เครื่องอบเนื้อปลาและเนื้อสัตว์แดดเดียว
Fish and Meat Dad-Deaw Oven

คุณยุต เอี่ยมสอาด[1] กิตตินาถ วรรณิสสร[1] และ วรัทยา ธรรมกิตติภพ[2]
[1]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2]ภาควิชาอาชีวศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
Email : kunnayut@gmail.com

บทคัดย่อ

การถนอมอาหารนั้นทำได้หลายวิธี ปลาแดดเดียวเป็นหนึ่งในประเภทของอาหารที่นิยมแปรภาพที่ไม่เพียงแต่ใช้ในการบริโภคในครัวเรือนแต่มีเป้าหมายเพื่อการจำหน่ายเป็นสินค้า OTOP ของกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรและวิสาหกิจชุมชนบ้านสาขลา จ.สมุทรปราการได้เป็นอย่างดี การผลิตปลาแดดเดียวมีข้อจำกัดเกี่ยวกับปัจจัยด้านสภาพอากาศและระยะเวลาในการผลิต การผลิตเพื่อการจำหน่ายไม่สามารถผลิตได้ในปริมาณมากๆ ตามความต้องการของนักท่องเที่ยว เครื่องอบปลาแดดเดียวจึงเป็นนวัตกรรมสำหรับการแก้ปัญหากระบวนการผลิตปลาแดดเดียวที่ตรงตามความต้องการของชุมชน หลักการของเครื่องอบปลาแดดเดียวใช้หลักการให้ความร้อนด้วยหลอดอินฟราเรด ซึ่งคล้ายกับการให้พลังงานจากดวงอาทิตย์ สภาวะเรือนกระจก และการกระจายความร้อนด้วยพัดลม โดยคณะผู้วิจัยออกแบบโครงสร้างให้สามารถถอดประกอบง่ายเพื่อการขนย้าย และการทำความสะอาดเครื่องอบหลังการใช้งานหรือการบำรุงรักษา ผลการทดลองพบว่าเครื่องอบปลาแดดเดียวที่พัฒนาขึ้นตอบสนองความต้องการของกลุ่มเป้าหมายได้เป็นอย่างดี และสามารถประยุกต์เพื่อการอบผลิตภัณฑ์ประเภทอื่นในลักษณะใกล้เคียงกันได้ เช่น เนื้อหมู นอกจากนี้ช่วยส่งเสริมการผลิต และเกิดการขยายการผลิตสู่ภาคอุตสาหกรรมใหญ่ๆ ได้ในอนาคต

คำสำคัญ :

ปลาแดดเดียว เตาอบ การเก็บรักษาเนื้อปลา การเก็บรักษาเนื้อสัตว์

Abstract

There are different kinds of food preservations. One of those is Pla-Dad-Deaw which is popular for household consuming as well as OTOP product for the community enterprise at Ban Sakhla in Samutprakarn Province. There are some restrictions on the traditional production of Pla-Dad-Deaw

including the weather and the lead time. The traditional production of Pla-Dad-Deaw cannot fulfill the need of the tourists. Pla-Dad-Deaw Oven is a novel solution that can solve the production problems and fit the needs of Ban Sakhla community enterprise. Pla-Dad-Deaw Oven is designed based on the principles of the radiation from the sun, the Greenhouse effect, and the dissipation of hot air using electric fans. One of the rules that the researchers keep in mind is that the oven structures have to be disassemble and reassemble In order to fit the needs of transportations, cleanings after uses, and maintenances. From the tests, it is found that Pla-Dad-Deaw Oven can fulfill the needs of our target group. This Pla-Dad-Deaw Oven can be adapted to dry some other meats such as pork. Since the production rate has been significantly improved, this oven can be upgraded to a bigger industry sector.

Keywords:

Pla-Dad-Deaw, oven, fish preservation, meat preservation

1. บทนำ

ผลิตภัณฑ์ปลาและเนื้อสัตว์แดดเดียวเป็นประเภทของอาหารที่ผ่านกรรมวิธีแปรรูปอาหารที่เรียกว่าการถนอมอาหาร ซึ่งเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นที่ใช้มาตั้งแต่อดีต เมื่อมีปลาหรือเนื้อสัตว์จำนวนมากเกินที่จะบริโภคได้ในระยะเวลาอันสั้น ชาวบ้านมักจะนำปลาหรือเนื้อสัตว์มาหมักเกลือและน้ำซอสเพื่อเพิ่มรสชาติ และนำไปตากแดดเป็นระยะเวลาประมาณหนึ่งวัน ซึ่งทำให้สามารถเก็บเนื้อปลาหรือเนื้อสัตว์นั้นได้ยาวนานขึ้น (ภาพที่ 1 และภาพที่ 2

ภาพที่ 1 ผลิตภัณฑ์ปลาแดดเดียว

เนื่องจากปลาและเนื้อสัตว์แดดเดียวนั้นมักจะมีรสชาติดี และเก็บไว้ได้นานพอสมควร ทำให้ผลิตภัณฑ์ปลาและเนื้อสัตว์แดดเดียวนั้นได้รับความนิยมจึงผลิตได้ไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภคโดยเฉพาะในกลุ่มนักท่องเที่ยว

ภาพที่ 2 ผลิตภัณฑ์เนื้อแดดเดียว

การผลิตปลาแดดเดียวในปัจจุบันผู้ผลิตไม่สามารถควบคุมคุณภาพได้ตามต้องการ เพราะการตากปลาหรือเนื้อสัตว์นั้นต้องอาศัยความร้อนจากรังสี

ดวงอาทิตย์และลมจากธรรมชาติซึ่งเป็นสิ่งที่ควบคุมไม่ได้ เมื่ออยู่ในช่วงฤดูฝน มีพายุเข้า หรือมีเมฆมาก มักจะทำให้การผลิตปลาหรือเนื้อสัตว์แดดเดียวนั้นมีปัญหา เนื่องจากไม่สามารถนำมาตากแดดได้ การเปลี่ยนผันของฤดูกาลเป็นเหตุทำให้ไม่สามารถความคุมเวลา ความร้อนของรังสีจากดวงอาทิตย์ ลม รวมไปถึงความชื้นสัมพัทธ์ได้ จึงเป็นสาเหตุให้คุณภาพและปริมาณการผลิตลดลง หรือไม่สามารถทำได้เลย

ภาพที่ 3 การตากปลาแดดเดียวในปัจจุบัน

นอกจากนั้น การนำปลาหรือเนื้อสัตว์มาตากแดดในปัจจุบันนั้นดังแสดงในภาพที่ 3 มีข้อเสียอยู่หลายประการไม่เพียงแต่สภาพอากาศที่ไม่สามารถควบคุมได้ ยังเสี่ยงต่ออันตรายจาก ความสกปรกในกรณีที่ตากไว้ใกล้ถนนซึ่งมีฝุ่นและควัน (ภาพที่ 2 และ ภาพที่ 3) และมีแมลงวันตอมและวางไข่ (ภาพที่ 4)

