รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัย การพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิด

The development of *Trichogaster pectoralis* solar dried oven

โดย นางสาวสุภา ศิรินาม และคณะ

30 เมษายน 2561

สัญญาเลขที่ RDG60A0013-05

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัย การพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิด
The development of *Trichogaster pectoralis* solar dried oven

คณะผู้วิจัย	สังกัด
1. อาจารย์สุภา ศิรินาม	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
2. อาจารย์รังสรรค์ โกญจนาทนิกร	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
3. อาจารย์ณัฐพร นันทจิระพงศ์	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชุดโครงการนวัตกรรมพัฒนาพื้นที่เพื่อเพิ่มมูลค่าของห่วงโซ่เศรษฐกิจปลาสลิดบางบ่อตามยุทธศาสตร์ส่งเสริมสินค้าเกษตรปลอดภัยเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม จังหวัดสมุทรปราการ

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
และมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (มฉก.)
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. และ มฉก. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

คำนำ

โครงการ “การพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิด” เป็นหนึ่งงานวิจัยในชุดโครงการวิจัยนวัตกรรมพัฒนาพื้นที่เพื่อเพิ่มมูลค่าของห่วงโซ่เศรษฐกิจปลาสลิดบางบ่อ ตามยุทธศาสตร์ส่งเสริมสินค้าเกษตรปลอดภัยเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม จังหวัดสมุทรปราการ โดยได้รับทุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ประเภททุนโครงการวิจัยท้าทายไทยและโครงการวิจัยตอบสนองนโยบายเป้าหมายรัฐบาลตามระเบียบวาระแห่งชาติ ปี 2559 กลุ่มเรื่องนวัตกรรมเพื่อการพัฒนาพื้นที่ โดยวัตถุประสงค์ของโครงการเพื่อส่งเสริมและพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาสลิดแดดเดียว ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีชื่อเสียงของชุมชนบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ ให้มีความปลอดภัย และสร้างความมั่นใจให้กับผู้บริโภค โดยการพัฒนาอุปกรณ์ช่วยตากปลาที่ส่งเสริมให้ปลาสลิดแดดเดียวปลอดภัยต่อผู้บริโภค โดยทางคณะผู้วิจัยเลือกที่จะพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิด เนื่องจากการตากเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์ปลอดภัยต่อผู้บริโภค โดยตู้อบแห้งที่ได้พัฒนาขึ้นนี้ต้องสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ประกอบการผู้แปรรูปปลาสลิดแดดเดียวได้ เช่น ราคาไม่สูงมาก ใช้งานได้สะดวกไม่ยุ่งยากซับซ้อน ขนาดของตู้ไม่ใหญ่มาก เนื่องจากผู้ประกอบการมีพื้นที่สำหรับตากปลาสลิดจำกัด เป็นต้น ดังนั้นความคิดเห็นของผู้ประกอบการจึงถูกนำมาพิจารณาออกแบบตู้อบแห้งปลาสลิดเพื่อให้ตรงตามความต้องการมากที่สุด

นอกจากการออกแบบตู้อบแห้งปลาสลิดตามข้อเสนอแนะของผู้ประกอบการแล้ว ทางคณะผู้วิจัยได้เพิ่มเติมหลักการที่จำเป็นต้องพิจารณาเพิ่มเติมคือ การนำพลังงานจากธรรมชาติมาใช้ให้ได้มากที่สุด เพื่อลดต้นทุนในการผลิตปลาสลิดแดดเดียว ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ และพลังงานลม ซึ่งทางคณะผู้วิจัยคาดหวังเป็นอย่างยิ่งว่าตู้อบแห้งปลาสลิดที่พัฒนาขึ้นในครั้งนี้จะบรรลุวัตถุประสงค์และถูกนำไปใช้จริงในอนาคต

สารบัญ

หน้า

คำนำ **ก**

สารบัญ **ข**

สารบัญตาราง **ฆ**

สารบัญรูปภาพ **ง**

บทคัดย่อภาษาไทย **ฉ**

Abstract **ช**

บทสรุปผู้บริหาร **ซ**

บทที่ 1 บทนำ **1**

1.1 ความเป็นมา หลักการและเหตุผล 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ 2

1.3 คำถามการวิจัย 2

1.4 กรอบแนวคิดการวิจัย 3

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 5

1.5.1 เป้าหมายของผลผลิต (output) และตัวชี้วัด 5

1.5.2 เป้าหมายของผลลัพธ์ (outcome) และตัวชี้วัด 5

บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม และเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง **6**

2.1 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง 6

2.2 อุปกรณ์และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง 11

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 17

บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย และการดำเนินงาน **20**

3.1 วิธีการวิจัย 20

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 21

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 21

3.4 การดำเนินงาน 21

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัย	**45**
4.1 พารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับตู้อบแห้งปลาสลิด	45
4.2 ผลการวิเคราะห์ความชื้นภายในเนื้อปลา	46
4.3 ลักษณะของตู้อบแห้งปลาสลิดที่พัฒนาขึ้น	47
4.4 ผลทดสอบการใช้ตู้อบแห้งปลาสลิด	52
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	**58**
5.1 สรุปผลการวิจัย	58
5.2 อภิปรายผลการวิจัย	61
5.3 ข้อเสนอแนะ	63
บรรณานุกรม	**65**
ภาคผนวก	**67**
ก แบบบันทึกข้อมูลจากการสอบถามเกษตรกรเพื่อพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิด	68
ข การลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลจากกลุ่มเกษตรกรผู้แปรรูปปลาสลิดแดดเดียว	70
ค การทดลองหาค่าความชื้นของปลาสลิดแดดเดียวตัวอย่างด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	80
ฆ การทดสอบการทำงานของเครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบแห้งปลาสลิด	87
ง การทดสอบการใช้งานตู้อบแห้งปลาสลิด	94
จ การเผยแพร่ผลงานวิจัยในการประชุมวิชาการและกิจกรรมถ่ายทอดองค์ความรู้สู่ชุมชน	101
ฉ การบูรณาการงานวิจัยตู้อบแห้งปลาสลิดกับรายวิชา CS3503 ภาค 1/2560	105
ช ประวัติย่อผู้วิจัย	111

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างค่าแอกทิวิตีของน้ำและการเจริญของจุลินทรีย์ในอาหารชนิดต่าง ๆ 8

ตารางที่ 4.1 สรุปผลการเปรียบเทียบค่าความชื้นภายในตัวปลาสลิดแดดเดียวตัวอย่างที่ได้จากการลงพื้นที่กับปลาสลิดแดดเดียวที่ได้การทดลองตากโดยตู้อบแห้งปลาสลิด 46

ตารางที่ 4.2 อัตราเร็วลมที่ปลายอุโมงค์เมื่อเปลี่ยนอัตราเร็วลมต้นอุโมงค์ 49

ตารางที่ 4.3 ปริมาณลมเข้าตู้ผ่านทางกรวยดักลมที่สัมพัทธ์กับอัตราเร็วลมผิวพื้นบริเวณนอกตู้ 52

ตารางที่ 4.4 คุณภาพทางชีวภาพของตัวอย่างปลาสลิดที่ผ่านการตากแห้งในตู้อบแห้งปลาสลิดในการตากปลาแบบเต็มตู้ ครั้งที่ 2 56

ตารางที่ 4.5 คุณภาพทางชีวภาพของตัวอย่างปลาสลิดที่ผ่านการตากแห้งในตู้อบแห้งปลาสลิดในการตากปลาแบบเต็มตู้ ครั้งที่ 3 56

ตารางที่ 4.6 ปริมาณโคลิฟอร์มในตัวอย่างปลาสลิดที่ผ่านการตากในตู้อบแห้งปลาสลิด ในการตากปลาแบบเต็มตู้ ครั้งที่ 2 56

ตารางที่ 4.7 ปริมาณโคลิฟอร์มในตัวอย่างปลาสลิดที่ผ่านการตากในตู้อบแห้งปลาสลิด ในการตากปลาแบบเต็มตู้ ครั้งที่ 3 57

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 2.1 Arduino Mega 2560 Microcontroller 12

ภาพที่ 2.2 Real Time Clock DS3231 13

ภาพที่ 2.3 DHT22 Digital Temperature Humidity Sensor Module 13

ภาพที่ 2.4 TFT LCD SPFD5408 2.4 inch 14

ภาพที่ 2.4 TFT LCD SPFD5408 2.4 inch 14

ภาพที่ 2.5 พัดลมดูดอากาศยี่ห้อมิตซูบิชิ รุ่น EX-20SKCST 15

ภาพที่ 2.6 เครื่องวัดอัตราเร็วลม Gadget Z รุ่น GM8901 15

ภาพที่ 2.7 Arduino IDE ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม 16

ภาพที่ 3.1 การตากปลาสลิดแดดเดียวบนเฝือกไม้ไผ่ 23

ภาพที่ 3.2 ภาพร่างด้านหน้าพร้อมข้อมูลขนาดของตู้ตากปลาสลิด 25

ภาพที่ 3.3 ภาพร่างด้านบนพร้อมข้อมูลขนาดของตู้ตากปลาสลิด 25

ภาพที่ 3.4 ภาพแสดงวิธีการตัดแผ่นแสตนเลสเพื่อทำกรวยรับลม 26

ภาพที่ 3.5 ภาพสามมิติของแบบตู้อบแห้งปลาสลิด 27

ภาพที่ 3.6 ตู้อบแห้งปลาสลิดที่ดำเนินการสร้างตามแบบ 29

ภาพที่ 3.7 การจัดอุปกรณ์การทดลองวัดอัตราเร็วลมผ่านอุโมงค์ลม 30

ภาพที่ 3.8 การจัดอุปกรณ์การทดลองวัดอัตราเร็วลมผ่านกรวยรับลม 31

ภาพที่ 3.9 ตำแหน่งที่ทำการวัดเมื่อพิจารณาตามภาคตัดขวางของ 31

ภาพที่ 3.10 การจัดอุปกรณ์การทดลองวัดอัตราเร็วลมผ่านกรวยรับลม โดยเปลี่ยนมุมของอุโมงค์ลม 32

ภาพที่ 3.11 การจำลองลมผิวพื้นด้วยอุโมงค์ลมและพัดลมไฟฟ้า 32

ภาพที่ 3.12 การติดตั้งเครื่องวัดอัตราลมเพื่อวัดอัตราเร็วลมที่ปลายอุโมงค์ 33

ภาพที่ 3.13 การวัดอัตราเร็วลมที่ปลายท่อของกรวยรับลม 33

ภาพที่ 3.14 สถาปัตยกรรมระบบของเครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบแห้งปลาสลิด 34

ภาพที่ 3.15 Block diagram ของเครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบแห้งปลาสลิด 35

สารบัญภาพภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 3.16 Schematic Circuit diagram ของเครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบแห้งปลาสลิด 35
ภาพที่ 3.17 Hardware flowchart ของเครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบแห้งปลาสลิด 36
ภาพที่ 3.18 Software flowchart ของเครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบแห้งปลาสลิด 37
ภาพที่ 3.19 Software flowchart ของฟังก์ชันการแสดงเมนูหลักสำหรับผู้ใช้งาน (Main function) 39
ภาพที่ 3.20 Software flowchart ของฟังก์ชันการกำหนดส่วนการบันทึกผล (Setting record) 40
ภาพที่ 3.21 Software flowchart ของฟังก์ชันการตั้งค่าวันเวลาในการบันทึกผล (Set date time) 41
ภาพที่ 3.22 Software flowchart ของฟังก์ชันการประมวลค่าข้อมูลระหว่างการบันทึก (Running record) 42
ภาพที่ 3.23 Software flowchart ของฟังก์ชันการแสดงผลลัพธ์เมื่อหยุดการบันทึก (Record complete) 43
ภาพที่ 3.24 เครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบแห้งปลาสลิด 44
ภาพที่ 4.1 แผ่นรองตากปลาสลิดภายในตู้อบแห้งปลาสลิดแบบแสตนเลสเจาะรู 47
ภาพที่ 4.2 แผ่นรองตากปลาสลิดภายในตู้อบแห้งปลาสลิดแบบตาข่ายพลาสติก 48
ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของลมผิวพื้นด้านนอกตู้กับความเร็วลมที่ไหลออกจากท่อเข้าไปในตู้ 50
ภาพที่ 4.4 ตำแหน่งการติดตั้งตัวรับรู้อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (DHT22 Sensor) 53
ภาพที่ 4.5 ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยภายในตู้ที่ได้จากการทดสอบแต่ละครั้ง 54
ภาพที่ 4.6 ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้ที่ได้จากการทดสอบแต่ละครั้ง 55

บทคัดย่อภาษาไทย

โครงการพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิด มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกระบวนการแปรรูปปลาสลิดแดดเดียว ซึ่งเป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์ที่มีชื่อเสียงของอำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ และมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติมีจุดมุ่งหมายในการช่วยเหลือกลุ่มเกษตรกรแปรรูปปลาสลิดแดดเดียวในการพัฒนากระบวนการตากปลาสลิดด้วยการสร้างตู้อบแห้ง ในการสร้างตู้อบแห้งปลาสลิดได้มีการประยุกต์ใช้ทฤษฎีทางฟิสิกส์ในการนำพลังงานธรรมชาติ (ลมและแสงอาทิตย์) มาใช้ นอกจากนี้ชุดเครื่องมือที่ใช้วัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบแห้งปลาสลิดยังถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการหาค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ทั้งสองชนิด ในระหว่างการอบแห้งผู้ประกอบการสามารถควบคุมพารามิเตอร์ทั้งสองชนิดนี้ได้โดยการเปิดพัดลมระบายอากาศในช่วงตั้งแต่เริ่มตาก และเปิดปิดพัดลมในระหว่างการตาก ซึ่งใช้เวลาตากต่อครั้งประมาณ 2-3 ชั่วโมง จากผลการทดลองพบว่าปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด ยีสต์ รา เชื้อ *S. aureus* และปริมาณโคลีฟอร์มมีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ในขณะที่ค่า a_w ยังไม่ผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเนื่องจากมีค่าเกินเกณฑ์ที่กำหนด (เกณฑ์ที่กำหนดคือน้อยกว่า 0.85) ซึ่งผลการทดลองที่ได้คือ 0.99 ดังนั้นสรุปได้ว่าปลาที่ผ่านการตากด้วยตู้อบแห้งปลาสลิดที่พัฒนาขึ้นสามารถลดปริมาณเชื้อที่ไม่ต้องการอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าสร้างความปลอดภัยให้กับผู้บริโภคมากขึ้น ส่วนระยะเวลาคืนทุน เนื่องจากต้นทุนทางด้านพลังงานไฟฟ้ามีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับราคาตู้อบแห้ง จึงพิจารณาต้นทุนเฉพาะส่วนตู้อบแห้งคือ 30,000 บาท และมีการใช้งานตู้ตามเงื่อนไขคือ ตากปลา 30 กิโลกรัมต่อครั้ง ตาก 3 ครั้งต่อวัน และกำหนดราคาขายมากกว่าที่ขายปกติ 10 บาทต่อกิโลกรัม ผู้ประกอบการจะสามารถคืนทุนได้ในระยะเวลาประมาณ 1 เดือนต่อการลงทุน 1 ตู้

Abstract

The purpose of *Trichogaster pectoralis* solar dried oven development project is about how to improve the drying process of *Trichogaster pectoralis* which is one of the popular products of Bang-Bo district in Samutprakarn province and Huachiew Chalermprakiet Univesity aims to help the *Trichogaster pectoralis* fish processing farmer group to improve their drying process by building the solar dried oven. This oven has been designed by applying Physics theory about how to utilize the nature energy (wind and solar energy) for drying processes. Besides, the set of tools for measurement of temperature and relative humidity inside the oven has been developed in order to compute the average of two parameters inside the oven. During the drying process, entrepreneur can control these two parameters by using the ventilation fan in the beginning of the drying process and turn-on/off the fan during the drying process time (overall take 2-3 hours). From the research experimental result, all total amount of bacteria, yeast, mold, *S. aureus* and coliform passed the Thai community product standard. While the a_w are 0.99 which exceed the criteria of Thai community product standard (defined as not more than 0.85). Therefore, fish dried by this oven can reduce unwanted microbe significantly which mean we can produce cleaner and safer product for the consumers. For utilizing this oven, the entrepreneur should consider the cost of this oven system at 30,000 baht since the cost of electricity is not much compare to 30,000 baht of oven cost. The entrepreneur can earn revenue in a month payback period if they use this oven 3 times a day for drying process which dry at least 30 kilograms of fresh fish and sell at 10 Baht higher per kilogram.

บทสรุปผู้บริหาร

ปัจจุบันงานวิจัยต่าง ๆ ควรดำเนินการเพื่อแก้ไขปัญหาหรือพัฒนาสังคม และแนวทางการแก้ไขปัญหาหรือการพัฒนานั้นต้องสามารถนำไปใช้ได้จริง ซึ่งโครงการการพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิดนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากระบวนการตากปลาสลิดแดดเดียว ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีชื่อเสียงของอำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ ให้มีมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์สะอาดปลอดภัย และสร้างความมั่นใจให้กับผู้บริโภค ด้วยการพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิดที่มีขนาดเล็ก เนื่องจากพื้นที่ตั้งมีจำกัด ใช้งานง่าย และต้นทุนต่ำ

งานวิจัยนี้ยังดำเนินการได้ไม่ครบถ้วนตามขอบเขตการดำเนินงานที่ได้วางแผนไว้ โดยส่วนที่ยังไม่ได้ดำเนินการคือการนำตู้อบแห้งที่พัฒนาขึ้นไปให้ผู้แปรรูปปลาสลิดแดดเดียวทดลองใช้งาน เพื่อที่จะได้ข้อเสนอแนะจากกลุ่มเป้าหมายมาปรับปรุงให้เกิดประสิทธิภาพและตรงตามความต้องการของผู้ใช้งานมากขึ้น อย่างไรก็ตาม คณะผู้วิจัยได้ดำเนินงานและสามารถสรุปเป็นประเด็นที่สำคัญคือ ปลาที่ได้จากการตากด้วยตู้อบแห้งและตากด้วยวิธีธรรมชาติ ถ้าพิจารณาจากลักษณะภายนอกแทบมองไม่เห็นความแตกต่าง และเมื่อวัดค่าความชื้นในตัวปลาก็มีค่าใกล้เคียงกัน หรือมีค่าที่แตกต่างกันบ้างแต่ไม่มีนัยสำคัญ แต่ประเด็นหนึ่งที่มีความสำคัญคือการการตรวจปริมาณเชื้อและค่า a_w เพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภท “ปลาแดดเดียว” จากการทดลองที่มีการตรวจวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจำนวน 2 ครั้ง ซึ่งการทดลองในครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 (ตามที่ได้รายงานไว้ในหัวข้อที่ 4.4 ไปแล้วนั้น) มีความแตกต่างกันตรงที่ในการทดลองครั้งที่ 2 จะเริ่มเปิดพัดลมหลังจากที่ตากไปแล้วประมาณ 1 ชั่วโมง ส่วนครั้งที่ 3 เปิดพัดลมตั้งแต่เริ่มตาก ซึ่งผลจากการวิเคราะห์ค่า a_w ไม่มีความแตกต่างคือ ได้ค่า 0.99 เท่ากัน ซึ่งทั้งสองครั้งไม่ผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภท “ปลาแดดเดียว” ผลการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อพบว่าในการทดลองครั้งที่ 3 ปริมาณเชื้อมีค่าน้อยกว่าการทดลองในครั้งที่ 2 ซึ่งการทดลองในครั้งที่ 2 นี้ปริมาณเชื้อไม่ผ่านมาตรฐาน ส่วนการทดลองในครั้งที่ 3 ผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ทั้งนี้เมื่อพิจารณาคุณสมบัติทางกายภาพภายในตู้อบแห้งปลาสลิดจากทั้งสองครั้งพบว่า ในการทดลองครั้งที่ 2 อุณหภูมิภายในตู้เฉลี่ยตอนต้นชั่วโมงอยู่ที่ประมาณ 45 องศาเซลเซียส และค่อย ๆ ลดลงมาที่ประมาณ 42 องศาเซลเซียส หลังจากเปิดพัดลม ซึ่งค่าอุณหภูมินี้เหมาะต่อการเจริญเติบโตของเชื้อ เมื่อเวลาผ่านไป ทำให้เชื้อมีปริมาณมากขึ้น เนื่องจากช่วงแรกค่าความชื้นสัมพัทธ์มีค่าค่อนข้างต่ำ และอุณหภูมิสูง ทำให้ไอน้ำระเหยออกไปจากตัวปลาอย่างรวดเร็ว แต่เมื่อเวลาผ่านไปค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้น อัตราการระเหยของน้ำจากตัวปลาลดลง ทำให้ไอน้ำที่อยู่ในตู้กลับเข้ามาในตัวปลาใหม่ ซึ่งไอน้ำที่กลับเข้ามาในตัวปลาเป็นไอน้ำที่มีอุณหภูมิสูง ผลที่ได้คือเนื้อปลาจะมีลักษณะสุก ทำให้เนื้อยุ่ยซึ่งไม่เป็นที่ต้องการ แต่การทดลองในครั้งที่ 3 เริ่มเปิดพัดลมตั้งแต่เริ่มตาก โดยพยายามรักษาให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์และค่าอุณหภูมิคงที่ตลอดการตาก โดยมีค่าความชื้น

