon, S., Nooklum, R., Vibunpant, S., Songkaew, N., & Kongchai, T. (2019). *Reproductive biology of fourfinger threadfin (Eleutheronema tetradactylum (Shaw, 1804)) in Nakhon Si Thammarat and Songkhla provinces*. Southern Gulf Fisheries Research and Development Center (Songkhla), Marine Fisheries Research and Development Division, Department of Fisheries. (in Thai).
- Thanonkaew, A., Klompong, V., & Pengnoo, B. (2024). Quality improvement of the fishery products from Songkla Lake using good manufacturing practices, Banchongfuen Fishing Community, Phatthalung province, Thailand. *Area Based Development Research Journal*, 16(2), 139–153. (in Thai).
- Yiyusoh, S. (2010). Kha-khe tanning manih, the sweet salt of Pattani. *Rusamilae Journal*, 31(2), 5–18. (in Thai).