ภาพที่ 4 แมลงวันตอมบนปลาหรือเนื้อสัตว์ที่ตาก

กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรและวิสาหกิจชุมชนบ้านสาขลา อำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ เป็นกลุ่มเกษตรกรที่ประกอบอาชีพการทำปลาแดดเดียวจำหน่ายในจำนวนมากและกลายเป็นสินค้า OTOP ของชุมชน ที่มาของการผลิตปลาแดดเดียวของกลุ่มเกษตรกรนี้คือ มาจากการเลี้ยงกุ้งส่วนใหญ่ และเลี้ยงปลาในบ่อกุ้ง ปลาที่อยู่ในบ่อกุ้งนั้นเมื่อโตสักระยะหนึ่งจะกินกุ้งที่เกษตรกรเลี้ยงเอาไว้ เกษตรกรจึงจับปลาเหล่านั้นออกมาจากบ่อ และนำมาทำปลาแดดเดียว เพื่อเป็นการลดปัญหาสำหรับการเลี้ยงกุ้ง ดังแสดงในภาพที่ 5 ในขณะเดียวกันยังสามารถเพิ่มมูลค่าของปลาที่จับได้อีกด้วย

ภาพที่ 5 ปลาหมอเทศที่นำมาทำปลาแดดเดียว

ในปัจจุบันปลาที่เกษตรกรบ้านสาขลาจับได้มีจำนวนมาก และส่วนใหญ่มักจะจับได้ในวันที่ฝนตกหรือเมฆครึ้มลมแรง ดังนั้นกลุ่มเกษตรกรบ้านสาขลาจึงมีความต้องการเครื่องอบปลาแดดเดียวที่มาทดแทนการตากแดดแบบธรรมชาติ ซึ่งกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรและวิสาหกิจชุมชนบ้านสาขลาหวังผลจะนำเครื่องอบปลาแดดเดียวนี้ไปขยายผลสำหรับเนื้อสัตว์อื่นๆ ต่อไป จากความจำเป็นดังกล่าวข้างต้นจึงนำมาสู่การกำหนดวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือเพื่อพัฒนาเครื่องอบปลาแดดเดียวที่กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรและวิสาหกิจชุมชนบ้านสาขลาสามารถนำไปใช้ในการผลิตปลา

แดดเดียวที่สะดวก และสามารถผลิตได้โดยไม่มีข้อจำกัดเรื่องสภาพอากาศ และระยะเวลาในการผลิตทันกับความต้องการในการบริโภคของครัวเรือน และผลิตเพื่อการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ให้แก่นักท่องเที่ยวได้ทุกฤดูกาล และกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรและวิสาหกิจชุมชนบ้านสาขลาสามารถนำเครื่องอบปลาแดดเดียวนี้มาประยุกต์ในการอบผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์อื่นที่มีความต้องการผลิตในลักษณะเดียวกัน

2. การทำแห้ง (Dehydration)

เนื่องจากร้อยละ 70 ขององค์ประกอบของเนื้อสัตว์คือน้ำ ดังนั้นเนื้อสัตว์จึงเป็นแหล่งอาหารที่ดีสำหรับจุลินทรีย์ เนื่องจากมีสารอาหารครบถ้วน และมีปริมาณน้ำในเนื้อเยื่อจำนวนมาก จุลินทรีย์ในเนื้อสัตว์จึงเจริญเติบโตได้ดี เอ็นไซม์ในเนื้อจะทำงานได้ดีหากมีปริมาณน้ำที่เพียงพอ ดังนั้นการลดความชื้นหรือการทำให้อาหารแห้งจะช่วยป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ หรือชะลอการทำงานของเอ็นไซม์ ซึ่งจะช่วยให้เนื้อสัตว์เก็บได้นานขึ้น

หลักการทำแห้งเป็นวิธีการดึงเอาน้ำอิสระ (Free Water) ในอาหาร ซึ่งเป็นน้ำที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ได้ออกไป ส่วนน้ำที่เหลือจากการทำแห้งเป็นน้ำที่ถูกยึดไว้กับองค์ประกอบของอาหาร (Bound Water) ซึ่งเป็นน้ำที่อยู่ในโครงสร้างหรือในเซลล์ที่ประกอบเป็นกล้ามเนื้อสัตว์ ซึ่งจุลินทรีย์ไม่สามารถดึงออกมาใช้ประโยชน์หรือเพื่อการดำรงชีพได้

การทำแห้งสามารถทำได้ 3 วิธี คือ

2.1 การทำแห้งด้วยแสงแดด (Sun drying) เป็นวิธีดั้งเดิมที่ใช้มาตั้งแต่อดีต โดยนำเนื้อสัตว์มาหั่นเป็นชิ้นบางๆ ล้างด้วยน้ำแล้วคลุกเคล้าเกลือ หลังจากนั้นนำไปตากให้แห้งโดยใช้แสงแดด วิธีการนี้ประหยัดพลังงานความร้อน แต่เนื้อตากแห้งที่ได้มักมีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์สูง หากระยะเวลาของการตากไม่เพียงพอกับสภาพของผลิตภัณฑ์ ทำให้การเก็บเนื้อสัตว์แดดเดียวไว้เพื่อการบริโภคมีเวลาจำกัด

2.2 การทำแห้งด้วยความร้อน (Hot Air Drying) เป็นการนำวิธีการแรกมาปรับปรุง โดยใช้อุปกรณ์เข้าช่วยเพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์จำนวนมากแห้งตามที่ต้องการ และมีความชื้นสม่ำเสมอ ผลิตภัณฑ์ที่ตากแห้งโดยวิธีนี้สะอาด ลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ได้ดีกว่าการตากแดด การทำแห้งในผลิตภัณฑ์เนื้อที่ตัดเป็นชิ้นเล็กๆ หรือผลิตภัณฑ์เนื้อที่สุกแล้วมักใช้วิธีการทำให้แห้งด้วยความร้อน โดยใช้ตู้อบขนาดใหญ่ที่มีลมร้อนเป่าผ่านทำให้น้ำระเหยไปกับลมร้อนโดยทางช่องระบายลมภายในตู้อบ ใช้อุณหภูมิประมาณ 50 - 70 °C

2.3 การทำแห้งด้วยความเย็น (Freeze Drying) หรือการแช่แข็งแล้วทำให้แห้งในสุญญากาศ เป็นวิธีการทำให้เนื้อสัตว์แห้งโดยการระเหิด (Sublimation) น้ำออกจากชิ้นเนื้อในสภาวะที่เป็นน้ำแข็งในสภาพสุญญากาศ ผลิตภัณฑ์แห้งที่ได้จะมีลักษณะเป็นรูพรุน โปร่ง คงรูปร่างเดิมได้ดี มีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 2.0 และสามารถดูดน้ำกลับคืนสู่สภาพเดิมได้ง่าย การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์จึงต้องบรรจุในสภาพสุญญากาศ (Vacuum Packaging) ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารที่ใช้วิธีทำแห้งในลักษณะดังกล่าวนี้มีราคาสูงมาก

ทั้งนี้อาหารจะแห้งเร็วหรือช้า ขึ้นอยู่กับปัจจัยภายนอกหลายประการ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วของอากาศ หรือลมร้อนภายนอก และพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับอากาศ อาหารจะแห้งเร็วเมื่ออากาศรอบๆ อาหารมีอุณหภูมิสูง และมีความชื้นน้อยที่สุด อย่างไร