สัมพัทธ์เฉลี่ยประมาณร้อยละ 60 และอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 35 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิค่านี้เชื้อเจริญเติบโตได้ไม่ดี และเมื่อเปรียบเทียบค่าปริมาณเชื้อของผลิตภัณฑ์ปลาแดดเดียวที่มีจำหน่ายทั่วไป โดยขออ้างอิงปริมาณเชื้อในปลาสลิดแดดเดียวทุกตัวอย่างที่มีการสุ่มตรวจ จำนวน 18 ตัวอย่าง ในเขต อ. บางบ่อ จ. สมุทรปราการ ซึ่งเป็นผลจากการดำเนินงานภายใต้โครงการการพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาสลิดแดดเดียวบางบ่อสู่มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน โดย อ.ดร.จำรูญศรี พุ่มเทียน และคณะ พบว่าปริมาณเชื้อมีค่าเกินเกณฑ์ที่มาตรฐานยอมรับ โดยมีเชื้อราและยีสต์สูงเกิน 500 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ปริมาณ Escherichia coli โดยวิธี MPN มีค่ามากกว่า 50 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม และค่า a_w มีค่าอยู่ที่ 0.97-0.99 ซึ่งไม่ผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทปลาแดดเดียวเช่นกัน ดังนั้นสรุปได้ว่าปลาที่ผ่านการตากด้วยตู้อบแห้งปลาสลิดที่พัฒนาขึ้นสามารถลดปริมาณเชื้อที่ไม่ต้องการอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าสร้างความปลอดภัยให้กับผู้บริโภคมากขึ้น สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของโครงการ

ส่วนต้นทุนการผลิตขณะนี้คือ 37,000 บาทต่อตู้ หากผู้ประกอบการนำไปใช้งานจริง สามารถลดต้นทุนบางส่วนได้คือ เปลี่ยนวัสดุแผ่นรองตากเป็นวัสดุที่หาง่าย ราคาถูก ไม่ติดตั้งกรวยรับลม หากพื้นที่นั้นมีอัตราเร็วลมพื้นผิวน้อยกว่า 3.5 m/s (หรือไม่ติดตั้งเลย) ต้นทุนจะลดลงเหลือไม่เกิน 30,000 บาทต่อตู้ หากคำนวณระยะเวลาคืนทุน โดยกำหนดราคาขายให้สูงกว่าราคาเดิม 10 บาทต่อกิโลกรัม ตู้หนึ่งตากได้ 30 กิโลกรัมต่อครั้ง และตาก 3 ครั้งต่อวัน จะคืนทุนภายในหนึ่งเดือน (33 วัน) ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้วราคาต้นทุนที่ต้องลงทุนเพิ่มเติมกับระยะเวลาคืนทุน ประกอบกับการนำปลาสลิดที่ตากผ่านตู้อบแห้งไปประชาสัมพันธ์ให้ลูกค้าได้เชื่อมั่นในสินค้าปลาสลิดแดดเดียว น่าจะสร้างความน่าสนใจให้กับผู้ประกอบการหันมาลงทุนตู้อบแห้งปลาสลิดมากขึ้น

หากพิจารณาสรุปผลการดำเนินงาน สามารถสรุปได้ 2 ส่วน คือ ส่วนการพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิดและส่วนของคุณภาพของปลาสลิดที่ได้จากการตากด้วยตู้อบแห้ง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ด้านการพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิด

ในการสรุปผลการวิจัยด้านการพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิด คณะผู้วิจัยได้พิจารณาใน 5 ประเด็นหลัก ได้แก่ ด้านต้นทุนการผลิตตู้อบแห้งปลาสลิด ข้อดีและข้อเสียของตู้อบแห้งปลาสลิดที่พัฒนาขึ้น ขั้นตอนการใช้งานของตู้อบแห้งเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด การคำนวณระยะเวลาคืนทุน และข้อแนะนำในการพัฒนาตู้อบแห้งเพื่อที่จะพัฒนาให้ดีขึ้นในอนาคต ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) ต้นทุนการผลิตตู้อบแห้งปลาสลิด

ต้นทุนการผลิตตู้ประกอบด้วยค่าวัสดุและค่าแรงงาน โดยวัสดุที่ใช้ทำเป็นสแตนเลสทั้งหมด ทำให้ต้นทุนตู้อบแห้งที่ผลิตขึ้นมีราคาค่อนข้างสูง โดยต้นทุนทั้งหมดประมาณ 37,000 บาท และจากการทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์บางชนิด (แผ่นรองตากสแตนเลส และกรวยรับลมตามรายละเอียดในหัวข้อ 4.3.1 และ 4.3.2) สามารถลดต้นทุนการผลิตลงได้ในกรณีที่เปลี่ยนวัสดุรองตาก (ลดได้

3,500 บาท) และไม่มีการติดตั้งกรวยรับลม (ลดได้ 3,500 บาท) จะทำให้ต้นทุนการผลิตลดลงเหลือประมาณ 30,000 บาท

2) ข้อดีและข้อเสียของตู้อบแห้งปลาสลิดที่พัฒนาขึ้น

ตู้อบแห้งปลาสลิดที่คณะผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น นอกจากจะช่วยแก้ปัญหาที่เกิดจากการตากแห้งปลาสลิดด้วยวิธีดั้งเดิมแล้ว ยังมีผลดีต่อเกษตรผู้แปรรูปปลาสลิดตากแห้งดังต่อไปนี้

- ไม่มีแมลงวันตอม หรือมีแมลงวันตอมน้อย แต่สามารถไล่แมลงวันได้
- สามารถควบคุมความร้อนและความชื้นภายในตู้ได้ในระดับหนึ่ง
- สามารถตากได้ในช่วงฝนตกได้ (แต่ไม่หนักมาก)
- มีการดึงลมธรรมชาติมาใช้ (ความเร็วลมระดับผิวพื้นเกิน 3.5 m/s และมีลมพัดสม่ำเสมอ)

แม้ว่าตู้อบแห้งปลาสลิดที่คณะผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น จะมีผลดีต่อการพัฒนาคุณภาพของปลาสลิดตากแห้ง อย่างไรก็ตาม คณะผู้วิจัยยังคงพบปัญหาจากการใช้งานตู้อบแห้งปลาสลิด ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- ปลาที่ตากมีความแห้งไม่สม่ำเสมอตลอดทั้งตู้ เนื่องจากบางจุดในตู้เป็นจุดอับลม คือไม่สัมผัสกับลมที่มาจากพัดลมระบายความชื้น
- ภายในตู้มีอุณหภูมิค่อนข้างสูง ส่งผลให้ปลาที่ตากมีลักษณะผิวนอกแห้ง แต่ข้างในยังมีปริมาณน้ำสูง ซึ่งส่งผลให้เนื้อปลายุ่ยกว่าที่ควรจะเป็น หากไม่มีการเปิดพัดลมระบายความชื้น
- ลมธรรมชาติไม่สามารถนำมาใช้ได้หากความเร็วลมระดับผิวพื้นไม่ถึง 3.5 m/s และมีลมพัดไม่สม่ำเสมอ จึงไม่จำเป็นต้องติดตั้งกรวยรับลม
- ตู้อบแห้งปลาสลิดที่พัฒนาขึ้นยังไม่ได้ถูกทดลองใช้โดยผู้ประกอบการ เนื่องจากทางผู้วิจัยเล็งเห็นปัญหาขณะทำการตาก แต่ยังไม่ได้ดำเนินการแก้ไข เนื่องจากพบปัญหาในช่วงท้ายของระยะเวลาการวิจัย

3) ขั้นตอนการใช้งานของตู้อบแห้งเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

ในการใช้งานตู้อบแห้งปลาสลิดประกอบด้วย 5 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1) ในการตากปลาสลิดหนึ่งครั้งสามารถตากได้ 35-40 กิโลกรัม ซึ่งเมื่อจะตากจะต้องเลื่อนกระจกด้านข้างแล้วเรียงปลาสลิดตากทีละข้าง

3.2) ควรเปิดพัดลมตั้งแต่เริ่มตากและขณะที่ตากปลาต้องเปิดพัดลมเป็นระยะ ๆ เพื่อลดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิภายในตู้

3.3) กลับตัวปลาทุก 30-45 นาที

3.4) ระยะเวลาในการตากประมาณ 2-3 ชั่วโมง

3.5) ควรติดตั้งกรวยรับลม (หากพื้นที่มีความเร็วลมระดับผิวพื้นเกิน 3.5 m/s และมีลมพัดสม่ำเสมอ) เพื่อที่จะนำลมธรรมชาติมาใช้ ซึ่งช่วยลดต้นทุนเรื่องพลังงานไฟฟ้า

4) <u>การคำนวณระยะเวลาคืนทุน</u>

ในการพิจารณาระยะเวลาคืนทุน ถ้าพิจารณาต้นทุนการผลิตขณะนี้คือ 37,000 บาทต่อตู้ หากผู้ประกอบการนำไปใช้งานจริง สามารถลดต้นทุนบางส่วนได้คือ เปลี่ยนวัสดุแผ่นรองตากเป็นวัสดุที่หาง่าย ราคาถูก ไม่ติดตั้งกรวยรับลม หากพื้นที่นั้นมีอัตราเร็วลมพื้นผิวน้อยกว่า 3.5 m/s (หรือไม่ติดตั้งเลย) ต้นทุนจะลดลงเหลือไม่เกิน 30,000 บาทต่อตู้ หากคำนวณระยะเวลาคืนทุน โดยกำหนดราคาขายให้สูงกว่าราคาเดิม 10 บาทต่อกิโลกรัม พิจารณาปริมาณการตากที่ตู้หนึ่งตู้ตากได้ 30 กิโลกรัมต่อครั้ง และตากปลาได้ 3 ครั้งต่อวัน ตู้ที่ราคาต้นทุน 30,000 บาท จะคืนทุนภายใน 33 วัน (30,000 บาท/(10 บาทต่อกก. x 30 กก.ต่อครั้ง x 3 ครั้งต่อวัน) หรือประมาณ 1 เดือน

ส่วนต้นทุนปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ขณะทำการตากปลา เนื่องจากพัดลมที่ใช้มีกำลัง 19 วัตต์ ถ้าพิจารณาแบบเปิดพัดลมตลอด 9 ชั่วโมงต่อวัน (ในความเป็นจริงไม่ได้เปิดตลอดการตากปลา จะมีการเปิดเป็นระยะ ๆ) จะใช้พลังงานไฟฟ้า 0.171 หน่วยต่อวัน ((19/1,000) kW x 9 hr.) ตาก 33 วัน จะใช้พลังงาน 5.643 หน่วย (0.171 หน่วยต่อวัน x 33 วัน) ถ้าค่าไฟฟ้าราคา 5 บาทต่อหน่วย จะต้องจ่ายไฟฟ้าประมาณ 30 บาท (0.171 หน่วยต่อวัน x 33 วัน x 5 บาทต่อหน่วย) ซึ่งค่าต้นทุนด้านพลังงานไฟฟ้ามีค่าน้อยมาก

5) <u>ข้อเสนอแนะในการพัฒนาตู้อบแห้งเพื่อที่จะพัฒนาให้ดีขึ้นในอนาคต</u>

จากการทดลองตากปลาสลิดด้วยตู้อบแห้งปลาสลิดที่คณะผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น คณะผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะในการปรับปรุงตู้อบแห้งปลาสลิด ดังรายละเอียดต่อไปนี้

5.1) วัสดุรองตากควรมีลักษณะโปร่งให้มากที่สุด มีพื้นที่สัมผัสเนื้อปลาให้น้อยที่สุด ซึ่งในการปรับปรุงตู้สามารถเปลี่ยนแผ่นรองตากเป็นชนิดอื่น ๆ ตามที่ผู้ประกอบการต้องการได้ และเป็นการลดต้นทุนของตู้ได้อีกทางหนึ่ง โดยวัสดุที่แนะนำมาใช้แทนแผ่นแสตนเลสควรมีลักษณะสำคัญคือ หาง่าย ราคาถูก มีช่องระบายอากาศมากและมีความถี่ของช่องพอประมาณ (เพื่อไม่ให้ปลาลอดตกจากที่รองตาก)

5.2) เปลี่ยนจุดติดตั้งพัดลมระบายความชื้นภายในตู้ ให้อยู่ในระดับต่ำกว่าแผ่นรองตากหรืออยู่กึ่งกลางของแผ่นรองตาก เพื่อพัดลมจะได้เป่าระบายความชื้นจากด้านล่างของแผ่นรองตาก ทำให้ปลาสลิดแห้งเร็วขึ้น

5.3) ไม่ต้องติดตั้งกรวยรับลม หากบริเวณที่ตากมีอัตราเร็วลมผิวพื้นน้อยกว่า 3.5 m/s และมีลมพัดไม่สม่ำเสมอ เพื่อเป็นการลดต้นทุนของตู้อบแห้งปลาสลิด

5.4) ศึกษาเงื่อนไขของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้เพื่อหาค่าที่แม่นยำมากขึ้น ซึ่งค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่ได้ต้องทำให้เชื้อมีการเจริญเติบโตช้า และเป็นสภาวะที่การระเหยของน้ำในตัวปลาออกมาได้มากและเร็วที่สุด (แห้งเร็ว) ซึ่งถ้าได้ค่าที่แน่นอนแล้ว สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมการเปิดปิดพัดลมแบบอัตโนมัติได้

ด้านคุณภาพของปลาสลิดที่ได้จากการใช้ตู้อบแห้งปลาสลิด

ในการสรุปผลการวิจัยด้านคุณภาพของปลาสลิดแดดเดียวที่ได้จากกการตากด้วยตู้อบแห้งปลาสลิด คณะผู้วิจัยได้พิจารณาใน 2 ประเด็นหลัก ได้แก่

1) การวิเคราะห์ปริมาณเชื้อในเนื้อปลาสลิด

จากการนำปลาสลิดที่ได้จากการทดลองตากในตู้อบแห้งปลาสลิดที่พัฒนาขึ้นไปวิเคราะห์คุณภาพทางชีวภาพ จำนวน 2 เงื่อนไข เงื่อนไขละ 3 ตัวอย่าง โดยตัวอย่างปลาที่นำไปวิเคราะห์มีความแตกต่างกันตรงที่การเปิดและไม่เปิดพัดลมระบายอากาศเพื่อลดความชื้นสัมพัทธ์และลดอุณหภูมิภายในตู้ ซึ่งเงื่อนไขที่ 1 (ตากปลาเต็มตู้ ครั้งที่ 2) คือเริ่มเปิดพัดลมหลังตากไปแล้ว 1 ชั่วโมง และเปิดเป็นระยะ ๆ ตลอดการตาก และเงื่อนไขที่ 2 (ตากปลาเต็มตู้ ครั้งที่ 3) คือเปิดพัดลมตั้งแต่เริ่มตากและเปิดเป็นระยะ ๆ ตลอดการตาก ผลที่ได้พบว่าการเปิดพัดลมตั้งแต่เริ่มตากและเปิดเป็นระยะ ๆ ให้คุณภาพปลาสลิดแดดเดียวที่ดีกว่าการเริ่มเปิดพัดลมหลังจากตากปลาไปแล้ว 1 ชั่วโมง เนื่องจากว่าการเปิดพัดลมตั้งแต่เริ่มตาก ทำให้ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิภายในตู้ไม่ขึ้นเร็วเกินไป ซึ่งช่วยให้หนังปลาไม่แห้งเร็วและปริมาณเชื้อไม่มีการเจริญเติบโต เนื่องจากอุณหภูมิไม่เหมาะต่อการเจริญเติบโตของเชื้อ และเมื่อทำการตรวจวัดปริมาณเชื้อพบว่ามีค่าต่ำซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนที่กำหนดไว้ในเรื่องของปริมาณเชื้อ ส่วนผลการวิเคราะห์ค่า a_w พบว่ามีค่าค่อนข้างสูง คือ 0.99 ซึ่งเกินเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนที่กำหนดไว้

2) การวิเคราะห์ค่าความชื้นในตัวปลา

ปริมาณความชื้นในตัวปลาที่ได้จากการตากด้วยวิธีดั้งเดิม และตากด้วยตู้อบแห้งปลาสลิดที่พัฒนาขึ้น มีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งค่าที่บันทึกได้จากเครื่องมือวัดมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ

ข้อเสนอแนะ

เพื่อให้ตู้อบแห้งปลาสลิดตอบโจทย์กลุ่มเป้าหมายมากขึ้น สามารถใช้งานได้จริงและเกิดประสิทธิภาพสูงสุด รวมถึงแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาสลิดแดดเดียวให้ได้มาตรฐาน สะอาดและปลอดภัยต่อผู้บริโภค จึงควรมีแนวทางในการพัฒนาอย่างต่อเนื่องดังนี้

1) ควรมุ่งเน้นให้ตู้อบแห้งมีการใช้งานง่ายขึ้น โดยเป้าหมายคือกลุ่มที่มีศักยภาพด้านการลงทุน การพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิดควรติดตั้งตัวตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ไว้ที่ตู้และทำการวัดค่า

แบบเรียลไทม์ (real time) และนำค่าที่วัดได้มาควบคุมการเปิด-ปิดพัดลม เพื่อรักษาค่าความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิภายในตู้ให้เหมาะกับปลาสลิดแดดเดียวแบบอัตโนมัติ แต่จะเป็นการเพิ่มต้นทุนให้กับตู้อบแห้งปลาสลิด

2) ควรมุ่งเน้นให้ผู้ประกอบการเริ่มเปลี่ยนรูปแบบการตากโดยหันมาตากโดยมีวัสดุคลุมขณะตาก จากคำแนะนำของเจ้าหน้าที่ด้านการขึ้นทะเบียนมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน โดยเจ้าหน้าที่ได้เชิญชวนให้กลุ่มผู้แปรรูปปลาสลิดแดดเดียวสนใจที่จะนำผลิตภัณฑ์ปลาสลิดแดดเดียวของร้านมาขึ้นทะเบียนมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภท “ปลาแดดเดียว” ทางเจ้าหน้าที่ได้แนะนำให้ผู้แปรรูปปลาสลิดแดดเดียวลองจัดหาวัสดุคลุมกันฝุ่นและแมลงขณะตากแล้วนำปลาที่ตากได้ไปตรวจเชื้อ เพื่อดูปริมาณเชื้อว่าผ่านมาตรฐานหรือไม่ โดยทางหน่วยงานยินดีที่จะตรวจให้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย เพื่อเป็นการกระตุ้นให้ผู้ประกอบการค่อย ๆ ปรับวิธีการตากจากวิธีง่าย ๆ และต้นทุนไม่สูงมาก ซึ่งถ้าเป็นเช่นนี้ทางกลุ่มผู้วิจัยเล็งเห็นว่าการที่จะคาดหวังให้ผู้ประกอบการมาใช้ตู้อบแห้งปลาสลิดทุกรายคงเป็นไปได้ยาก แต่ถ้าพัฒนาวัสดุคลุมสำหรับตากที่ใช้งานง่าย เก็บรักษาง่าย และมีต้นทุนต่ำกว่าตู้อบแห้งมาก ผู้ประกอบการน่าจะมีกำลังและสนใจที่จะนำมาใช้งานมากขึ้น

3) ควรส่งเสริมให้กลุ่มเป้าหมายนำตู้อบแห้งปลาสลิดที่พัฒนาขึ้นไปใช้งานจริง ควรมีการทดสอบการใช้งานจากผู้ประกอบการร้านจำหน่ายปลาสลิดแดดเดียว เพื่อจะได้นำคำแนะนำมาปรับปรุงตู้อบแห้งปลาสลิดให้ใช้ง่ายและตอบสนองความต้องการของผู้ใช้มากขึ้น

บทที่ 1

บทนำ

นโยบายการพัฒนาประเทศในปัจจุบันมุ่งเน้นให้เกิดแนวทางการพัฒนาเพื่อเกิดความยั่งยืน และตรงตามความต้องการของชุมชน ดังนั้นในงานวิจัยจึงเน้นที่จะทำวิจัยบนพื้นฐานที่ชุมชนสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้สูงสุด โดยงานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนากระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์ปลาสลิดแดดเดียวเพื่อให้เกิดความปลอดภัย และสร้างความมั่นใจให้กับผู้บริโภค โดยการพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิด ซึ่งมีรายละเอียดการวิจัยและพัฒนาดังนี้

1.1 ความเป็นมา หลักการและเหตุผล

ปลาสลิดบางบ่อจัดเป็นสินค้าขึ้นชื่อของอำเภอบางบ่อจังหวัดสมุทรปราการ เนื่องจากมีรสชาติดีและมีคุณค่าทางโภชนาการ ผู้ประกอบการที่ทำอาชีพเลี้ยงปลาสลิดส่วนใหญ่จำหน่ายผลิตภัณฑ์ในรูปปลาสลิดตากแห้ง ในการลงพื้นที่ศึกษาความต้องการของผู้ประกอบการผู้เพาะเลี้ยงและแปรรูปปลาสลิดของตำบลคลองด่าน อำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ จากเวทีประชุมร่วมระหว่างมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติและกลุ่มผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับห่วงโซ่เศรษฐกิจปลาสลิดบางบ่อทำให้ทราบปัญหาและความต้องการในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาสลิดบางบ่อตลอดห่วงโซ่เศรษฐกิจเพื่อให้ได้มาตรฐานเป็นที่ยอมรับและสร้างความมั่นใจในผลิตภัณฑ์ปลาสลิดของกลุ่มผู้บริโภค โดยประเด็นที่สนใจคือการแปรรูปปลาสลิดที่ได้มาตรฐานและปลอดภัยต่อผู้บริโภค ซึ่งขั้นตอนการแปรรูปขั้นต้นที่จะสร้างความเชื่อมั่นคือขั้นตอนการตากปลาสลิด

ขั้นตอนการตากปลาสลิดในปัจจุบันจะผึ่งปลาไว้บนเฝือกไม้ไผ่วางในที่เปิดโล่งมีแสงแดด ใช้เวลาประมาณ 3 - 5 ชั่วโมง (ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศในแต่ละวัน) จึงกลับด้านปลา ไม่มีการคลุมด้วยวัสดุใด ๆ ที่สามารถปกปิดหรือป้องกันฝุ่นหรือการปนเปื้อนจากสิ่งที่อยู่โดยรอบได้ ปัญหาที่พบคือสารปนเปื้อนและเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคที่มากับฝุ่นละอองในอากาศหรือมีแมลงเป็นพาหะ และการมีกลิ่นคาวและกลิ่นหืน ถึงแม้จะผ่านการตากแดดแล้วกลิ่นเหล่านี้ลดลงแต่ก็ยังไม่หมดไป คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาสลิดตากแห้งบางบ่อให้มีคุณภาพและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยพัฒนาในส่วนการตากแห้งปลาสลิด