ก็ตาม ถ้าใช้อุณหภูมิในระยะเริ่มต้นสูงจะทำให้ผิวหน้าของอาหารแห้งเร็วจนเกินไป ทำให้ความชื้นภายในอาหารระเหยออกมาได้ยากขึ้น นอกจากนี้อาหารจะแห้งช้าลง ถ้าวิธีการระบายความชื้นที่ออกจากอาหารไม่มีประสิทธิภาพ อุณหภูมิที่เหมาะสำหรับอบอาหารอยู่ระหว่าง 125 – 140 °F (51.6 - 60 °C) การหมักเกลือก่อนทำให้แห้งจะช่วยให้น้ำออกจากอาหารเร็วขึ้น เพราะความดันออสโมซิสของเกลือสูงกว่าอาหาร น้ำในอาหารจึงไหลออกมาภายนอก [1-2]

3. การเลือกวิธีการให้ความร้อนเพื่ออบปลาแดดเดียว

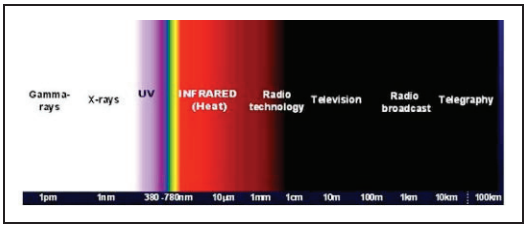
จากวิธีการทำแห้งอาหาร 3 วิธี จะเห็นได้ว่า การทำแห้งด้วยแสงแดด หรือการใช้รังสีจากดวงอาทิตย์โดยมีอุปกรณ์ช่วยเก็บความร้อนหรือเพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บความร้อนจากดวงอาทิตย์ [3] ไม่เหมาะสมกับเครื่องทำปลาแดดเดียว และเป็นสิ่งที่กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรและวิสาหกิจชุมชนบ้านสาขลาไม่ต้องการ เนื่องจากไม่สามารถควบคุมแสงแดดได้ และข้อเสียต่างๆ ดังที่กล่าวไปแล้วในบทนำข้างต้น อย่างไรก็ตาม เครื่องที่ประดิษฐ์ขึ้นมาโดยส่วนใหญ่มักพึ่งแสงแดดอยู่เพียงแต่เพิ่มหลังคาโปร่งแสงขึ้น เพื่อกันฝนและแมลงวันเท่านั้น ดังแสดงในภาพที่ 6 [4 - 8]

ภาพที่ 6 เครื่องอบปลาแดดเดียวด้วยแสงอาทิตย์แบบมีที่ครอบกันฝนและแมลงวัน

การทำแห้งด้วยความเย็น พบว่าไม่เหมาะสมกับเครื่องทำปลาแดดเดียวของกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรและวิสาหกิจชุมชน เนื่องจากปลาที่ได้จากกระบวนการทำแห้งด้วยความเย็นนี้จะเป็นปลาแห้ง ไม่ใช่ปลาแดดเดียว และมีราคาแพงมาก ดังนั้นการทำแห้งที่เหมาะสมกับเครื่องทำปลาแดดเดียวของกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรและวิสาหกิจชุมชนบ้านสาขลานี้ ควรจะทำให้แห้งด้วยความร้อน อย่างไรก็ตามเครื่องอบที่มีอยู่ในปัจจุบันหรือที่นักวิจัยพัฒนาขึ้นมักเป็นเครื่องอบแห้ง นอกจากนั้นมีการใช้แหล่งความร้อนต่างๆ กัน เช่น ความร้อนจากเตาเผา หรือคอมเพรสเซอร์ กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรไม่สามารถหาวัสดุที่นำมาเผาให้ความร้อนได้ และไม่ได้ใช้เครื่องปรับอากาศ แม้กระทั่งการอบแห้งด้วยเครื่องไมโครเวฟ (ซึ่งเป็นที่นิยมในเรื่องการอบแห้ง) ซึ่งให้พลังงานกับโมเลกุลอาหารให้สั่นจากภายใน พบว่าไม่สามารถนำมาใช้ได้ เนื่องจากในกรณีนี้ต้องการให้ความร้อนเฉพาะผิวด้านนอกของปลาเท่านั้น ไม่ได้มีความประสงค์จะทำให้เนื้อปลาด้านในแห้งแบบปลาแห้ง ดังนั้นในการพัฒนานวัตกรรมครั้งนี้คณะผู้วิจัยจึงเลือกที่จะใช้การทำแห้งด้วยความร้อนโดยใช้รังสีอินฟราเรด

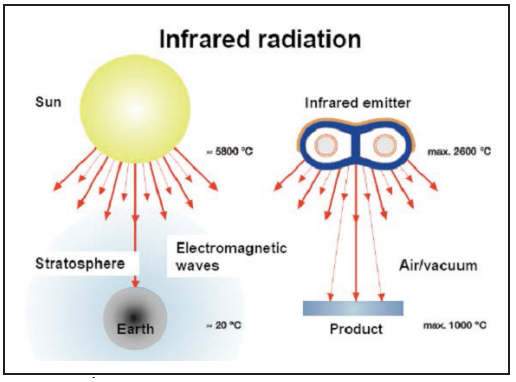
4. การให้ความร้อนโดยใช้รังสีอินฟราเรด

การให้ความร้อนโดยใช้รังสีอินฟราเรดเป็นการให้ความร้อนในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยอยู่ในช่วงความยาวคลื่นของรังสีอินฟราเรด (0.76 µm – 1 mm) ดังแสดงในภาพที่ 7 ซึ่งอยู่ในช่วงของแสงที่มองเห็นได้ ความยาวคลื่นของรังสีอินฟราเรดสามารถแบ่งได้เป็น 3 ช่วง ได้แก่ คลื่นสั้น คลื่นปานกลาง และคลื่นยาว โดยที่วัตถุส่วนใหญ่สามารถดูดซับรังสีอินฟราเรดในช่วงคลื่นยาวได้ดีกว่า



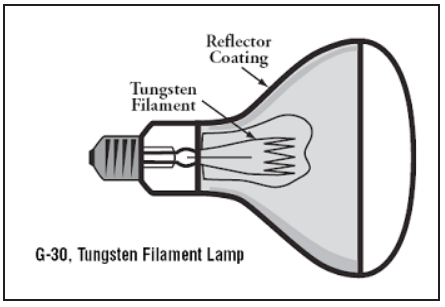
ภาพที่ 7 ช่วงความยาวคลื่นของรังสีต่างๆ

คลื่นรังสีอินฟราเรดจะถูกปล่อยออกมาจากตัวปล่อยคลื่น (IR Emitter) เป็นแหล่งกำเนิดความร้อน ซึ่งคล้ายกันกับการแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์ ดังแสดงในภาพที่ 8

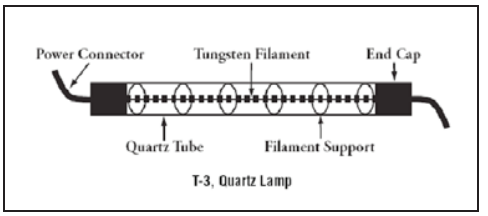


ภาพที่ 8 การแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์และตัวปล่อยคลื่นอินฟราเรด

คลื่นสั้น (Short wave) มีความยาวคลื่นในช่วง 0.76 – 2 µm ตัวปล่อยคลื่นที่ใช้ได้แก่ หลอด Tungsten filament (ภาพที่ 9) และหลอด Quartz lamp (ภาพที่ 10) เป็นต้น

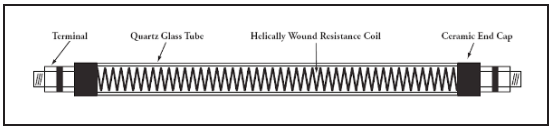


ภาพที่ 9 หลอด Tungsten Filament

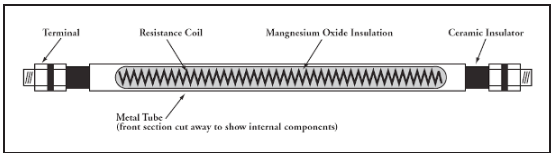


ภาพที่ 10 หลอด Quartz Lamp

คลื่นปานกลาง (Medium wave) มีความยาวคลื่นในช่วง 2 – 4 µm ตัวปล่อยคลื่นที่ใช้ได้แก่ หลอด Quartz tube (ภาพที่ 11) และหลอด Metal radiant tube (ภาพที่ 12) เป็นต้น

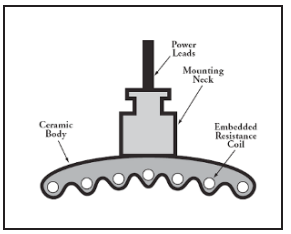


ภาพที่ 11 หลอด Quartz tube



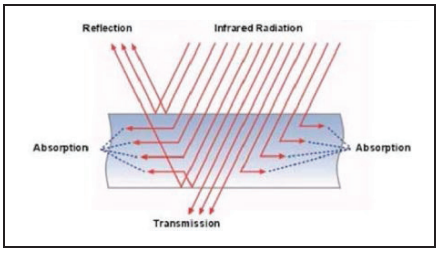
ภาพที่ 12 หลอด Metal radiant tube

คลื่นยาว (Long wave) มีความยาวคลื่นในช่วง 4 µm – 1 mm ตัวปล่อยคลื่นที่ใช้ได้แก่ แผงแก้ว และแผงเซรามิก (ภาพที่ 13) เป็นต้น



ภาพที่ 13 Ceramic Emitter

เมื่อรังสีอินฟราเรดตกกระทบวัตถุ วัตถุสามารถดูดซับ (Absorb) รังสีไว้ได้ส่วนหนึ่ง ส่วนที่เหลือจะถูกส่งผ่าน (Transmission) และสะท้อน (Reflection) ออกไปจากวัตถุ ดังแสดงในภาพที่ 14

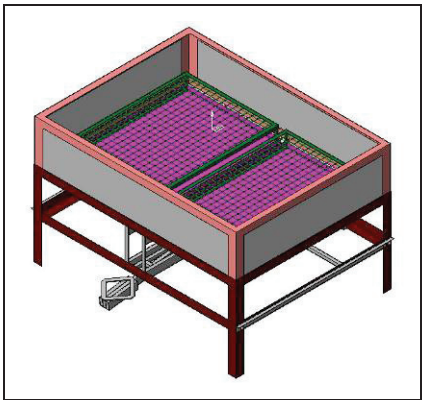


ภาพที่ 14 การส่งผ่านความร้อนจาก รังสีอินฟราเรดไปยังวัตถุ

การทำความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดมีประโยชน์หลายประการดังนี้ (1) ทำความร้อนและลดความร้อนได้อย่างรวดเร็ว (2) เตามีขนาดเล็กกว่าเตาประเภทอื่นๆ เพราะตัวให้ความร้อนมีขนาดเล็ก และสามารถให้ความร้อนได้อย่างรวดเร็วจึงต้องการพื้นที่ (ปริมาตร) ในเตาน้อยลงกว่าเตาประเภทอื่นๆ (3) เป็นเตาสะอาดไม่ส่งผลต่อสิ่งแวดล้อม (4) มีการควบคุมที่แม่นยำกว่าเตาประเภทอื่นๆ (5) มีการใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพกว่าเตาประเภทอื่นๆ (6) ต้นทุนเริ่มแรกและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่ำกว่าเตาประเภทอื่นๆ [9 - 10] โดยในปัจจุบันได้มีการนำการทำความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดมาทำเตาอบ แต่จะเป็นเตาอบเพื่อทำให้อาหารสุก หรืออบแห้งมากกว่า รวมไปถึงการนำมาอบสมุนไพรให้แห้ง[11] ส่วนในต่างประเทศมีการนำมาใช้อบอาหารประเภทเนื้อมานานแล้ว โดยการทดลองของ P.Sheridan และ N. Shilton ได้พบว่าหลอดอินฟราเรดชนิดคลื่นปานกลางได้ให้ความร้อนแล้วทำให้ผิวอาหารร้อนได้เร็วกว่า และทำให้ผิวของเนื้อนั้นปิดเร็วขึ้น ทำให้น้ำในตัวของเนื้อออกไปได้ยากขึ้น [12] ซึ่งเหมาะกับการทำปลาแดดเดียว ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้เลือกหลอดอินฟราเรดชนิดคลื่นปานกลางมาใช้ในเตาที่ออกแบบขึ้น

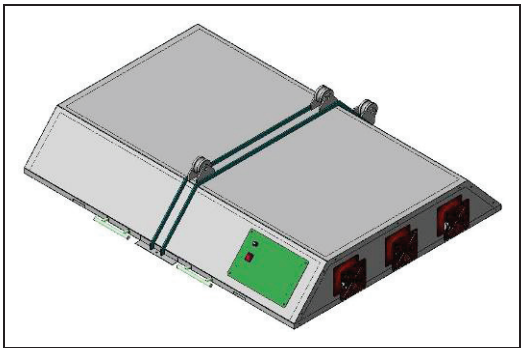
5. การออกแบบแนวคิดเพื่อพัฒนานวัตกรรม

เครื่องอบปลาแดดเดียวประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก ได้แก่ (ก) ส่วนตู้อบและขาตั้ง และ (ข) ส่วนฝาครอบซึ่งเป็นออกแบบเพื่อให้ถอดประกอบได้ ภาพที่ 15 แสดงให้เห็นส่วนขาตั้งทำหน้าที่ยกตู้อบให้สูงขึ้นจากพื้นเพื่อความสะดวกในการนำปลาไปวางเรียงในตู้อบ