ปัจจุบันหลายหน่วยงานได้มีการพัฒนาโรงเรือนอบแห้งขึ้นหลากหลาย เพื่อให้อาหารแห้งเร็วขึ้นและมีความสะอาดปลอดภัยต่อผู้บริโภค แต่โรงเรือนดังกล่าวมีขนาดใหญ่ และต้นทุนในการสร้างสูงทำให้ผู้ประกอบการรายย่อยไม่สามารถดำเนินการสร้างได้ นอกจากเรื่องต้นทุนแล้วข้อจำกัดเรื่องพื้นที่ในการติดตั้งโรงเรือนก็มีจำกัด เพราะผู้ประกอบการจะตากปลาสลิดข้างบ่อเลี้ยง หรือข้างบ้านที่พัก

อาศัย หรือข้างถนนซึ่งมีพื้นที่ไม่มาก ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้จึงเน้นไปที่การสร้างโรงเรือนที่สามารถทำให้อาหารแห้งได้เร็วขึ้นกว่าเดิม และที่สำคัญงบประมาณในการสร้างไม่สูงมาก ใช้พื้นที่น้อย เพื่อให้ผู้ประกอบการรายย่อยที่มีงบประมาณและพื้นที่จำกัดสามารถนำโรงเรือนที่พัฒนาขึ้นไปใช้งานได้จริง จากปัญหาดังกล่าวการพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิด เพื่อทำให้ปลาสลิดแห้งและลดความชื้นในปลาสลิดจึงมีความสำคัญ โดยตู้อบปลาสลิดที่พัฒนาขึ้นจะต้องมีคุณสมบัติคือ ง่ายและสะดวกในขั้นตอนการติดตั้งและการใช้งาน ไม่ต้องใช้พื้นที่ในการติดตั้งมากจนเกินไป มีประสิทธิภาพในการอบอยู่ในระดับยอมรับได้ (ใช้เวลาและพื้นที่น้อยกว่าวิธีดั้งเดิม แต่ได้ปลาสลิดตากแห้งเท่าเดิม) และที่สำคัญต้นทุนในการผลิตตู้อบต่ำ และเพื่อให้ตู้อบแห้งมีประสิทธิภาพและมีมาตรฐานคงที่ จะมีการออกแบบการใช้พื้นที่ภายในตู้อบให้มีความเหมาะสม ทั้งเรื่องลักษณะการวางปลา และปริมาณปลาที่เหมาะสมต่อการใช้งานที่สอดคล้องกับปริมาณแสงอาทิตย์ เพื่อรักษามาตรฐานผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบแห้ง

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

โครงการพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิด ถูกพัฒนาขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

1) เพื่อศึกษาพารามิเตอร์ที่สำคัญในการพัฒนาการออกแบบตู้อบแห้งปลาสลิด ประกอบด้วยความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความชื้นที่ลดลงเมื่อเทียบกับเวลา หรือระดับความชื้นในผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่นิยม การจัดวางปลาที่เหมาะสม รวมถึงการกำหนดทิศทางและปริมาณลมเพื่อลดความชื้นภายในตู้อบแห้ง

2) เพื่อพัฒนาตู้อบแห้งที่มีประสิทธิภาพ ผลิตภัณฑ์สะอาด มีความเหมาะสมต่อพื้นที่และต้นทุนต่ำ

3) คำนวณต้นทุนผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการใช้งานตู้อบแห้งและระยะคืนทุน

1.3 คำถามการวิจัย

ในการวิจัยเพื่อพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิด คณะผู้วิจัยได้ตั้งคำถามการวิจัยไว้ดังต่อไปนี้

1) พารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับตู้อบแห้งปลาสลิดมีอะไรบ้าง และมีปริมาณเท่าไร ค่าความชื้นในเนื้อปลาที่ขายทั่วไปมีปริมาณเท่าไร ข้อจำกัดเรื่องพื้นที่ และปริมาณปลาที่ผู้ประกอบการตากต่อวัน

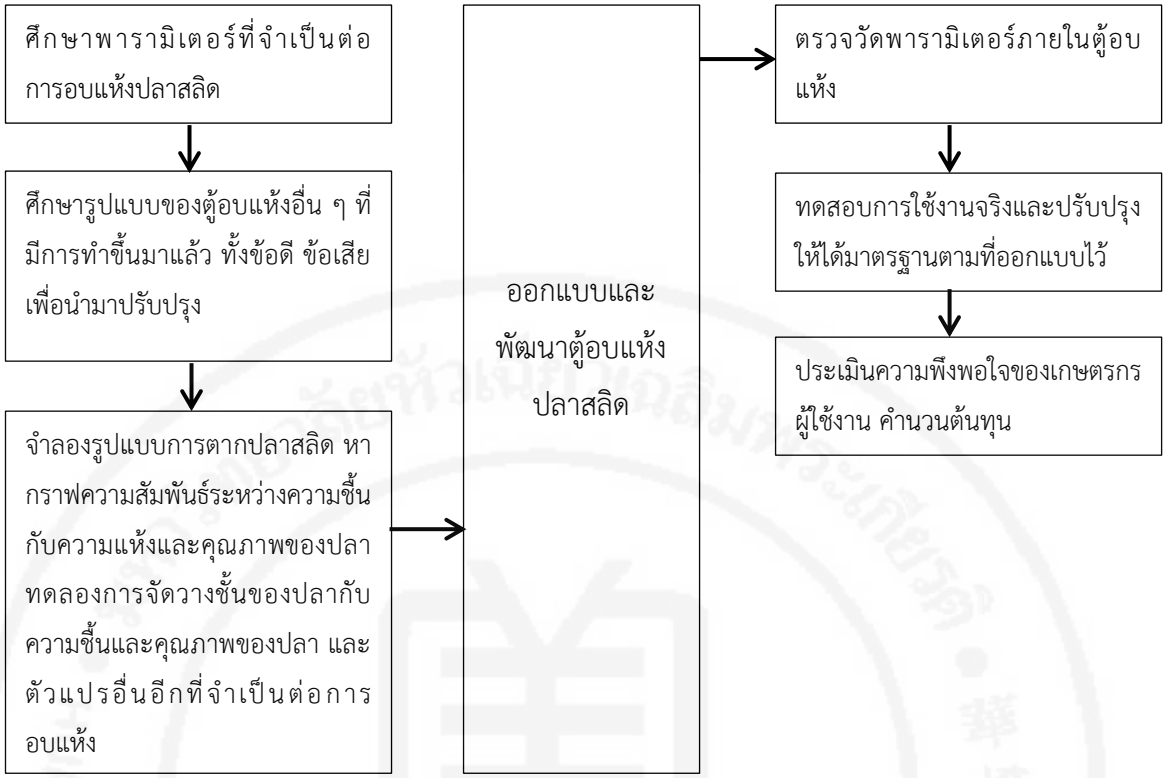
2) ลักษณะตู้อบแห้งที่เหมาะสมจะต้องเป็นอย่างไร เพื่อให้ปลาสลิดแห้งเร็ว ใช้พื้นที่น้อย และต้นทุนต่ำ

1.4 กรอบแนวคิดการวิจัย

การผึ่งแดดหรือการตากแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นวิธีการถนอมอาหารแบบพื้นบ้านที่มีมานานและใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย สเปกตรัมของแสงอาทิตย์ที่เป็นประโยชน์ต่อการถนอมอาหารได้แก่ รังสีความร้อน รังสีอินฟราเรด แสงที่ตามองเห็น และรังสีอัลตราไวโอเลท รังสีสามชนิดแรกเมื่อกระทบกับอาหารที่ตากไว้จะทำให้เกิดความร้อนขึ้นที่ตัวอาหารและวัสดุรองรับชิ้นอาหารนั้น โดยจะทำให้อุณหภูมิของอาหารเพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิห้องมาอยู่ที่ระหว่าง 40 ถึง 50 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงแดด ความชื้นในเนื้ออาหาร และการถ่ายเทของอากาศบริเวณนั้นเป็นหลัก ซึ่งผลลัพธ์โดยรวมคือการทำให้เกิดการคายน้ำ (dehydrate) ออกจากอาหาร ส่วนรังสีอัลตราไวโอเลทนอกจากจะมีผลต่อการเกิดความร้อนแล้วยังสามารถฆ่าเชื้อไวรัสและแบคทีเรียบางชนิดที่อยู่ในอาหารได้อีกด้วย อย่างไรก็ตามการตากอาหารในที่โล่งเปิดทำให้อาหารสัมผัสกับฝุ่นละอองหรือสารที่เป็นอันตรายต่อร่างกายซึ่งไม่ถูกทำลายด้วยความร้อน รวมถึงมีแมลงที่เป็นพาหะเชื้อโรคอย่างเช่นแมลงวันมาตอมและวางไข่ได้ อีกทั้งการที่ระยะเวลาในการตากมีความไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับสภาพอากาศในแต่ละวัน ซึ่งมีผลกระทบต่ออัตราการผลิต จึงทำให้มีบางหน่วยงานและบางทีมนักวิจัยได้หาทางพัฒนาวิธีการตากหรืออบแห้งให้ดีขึ้น อาทิ กองพัฒนาพลังงานทดแทน ฝ่ายแผนงานพัฒนาโรงไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้ออกแบบและผลิตตู้อบแห้งพลังแสงอาทิตย์ขึ้นเพื่อจำหน่ายแก่บุคคลทั่วไป [1] งานวิจัยเกี่ยวกับอุโมงค์ลมร้อนใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการทำลำไยอบแห้ง [2] หรือการใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ร่วมกับความร้อนจากก๊าซหุงต้ม (LPG) เพื่อการอบกล้วย [3] ซึ่งมีการรายงานข้อมูลเกี่ยวกับประสิทธิภาพการทำงานรวมไปถึงค่าใช้จ่ายและระยะเวลาคืนทุน

ตู้อบแห้งปลาสลิดที่พัฒนาขึ้นจะต้องตอบสนองต่อความต้องการพื้นฐานคือ สามารถป้องกันฝุ่นละอองและสารพิษจากสิ่งแวดล้อมภายนอกในระหว่างการอบแห้งได้ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์สะอาดและปลอดภัย ใช้พื้นที่ในการติดตั้งน้อย เนื่องจากพื้นที่ตากปลาสลิดของเกษตรมีจำกัด ระยะเวลาในการอบแห้งน้อย และต้นทุนในการผลิตตู้อบแห้งต่ำ ในการพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิด จะมีการวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในตู้อบแห้งจากตัวรับรู้ (sensors) แบบอัตโนมัติ และรายงานค่าอุณหภูมิและความชื้นที่ตรวจวัดได้แบบ real time โดยใช้ค่าอุณหภูมิและความชื้นเป็นเงื่อนไขในการออกแบบการวางปลาในตู้อบและปริมาณปลาที่เหมาะสมในการใช้งาน

ซึ่งกรอบแนวคิดในการศึกษาและวิจัย (Framework of Study and Research) สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการศึกษาและวิจัยตู้อบแห้งปลาสลิด

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เป้าหมายของผลผลิต (output) และตัวชี้วัด

ระยะเวลา	ผลผลิต (output)	ตัวชี้วัด
เดือนที่ 1-6	1. ได้พารามิเตอร์ที่เหมาะสมต่อการออกแบบตู้อบแห้ง 2. ได้แบบของตู้อบแห้งที่จะพัฒนาขึ้น	เงื่อนไขที่เหมาะสมของตู้อบแห้งในเรื่องของขนาด ลักษณะของตู้ องค์ประกอบเรื่องความร้อน ความชื้น ภายในตู้
เดือนที่ 7-12	1. ได้ตู้อบแห้งที่สามารถใช้งานได้ 2. ได้รูปแบบการจัดวางปลาสลิดภายในตู้ที่เหมาะสม	ตู้อบแห้งที่ใช้งานได้จริง

1.5.2 เป้าหมายของผลลัพธ์ (outcome) และตัวชี้วัด

เป้าหมายของผลลัพธ์	ผลกระทบ
ตู้อบแห้งปลาสลิดที่มีประสิทธิภาพ และต้นทุนต่ำ	ผู้ประกอบการสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ปลาสลิดอบแห้งในปริมาณที่มากขึ้น
ผลิตภัณฑ์ที่ได้สะอาดและปลอดภัย	ผู้บริโภคมั่นใจในผลิตภัณฑ์มากขึ้น

เพื่อให้การดำเนินงานวิจัยเรื่องการพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิด เป็นไปตามวัตถุประสงค์ คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาทฤษฎี หลักการ และเครื่องมือ ประกอบการดำเนินงานวิจัย รวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังรายละเอียดเนื้อหาที่ได้รายงานไว้ในบทที่ 2

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม และเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เพื่อให้การพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิดมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของโครงการ คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาทฤษฎี หลักการ เทคโนโลยี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

ในการพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิดจะพิจารณาในกรอบของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ปลาแดดเดียว เพื่อที่จะสามารถนำตู้อบที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้สามารถขอฉลากมาตฐานผลิตภัณฑ์ปลาแดดเดียวได้ในอนาคต และค่าที่ต้องคำนึงมากที่สุดสำหรับการวิจัยนี้คือค่าค่าความชื้นที่มีผลต่ออัตราการเจริญของจุลินทรีย์หรือที่เรียกว่า ค่า Water activity (a_w) ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้เสนอวิธีวัดค่า Water activity ทางอ้อม โดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Water activity กับค่าความชื้นที่อยู่ในตัวปลาที่ทำการวัดโดยการใช้ตัวรับรู้ (Sensor) ที่ควบคุมการทำงานโดยเขียนโปรแกรม เนื่องจากการที่จะวัดค่า Water activity เพื่อตรวจสอบนั้นเป็นเรื่องที่ยุ่งยากสำหรับผู้ประกอบการ การวัดโดยตัวรับรู้และแปรผลออกมาแล้วจึงเป็นวิธีที่สะดวกต่อผู้ประกอบการที่จะนำไปใช้ โดยหลักการและทฤษฎีที่มีความสำคัญต่องานวิจัยมีดังต่อไปนี้

2.1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ปลาแดดเดียว [4]

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน “ปลาแดดเดียว” ได้กำหนดขอบข่ายของผลิตภัณฑ์คือ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนครอบคลุมปลาที่ทำให้แห้งพอหมาด บรรจุในภาชนะบรรจุ และมีนิยามของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน “ปลาแดดเดียว” คือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำปลาสดทั้งตัวหรือที่ได้ตัดแต่งแล้ว เช่น ปลาช่อน ปลาสำลี ปลาสลิด มาล้างให้สะอาด อาจปรุงรสด้วยเครื่องปรุงรส เครื่องเทศ หรือสมุนไพร เช่น น้ำตาล น้ำปลา เกลือ ซีอิ๊วขาว กระเทียม รากผักชี พริกไทย ผงพะโล้ หมักให้เข้ากัน นำไปทำให้แห้งพอหมาด โดยใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์หรือแหล่งพลังงานอื่น ก่อนบริโภคต้องนำไปทำให้สุก โดยคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ปลาแดดเดียวที่ต้องการประกอบด้วย

- ลักษณะทั่วไป ในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องเป็นปลาชนิดเดียวกัน มีขนาดใกล้เคียงกัน ลำตัวหรือผิวหนังต้องไม่แตกหรือฉีกขาด

- สี ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของปลาแดดเดียว

- กลิ่น รส ต้องมีกลิ่นที่ดีตามธรรมชาติของปลาแดดเดียว ปราศจากกลิ่น รสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน กลิ่นเน่า

- ลักษณะเนื้อสัมผัส ต้องแน่น ไม่แข็งกระด้างหรือนิ่มเละ

- สิ่งแปลกปลอม ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์

- ค่า Water activity ต้องไม่เกิน 0.85

- วัตถุเจือปนอาหาร ห้ามใช้สีสังเคราะห์ทุกชนิด หรือหากมีการใช้วัตถุกันเสีย ให้ใช้ได้ตามชนิดและปริมาณที่กฎหมายกำหนด

- จุลินทรีย์ *Staphylococcus aureus* น้อยกว่า 200 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม *Escherichia coli* โดยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า 50 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม ยีสต์และรา ต้องไม่เกิน 500 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

2.1.2 ค่า Water activity (a_w) [5]

Water activity (a_w) เป็นอัตราส่วนของความดันไอของน้ำในอาหาร (P) ต่อความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ (P_o) ที่อุณหภูมิเดียวกัน ซึ่งคือความดันไอสัมพัทธ์

$$a_{w=} P/P_o$$

หรือวัดได้จากความชื้นสัมพัทธ์สมดุล (Equilibrium Relative Humidity, ERH) หารด้วย 100

$$a_w = \frac{ERH}{100}$$

ดังนั้นค่า Water activity จะมีค่า ตั้งแต่ 0-1

Water activity เป็นประโยชน์ต่อการเจริญของจุลินทรีย์ และปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ในอาหาร นำไปสู่การเสื่อมสภาพและเน่าเสียของอาหาร ดังตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างค่า Water activity ของน้ำและการเจริญของจุลินทรีย์ในอาหารชนิดต่าง ๆ ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างค่าแอกทิวิตีของน้ำและการเจริญของจุลินทรีย์ในอาหารชนิดต่าง ๆ [Fennema (1996)]

ค่า P/Po (a_w)	**จุลินทรีย์ที่ไม่เจริญในช่วงค่า a_w ต่ำกว่านี้**	**ชนิดของอาหารที่มีค่า a_w อยู่ในช่วงนี้**
1.00-0.95	*Pseudomonas , Escherichia , Proteus , Shigella Klebsiella , Bacillus , Clostridium perfringens* ยีสต์และราบางชนิด	ผัก ผลไม้ สด เนื้อสัตว์ ปลา น้ำนม ไส้กรอก อาหารที่มีน้ำตาล 40% หรือ เกลือ 7%
0.95-0.91	*Salmonella*, *Vibrio parahaemolyticus*, *C.botulinum*, *Serratia*, *Lactobacillus* , *Pediococcus*, ยีสต์ ราบางชนิด (*Rhodotorula*,*Pichial*)	เนยแข็ง แฮมน้ำผลไม้เข้มข้นบางชนิด อาหารที่มีน้ำตาลสูงถึง 55% หรือมีเกลือ 12%
0.91-0.87	Many yeasts (*Candida* , *Torulopsis*, *Hansenula*), *Micrococcus*	ไส้กรอกหมัก เค้กไข่เนยเทียม อาหารที่มีน้ำตาลสูงถึง 65% หรือ มีเกลือ 15%
0.87-0.80	Most molds (*mycotoxigenic penicillia*), *Staphylococcus aureus*, most *Saccharomyces* (*bailli*) spp., *Debaryomyces*	น้ำผลไม้เข้มข้นส่วนใหญ่ นมข้นหวาน น้ำเชื่อม ชอกโกแลต น้ำเชื่อมจากผลไม้หรือจากเมเปิล แป้ง ข้าว เมล็ดที่มีความชื้น 15-17% เค้กผลไม้
0.80-0.75	Most halophilic bacteria, mycotoxigenic aspergilli	แยม มาร์มาเลด มาร์ชเมโล
0.75-0.65	Xerophilic molds (*Apergillus chevalieri*, *A.candidus*, *Wallemia sebi*), *Saccharomyces bisporus*	เกล็ดข้าวโอ๊ตที่มีความชื้น 10% เยลลี่ ผลไม้แห้ง และพวกถั่ว

ค่า P/Po (a_w)	จุลินทรีย์ที่ไม่เจริญในช่วงค่า a_w ต่ำกว่านี้	ชนิดของอาหารที่มีค่า a_w อยู่ในช่วงนี้
0.65-0.60	Osmophillic molds (*Saccharomyces rouxii*), ราบางชนิด เช่น *Aspergillus echinulatus*, *Monascus bisporus*	ผลไม้แห้งที่มีความชื้น 15-20% น้ำผึ้ง ทอฟฟี่ และคาราเมล
0.50	ไม่มีจุลินทรีย์เจริญ	มักกะโรนี สปาเก็ตตีที่มีความชื้น 12% เครื่องเทศที่มีความชื้น 10%
0.40	ไม่มีจุลินทรีย์เจริญ	ไข่ผงที่มีความชื้น 5%
0.30	ไม่มีจุลินทรีย์เจริญ	คุกกี้ แครกเกอร์
0.20	ไม่มีจุลินทรีย์เจริญ	นมผงที่มีความชื้น 2-3% ผลไม้แห้ง และข้าวโพดแผ่นกรอบที่มีความชื้น 5%

ค่า Water activity จึงมีบทบาทสำคัญในการถนอมอาหารเป็นหลัก ซึ่งการถนอมอาหารมี 4 วิธีหลักได้แก่

1) การทำให้ตัวทำละลายเข้มข้นขึ้น (Concentration) เนื่องจากน้ำที่อยู่ในอาหารอยู่ในรูปสารละลาย หากสารละลายมีความเข้มข้นมากขึ้น จะทำให้ค่าความดันไอของน้ำในอาหาร และค่า Water activity ของน้ำในอาหารลดลง จุลินทรีย์จึงนำน้ำไปใช้ได้ยากขึ้น อาหารจึงอยู่ได้นานขึ้น โดยสารที่นิยมใช้ถนอมอาหารคือน้ำตาลและเกลือซึ่งมีคุณสมบัติสร้างพันธะกับน้ำอิสระได้ดี

2) การทำแห้ง (Dehydration) ด้วยการให้ความร้อนเพื่อระเหยน้ำอิสระออกไปจากอาหาร

3) การแช่เยือกแข็ง (Freezing) การทำให้น้ำอิสระเปลี่ยนจากของเหลวเป็นของแข็ง ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถน้ำไปใช้ประโยชน์ได้ และไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาเคมีกับองค์ประกอบต่าง ๆ ในอาหารได้

4) การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze drying) เป็นการทำให้น้ำอิสระกลายเป็นน้ำแข็ง และทำให้น้ำแข็งระเหิดกลายเป็นไอออกจากอาหารไป

โดยประเภทของอาหารที่ถูกถนอมตามค่า Water activity แบ่งออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

- อาหารสด (Fresh food) เป็นอาหารที่เน่าเสียง่าย (Perishable food) ที่มีค่า Water activity มากกว่า 0.85 เช่น เนื้อสัตว์ ผัก ผลไม้ อาหารทะเล

- อาหารกึ่งแห้ง (Intermediate moisture food) หมายถึง อาหารที่มีค่า Water activity ระหว่าง 0.6-0.85 เช่น นมข้นหวาน ผลไม้แช่อิ่ม กุ้งปรุงรส
- อาหารแห้ง (Dried food) หมายถึงอาหารที่มีค่า Water activity น้อยกว่า 0.6 เช่น นมผง ผักผลไม้อบแห้ง กุ้งแห้ง น้ำผลไม้ผง เก๊กฮวยผงชงดื่ม กระชายผงชงดื่ม หมูหยอง

2.1.3 หลักการออกแบบตู้อบแห้งปลาสลิด

เนื่องการออกแบบตู้อบแห้งปลาสลิดนี้ คณะผู้วิจัยได้พิจารณาตัวแปรหลักที่สำคัญ 4 ประการ คือ การใช้พลังงานหมุนเวียน การได้ผลผลิตเป็นปลาสลิดแดดเดียวที่มีคุณภาพ สามารถนำไปใช้งานและบำรุงรักษาได้ง่าย และใช้ต้นทุนต่ำ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) การนำพลังงานหมุนเวียน (Renewable energy) มาใช้เป็นพลังงานหลัก ซึ่งได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์กับพลังงานลม จากการที่ได้ลงสำรวจพื้นที่ตากปลาสลิดของผู้ประกอบการบริเวณบ้านสีล้ง อำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ พบว่าผู้ประกอบการจะใช้เฝือกไม้ไผ่ปูบนขาตั้งโดยพื้นที่บนเฝือก 3 ตารางเมตร จะตากปลาได้ประมาณ 100 กิโลกรัม ใช้เวลาในการตากประมาณ 3 – 4 ชั่วโมง ภายใต้เงื่อนไขแดดดีลมดี ซึ่งบริเวณที่ตากปลาอยู่ริมถนนสุขุมวิทสายเก่าช่วง กม. 60 – 70 เป็นพื้นที่อยู่ใกล้ทะเล แสงแดดจัดและมีลมพัดค่อนข้างสม่ำเสมอตลอดช่วงกลางวัน ข้อมูลจากแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ [6] พบว่าพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการได้รับรังสีโดยรวมจากดวงอาทิตย์อยู่ในระดับสูงคิดเป็นพลังงานอยู่ระหว่าง 18 – 22 เมกะจูล/ตารางเมตร-วัน ซึ่งพลังงานปริมาณนี้สามารถทำให้น้ำ 7 – 8 กิโลกรัม อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ระเหยเป็นไอได้ หากสร้างตู้ตากปลาที่มีพื้นที่รับแสง 3 ตารางเมตร ซึ่งวัสดุทางชีวภาพอย่างเช่นผิวหนังมนุษย์หรือไม้จะมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีในย่านอินฟราเรดอยู่ระหว่าง 0.9 – 0.99 [7] ประมาณ 90% ของพลังงานจากแสงแดดที่ผ่านเข้ามาในตู้จะสามารถเปลี่ยนไปเป็นความร้อนให้แก่เนื้อปลา พลังงานปริมาณนี้สามารถทำให้น้ำในเนื้อปลาระเหยได้ประมาณ 1,700 กรัมต่อชั่วโมง ซึ่งเพียงพอต่อการทำปลาสลิดแดดเดียว โดยไม่ต้องใช้เชื้อเพลิงความร้อนช่วย อย่างไรก็ตามไอน้ำปริมาณมากที่เกิดขึ้นต้องมีระบบการระบายออกที่ดี มิฉะนั้นจะเกิดการกลั่นตัวเป็นฝ้าและหยดน้ำจับอยู่ตามผิวกระจกและผนังตู้ด้านในรวมทั้งความชื้นบางส่วนจะไปจับที่เนื้อปลาซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ ทางหนึ่งในการแก้ปัญหาคือใช้พัดลมมอเตอร์ไฟฟ้าเพื่อระบายอากาศแต่วิธีการนี้ทำให้มีต้นทุนทางค่าพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นมาอีก จากข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ ผู้ประกอบการจะมีการใช้พัดลมมอเตอร์ไฟฟ้าเฉพาะในวันที่ไม่ค่อยมีแดดโดยจะใช้พัดลมเป่าใส่ปลาที่ตากไว้จนแห้งได้ที่ แต่หากมีลมธรรมชาติพัดดีถึงแม้ไม่ค่อยมีแดดก็สามารถตากปลา

ให้แห้งได้โดยไม่ต้องใช้พัดลม ในงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะทดลองพยายามนำลมธรรมชาติมาใช้ โดยจากแผนที่ศักยภาพลมในประเทศไทย พื้นที่จังหวัดสมุทรปราการบริเวณชายฝั่งมีความเร็วลมปกติที่พื้นผิว (สูงจากพื้นไม่เกิน 12 เมตร) เฉลี่ยอยู่ที่ 2.8 – 4 เมตรต่อวินาที [8] ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ปานกลางถึงต่ำ การดึงลมธรรมชาติให้เข้ามาในตู้โดยต้องผ่านแผ่นกรอง 1 ชั้น เพื่อป้องกันแมลงและลดฝุ่นละอองนั้นลมธรรมชาติเพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอ คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดจะใช้ลมธรรมชาติผสมกับการใช้พัดลมไฟฟ้ากำลังต่ำเพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้าและได้ผลผลิตที่มีคุณภาพเป็นที่พอใจทั้งผู้ประกอบการผู้ผลิตและผู้บริโภค

2) การได้ผลผลิตเป็นปลาสลิดแดดเดียวที่มีคุณภาพดีขึ้น การตากปลาแบบดั้งเดิมจะทำในที่เปิดโล่ง ซึ่งง่ายต่อการได้รับฝุ่นละอองปนเปื้อนที่มากับแมลงไต่ตอมและเขม่าควันจากรถยนต์หรือฝุ่นที่ลอยมากับอากาศหรือละอองฝน ในส่วนของหลังคาตู้ที่จะสร้างนี้จะใช้กระจกใส เพื่อให้รับแสงแดดรวมไปถึงกันแมลงและฝุ่นได้ โครงตู้จะใช้แสตนเลสซึ่งทนต่อความเป็นกรดและด่างของน้ำหมักจากตัวปลาได้ดี ไม่เป็นสนิม และทำความสะอาดง่าย ในส่วนของช่องระบายอากาศทั้งขาเข้าและขาออกจะต้องมีแผ่นกรองเพื่อป้องกันแมลงและลดปริมาณฝุ่นที่จะเข้ามาในตู้

3) นำไปใช้งานและบำรุงรักษาได้ง่าย ตู้ตากปลาที่จะเสนอให้ผู้ประกอบการทดลองใช้ควรมีวิธีการใช้ที่ไม่แตกต่างจากการตากปลาแบบดั้งเดิมมากนัก และสามารถล้างทำความสะอาดได้ง่าย เพื่อจูงใจให้ผู้ประกอบการยอมรับและนำไปใช้ได้ง่ายขึ้น ซึ่งมีผู้ประกอบการให้ข้อมูลว่าการใช้โดมขนาดใหญ่ที่ต้องเข้าไปเรียงปลาภายในโดมซึ่งร้อนและอับมาก แต่ถ้าหากผู้ประกอบการเลือกการเรียงปลาให้เสร็จภายนอกโดมแล้วจึงยกชั้นที่เรียงปลาไว้แล้วไปตากภายในโดม นอกจากจะทำให้มีขั้นตอนยุ่งยากขึ้นแล้วยังต้องใช้แรงงานเพิ่มขึ้นด้วย ส่วนในกรณีของการใช้สายพานลำเลียงหรือลิ้นชักขนาดใหญ่นั้น คณะคณะผู้วิจัยเห็นว่าจะทำให้มีต้นทุนสูงขึ้น

4) ใช้ต้นทุนต่ำ มีผู้ประกอบการบางรายให้ความเห็นว่าตู้ที่ตากปลาควรตากได้ครั้งละประมาณ 100 กิโลกรัม และมีราคาไม่สูงมากนักโดยมีต้นทุนไม่เกิน 30,000 บาท ซึ่งคณะผู้วิจัยได้นำข้อมูลส่วนนี้มาพิจารณาร่วมด้วย

2.2 อุปกรณ์และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง

ในขั้นตอนการทดสอบการทำงานของตู้อบแห้งปลาสลิด คณะผู้วิจัยได้นำเอาอุปกรณ์และเทคโนโลยีต่าง ๆ มาใช้ในการทดลองวัดค่าความชื้นของปลาสลิดตัวอย่างที่ได้จากการลงพื้นที่ การจัดเก็บและบันทึกค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ภายในตู้อบแห้งปลาสลิด ได้แก่ การประยุกต์ใช้อุปกรณ์

อิเล็กทรอนิกส์กับการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อสร้างเครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบแห้งปลาสลิด และการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าและเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์สำหรับใช้ในการพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิด รวมถึงการทดสอบประสิทธิภาพของกรวยรับลม ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้อง

เพื่อให้การงานวิจัยการพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิดบรรลุวัตถุประสงค์ คณะผู้วิจัยได้ดำเนินงานออกแบบและพัฒนาเครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบแห้งปลาสลิด โดยอุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาประกอบด้วย

1) ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) [9] คือ ชิปประมวลผลอย่างหนึ่งซึ่งทำหน้าที่ประมวลผลตามโปรแกรมหรือชุดคำสั่งเหมือนกับไมโครคอนโทรลเลอร์ โครงสร้างภายในเป็นวงจรรวมขนาดใหญ่ประกอบด้วย หน่วยคำนวณและตรรกะ (ALU: Arithmetic-Logic Unit) ตัวต้านทาน (Register) บัสข้อมูล (Data bus) บัสที่อยู่ (Address bus) พอร์ตขนาน (Parallel port) พอร์ตอนุกรม (Serial port) หน่วยความจำ (Memory) วงจรนับ (Counter circuit) วงจรนาฬิกา (Clock circuit) และวงจรอื่น ๆ รวมกันอยู่ภายใน Chip หรือ IC ไมโครคอนโทรลเลอร์ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในงานควบคุม สามารถติดต่อกับอุปกรณ์นำเข้า (Input device) และอุปกรณ์นำออก (Output device) ได้สะดวก ใช้งานง่าย สามารถทำงานได้โดย Chip เดียว มีคำสั่งที่สนับสนุนในการเขียนโปรแกรมควบคุมและสามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทางคณะผู้วิจัยเลือกใช้ในงานวิจัยนี้คือ Arduino Mega 2560 ดังแสดงไว้ในภาพที่ 2.1

ภาพที่ 2.1 Arduino Mega 2560 Microcontroller

โดย Ardunio ATMega 2560 board ทำหน้าที่เป็นหน่วยควบคุม ประมวลผลข้อมูลความชื้นและอุณหภูมิเฉลี่ยจาก DHT22 Sensor ทั้ง 6 ตัวภายในตู้อบแห้งปลาสลิด พร้อมบันทึกวันเวลาและค่าที่ประมวลผลได้ลงสู่ SD Card

2) Real Time Clock (RTC) ทำหน้าที่เป็นนาฬิกาของระบบ สามารถแสดงได้ทั้งวันและเวลาทั้งแบบ 24 หรือ 12 ชั่วโมง ซึ่งคณะผู้วิจัยได้เลือก RTC DS3231 มาใช้ในการจับเวลาการทำงานของเครื่องมือวัดความชื้นและอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งปลาสลิด ดังแสดงไว้ในภาพที่ 2.2

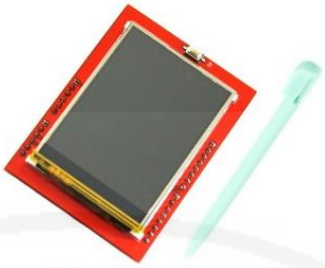
ภาพที่ 2.2 Real Time Clock DS3231

3) อุปกรณ์นำเข้าที่เกี่ยวข้อง (Input device) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดเก็บและบันทึกข้อมูลค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ภายในตู้อบแห้งปลาสลิด ประกอบด้วย ตัวรับรู้อุณหภูมิและความชื้น (Temperature and Humidity sensor) และตัวรับรู้ความชื้น (Moisture sensor)

ตัวรับรู้อุณหภูมิและความชื้นที่ทางคณะผู้วิจัยเลือกใช้ในงานวิจัยนี้คือ DHT22 Digital Temperature Humidity Sensor Module ดังแสดงไว้ในภาพที่ 2.3

ภาพที่ 2.3 DHT22 Digital Temperature Humidity Sensor Module

4) อุปกรณ์นำออกที่เกี่ยวข้อง (Output device) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการแสดงผลค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ตรวจวัดได้ภายในตู้อบแห้งปลาสลิด ผ่านการประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์ อุปกรณ์นำออกที่ทางคณะผู้วิจัยเลือกใช้ในงานวิจัยนี้คือ TFT LCD SPFD5408 2.4 inch ดังแสดงไว้ในภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 TFT LCD SPFD5408 2.4 inch

5) อุปกรณ์บันทึกข้อมูล (Storage device) ใช้สำหรับจัดเก็บข้อมูลวัน เวลา ความชื้นและอุณหภูมิของ DHT22 Sensor ทั้ง 6 ตัวพร้อมค่าเฉลี่ยที่ไมโครคอนโทรลเลอร์คำนวณได้ ซึ่งคณะผู้วิจัยได้เลือกใช้ SD Card module และ SD Card ขนาด 512 MB ดังแสดงไว้ในภาพที่ 2.5

ภาพที่ 2.4 TFT LCD SPFD5408 2.4 inch

2.2.2 อุปกรณ์ไฟฟ้าและเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง

เพื่อให้การงานวิจัยการพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิดบรรลุวัตถุประสงค์ คณะผู้วิจัยได้ดำเนินงานการทดลองวัดปริมาณอากาศที่ไหลเข้าตู้ผ่านกรวยดักลมสัมพัทธกับความเร็วลมผิวพื้นค่าต่าง ๆ โดยอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย

1) พัดลมดูดอากาศ ใช้เป่าลมเข้าไปในตู้เพื่อไล่ความชื้นภายในตู้ ร่วมกับกรวยรับลึม ซึ่งคณะผู้วิจัยได้เลือกใช้พัดลมดูดอากาศยี่ห้อมิตซูบิชิ รุ่น EX-20SKCST กำลังไฟฟ้าขนาด 19 วัตต์ ดังภาพที่ 2.6 ปริมาตรลม 530 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

ภาพที่ 2.5 พัดลมดูดอากาศยี่ห้อมิตซูบิชิ รุ่น EX-20SKCST

2) เครื่องวัดอัตราเร็วลม (Anemometer) แบบใบพัดหมุน ใช้สำหรับวัดอัตราเร็วลมที่ผ่านกรวยรับลม เพื่อทอสอบประสิทธิภาพของกรวยรับลม และวัดอัตราเร็วลม ณ สถานที่จริงที่จะมีการนำตู้อบแห้งปลาสลิดที่พัฒนาขึ้นไปใช้งาน ซึ่งคณะผู้วิจัยได้เลือกใช้เครื่องวัดอัตราเร็วลม ยี่ห้อ Gadget Z รุ่น GM8901 สำหรับทำการทดลอง ดังแสดงไว้ในภาพที่ 2.6

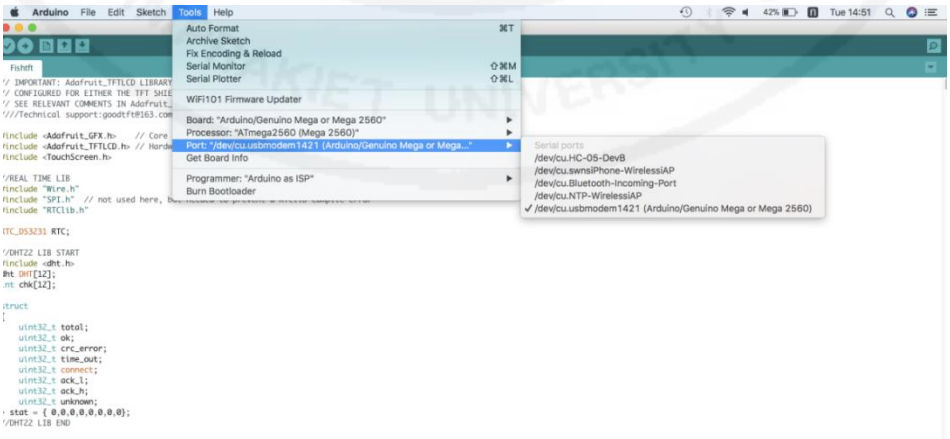
ภาพที่ 2.6 เครื่องวัดอัตราเร็วลม Gadget Z รุ่น GM8901

2.2.3 การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ลงบนไมโครคอนโทรลเลอร์

การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์บนไมโครคอนโทรลเลอร์ [10] ไม่ว่าจะเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลใดก็ตาม มีขั้นตอนต่าง ๆ เหมือนกัน อาจจะแตกต่างกันเล็กน้อยตรงภาษาโปรแกรมและซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม ส่วนขั้นตอนอื่น ๆ เหมือนกัน ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1) การตั้งปัญหาและการวิเคราะห์ปัญหา
2) การออกแบบสถาปัตยกรรมระบบ
3) การออกแบบวงจรและการทำงานส่วนฮาร์ดแวร์
4) การออกแบบขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหา (Algorithm) ส่วนซอฟต์แวร์ด้วยผังงาน
5) การเขียนโปรแกรม (Programming)
6) การจำลองการทำงานของโปรแกรม
7) การโปรแกรมลงบนชิปไมโครคอนโทรลเลอร์
8) การทดสอบการทำงานของโปรแกรม
9) การสร้างชิ้นงานให้สมบูรณ์

ซึ่งการเขียนโปรแกรม ผู้พัฒนาจำเป็นต้องใช้ซอฟต์แวร์ Arduino IDE ซึ่งมีสภาพแวดล้อมสำหรับการพัฒนาโปรแกรมลงบนไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล Arduino โดยภาษาโปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมคือภาษา C/C++ ดังแสดงไว้ในภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 Arduino IDE ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เพื่อให้การออกแบบและพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิดประสบความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังรายละเอียดต่อไปนี้

Janjai, S., Lamlert และคณะ [11]

งานวิจัยนี้นำเสนอประสิทธิภาพของการทดลองการทำลำใยอบแห้งโดยใช้การผ่านลมร้อนจากการเผาชีวมวลและแบบจำลองการอบแห้งลำใยทั้งลูก โรงอบจำเป็นต้องประกอบด้วยส่วนเผาชีวมวลและถังอบแห้งซึ่งคำนวณทิศทางการไหลของลมร้อนไว้ล่วงหน้า โรงอบ 3 โรง ทดสอบอบลำใยทั้งลูกที่ขนาด 2,000 กก. 1,500 กก. และ 1,000 กก. พบว่าไม่มีความต่างของอุณหภูมิและความชื้นอย่างมีนัยสำคัญระหว่างตำแหน่งต่าง ๆ ในถังอบ ยกเว้นส่วนที่ลมเข้าและลมออก ($p<0.05$) ลูกลำใยทั้งลูกจะถูกอบจากความชื้น 74% (wb) เหลือ 14% (wb) โดยใช้เวลา 60, 54 และ 48 ชม. สำหรับโรงอบขนาด 2,000 กก. 1,500 กก. และ 1,000 กก. ตามลำดับ คุณภาพของผลิตภัณฑ์ยังดีกว่าเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์คุณภาพสูงในท้องตลอดอีกด้วย partial differential equations ถูกพัฒนาขึ้นมาชุดหนึ่งเพื่อจำลองประสิทธิภาพของการอบลำใยทั้งลูก และใช้เทคนิค finite difference ในการแก้สมการแบบจำลองที่สร้างขึ้นเข้ากันได้ดีกับผลการทดลอง ซึ่งสามารถนำไปใช้ออกแบบโรงอบที่เหมาะสมได้ต่อไป

Janjai, S. [12]

ในการศึกษานี้ได้พัฒนาเรือนกระจกเพื่ออบแห้งสำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็กเพื่อเผยแพร่ โรงอบประกอบด้วยโครงสร้างรูปพาราโบล่าที่หุ้มด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนตและมีพื้นเป็นคอนกรีต ความกว้าง 8 เมตร ยาว 20 เมตร สูง 3.5 เมตร ซึ่งสามารถอบผักหรือผลไม้ได้ครั้งละ 1 ตัน และเพื่อมั่นใจได้ว่าจะอบแห้งได้อย่างต่อเนื่องจึงมีเตา LPG ขนาด 100 kW สำหรับสร้างลมร้อนประกอบด้วยเพื่อใช้ในวันที่มีเมฆมากหรือฝนตก นอกจากนี้โรงอบยังมีพัดลมขนาด 15 W DC เก้าตัวขับเคลื่อนโดยโซล่าเซลล์ขนาด 50 W 3 แผง เพื่อระบายอากาศ โรงอบนี้ถูกสร้างขึ้นในบริเวณอุตสาหกรรมอาหารขนาดเล็กที่จังหวัดนครปฐมเพื่ออบมะเขือเทศ และเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของโรงอบ จึงทดลองอบมะเขือเทศ 3 ชุด ผลจากการทดลองแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิในโรงอบกระจายอยู่ระหว่าง 35 ถึง 65 องศาเซลเซียส และใช้เวลาอบแห้งน้อยกว่าการตากแห้งธรรมดา 2-3 วัน และได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ นอกจากนี้ยังได้พัฒนาสมการอนุพันธ์อธิบายการถ่ายเทความร้อนและความชื้นในระหว่างการอบแห้งขึ้นมาอีกด้วย และสมการดังกล่าวก็เข้ากันได้ดีกับผลการทำลอง เพื่อการเผยแพร่ทีมงานจึงสร้างโรงอบแบบเดียวกันอีกสองแห่งในประเทศไทย และผลการทดลองก็เป็นที่น่าพอใจ