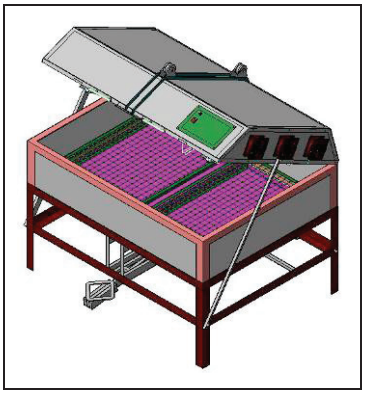
ภาพที่ 15 ส่วนตู้อบและขาตั้ง

ส่วนที่ใช้วางปลาเป็นตะแกรงทำจากสเตนเลสซึ่งออกแบบให้ยกเข้าออกจากตู้อบสะดวกสามารถนำออกไปล้างทำความสะอาดได้ ด้านข้างของตู้อบ ปิดด้วยกระจก เพื่อต้องการให้เกิดสภาวะเรือนกระจก ภาพที่ 16 แสดงให้เห็นส่วนฝาครอบเป็นแบบถอดได้เพื่อให้ทำความสะอาดได้ง่าย โดยฝาครอบถูกออกแบบให้มีชุดทำความร้อน ชุดควบคุมอุณหภูมิภายในตู้อบ และชุดกระจายความร้อนบรรจุอยู่ภายใน



ภาพที่ 16 ส่วนฝาครอบตู้อบและชุดให้ความร้อน

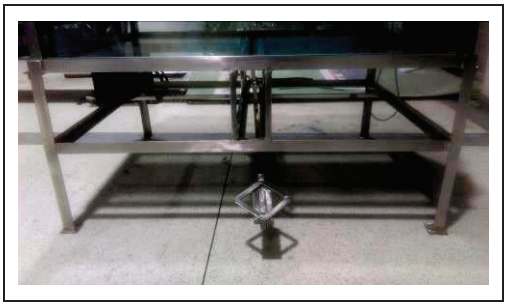
ภาพที่ 17 แสดงตู้อบหลังจากการประกอบในส่วนของฝาปิดตู้อบ มีการออกแบบติดตั้งสวิตช์ หลอดไฟแสดงการทำงาน และมิเตอร์ต่างๆ บนฝาตู้อบ



ภาพที่ 17 ลักษณะของตู้อบหลังการประกอบ

6. การพัฒนาเตาอบปลาแดดเดียว

รูปทรงของเครื่องอบปลาแดดเดียวต้นแบบมีการเปลี่ยนแปลงจากแบบร่างแนวคิดเล็กน้อย แต่ลักษณะการทำงานของเครื่องยังคงตามแนวคิดเดิม ส่วนประกอบหลักของเครื่องอบปลาแดดเดียวต้นแบบซึ่งขึ้นรูปจากสเตนเลสแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วนหลักได้แก่ (ก) ส่วนขาตั้ง (ข) ส่วนตู้อบ (ค) ส่วนตะแกรงและถาด และ (ง) ส่วนฝาครอบ ซึ่งแต่ละชิ้นส่วนสามารถถอดประกอบได้เพื่อสะดวกในการขนย้ายและการบำรุงรักษา ภาพที่ 18 แสดงให้เห็นส่วนขาตั้งทำหน้าที่ยกตู้อบให้สูงขึ้นจากพื้นเพื่อสุขอนามัยและสะดวกในการนำปลาไปวางเรียงในตู้อบ ด้านหลังของตู้อบมีการต่อสายดินเพื่อป้องกันไฟรั่ว



ภาพที่ 18 ส่วนขาตั้งของเครื่องอบปลาแดดเดียว

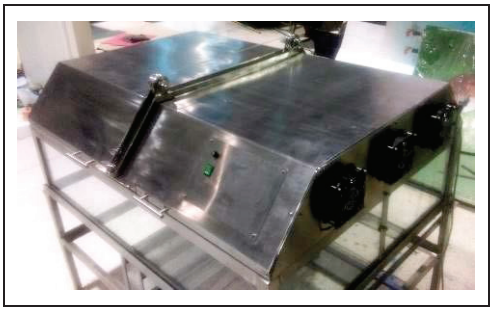
ตัวโครงของส่วนตู้อบทำจากสเตนเลส และผนังด้านข้างและด้านล่างของตู้อบทำจากกระจกซึ่งเป็นฉนวนกันความร้อน และเพื่อให้เกิดสภาวะเรือนกระจกดังแสดงภาพที่ 19

ภาพที่ 19 ส่วนตู้อบของเครื่องอบปลาแดดเดียว

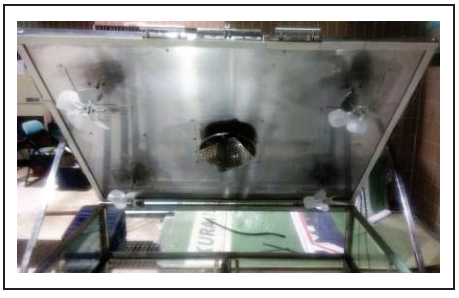
ส่วนที่ใช้วางปลาเป็นตะแกรงสเตนเลสซึ่งออกแบบโดยแบ่งให้เป็น 2 ชิ้นเพื่อให้ยกเข้าออกจากตู้อบได้ และนำตะแกรงออกไปล้างทำความสะอาดด้านนอกได้ง่าย นอกจากนั้นยังมีถาดสเตนเลสรองไว้ด้านล่างของตะแกรงเพื่อรองรับน้ำส่วนเกินที่จะออกมาจากปลา ดังแสดงในภาพที่ 20

ภาพที่ 20 ส่วนตะแกรงและถาด

ภาพที่ 21 และ ภาพที่ 22 แสดงให้เห็นส่วนฝาครอบเป็นแบบถอดได้เพื่อให้ทำความสะอาดได้ง่าย โดยฝาครอบมีชุดทำความร้อน ชุดควบคุมอุณหภูมิภายในตู้อบและชุดกระจายความร้อนอยู่ภายใน

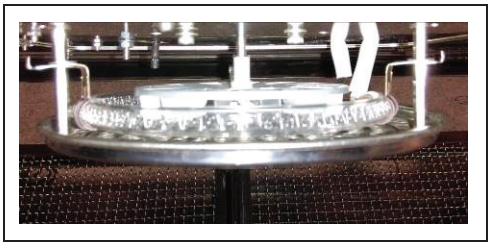


ภาพที่ 21 ส่วนฝาครอบ



ภาพที่ 22 ส่วนฝาครอบด้านใน

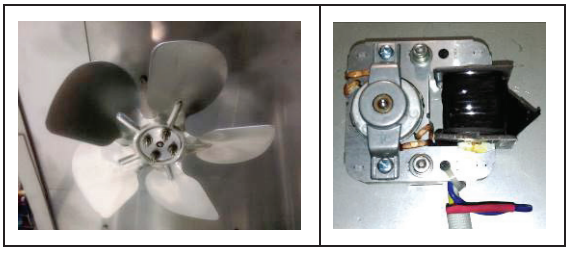
หลอด Infrared Emitter มีหน้าที่หลักในการปล่อยรังสีอินฟราเรดออกมาเพื่อทำความร้อนภายในตู้อบ หลอดอินฟราเรดดังกล่าวมีลักษณะเป็นวงกลมวางตัวห้อยออกมาจากส่วนฝาครอบตู้อบ มีพัดลมเพื่อกระจายความร้อนออกจากหลอดอินฟราเรดอยู่ตรงกลางขดหลอด และมีตะแกรงกั้นไม่ให้ความร้อนจากหลอดอินฟราเรดกระทบกับปลาโดยตรง ดังแสดงให้เห็นภาพที่ 23 และ ภาพที่ 24