Nabnean และคณะ [13]

งานวิจัยนี้เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของโรงอบแห้งมะเขือเทศเชอรี่แบบใหม่ โดยโรงอบประกอบไปด้วย ตู้อบแห้ง ตัวแลกเปลี่ยนความร้อน เครื่องต้มน้ำด้วยแสงอาทิตย์ขนาด 16 ตาราง เมตร และเครื่องเก็บความร้อนด้วยน้ำ ตู้อบแห้งมีขนาดกว้าง 1 เมตร ยาว 3 เมตร สูง 1.4 เมตร โดยสามารถจุมะเขือเชอรี่ได้ 100 kg โดยได้ทดสอบการอบ 3 ครั้งในช่วงเดือน พ.ค.-มิ.ย. ครั้งละ 100 kg การอบด้วยโรงอบแบบใหม่นี้ลดเวลาการอบได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการอบแห้งด้วยการตากแดดโดยตรง ผลิตภัณฑ์อบแห้งถูกป้องกันอย่างสมบูรณ์จากฝนและแมลงและยังเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูง ประสิทธิภาพของตัวเก็บพลังงานแสงอาทิตย์คือ 21-69% และมีระยะเวลาคืนทุน 1.37 ปี

ชลันทร พจนา และ รัฐพล [14]

งานวิจัยนี้เป็นปริญญานิพนธ์เกี่ยวกับการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งลมร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ โดยประกอบด้วยแผงผลิตน้ำร้อน ถังเก็บน้ำร้อน ขดลวดความร้อน และอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน โดยทำการทดลองกับการอบใยผ้าอัดแผ่นจำนวน 10 กิโลกรัม ซึ่งมีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 300% (dry basis) จนกระทั่งเหลือความชื้นสุดท้ายประมาณ 50% (dry basis) ทดสอบที่อุณหภูมิ 50 55 และ 60 องศาเซลเซียส พบว่าการใช้แผงทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ทำอุณหภูมิตั้งแต่เริ่มต้น ถึงสภาวะที่เหมาะสมที่สุดคือที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีอัตราการอบแห้งเฉลี่ยที่ 0.080 kg/hr โดยมีประสิทธิภาพของแผงทำความร้อนเฉลี่ย 22% และประสิทธิภาพเฉลี่ยของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ 39% เมื่อการใช้ขดลวดความร้อนทำอุณหภูมิตั้งแต่เริ่มต้นของน้ำจนถึงอุณหภูมิที่กำหนด โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 60 องศาเซลเซียส มีอัตราการอบแห้งเฉลี่ยที่ 0.124 kg/hr โดยมีประสิทธิภาพของแผงทำความร้อนเฉลี่ย 53% และประสิทธิภาพเฉลี่ยของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ 52%

ฮาติมมี บากา และคณะ [15]

การศึกษาประสิทธิภาพการอบแห้งของปลาช่อนด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมไฟฟ้าจากการทดลองตู้อบแห้งปลาช่อนพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมไฟฟ้าที่ใช้ในการศึกษา พบว่ามีประสิทธิภาพการทำให้แห้งมากที่สุด เมื่อได้เทียบกับการอบแห้งด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์และการตากด้วยวิธีการทางธรรมชาติ ซึ่งปลาช่อนได้จากการทดลองมีน้ำหนัก 567.6 กรัม 672.6 กรัม และ 808.8 กรัม ตามลำาดับ และอัตราส่วนความชื้นการอบปลาช่อนด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมไฟฟ้า มีอัตราส่วนความชื้นต่ำสุดกว่าการอบแห้งด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์และการตากด้วยวิธีการทางธรรมชาติ ซึ่งอัตราส่วนความชื้นการอบปลาช่อนด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมไฟฟ้า มีอัตราส่วน

ความชื้นเท่ากับ 0.34 เปอร์เซ็นต์ การอบปลาช่อนด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว มีอัตราส่วนความชื้นเท่ากับ 0.49 เปอร์เซ็นต์ และการตากด้วยวิธีการทางธรรมชาติ มีอัตราส่วนความชื้นเท่ากับ 0.60 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนความชื้นการอบปลาช่อนด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมไฟฟ้า มีอัตราส่วนความชื้นต่ำสุดเนื่องจากมีค่าอุณหภูมิที่สูงทำาให้ค่าความชื้นของ ปลาช่อนลดลงอย่างรวดเร็วและดีที่สุดส่วนพลังงานความร้อนภายในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมไฟฟ้า มีอุณหภูมิสูงกว่าพลังงานความร้อนภายในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวและการตากด้วยวิธีการทางธรรมชาติและประสิทธิภาพการอบแห้งของปลาช่อนด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมไฟฟ้าสามารถลดระยะเวลาในการทำให้แห้งของปลาช่อนได้เร็วกว่าการอบแห้งด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์และตากด้วยวิธีการทางธรรมชาติ และกรณีผู้ที่สนใจที่ต้องการศึกษาการออกแบบตู้อบอาจจะเพิ่มพื้นที่ของตู้อบแห้งให้กว้างขึ้น และในการออกแบบตู้อบอาจจะเพิ่มตัวเก็บพลังงานความร้อนภายในตู้อบแห้ง

จากการศึกษาทฤษฎี หลักการและเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานวิจัย รวมถึงงานวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ทำให้คณะผู้วิจัยได้แนวทางในการดำเนินงานการพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิด โดยรายละเอียดของการดำเนินงานจะปรากฏในเนื้อหารายงานบทที่ 3 ต่อไป

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย และการดำเนินงาน

เพื่อให้ผลการพัฒนางานวิจัยตู้อบแห้งปลาสลิดสัมฤทธิ์ผล และเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของโครงการ คณะผู้วิจัยจึงได้กำหนดวิธีการศึกษา และระเบียบวิธีวิจัยดังนี้

3.1 วิธีการวิจัย

ขั้นตอนการศึกษาและพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิด เพื่อใช้ในการตากปลาสลิดให้ได้ตามวัตถุประสงค์ของโครงการ แบ่งได้เป็น 9 ขั้นตอน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) ศึกษาพารามิเตอร์ที่เกี่ยวกับการทำให้ปลาสลิดมีความชื้นลดลง โดยคณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษารูปแบบของตู้อบแห้งหรือโรงเรือนแบบต่าง ๆ จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2) การลงพื้นที่เพื่อศึกษา สัมภาษณ์และเก็บข้อมูลจากเกษตรกรและกลุ่มผู้ประกอบการจำหน่ายปลาสลิดแดดเดียวเกี่ยวกับรูปแบบการตากแห้งปลาสลิดด้วยวิธีดั้งเดิม เพื่อให้ทราบถึงรูปแบบการวางปลา และพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการตากแห้งปลาสลิด ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น และลม

3) การศึกษาและวิเคราะห์ค่าความชื้นและค่า a_w ของปลาสลิดตัวอย่างที่ได้จากการลงพื้นที่เพื่อใช้เป็นข้อมูลเปรียบเทียบกับปลาสลิดที่ได้จากการทดลองตากด้วยตู้อบแห้งปลาสลิดที่คณะผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น

4) การออกแบบและพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิด โดยการคำนึงถึงพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องที่ได้จากขั้นตอนที่ 1) และ 2) การใช้พลังงานหมุนเวียน ใช้งานง่าย ได้ผลผลิตปลาสลิดแดดเดียวที่มีคุณภาพดีขึ้นคือสะอาด ปลอดภัย และมีต้นทุนไม่สูงเกินไป

5) การออกแบบและทดสอบประสิทธิภาพของกรวยรับลม เพื่อสรุปวิธีการใช้งานพลังงานลมและคำนวณจุดคุ้มทุนที่เหมาะสมกับการอบแห้งปลาสลิด

6) การออกแบบและพัฒนาเครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้แบบอัตโนมัติด้วยการประยุกต์ใช้หลักการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์กับการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อนำไปหาค่าความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ที่มีผลต่อคุณภาพของปลาสลิดแดดเดียวที่เป็นผลผลิตจากตู้อบแห้งปลาสลิด และเงื่อนไขที่เหมาะสมกับการใช้ตู้อบแห้งปลาสลิด

7) การทดลองตากปลาสลิดด้วยตู้อบแห้งปลาสลิด โดยทำการทดลองและปรับปรุงรูปแบบการใช้งานให้เหมาะสมกับตู้ที่พัฒนาขึ้น และเพื่อรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์

8) สรุปผลการวิจัย วิธีการใช้งานตู้ที่เหมาะสม พร้อมข้อเสนอแนะ

9) เผยแพร่ผลงานวิจัย

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ในการลงพื้นที่ศึกษาจะพิจารณาเกษตรกรที่เป็นผู้ประกอบการที่อยู่ในเขตพื้นที่ตำบลคลองด่าน อำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ และเป็นผู้ทำการแปรรูปปลาสลิดเป็นปลาสลิดตากแห้งด้วยตัวเองหรือมีการรวมตัวกันเป็นกลุ่มทำการแปรรูปปลาสลิดเพื่อจำหน่าย เพื่อให้ได้เงื่อนไขด้านพื้นที่ที่จำกัด และข้อมูลการทำปลาสลิดตากแห้งที่ตรงตามความเป็นจริง ศักยภาพต่อการลงทุนเพิ่มเติมของผู้ประกอบการในส่วนตู้อบแห้งปลาสลิด ทัศนคติของผู้ประกอบการที่มีต่อการลงทุน รวมถึงราคาต้นทุนของตู้ที่ผู้ประกอบการยอมลงทุน

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผลการดำเนินโครงการจะพิจารณาจากการทดสอบการใช้ตู้อบแห้งที่พัฒนาขึ้น โดยพิจารณาผลของปลาสลิดที่แห้งได้เหมือนที่มีจำหน่ายทั่วไป มีการเก็บตัวอย่างปลาที่ตากไปตรวจหาค่าประมาณเชื้อต่าง ๆ และทดสอบค่า a_w ในห้องปฏิบัติการ นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาเครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์แบบอัตโนมัติ โดยใช้ตัวรับรู้จำนวน 6 จุดเพื่อบันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้แบบทันทีทันใด (Real time) เพื่อจะได้นำความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์มาหาเงื่อนไขการใช้งานของตู้อบแห้งปลาสลิดได้อย่างเหมาะสม ส่วนการพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิด คณะผู้วิจัยมีแนวคิดในการออกแบบส่วนของการนำพลังงานธรรมชาติมาใช้งาน ในที่นี้หมายถึงพลังงานลม เนื่องจากพื้นที่ตั้งของร้านแปรรูปและจำหน่ายปลาสลิดแดดเดียวเป็นพื้นที่ที่มีลมธรรมชาติพัดผ่าน ซึ่งจะเป็นส่วนที่ทำให้ต้นทุนในการพัฒนาตู้เพิ่มมากขึ้น จึงจำเป็นต้องมีการทดสอบประสิทธิภาพของกรวยรับลม โดยใช้เครื่องมือวัดอัตราเร็วลม (Anemometer) และคำนวณปริมาณลมเข้าตู้จากสมการทางฟิสิกส์ เพื่อให้ทราบถึงวิธีการใช้ตู้ที่เหมาะสม

3.4 การดำเนินงาน

การดำเนินโครงการได้แบ่งออกเป็น 4 ส่วนหลัก คือ ส่วนการลงพื้นที่สำรวจข้อมูล ส่วนการพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิด ส่วนการพัฒนาเครื่องมือวัดค่าคุณสมบัติทางกายภาพ (อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์) ภายในตู้ เพื่อใช้บันทึกค่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้ขณะตากปลาสลิดแบบ Real time และส่วนการทดสอบการใช้งานตู้อบแห้งปลาสลิด ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.4.1 การลงพื้นที่สัมภาษณ์กลุ่มผู้ประกอบการเป้าหมาย (กลุ่มผู้แปรรูปปลาสลิดแดดเดียว)

เพื่อให้การออกแบบและพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิด สามารถใช้ในการแปรรูปปลาสลิดแดดเดียวได้ใกล้เคียงกับวิธีดั้งเดิมของกลุ่มเกษตรกรหรือผู้ประกอบการ คณะผู้วิจัยจึงได้ทำการลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลมาใช้ประกอบการดำเนินการวิจัย โดยจัดทำเป็นข้อคำถามจำนวน 11 ข้อ ดังรายละเอียดที่ปรากฏในภาคผนวก ก ภายหลังจากการลงพื้นที่ คณะผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์มาประมวลผล ซึ่งสามารถสรุปได้เป็น 2 ประเด็นหลักที่สำคัญดังนี้

1) ด้านบริบทของสังคม

เนื่องจากผู้ประกอบการส่วนใหญ่ยังไม่ได้มีการรวมกลุ่มกันอย่างเหนียวแน่น (กลุ่มวิสาหกิจชุมชน หรือสหกรณ์หรือกลุ่มอื่น ๆ มีเพียงผู้ประกอบการบางรายที่มีการรวมตัวกัน) การแข่งขันด้านการตลาดจึงเป็นเฉพาะร้าน และแข่งขันกันเอง ส่วนกระบวนการแปรรูปปลาสลิดแดดเดียวที่มีขายทั่วไปยังใช้กรรมวิธีที่คล้ายกัน ส่วนที่แตกต่างกันคือสูตรที่ใช้ในการหมักปลาสลิด จากการลงพื้นที่ศึกษาพบว่า การที่จะให้ผู้ประกอบการเปลี่ยนรูปแบบการตากจากแบบดั้งเดิม คือเปลี่ยนจากการตากบนเฝือกไม้ไผ่มาใช้ตู้ตากหรือโดมนั้น ปัจจัยหลักคือต้นทุนของตู้ตากหรือโดมที่ใช้ตาก ซึ่งราคาต้นทุนของตู้ตากที่ได้จากการลงพื้นที่สอบถามจะอยู่ที่ราคาไม่เกิน 30,000 บาท ส่วนผู้ประกอบการรายย่อยบางรายยังไม่พร้อมที่จะลงทุน เนื่องจากวิธีดั้งเดิมยังสามารถขายปลาสลิดแดดเดียวได้ โดยไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนมาใช้ตู้ตาก เพราะจะเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิต อย่างไรก็ตาม มีผู้ประกอบการบางราย (ที่สัมภาษณ์มี 1 ราย) ที่พร้อมลงทุนและได้มีการลงทุนสร้างโดมตากปลาสลิดด้วยทุนทรัพย์ของตัวเอง แต่ยังพบปัญหาหลายอย่าง เช่น ปลาที่ตากไม่ได้คุณภาพเหมือนตากด้วยวิธีแบบดั้งเดิม มีแมลงวันตอมมากกว่าตากด้วยวิธีเดิม ปลาที่ตากเน่าเสีย สภาพอากาศข้างในโดมไม่เอื้อต่อการทำงานเนื่องจากร้อนและอบอ้าว เป็นต้น ดังนั้นการที่จะผลักดันให้ผู้ประกอบการเปลี่ยนวิธีการตาก จึงต้องเน้นไปที่กลุ่มเกษตรที่มีความพร้อมในการลงทุนและกลุ่มที่ยินดีปรับเปลี่ยนรูปแบบการตากปลาสลิดแดดเดียว ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงต้องออกแบบตู้อบแห้งที่มีต้นทุนต่ำ เอื้อต่อการทำงานของผู้ประกอบการ และคงคุณภาพของปลาสลิดแดดเดียว เพื่อให้ผู้ประกอบการที่สนใจสามารถนำตู้ไปใช้งานได้จริงในอนาคต และชี้ให้ผู้ประกอบการรายย่อยอื่น ๆ ทราบถึงผลประโยชน์หรือข้อดีที่เกิดขึ้นจากการใช้ตู้ตากแทนการตากแบบดั้งเดิม

2) ด้านลักษณะการแปรรูปปลาสลิดแดดเดียว

ในการลงพื้นที่สัมภาษณ์ผู้ประกอบการผู้แปรรูปปลาสลิดแดดเดียว คณะผู้วิจัยจำเป็นต้องการทราบถึงวิธีการตาก ลักษณะและขนาดอุปกรณ์ที่ใช้ตาก รูปแบบการเรียงปลาขณะตาก ลักษณะของปลาสลิดแดดเดียวที่พร้อมจำหน่าย รวมถึงความพร้อมเรื่องงบประมาณที่จะลงทุน ซึ่งสรุปผลได้ดังนี้

2.1) อุปกรณ์ที่ใช้ตากจะเป็นเฝือกไม้ไผ่ หรือตาข่ายพลาสติกที่มีความกว้างประมาณ 1.2-1.5 เมตร ส่วนความยาวขึ้นอยู่กับพื้นที่ของแต่ละร้าน โดยบริเวณที่ตากคือตากข้างถนนหน้าร้านและข้างร้านที่จำหน่าย ไม่มีวัสดุปกคลุม ผู้ประกอบการส่วนใหญ่รับปลาสลิดมาแปรรูป ไม่ได้เพาะเลี้ยงเอง แต่มีบางรายที่เป็นทั้งผู้เพาะเลี้ยงและแปรรูป ดังภาพที่ 3.1 และรายละเอียดที่ปรากฏในภาคผนวก ข

ภาพที่ 3.1 การตากปลาสลิดแดดเดียวบนเฝือกไม้ไผ่

2.2) การพิจารณาปลาสลิดแดดเดียวที่พร้อมจำหน่ายไม่มีการวัดด้วยเครื่องมือวัดทางวิทยาศาสตร์ แต่อาศัยประสบการณ์ของผู้ประกอบการแปรรูปเป็นหลัก โดยจากการสัมภาษณ์พบว่าเกษตรกรบางรายใช้วิธีพิจารณาจากระยะเวลาที่ตากเป็นประจำสม่ำเสมอคือ 2 ถึง 3 ชั่วโมง กลับปลาทุก 1-1.5 ชั่วโมง บางรายใช้วิธีพิจารณาจากหนังปลาว่ามีความตึงและลายของเฝือกไม้ไผ่ไม่ปรากฏเป็นต้น

2.3) ผู้ประกอบการมีความสนใจที่จะเปลี่ยนมาใช้โดมหรือตู้อบแห้งปลาสลิด แต่มีปัญหาเรื่องต้นทุนที่ค่อนข้างสูง ส่งผลให้ผู้ประกอบการไม่พร้อมลงทุน เนื่องจากส่วนใหญ่เป็นผู้ประกอบการรายย่อย และปัจจุบันยังสามารถจำหน่ายปลาสลิดแดดเดียวได้โดยไม่มีปัญหาเรื่องการขาย

3) ด้านการศึกษาลักษณะของคุณภาพของปลาสลิดแดดเดียวตัวอย่าง

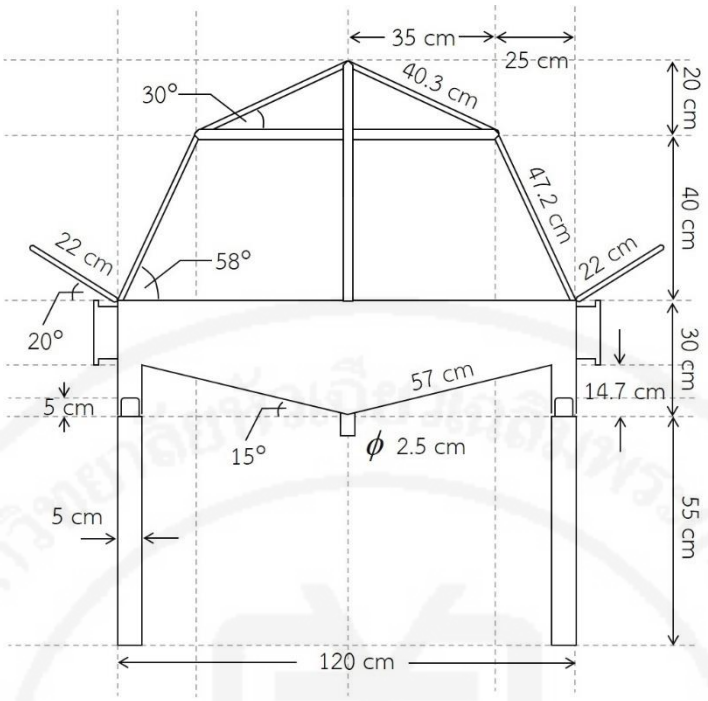
การลงพื้นที่สัมภาษณ์เกษตรและกลุ่มผู้ประกอบการปลาสลิดแดดเดียว นอกจากจะทำให้คณะผู้วิจัยได้ข้อมูลเกี่ยวกับบริบททางสังคมและลักษณะการแปรรูปลาสลิดแดดเดียวแล้ว คณะผู้วิจัยยังได้เก็บตัวอย่างปลาสลิดแดดเดียวจากผู้ประกอบการมาเพื่อทำการศึกษาลักษณะทางชีวภาพของปลาสลิดแดดเดียวตัวอย่าง โดยคณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค่าความชื้นของปลาสลิดแดดเดียวตัวอย่างที่ได้จากการลงพื้นที่ด้วยการทดลองหาค่าความชื้นของปลาสลิดแดดเดียวตัวอย่างด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ดังรายละเอียดที่ปรากฏในภาคผนวก ค และการหาค่า a_w ในห้องปฏิบัติการ เพื่อใช้เป็นข้อมูลเปรียบเทียบกับปลาสลิดแดดเดียวที่เป็นผลผลิตจากตู้อบแห้งปลาสลิด ซึ่งได้รายงานไว้ในบทที่ 4

3.4.2 การออกแบบและพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิด

จากข้อมูลที่ได้จากการลงพื้นที่สัมภาษณ์ผู้ประกอบการแปรรูปปลาสลิดแดดเดียว คณะผู้วิจัยได้นำข้อมูลทั้งหมดมาใช้ประกอบการออกแบบร่างต้นแบบของตู้อบแห้งปลาสลิด โดยใช้หลักฟิสิกส์ในการออกแบบ เช่น ออกแบบรูปทรงของตู้ให้การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ การมีตัวสะท้อนแสงเพื่อเพิ่มอุณหภูมิภายในตู้ มีการดึงลมจากธรรมชาติมาใช้ โดยสร้างตัวรับลมจากธรรมชาติ (กรวยรับลม) และที่สำคัญความสูงและความกว้างของตู้มีการออกแบบให้เหมาะกับสรีระของคนที่ทำงาน เพื่อป้องกันความเมื่อยล้าที่จะเกิดขึ้นจากการตากปลาสลิด และยังคงความเคยชินให้กับผู้ใช้งาน

1) การออกแบบส่วนประกอบหลักของตู้อบแห้งปลาสลิด

ในการออกแบบส่วนประกอบหลักของตู้อบแห้งปลาสลิด คณะผู้วิจัยได้พิจารณาจากการทำให้วิธีการตากไม่แตกต่างจากการตากบนเฝือกไม้ไผ่ คือ ความสูงพอเหมาะ ความกว้างเท่ากับช่วงแขน (ประมาณ 60 เซนติเมตร) สามารถตากได้ 2 ด้าน มีการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้มากที่สุด มีตัวระบายความชื้นภายในตู้ สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 3.2 และ ภาพที่ 3.3 ตามลำดับ

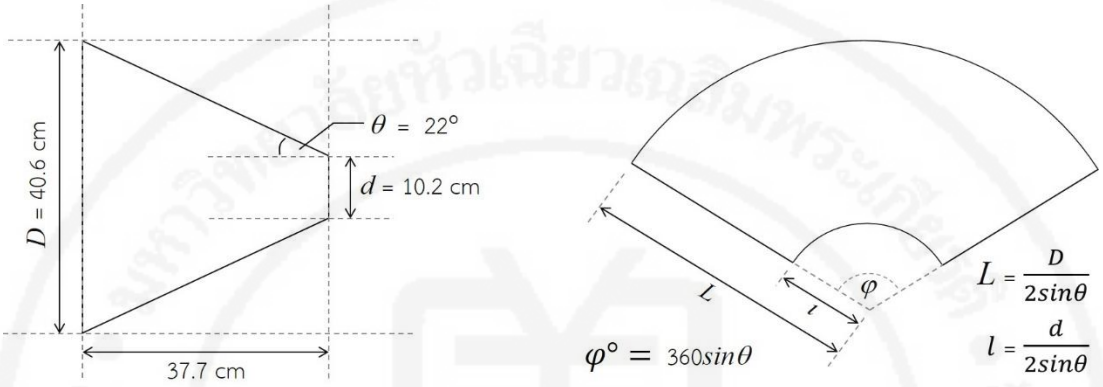


ภาพที่ 3.2 ภาพร่างด้านหน้าพร้อมข้อมูลขนาดของตู้ตากปลาสลิด

ภาพที่ 3.3 ภาพร่างด้านบนพร้อมข้อมูลขนาดของตู้ตากปลาสลิด

2) การออกแบบส่วนประกอบย่อยของตู้อบแห้งปลาสลิด

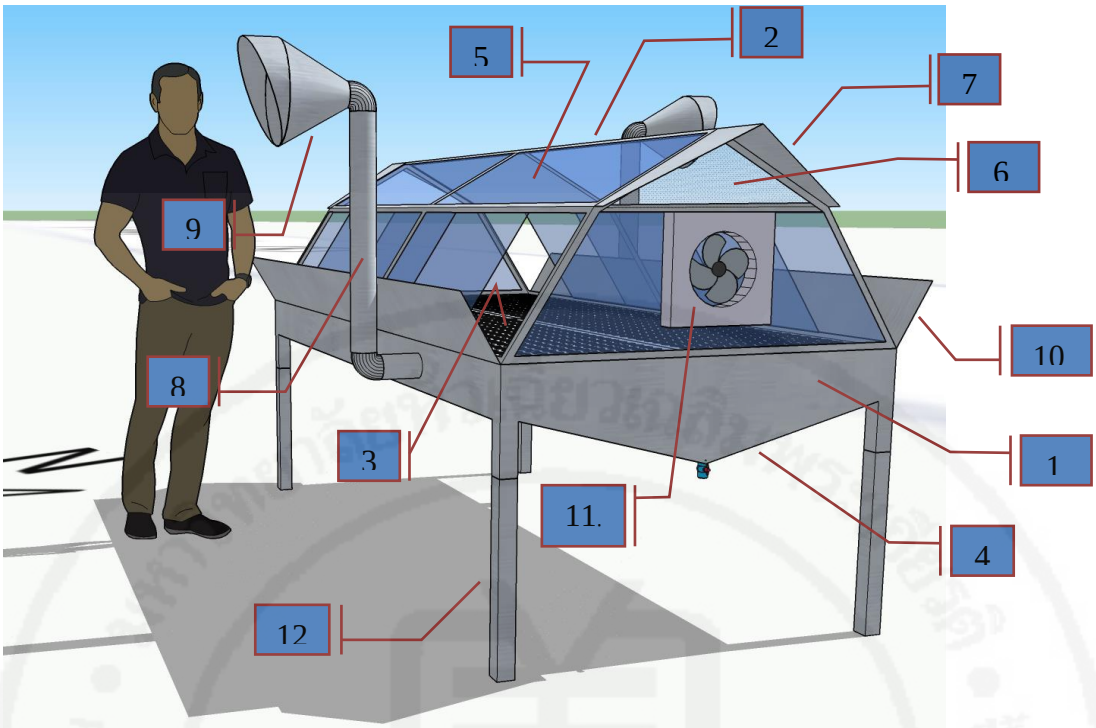
ส่วนนี้เป็นการออกแบบส่วนที่นำพลังานลมจากธรรมชาติมาใช้ เนื่องจากแหล่งที่ตากอยู่ใกล้ชายฝั่งทะเลมีลมพัดค่อนข้างแรง แต่เนื่องจากส่วนนี้เป็นส่วนที่เพิ่มต้นทุนการผลิตด้วยเช่นกัน ดังนั้นจึงต้องทำการศึกษาประสิทธิภาพเพิ่มเติม เพื่อจะได้คุ้มค่ากับการลงทุน โดยรูปแบบของกรวยรับลมแสดงดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 ภาพแสดงวิธีการตัดแผ่นแสตนเลสเพื่อทำกรวยรับลม

3) การออกแบบภาพรวมของตู้อบแห้งปลาสลิด

ส่วนนี้เป็นการออกแบบตู้อบแห้งปลาสลิดในภาพรวม ซึ่งคณะผู้วิจัยได้คำนึงถึงวัสดุที่ใช้ในการจัดทำตู้ รวมถึงการออกแบบตู้ให้มีความคงทน สามารถประกอบและติดตั้งในบริเวณที่มีแดดและลมแรงได้ ดังแสดงไว้ในภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 ภาพสามมิติของแบบตู้อบแห้งปลาสลิด

จากภาพที่ 3.5 สามารถอธิบายรายละเอียดของส่วนประกอบต่าง ๆ ของตู้อบแห้งปลาสลิดได้ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- หมายเลข 1 คือ ตัวตู้มีขนาดกว้าง 1.20 เมตร ยาว 2.50 เมตร จะได้พื้นที่เรียงปลาประมาณ 3 ตารางเมตร โครงสร้างทั้งหมดจะเป็นแสตนเลสซึ่งมีสมบัติทนต่อความเป็นกรด-ด่างและเกลือได้ดี
- หมายเลข 2 คือ หลังคาตู้ โดยด้านบนมีลักษณะเป็นโดมทรงพาราโบลาคว่ำ ซึ่งมีข้อดีคือรับพลังงานแสงอาทิตย์และกักเก็บความร้อนไว้ได้ดีตามหลักการของปรากฏการณ์เรือนกระจก [16] โดยคณะผู้วิจัยได้นำมาประยุกต์ให้มีลักษณะเป็นโพลิกอนเพื่อลดงบประมาณค่าติดตั้งแผ่นกระจก และได้ออกแบบให้ฐานโดมกว้าง 120 เซนติเมตร สูง 60 เซนติเมตร ตำแหน่งจุดยอดของมุมต่าง ๆ ตามที่แสดงในรูปที่ 3.2 ตัวเลขของด้านและมุมต่าง ๆ ของหลังคาตู้ คณะผู้วิจัยได้คำนวณตามสมการพาราโบลาคว่ำ $Y = b - aX^2$ โดยหากต้องการให้โดมที่ได้มีสัดส่วนใกล้เคียงกันกับที่เผยแพร่ในเว็บไซต์ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนแล้ว คณะผู้วิจัยคำนวณได้ว่าต้องใช้ค่า a และ b มีค่าเป็น 0.0167 และ 0 ตามลำดับ

- <u>หมายเลข 3</u> คือ ฐานของโดม มีลักษณะเป็นบริเวณสำหรับตากปลาทำจากแผ่นแสตนเลสเจาะรูขนาด 12 มิลลิเมตร
- <u>หมายเลข 4</u> คือ พื้นตู้ด้านล่างเป็นแผ่นแสตนเลสเรียบทรงท้องช้าง และที่จุดต่ำสุดทั้งสองด้านเป็นท่อสำหรับระบายน้ำที่หยดจากตัวปลา ซึ่งต้องผ่านการหมักน้ำเกลือก่อนนำมาตากปลายท่อด้านล่างสุดหุ้มด้วยผ้าขาวบางเพื่อป้องกันแมลงไม่ให้เข้าไปในตู้
- <u>หมายเลข 5</u> คือ ผนังโดมเป็นแผ่นกระจกใส ด้านข้างทั้งสองฝั่งเป็นบานสไลด์เปิด-ปิดได้
- <u>หมายเลข 6</u> คือ ด้านหน้าและด้านหลังบริเวณจั่วของโดม เป็นช่องเปิดสำหรับระบายอากาศออกจากตู้โดยมีการติดมุ้งเอ็นเพื่อกันแมลง
- <u>หมายเลข 7</u> คือ บริเวณยอดจั่ว ติดตั้งปีกยาว 20 เซนติเมตร เพื่อกันฝนสาดเข้าไปในตู้
- <u>หมายเลข 8</u> คือ ด้านข้างของฐานตู้ เป็นท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สำหรับอากาศเข้า ด้านนอกทาสีดำเพื่อให้เกิดคุณสมบัติการดูดกลืนแสง ซึ่งคณะผู้วิจัยได้ประยุกต์จากแนวคิดในงานวิจัยของ รองศาสตราจารย์ ดร. เสริม จันทร์ฉาย และ คณะ ในการสร้างหออบแห้งลำไยแบบอุโมงค์ความร้อนพลังแสงอาทิตย์ [17] ส่วนด้านในจะมีฟิลเตอร์เพื่อกันฝุ่นและกันแมลงที่ผ่านเข้ามาทางกรวยรับลม
- <u>หมายเลข 9</u> คือ กรวยรับลม ทำจากแผ่นแสตนเลส ปากกรวยมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร ผนังกรวยทำมุม 22 องศา กับแนวแกนกลางของกรวย ซึ่งตามหลักตรีโกณมิติและเรขาคณิตแล้วต้องตัดแผ่นแสตนเลสเป็นรูปพัด ดังรูปที่ 3.4 ระยะต่าง ๆ ในรูปเป็นไปตามสมการดังต่อไปนี้

$$\ell = \frac{d}{2\sin\theta} \qquad L = \frac{D}{2\sin\theta} \qquad \varphi = 360\sin\theta$$

โดย θ คือมุมที่แนวผนังกรวยกระทำกับแนวแกนกลาง หน้าที่ของกรวยรับลมคือดักลมให้เข้ามาภายในตู้และเพิ่มโมเมนตัมของมวลลมให้สูงขึ้นซึ่งคำนวณตามสมการเบอร์นูลลีในกรณีที่ยังไม่คิดถึงผลของความหนืดของอากาศแล้ว กรวยรับลมนี้สามารถเพิ่มโมเมนตัมของมวลอากาศได้ประมาณ 4 เท่า ทำให้อากาศสามารถไหลผ่านฟิลเตอร์ได้ง่ายขึ้น โดยฟิลเตอร์ที่ใช้ควรมีลักษณะเป็นถุงเพื่อให้มวลอากาศมีระยะในการเคลื่อนที่เพื่อสะสมโมเมนตัม และซึ่งคณะผู้วิจัยได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของกรวยรับลมที่สร้างขึ้นดังรายละเอียดในหัวข้อที่ 3.4.3

- หมายเลข 10 คือ แผ่นสะท้อนแสงทำจากอลูมิเนียมฟอยด์ ประยุกต์จากหลักการตัวสะท้อนแสงทรงพาราโบลาหงายและทอดยาวคล้ายกาบกล้วย ซึ่งนิยมใช้เพื่อสร้างความร้อนโดยอาศัยการสะท้อนแสงจากดวงอาทิตย์อย่างเช่นในโรงไฟฟ้าพลังความร้อนจากแสงอาทิตย์ [18] เป็นต้น
- หมายเลข 11 คือ พัดลมดูดอากาศ ใช้เป่าลมเข้าไปในตู้เพื่อไล่ความชื้น เพื่อทำงานร่วมกับกรวยรับลมทำให้ไม่ต้องใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาดใหญ่ ด้านนอกของพัดลมยึดกับโครงแสตนเลสและคลุมด้วยฟิลเตอร์ ซึ่งคณะผู้วิจัยได้เลือกใช้พัดลมระบายอากาศยี่ห้อมิตซูบิชิ รุ่น EX-20SKC5T กำลังไฟฟ้า 19 วัตต์ ขนาด 30 × 30 × 19 cm ปริมาตรลม 530 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง
    - หมายเลข 12 คือ ขาตั้งตู้เป็นแสตนเลสทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสกว้าง 5 เซนติเมตร สามารถถอดจากตัวตู้ได้เพื่อความสะดวกในการขนย้าย

โดยตู้อบแห้งปลาสลิดที่คณะผู้วิจัยได้จัดทำขึ้นสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 3.6

ภาพที่ 3.6 ตู้อบแห้งปลาสลิดที่ดำเนินการสร้างตามแบบ

3.4.3 การทดสอบประสิทธิภาพของกรวยรับลม โดยการทดลองหาปริมาณอากาศที่ไหลเข้าตู้ผ่านกรวยรับลมสัมพัทธ์กับความเร็วลมผิวพื้นค่าต่าง ๆ

การตากปลาในตู้ น้ำจากตัวปลาที่ระเหยเป็นไอมีผลทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ในตู้อบมีค่าสูง ส่งผลให้ปลาแห้งช้าและอาจเกิดกลิ่นอับ การแก้ปัญหาในส่วนนี้ คณะผู้วิจัยได้ออกแบบไว้สองส่วนคือ การ

ติดตั้งพัดลมไฟฟ้าช่วยระบายอากาศ โดยติดตั้งพัดลมขนาด 8 นิ้ว 5 ใบพัด กำลังไฟฟ้า 19 วัตต์ ซึ่งให้ปริมาณลม 530 CMH (CMH คือ ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เป็นหน่วยวัดอากาศที่นิยมใช้กันในวงการอุตสาหกรรมระบบระบายอากาศ) พัดลมที่ติดตั้งนี้ทำหน้าที่ดูดอากาศจากภายนอกเข้าสู่ภายในตู้เพื่อไล่ความชื้นให้ออกไปทางช่องระบายอากาศของตู้ วิธีการนี้ทำให้มีต้นทุนเพิ่มขึ้นจากการใช้พลังงานไฟฟ้า (หากใช้อัตราค่าไฟฟ้าหน่วยละ 4 บาท การเปิดพัดลม 1 ชั่วโมง จะเสียค่าไฟฟ้าประมาณ 2 สตางค์ หากเปิดใช้วันละ 6 ชั่วโมง จะเสียค่าไฟฟ้าประมาณเดือนละ 15 บาทต่อ 1 ตู้) แต่เนื่องจากกลุ่มผู้แปรรูปปลาสลิดแดดเดียวส่วนใหญ่อยู่ริมถนนสุขุมวิทช่วงกิโลเมตรที่ 55 ถึง 62 ซึ่งเป็นพื้นที่ใกล้กับชายทะเลทำให้ได้รับอิทธิพลของลมทะเลค่อนข้างมาก มีกระแสลมพัดจากทิศใต้ไปทิศเหนือเป็นส่วนมากในเวลากลางวัน คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำกระแสลมนี้มาใช้ประโยชน์โดยได้ออกแบบตู้ให้มีกรวยรับลม เพื่อดึงลมธรรมชาติมาใช้ไล่ความชื้นออกนอกตู้อบแห้ง แต่กรวยรับลมนี้ทำให้ต้นทุนของตู้อบแห้งด้วยเพิ่มขึ้น คณะผู้วิจัยจึงได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของกรวยรับลมเพื่อใช้เป็นข้อกำหนดว่า ตู้อบแห้งปลาสลิดจำเป็นต้องใช้กรวยรับลมหรือไม่

1) อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วย

1.1) พัดลมไฟฟ้า 18 นิ้ว ทำหน้าที่เป็นตัวสร้างกระแสลมจำลองภายนอกตู้

1.2) อุโมงค์ลม สำหรับบังคับทิศทางและควบคุมความเร็วลม

1.3) เครื่องวัดอัตราเร็วลม (Anemometer) แบบใบพัดหมุน

1.4) ชุดอุปกรณ์กรวยรับลมที่จะใช้สำหรับติดตั้งที่ตู้อบแห้งปลาสลิด

1.5) ชุดแทนจับอุปกรณ์การทดลอง

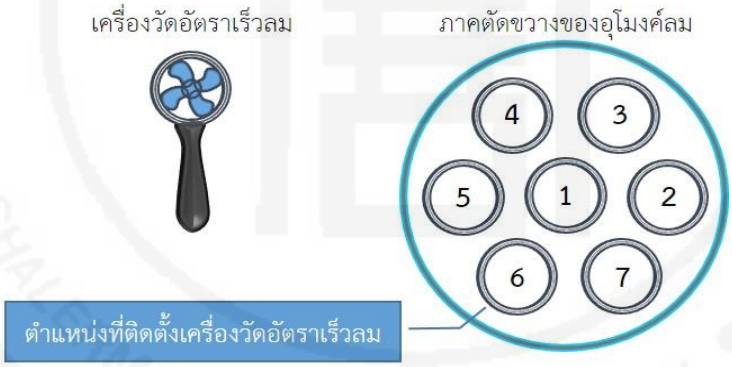
2) ขั้นตอนการทดลอง มีทั้งสิ้น 6 ขั้นตอนย่อยได้แก่

2.1) จัดความยาวของอุโมงค์ลมและปรับความแรงของพัดลมไฟฟ้าเพื่อให้ได้อัตราเร็วลมเฉลี่ยที่ปลายอุโมงค์มีค่าประมาณ 1.0 m/s ดังภาพที่ 3.7

ภาพที่ 3.7 การจัดอุปกรณ์การทดลองวัดอัตราเร็วลมผ่านอุโมงค์

2.2) นำชุดกรวยรับลมพร้อมท่อมาจ่อที่ปลายอุโมงค์ จากนั้นจึงวัดอัตราเร็วลมที่ปลายท่อซึ่งต่อมาจากกรวยรับลม ดังภาพที่ 3.8 และ ภาพที่ 3.9 ตามลำดับ

ภาพที่ 3.8 การจัดอุปกรณ์การทดลองวัดอัตราเร็วลมผ่านกรวยรับลม



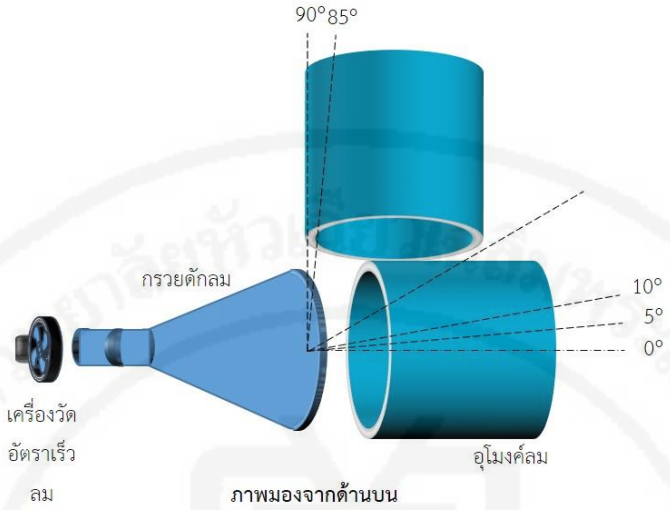
ภาพที่ 3.9 ตำแหน่งที่ทำการวัดเมื่อพิจารณาตามภาคตัดขวางของ

2.3) ทำการทดลองซ้ำในข้อ 1. และ 2. โดยเปลี่ยนอัตราเร็วลมเฉลี่ยปลายอุโมงค์ให้มีค่าประมาณ 1.5, 2.0, 2.5 3.0, 3.5, 4.0และ 4.5 m/s ตามลำดับ

2.4) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วลมผิวพื้นกับอัตราเร็วลมที่ไหลออกจากท่อเข้าไปในตู้ด้วยวิธีการทางสถิติ

2.5) หาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วลมผิวพื้นกับปริมาณลมที่ไหลจากท่อเข้าไปในตู้ตามหลักการของกลศาสตร์ของไหล

2.6) ทำการทดลองซ้ำในข้อ 1. ถึง 3. โดยใช้อัตราเร็วลมที่ปลายอุโมงค์ประมาณ 3.0 m/s เพียงค่าเดียว โดยจัดให้แนวอุโมงค์ลมทำมุม 5°, 10°, 15°, ... , 90° ตามลำดับ ดังภาพที่ 3.10