ภาพที่ 23 หลอดอินฟราเรด

ภาพที่ 24 ตะแกรงกั้นความร้อน

พัดลมและมอเตอร์จำนวน 4 ชุดถูกใส่ไว้ในตู้อบเพื่อเป็นตัวกระจายความร้อนในตู้อบให้สม่ำเสมอมากขึ้น ดังแสดงให้เห็นภาพที่ 25 แผงวงจรควบคุมอุณหภูมิจะถูกติดตั้งไว้บนฝาครอบนอกตู้อบเพื่อควบคุมอุณหภูมิที่ตั้งไว้ ดังแสดงให้เห็นภาพที่ 26

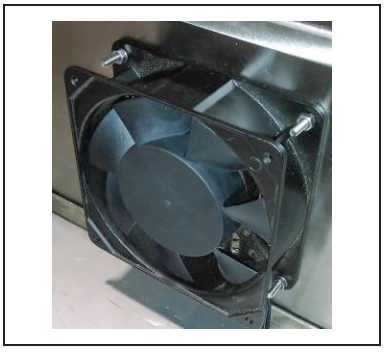


ภาพที่ 25 (ก) พัดลมกระจายความร้อน และ (ข) มอเตอร์ขับ

ภาพที่ 26 แผงวงจรควบคุมอุณหภูมิ

พัดลมระบายอากาศจำนวน 2 เครื่องทำหน้าที่ดูดและเป่าลมตัว ถูกใส่ไว้ในห้องแผงวงจรบนฝาครอบตู้อบด้านบน ดังแสดงให้เห็นภาพที่ 27 และภาพที่ 28 เพื่อควบคุมอุณหภูมิไม่ให้อุณหภูมิภายในห้องแผงวงจรนั้นสูงเกินไป ซึ่งถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปอาจจะทำลายแผงวงจร สายไฟ และ มอเตอร์ทั้งหลายได้

ภาพที่ 27 ห้องแผงวงจรบนฝาครอบตู้อบ



ภาพที่ 28 พัดลมระบายความร้อน

7. การทดสอบเตาอบปลาแดดเดียว

คณะผู้วิจัยได้วัดอุณหภูมิเตาอบทุกๆ 10 นาที ณ สถานที่ที่ใช้ตากปลาแดดเดียวซึ่งเป็นพื้นที่บริเวณรอบบ่อกุ้งของกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรและวิสาหกิจชุมชนบ้านสาขลา ตารางอุณหภูมิเหนือตะแกรงตากปลาได้บันทึกไว้ในตารางที่ 1 อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งวันและอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 35.1 และ 39.8 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

ตารางที่ 1 อุณหภูมิที่เวลาต่างๆ

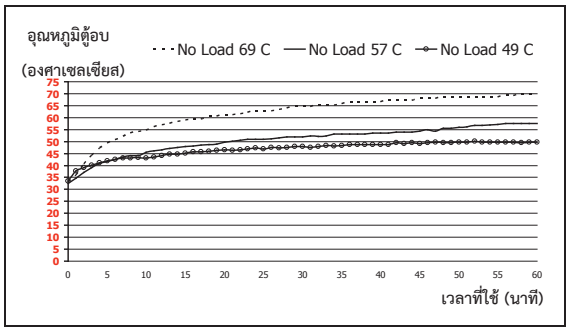
เวลา	องศาเซลเซียส		เวลา	องศาเซลเซียส
09.00	31.0		12.00	37.5
09.10	30.3		12.10	38.0
09.20	31.7		12.20	34.4
09.30	34.0		12.30	35.8
09.40	31.4		12.40	37.9
09.50	33.9		12.50	38.0
10.00	32.1		13.00	36.8
10.10	32.1		13.10	37.4
10.20	31.8		13.20	37.2
10.30	32.1		13.30	36.4
10.40	32.2		13.40	36.3
10.50	32.1		13.50	37.4
11.00	33.3		14.00	37.2
11.10	32.8		14.10	39.8
11.20	36.1		14.20	35.8
11.30	37.8		14.30	35.2
11.40	38.8		14.40	35.2
11.50	38.5		14.50	35.4
เก็บขาย รอบที่ 1			เก็บขาย รอบที่ 2	

หลังจากการประกอบชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องอบเข้าด้วยกันแล้วก่อนซีลรอยประกบและรูรั่วต่างๆ คณะผู้วิจัยได้ทดลองเดินเครื่องเปล่าโดยใช้เทอร์โมสตัทเพื่อตรวจสอบความสามารถในการทำความร้อน

ของตู้อบโดยการเดินเครื่องตัวเปล่า (ใส่ไส้กรอกในตู้อบเพื่อทดสอบเพียงแค่ 5 ชิ้น) ดังแสดงในภาพที่ 29

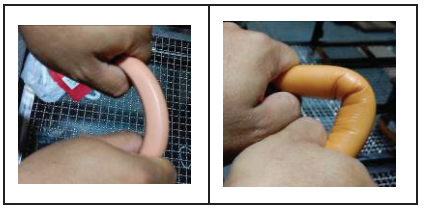
ภาพที่ 29 การทดสอบตู้อบโดยการเดินเครื่องตัวเปล่า (No Load)

อุณหภูมิที่บันทึกได้แสดงไว้ในกราฟในภาพที่ 30 อุณหภูมิของตู้อบถูกตั้งไว้ที่ 3 ค่าได้แก่ (ก) 49 องศาเซลเซียส (ข) 57 องศาเซลเซียส และ (ค) 69 องศาเซลเซียส จากกราฟในภาพที่ 30 จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิลู่เข้าหาค่าที่ตั้งไว้ โดยใช้เวลาประมาณ 0.5 - 1 ชั่วโมงในการลู่เข้า โดยไม่ขึ้นกับอุณหภูมิตู้อบที่ตั้งเอาไว้ อย่างไรก็ตามเครื่องอบใช้เวลาประมาณ 2-3 นาทีในการทำอุณหภูมิในตู้อบให้สูงกว่าอุณหภูมิอากาศกลางแจ้งซึ่งมีค่าเฉลี่ยประมาณ 40 องศาเซลเซียส



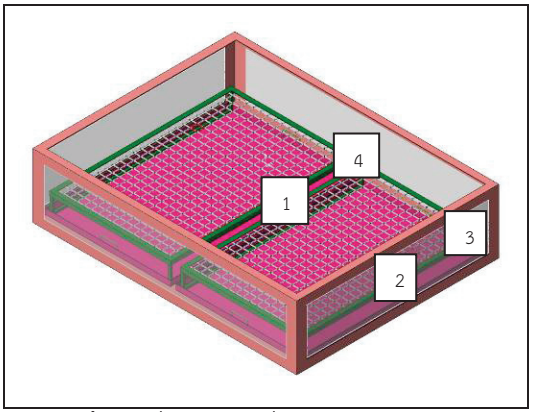
ภาพที่ 30 กราฟแสดงอุณหภูมิในตู้อบกับเวลาเมื่อเปิดเครื่องเปล่า