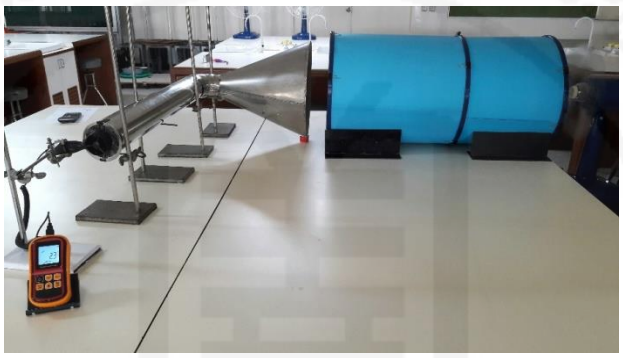


ภาพที่ 3.10 การจัดอุปกรณ์การทดลองวัดอัตราเร็วลมผ่านกรวยรับลม โดยเปลี่ยนมุมของอุโมงค์

ส่วนภาพที่ 3.11 ถึง 3.13 แสดงภาพการติดตั้งอุปกรณ์ อุโมงลม พัดลมไฟฟ้า เครื่องวัดอัตราลม และการทดลองเพื่อบันทึกค่าอัตราเร็วลมที่ปลายท่อของกรวยรับลม

ภาพที่ 3.11 การจำลองลมผิวพื้นด้วยอุโมงค์ลมและพัดลมไฟฟ้า

ภาพที่ 3.12 การติดตั้งเครื่องวัดอัตราลมเพื่อวัดอัตราเร็วลมที่ปลายอุโมงค์



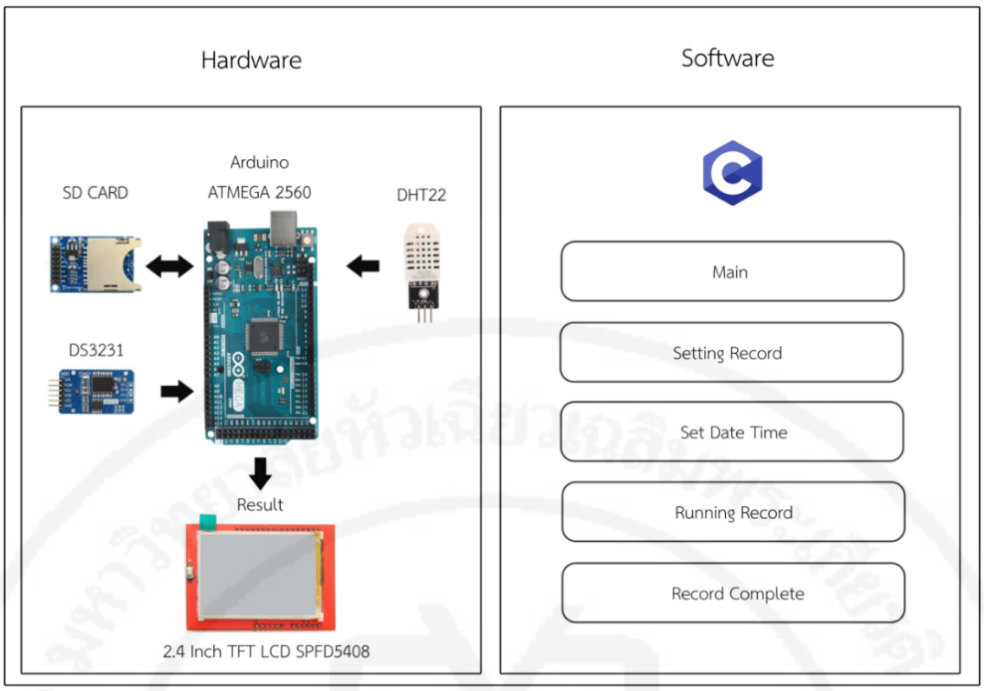
ภาพที่ 3.13 การวัดอัตราเร็วลมที่ปลายท่อของกรวยรับลม

3.4.4 การพัฒนาเครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบแห้งปลาสลิด

หลังจากที่ได้พัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิดเรียบร้อยแล้ว คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบและพัฒนาเครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบแห้งปลาสลิด โดยมีรายละเอียดเนื้อหาดังต่อไปนี้

1) สถาปัตยกรรมระบบ

ในการออกแบบเครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบแห้งปลาสลิด คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบสถาปัตยกรรมของการวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบแห้งปลาสลิดแบบอัตโนมัติโดยแบ่งเป็น 2 ส่วนคือส่วนของฮาร์ดแวร์ และส่วนของซอฟต์แวร์ ดังแสดงไว้ในภาพที่ 3.14



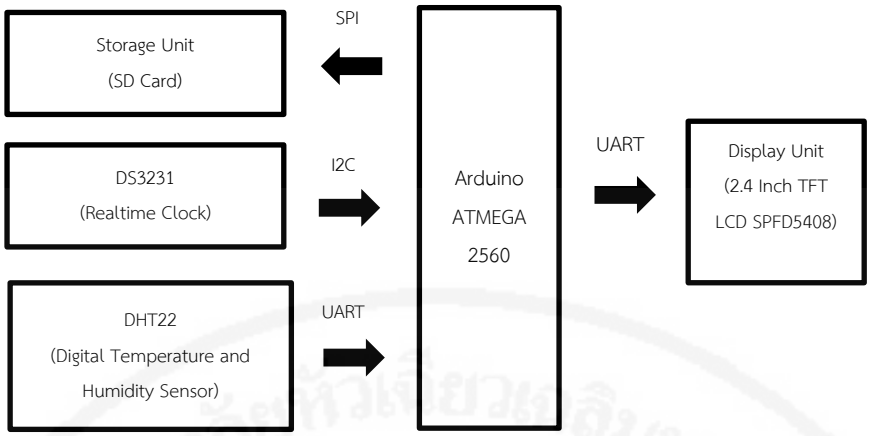
ภาพที่ 3.14 สถาปัตยกรรมระบบของเครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบแห้งปลาสลิด

2) การออกแบบการทำงานส่วนฮาร์ดแวร์

เนื่องจากส่วนนี้เป็นส่วนการทำงานหลักของเครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบแห้งปลาสลิด ที่ต้องถูกขนย้ายไปไว้ในตำแหน่งใกล้เคียงกับตู้อบแห้งปลาสลิด ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้ร่วมกันวิเคราะห์และออกแบบให้อุปกรณ์ส่วนนี้สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย มีขนาดที่สามารถเคลื่อนย้ายและใช้งานได้สะดวก โดยรายละเอียดของการออกแบบส่วนการทำงานของฮาร์ดแวร์ประกอบด้วย แผนภาพบล็อก แผนภาพแสดงวงจรการเชื่อมต่อทางไฟฟ้า และผังงานแสดงขั้นตอนการทำงานของฮาร์ดแวร์ ดังต่อไปนี้

2.1) แผนภาพบล็อก (Block diagram)

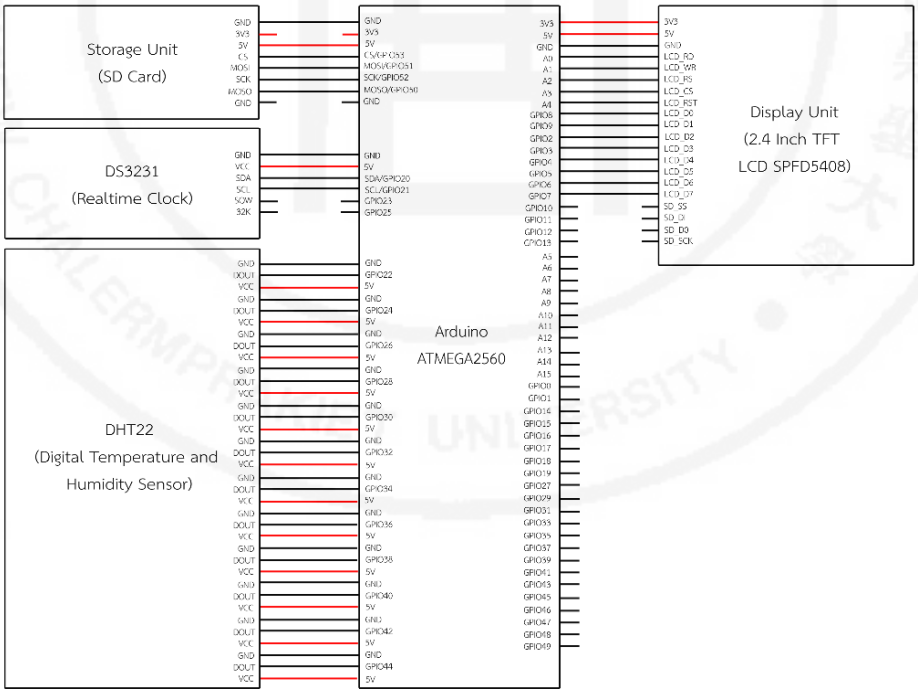
Block diagram ของเครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบแห้งปลาสลิด สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 3.15



ภาพที่ 3.15 Block diagram ของเครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบแห้งปลาสลิด

2.2) แผนภาพแสดงวงจรการเชื่อมต่อทางไฟฟ้า

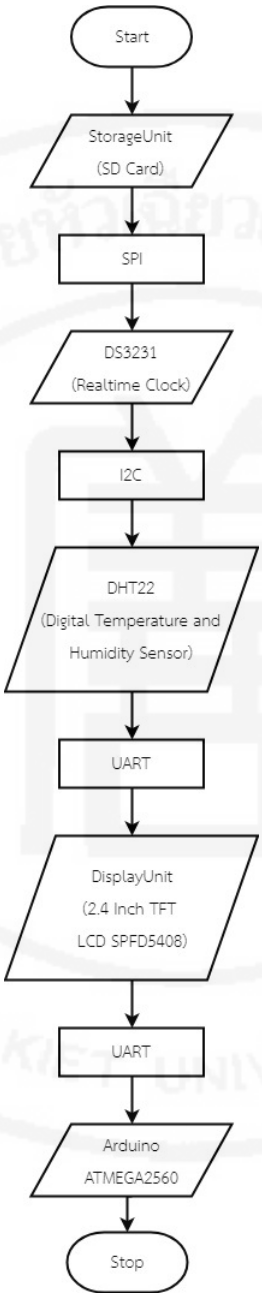
Schematic Circuit diagram ของเครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบแห้งปลาสลิด สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 3.16



ภาพที่ 3.16 Schematic Circuit diagram ของเครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบแห้งปลาสลิด

2.3) ผังงานแสดงขั้นตอนการทำงานของฮาร์ดแวร์ (Hardware flowchart)

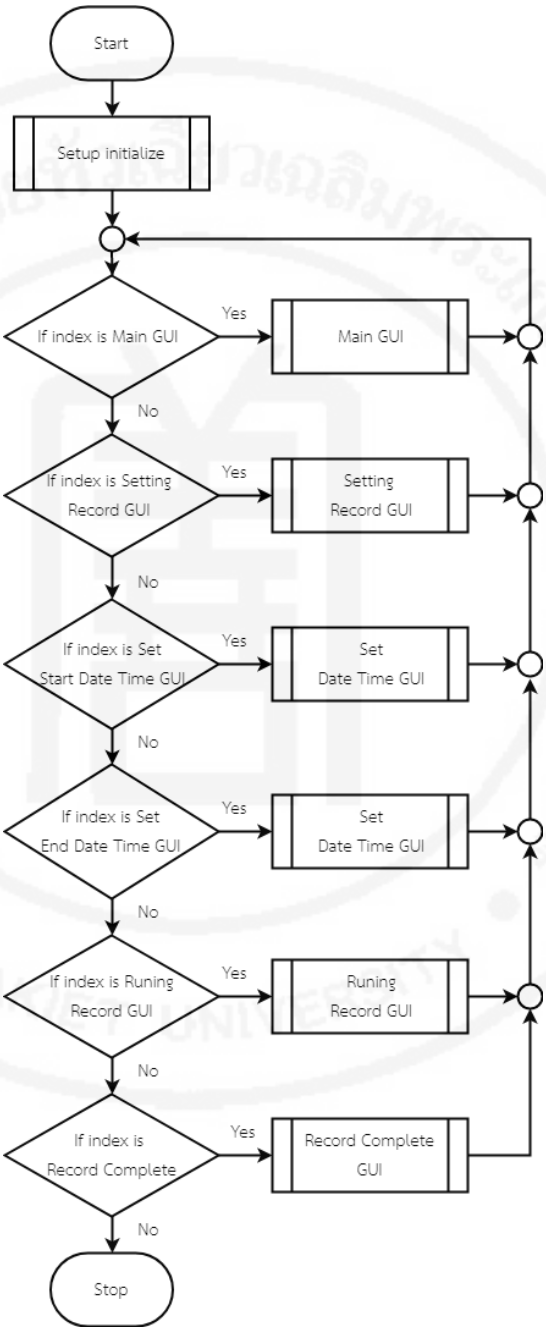
Hardware flowchart ของเครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบแห้งปลาสลิด แสดงได้ดังภาพที่ 3.17



ภาพที่ 3.17 Hardware flowchart ของเครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบแห้งปลาสลิด

3) การออกแบบการทำงานส่วนซอฟต์แวร์

จากสถาปัตยกรรมของเครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบแห้งปลาสลิด คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบการทำงานส่วนซอฟต์แวร์ของเครื่องมือตามหลักการของการพัฒนาซอฟต์แวร์ ดังแสดงไว้ในภาพที่ 3.18

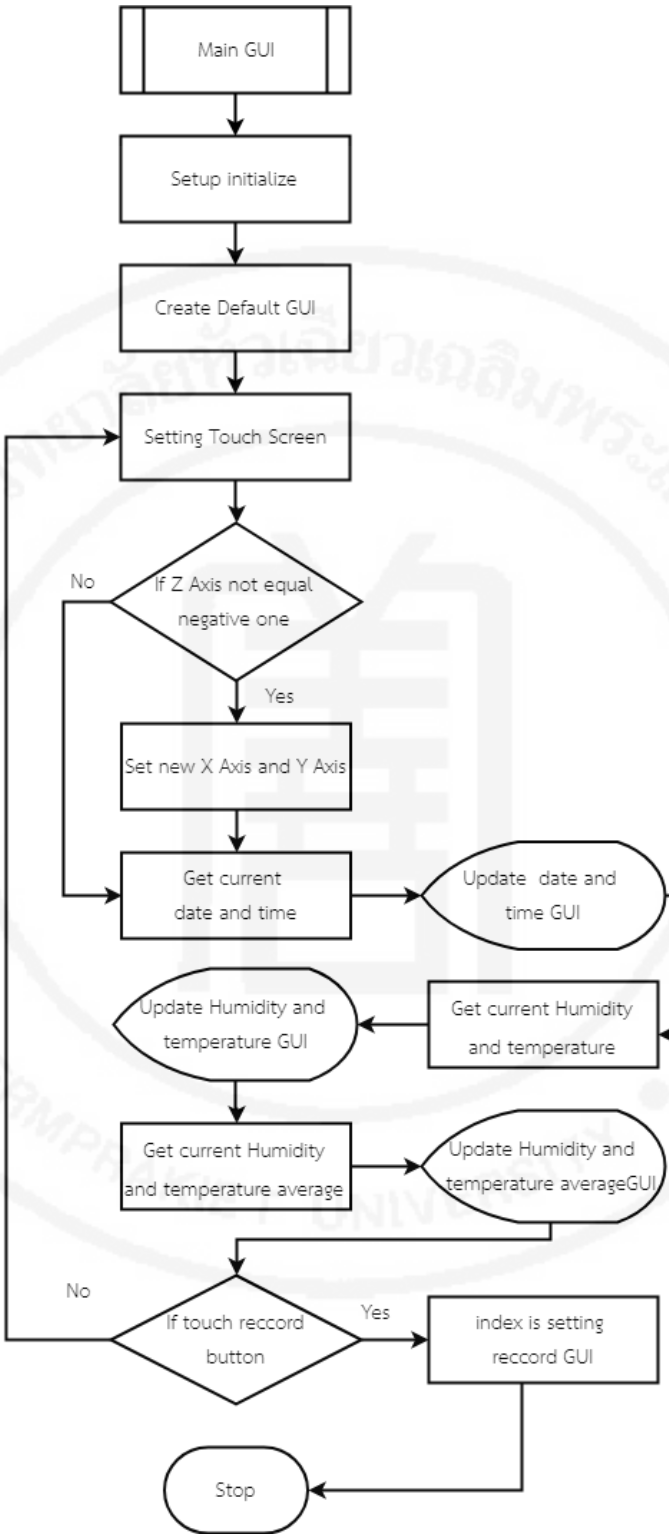


ภาพที่ 3.18 Software flowchart ของเครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบแห้งปลาสลิด

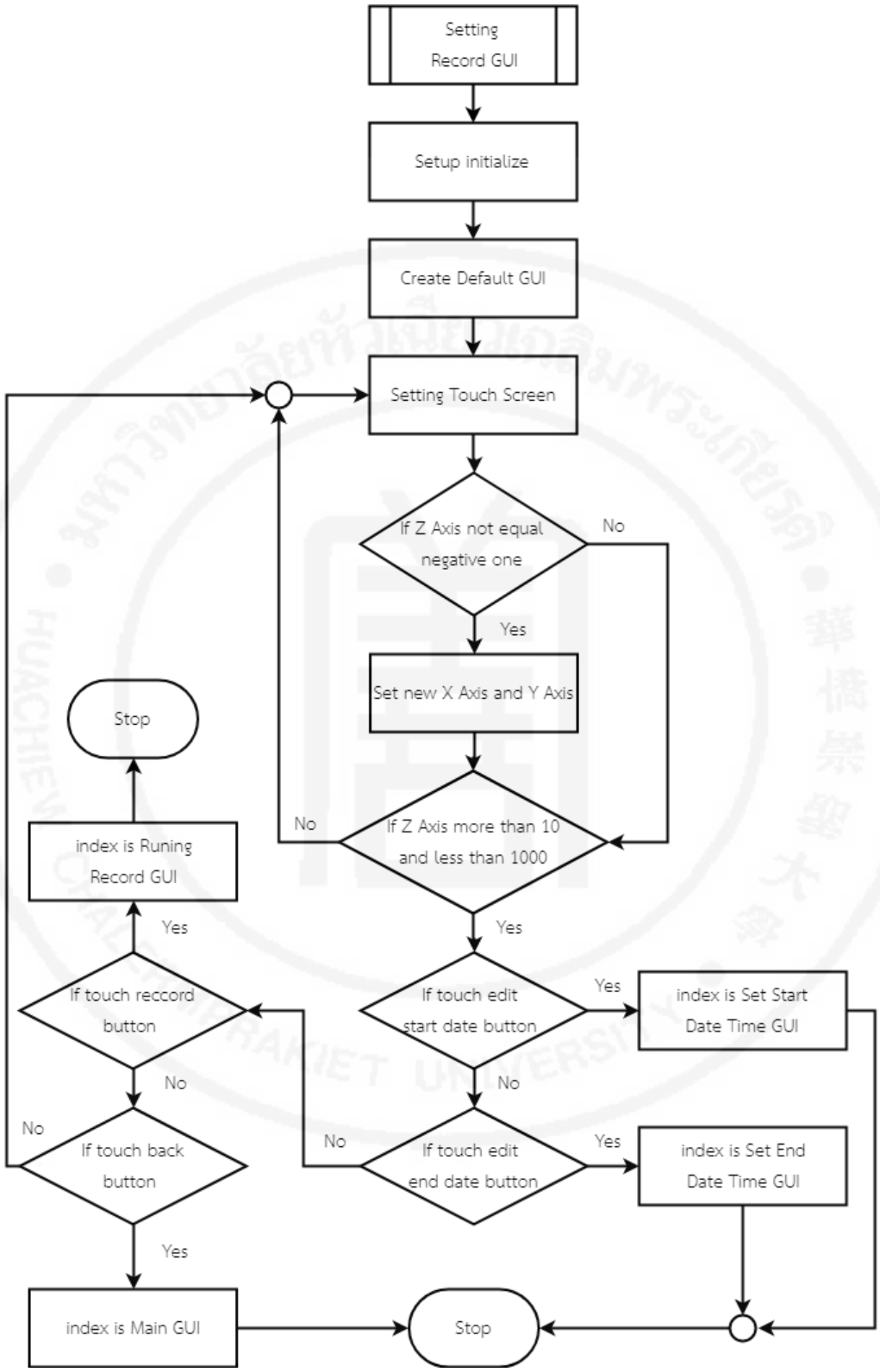
จากภาพที่ 3.18 สามารถอธิบายได้ว่า การออกแบบการทำงานส่วนซอฟต์แวร์ของเครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบแห้งปลาสลิด ประกอบด้วยฟังก์ชันการทำงานหลักทั้งหมด 6 ฟังก์ชันได้แก่

- ฟังก์ชันการแสดงหน้าจอหลักสำหรับผู้ใช้งาน (Main function)
- ฟังก์ชันการกำหนดส่วนการบันทึกผล (Setting record)
- ฟังก์ชันการตั้งค่าวันเวลาในการบันทึกผล (Set date time)
- ฟังก์ชันการประมวลค่าข้อมูลระหว่างการบันทึก (Running record)
- ฟังก์ชันการแสดงผลลัพธ์เมื่อหยุดการบันทึก (Record complete)