หลังจากปิดเครื่องคณะผู้วิจัยได้นำไส้กรอกก่อนการอบ และไส้กรอกที่ผ่านการอบมาเปรียบเทียบกันดังแสดงในภาพที่ 31 (ก) และ (ข)

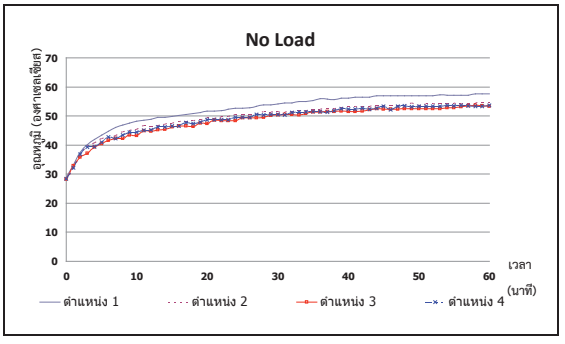


ภาพที่ 31 (ก) ไส้กรอกก่อนการอบ
(ข) ไส้กรอกหลังการอบแสดงความตึงของผิว

หลังจากมั่นใจว่าตู้อบสามารถสร้างความร้อนได้เพียงพอแก่ตู้อบซึ่งมีขนาดความจุค่อนข้างใหญ่แล้ว คณะผู้วิจัยได้เปลี่ยนเทอร์โมสตัทเป็นวงจรควบคุมอุณหภูมิ และตรวจสอบอุณหภูมิภายในตู้อบทุกๆ จุดในตู้อบไม่ให้แตกต่างกันมาก โดยหลังจากนี้วัดอุณหภูมิที่ตำแหน่ง 4 ตำแหน่งดังแสดงในภาพที่ 32



ภาพที่ 32 สี่ตำแหน่งที่ใช้วัดอุณหภูมิในตู้อบ

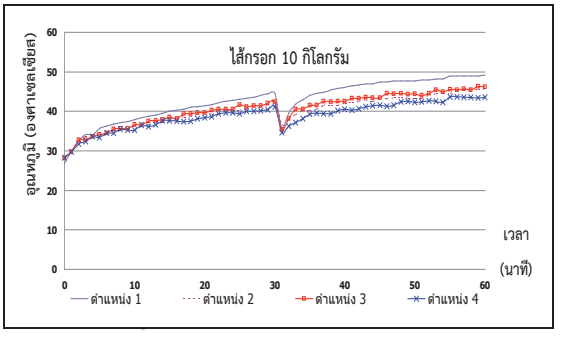


ภาพที่ 33 กราฟแสดงอุณหภูมิในตู้อบเมื่อเดินเครื่องเปล่า (No Load)

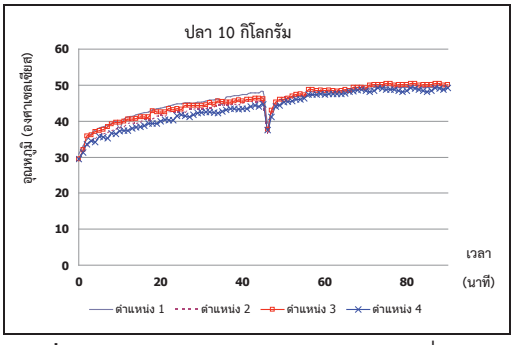
จากกราฟในภาพที่ 33 จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิที่จุดที่ 2 – 4 มีอุณหภูมิใกล้เคียงกันมากมีเพียงอุณหภูมิที่จุดที่ 1 ซึ่งเป็นจุดแหล่งกำเนิดความร้อนที่มีอุณหภูมิที่สูงกว่าจุดอื่นอยู่ประมาณ 3 องศาเซลเซียส

คณะผู้วิจัยได้ทดสอบตู้อบกับไส้กรอกจำนวน 10 กิโลกรัม ดังแสดงในภาพที่ 34 ซึ่งอุณหภูมิที่จุดต่างๆ ได้ถูกบันทึกไว้ในกราฟภาพที่ 35 โดยมีการเปิดตู้อบเพื่อกลับด้านไส้กรอกที่เวลาผ่านไป 30 นาทีหลังจากการเปิดเครื่อง ซึ่งพบว่าอุณหภูมิภายในตู้อบลดลงไปประมาณ 10 องศาเซลเซียส แต่หลังจากนั้นอุณหภูมิกลับคืนมาได้ในเวลาอันรวดเร็ว และจะสังเกตเห็นได้ว่าอุณหภูมิที่จุดต่างมีความกระจายตัวของอุณหภูมิเกิดขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากความหนาแน่นของการวางไส้กรอกและความชื้นของไส้กรอกแตกต่างกันในแต่ละจุด

ภาพที่ 34 วัดอุณหภูมิในตู้อบขณะอบไส้กรอก



ภาพที่ 35 กราฟแสดงอุณหภูมิในตู้อบเมื่ออบไส้กรอกน้ำหนัก 10 กิโลกรัม



ภาพที่ 36 กราฟแสดงอุณหภูมิในตู้อบเมื่ออบปลาน้ำหนัก 10 กิโลกรัม

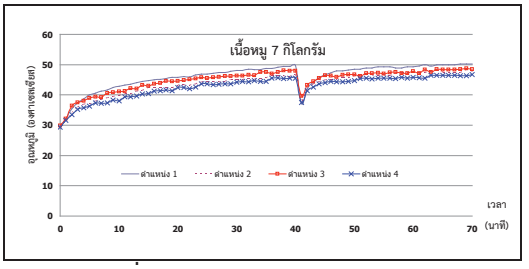
แต่เมื่อคณะผู้วิจัยได้ทดสอบตู้อบกับปลาจำนวน 10 กิโลกรัม ซึ่งอุณหภูมิที่จุดต่างๆ ได้ถูกบันทึกไว้ในกราฟภาพที่ 36 โดยมีการเปิดตู้อบเพื่อทำการกลับด้านปลาที่เวลาผ่านไป 45 นาทีเช่นเดิมหลังจากการเปิดเครื่อง ในกรณีของการอบปลานั้นจะสังเกตได้ว่าอุณหภูมิที่จุดต่างๆ ไม่กระจายตัวของอุณหภูมิ ทั้งนี้เนื่องจากปลาที่นำมาอบมีความเปียกค่อนข้างมากจึงอาจส่งผลให้กราฟอุณหภูมิไม่แตกต่างกันมากนัก

หลังจากนั้นคณะผู้วิจัยได้ทดสอบตู้อบกับเนื้อหมูจำนวน 7 กิโลกรัมดังแสดงในภาพที่ 37 - 39 ซึ่งอุณหภูมิที่จุดต่างๆ ได้บันทึกไว้ในกราฟภาพที่ 37 โดยมีการเปิดตู้อบเพื่อกลับด้านหมูที่เวลาผ่านไป 45 นาทีเช่นเดิมหลังจากการเปิดเครื่อง อุณหภูมิที่จุดต่างๆ ในการอบเนื้อหมูไม่เกิดกระจายตัวของอุณหภูมิคล้ายๆ กับปลา

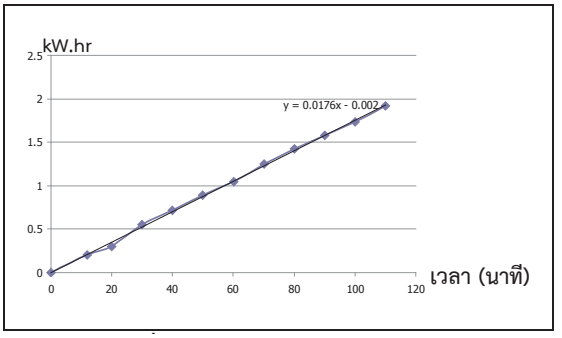
ภาพที่ 37 หมูจำนวน 7 กิโลกรัมในตู้อบ

ภาพที่ 38 หมูก่อนการอบ

ภาพที่ 39 หมูหลังการอบ



ภาพที่ 40 กราฟแสดงอุณหภูมิในตู้อบเมื่ออบหมูน้ำหนัก 7 กิโลกรัม



ภาพที่ 41 กราฟแสดงการกินไฟของเครื่องอบปลาแดดเดียว

คณะผู้วิจัยได้ทดสอบการกินไฟซึ่งแสดงไว้ในภาพที่ 41 จะเห็นได้ว่ากินไฟด้วยอัตราที่ค่อนข้างเป็นเส้นตรง สามารถประมาณราคาค่าไฟฟ้าในหน่วย KW.hr ได้จากสมการ P (KW.hr) = 0.0176 t (minute) – 0.002 ดังนั้นเครื่องอบปลาแดดเดียวนี้กินไฟประมาณ 1.054 KW.hr ภายในเวลา 1 ชั่วโมง

8. สรุป

เครื่องอบปลาแดดเดียวที่ได้พัฒนาขึ้นนั้นใช้หลักการทำความร้อนด้วยรังสีจากหลอดอินฟราเรด โดยอุณหภูมิของตู้อบที่บรรจุปลาหรือเนื้อหมูไว้เต็มตู้อบ (ประมาณ 7 - 10 กิโลกรัม) ถูกตั้งไว้ที่ประมาณ 50 องศาเซลเซียสซึ่งเป็นอุณหภูมิด้านต่ำในการอบแห้ง เนื่องจากในการอบปลาหรือเนื้อแดดเดียวนั้นต้องการให้เกิดการสูญเสียน้ำในเนื้อปลาหรือเนื้อหมูน้อยที่สุด ข้อดีของเครื่องอบปลาแดดเดียวนี้คือสามารถทำปลาแดดเดียวได้ทุกที่ทุกเวลา เนื่องจากไม่ต้องใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ตากปลาได้ไม่จำกัดจำนวน ทำหลายรอบได้ ต้นทุนพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่ำ ปลาแดดเดียวที่ได้มีความสะอาดถูกสุขลักษณะ และตู้อบมีความสวยงาม กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรและวิสาหกิจชุมชนบ้านสาขลาสามารถนำไปออกงานแสดง และขายผลิตภัณฑ์ปลาแดดเดียวได้ แม้จะอยู่ในอาคาร นอกจากนั้นเครื่องอบปลาแดดเดียวนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการพัฒนาผลิตภัณฑ์อื่นๆ ของกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรและวิสาหกิจชุมชน เช่น กลุ่มแปรรูปอาหารจากปลา กลุ่มแปรรูปผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ หรือโรงงานผลิตสินค้า OTOP ที่ผลิตสินค้าใกล้เคียงกัน เช่น ปลาช่อนหรือปลาสลิดแดดเดียว กล้วยตาก มะม่วงกวน เป็นต้น รวมถึงกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็กที่ผลิตอาหารทะเลอบแห้งหรืออาหารแดดเดียว เช่น กุ้งแห้ง ปลาหมึกแห้ง หอยทะเลแห้ง แมงกะพรุนอบแห้ง เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกระทรวงวิทยาศาสตร์และสถาบันไทย-เยอรมันที่ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัยและภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และเครื่องมือต่างๆ ในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] มหาวิทยาลัยแม่โจ้ (2555). การทำแห้ง. Available via DIALOG: http://course wares.mju.ac.th:81/elearning46/ft470/ct/ct_0603.html. สืบค้นเมื่อ 1 พค. 2558

[2] พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, นิธิยา รัตนาปนนท์ (2556). Dehydration/การทำแห้ง. Available via DIALOG: http://www.food networksolution.com/wiki/word/0277/dehydration-การทำแห้ง. สืบค้นเมื่อ 1 พค. 2558

[3] จารุวัฒน์ เจริญจิต (2555). เทคโนโลยีการอบแห้งด้วยรังสีอาทิตย์ และแนวทางการพัฒนา. วารสารวิจัย มข. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 17(1) : 110-124.

[4] สวนหม่อนไม้ (2556). เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์. Available via DIALOG: http://www.kasetporpeangclub.com/forums/คลับเกษตรการช่าง/2324-เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์.html. สืบค้นเมื่อ 1 พค. 2558

[5] เทพกร ลีลาแต้ม (2554). ตู้อบแห้งแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลม. Available via DIALOG: http://atc.snru.ac.th/components/contents/view.php?id=66. สืบค้นเมื่อ 1 พค. 2558

[6] ทะนุพงศ์ กุสุมา ณ อยุธยา (2558). พาไปดูธุรกิจทำปลาแดดเดียวจากตู้พลังงานแสงอาทิตย์. Available via DIALOG: http://www.pra chachat.net/news_detail.php?newsid=1445953784. สืบค้นเมื่อ 1 พย. 2558

[7] เทพกร ลีลาแต้ม (2554). เครื่องตากเนื้อแดดเดียวพลังงานแสงอาทิตย์. Available via DIALOG: http://atc.snru.ac.th/compone nts/contents/view.php?id=68. สืบค้นเมื่อ 1 พค. 2558

[8] สุรัตน์ อัตตะ (2558). เครื่องอบแห้งปลาผลิตปลาตากแห้ง นวัตกรรมเพื่อชุมชน มทร.ศรีวิชัย. Available via DIALOG: http:// www.komchadluek.net/detail/20150106/198858.html. สืบค้นเมื่อ 1 พค. 2558

[9] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (2558). การให้ความร้อนโดยใช้รังสีอินฟราเรด. Available via DIALOG: HYPERLINK "http://www2.dede.go.th" http://www2.dede.go.th /bhrd/old/Web_display/websemple/Industrial%28PDF%29/Bay12%20Electric%20Infrared%20Heating.pdf. สืบค้นเมื่อ 1 พค. 2558

[10] วัชรินทร์ ดงบัง (2556). รังสีอินฟราเรดและการประยุกต์ใช้ทางอุตสาหกรรมอาหาร. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา มหาวิทยาลัยบูรพา,18(2): 299-304.

[11] บวรโชค ผู้พัฒน์ (2546). เตาอบอินฟราเรดแบบกึ่งสูญญากาศนวัตกรรมใหม่เพื่ออุตสาหกรรมสมุนไพรไทย. Available via

DIALOG. http://www.yes-wedo.com/ detail_page.php?sub_id=275 สืบค้นเมื่อ 1 พค. 2558

[12] P. Sheridan, N. Shilton (1999). Application of far infra-red radiation to cooking of meat products. Journal of Food Engineering, 41:203-208