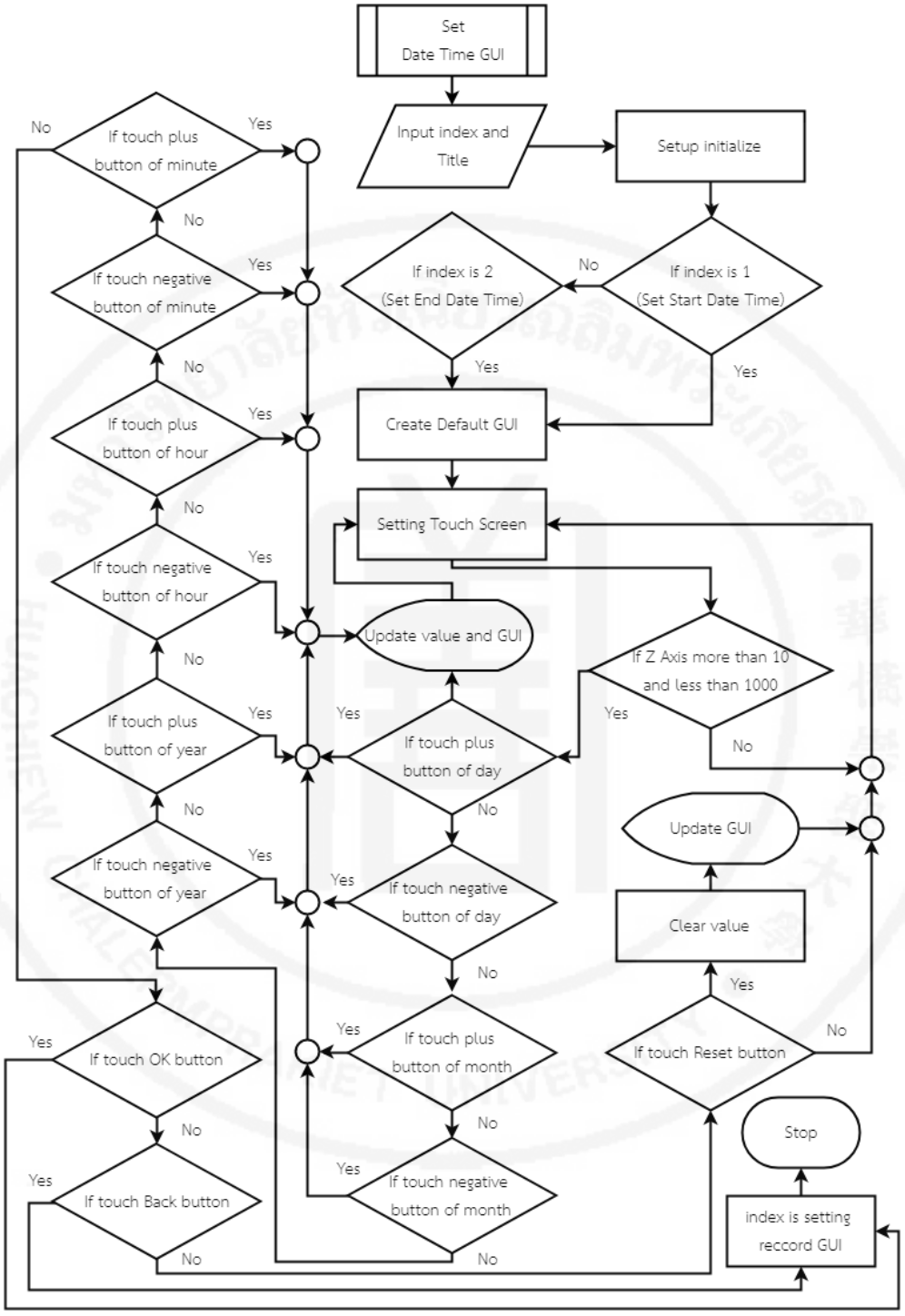
โดยการออกแบบการทำงานของทั้ง 6 ฟังก์ชัน สามารถแสดงได้ดังผังงานซอฟต์แวร์ (Software flowchart) ที่นำเสนอไว้ในภาพที่ 3.19 - 3.23 และเครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบแห้งปลาสลิด ที่เสร็จเรียบร้อยดังแสดงไว้ดังภาพที่ 3.24



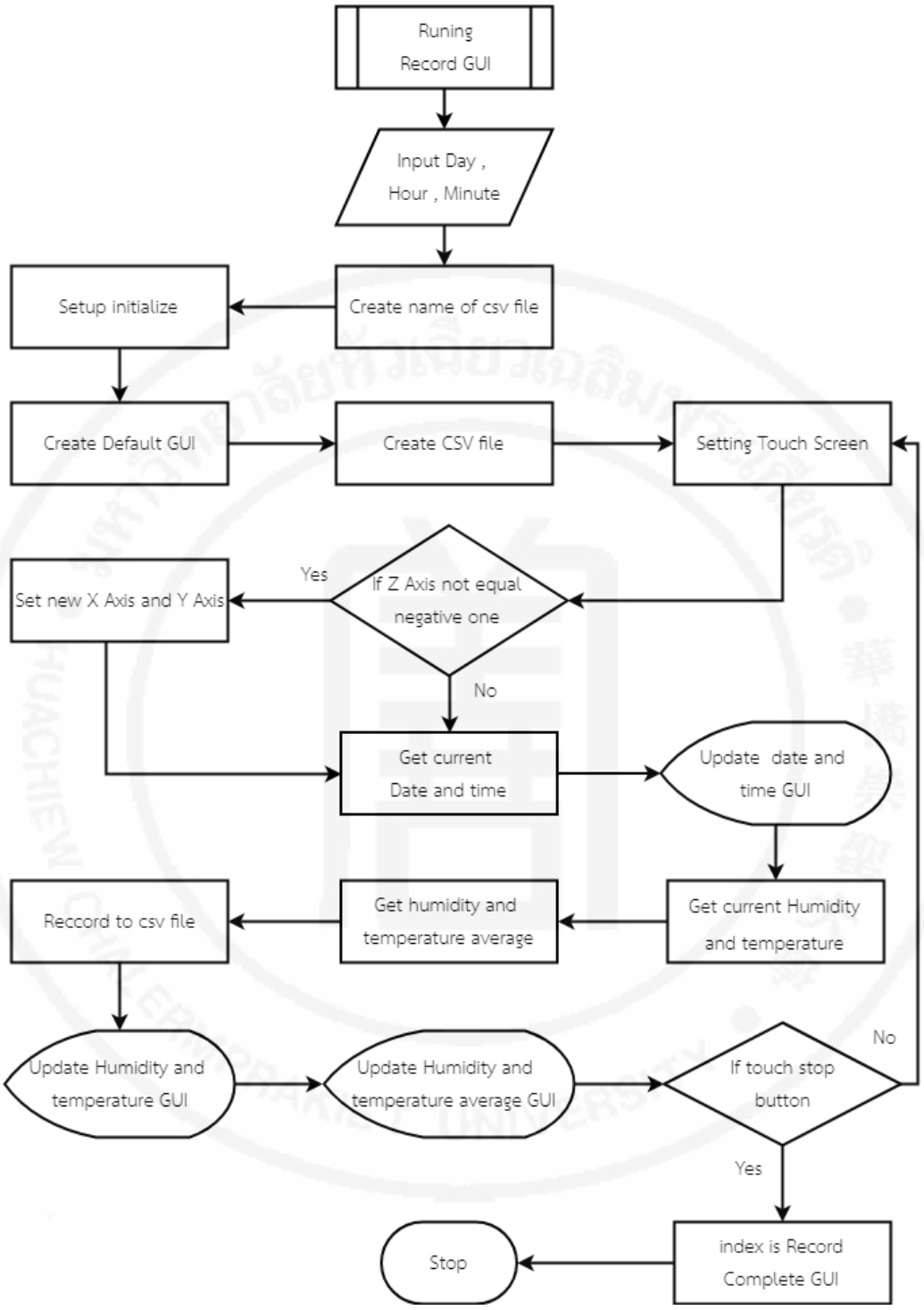
ภาพที่ 3.19 Software flowchart ของฟังก์ชันการแสดงเมนูหลักสำหรับผู้ใช้งาน (Main function)



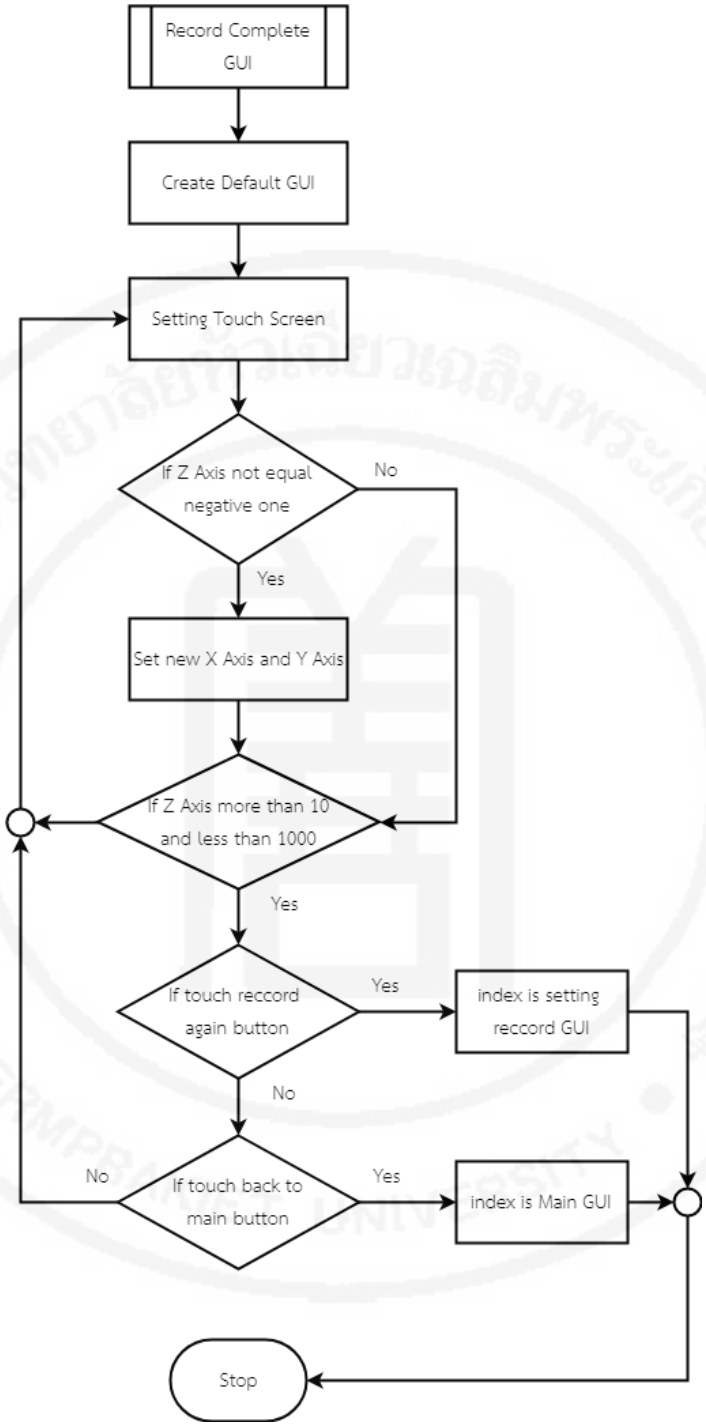
ภาพที่ 3.20 Software flowchart ของฟังก์ชันการกำหนดส่วนการบันทึกผล (Setting record)



ภาพที่ 3.21 Software flowchart ของฟังก์ชันการตั้งค่าวันเวลาในการบันทึกผล (Set date time)



ภาพที่ 3.22 Software flowchart ของฟังก์ชันการประมวลค่าข้อมูลระหว่างการบันทึก (Running record)



ภาพที่ 3.23 Software flowchart ของฟังก์ชันการแสดงผลลัพธ์เมื่อหยุดการบันทึก (Record complete)

ภาพที่ 3.24 เครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบแห้งปลาสลิด

โดยคณะผู้วิจัยทำดำเนินงานทดสอบการทำงานของเครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบแห้งปลาสลิด ดังรายละเอียดที่ปรากฏในภาคผนวก ฆ ซึ่งจากการทดลองพบว่าการบันทึกข้อมูลค่าอุณหภูมิและความชื้นยังความต่อเนื่องในบางช่วงเวลา คณะผู้วิจัยจึงได้ทำการปรับปรุงแก้ไขจนสามารถทำงานได้สมบูรณ์ แล้วจึงได้นำไปทำการทดลองตากปลาสลิดแดดเดียว ซึ่งจะได้รายงานผลการทดลองในบทที่ 4 ต่อไป

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาจะพิจารณา 4 ประเด็น คือ 1) พารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับตู้อบแห้งปลาสลิด 2) ผลการวิเคราะห์ความชื้นภายในเนื้อปลา 3) ลักษณะของตู้อบแห้งปลาสลิดที่พัฒนาขึ้น และ 4) ผลการทดสอบการใช้งานตู้อบแห้งปลาสลิด โดยแต่ละประเด็นมีรายละเอียดดังนี้

4.1 พารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับตู้อบแห้งปลาสลิด

จากการทบทวนวรรณกรรมการผลิตตู้อบแห้งทั่วไป พารามิเตอร์ที่มีความสำคัญในการทำให้วัตถุที่อยู่ภายในตู้แห้งคือ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้ การที่จะทำให้วัตถุภายในตู้แห้งเร็วนั้นจะต้องมีการควบคุมปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้ให้มีค่าที่เหมาะสม จากข้อมูลสถิติของกรมอุตุนิยมวิทยาที่รายงานสภาพอากาศของภาคกลางจะมีความชื้นสัมพัทธ์ช่วงฤดูหนาวถึงฤดูร้อนประมาณร้อยละ 69-71 [19] และจากข้อมูลสถิติอุณหภูมิ ณ สถานีอุตุนิยมวิทยา จังหวัดสมุทรปราการ พ.ศ. 2558 อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 21-34 องศาเซลเซียส [20] ซึ่งค่าความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิดังกล่าวนี้เป็นค่าที่ผู้แปรรูปใช้ในการตากปลาสลิดตามวิธีดั้งเดิม (ค่าตามธรรมชาติ) นอกจากอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ดังกล่าวแล้ว ลมธรรมชาติเป็นอีกพารามิเตอร์หนึ่งที่ช่วยให้การแห้งของปลาสลิดเร็วขึ้น และเพื่อให้ปลาสลิดที่ตากโดยตู้อบแห้งมีลักษณะใกล้เคียงกับปลาสลิดแดดเดียวที่ตากด้วยวิธีแบบดั้งเดิม จึงจำเป็นต้องควบคุมความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิให้ใกล้เคียงกับธรรมชาติมากที่สุด รวมถึงมีการให้ลมที่พอเหมาะด้วย โดยในทางปฏิบัติ การให้ลมภายในตู้อบแห้งปลาสลิดจะขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้เป็นหลัก เมื่อความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้สูงขึ้น การเปิดพัดลมระบายอากาศจะช่วยให้ความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้ลดลง ซึ่งการเปิดพัดลมจะช่วยควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้ไม่ให้สูงเกินไป ส่วนอุณหภูมิจะไม่ได้ควบคุมโดยตรง แต่จะขึ้นอยู่กับตู้อบแห้งเมื่อถูกใช้งานจริง เนื่องจากการออกแบบตู้ไม่ได้ออกแบบให้มีการใช้พลังงานภายนอกเพื่อควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ ดังนั้นจึงไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้โดยตรง เพียงแต่อุณหภูมิจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อมีการเปิดพัดลมเพื่อลดความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้ ซึ่งถ้าความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบแห้งลดลง อุณหภูมิจะลดลงด้วย แต่ถือว่าเป็นผลดี เพราะจะทำให้ผิวหนังของปลาสลิดไม่แห้งเร็วจนเกินไป จนทำให้น้ำในตัวปลาไม่สามารถระเหยออกมาได้ ส่งผลให้ปลาที่ได้มีลักษณะคล้ายปลานึ่ง (เนื้อปลาข้างในสุก) ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ดังนั้นการควบคุมให้ตู้สามารถใช้งานได้ดี จึงควรควบคุมพารามิเตอร์ คือค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบแห้งเป็นหลัก โดยการเปิดพัดลมระบายอากาศเพื่อควบคุมให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์มีค่าไม่เกินร้อยละ 71 ซึ่งเป็นความชื้นสัมพัทธ์ตามธรรมชาติ

4.2 ผลการวิเคราะห์ความชื้นภายในเนื้อปลา

เพื่อให้คุณภาพของปลาที่ได้จากการตากในตู้อบแห้งปลาสลิดที่พัฒนาขึ้นใกล้เคียงกับที่มีจำหน่ายทั่วไปมากที่สุด พารามิเตอร์หนึ่งที่ทางคณะผู้วิจัยสามารถดำเนินการได้ง่ายและต้นทุนไม่สูง คือการวัดค่าความชื้นภายในผลิตภัณฑ์ (ปลาสลิดแดดเดียว) เพื่อใช้เป็นตัวเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการตากด้วยตู้อบแห้งปลาสลิด โดยชุดเครื่องมือที่ทางคณะผู้วิจัยใช้วัดค่าความชื้นในตัวปลาเป็นชุดเครื่องมือที่ทางคณะผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยใช้การเขียนโปรแกรมบันทึกลงไปในไมโครคอนโทรลเลอร์และประยุกต์ใช้ตัวรับรู้ (Sensor) ประเภทวัดความชื้นในดิน (Soil Moisture Sensor Module v1) โดยนำค่าที่ได้จากการวัดทั้งสองตัวอย่างมาเปรียบเทียบกัน หากค่าที่ได้จากตัวรับรู้มีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าค่าความชื้นภายในตัวปลามีค่าใกล้เคียงกัน โดยตารางที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าความชื้นภายในตัวปลาตัวอย่างที่ได้จากการลงพื้นที่กับปลาสลิดแดดเดียวที่ตากโดยใช้ตู้อบแห้งปลาสลิด

ตารางที่ 4.1 สรุปผลการเปรียบเทียบค่าความชื้นภายในตัวปลาสลิดแดดเดียวตัวอย่างที่ได้จากการลงพื้นที่กับปลาสลิดแดดเดียวที่ได้การทดลองตากโดยตู้อบแห้งปลาสลิด

ร้านจำหน่ายปลาสลิดแดดเดียว		ค่าความชื้นในตัวปลา*
ร้านน้องแมน	ตัวอย่าง 1	34-38
	ตัวอย่าง 2	31-43
ร้านแม่อำนวย	ตัวอย่าง 1	34-46
	ตัวอย่าง 2	28-37
ร้านพรทิพย์		22-37
ร้านสมพิศ		20-24
ร้านเจ๊ขาว		33-43
ทดลองตากโดยตู้อบแห้งปลาสลิด		40-53

หมายเหตุ 1. * คือค่าตัวเลขที่ได้จากการบันทึกของตัวรับรู้ โดยค่าตัวเลขที่สูงกว่าแสดงถึงค่าความชื้นที่ต่ำกว่า

2. การปรับค่า : ค่าตัวเลขที่ได้จากการบันทึกของตัวรับรู้จะแสดงค่าระหว่าง 0 ถึง 1023 สามารถปรับค่าเป็นค่าความชื้นได้ โดยแสดงค่าความชื้นที่ปรับระหว่าง 100 ถึง 0

จากตารางที่ 4.1 พบว่า ค่าความชื้นภายในตัวปลาทั้งจากการตากด้วยวิธีดั้งเดิมของผู้ประกอบการกับการตากด้วยตู้อบแห้งปลาสลิดมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าปลาสลิดแดดเดียวที่มี

จำหน่ายทั่วไปและปลาสลิดแดดเดียวที่ได้จากการตากด้วยตู้อบแห้งปลาสลิดที่พัฒนาขึ้นมีค่าไม่แตกต่างกัน หรือแตกต่างกันบ้างแต่ไม่เป็นนัยสำคัญ

4.3 ลักษณะของตู้อบแห้งปลาสลิดที่พัฒนาขึ้น

ในการออกแบบตู้อบแห้งปลาสลิด (รายละเอียดตามหัวข้อ 3.4.2) จะพิจารณาข้อมูลที่ได้จากการลงพื้นที่สอบถามผู้แปรรูปปลาสลิดแดดเดียว ประกอบด้วย พื้นที่ และงบประมาณเป็นหลัก และเพื่อควบคุมงบประมาณไม่ให้สูงเกินไป จึงต้องมีการทดสอบอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างว่าคุ้มค่าเพียงใด เพื่อที่จะนำผลวิเคราะห์ที่ได้มาพิจารณาในการลดต้นทุนการผลิตตู้อบแห้งปลาสลิด โดยอุปกรณ์ที่ทำการทดสอบประสิทธิภาพคือ ตะแกรงตากที่ทำจากแผ่นสแตนเลสเจาะรู และกรวยรับลม

4.3.1 ประสิทธิภาพของตะแกรงตาก

จากการใช้งานพบว่าแผ่นรองตากที่เป็นแผ่นแสตนเลสเจาะรูมีเหลือพื้นที่ที่สัมผัสกับตัวปลาค่อนข้างมาก พอกลับตัวปลาน้ำที่อยู่บนแผ่นรองตากก็กลับเข้ามาในปลาสลิด ส่งผลให้ปลาสลิดที่ตากไม่แห้งเท่าที่จำหน่ายทั่วไป คณะผู้วิจัยจึงได้มีการปรับแก้ไขวัสดุสำหรับตากปลาในตู้อบแห้งปลาสลิดและรูปแบบการตากในครั้งที่สอง และครั้งที่สามคือ เปลี่ยนแผ่นรองตากจากแผ่นแสตนเลสเจาะรู ดังภาพที่ 4.1 เป็นตาข่ายพลาสติกที่มีระยะห่างมากขึ้น ดังแสดงไว้ในภาพที่ 4.2 ทำให้เหลือพื้นที่ที่สัมผัสกับเนื้อปลาน้อยลง ซึ่งเมื่อเปลี่ยนวัสดุรองตากแล้วทำให้สามารถลดต้นทุนของตู้อบแห้งลงได้ 3,500 บาท (ค่าวัสดุแผ่นแสตนเลสเจาะรู 3,500 บาท ค่าแรง 1,000 บาท ค่าตาข่ายพลาสติก 1,000 บาท)

ภาพที่ 4.1 แผ่นรองตากปลาสลิดภายในตู้อบแห้งปลาสลิดแบบแสตนเลสเจาะรู

ภาพที่ 4.2 แผ่นรองตากปลาสลิดภายในตู้อบแห้งปลาสลิดแบบตาข่ายพลาสติก

4.3.2 ประสิทธิภาพของกรวยรับลม

เนื่องจากสถานที่ทดสอบคือมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ ซึ่งมีสภาพและทิศทางของลมไม่เหมือนกับสถานที่ที่มีการตากและขายปลาสลิดแดดเดียว คือที่มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติมีปริมาณลมหรืออัตราเร็วลมน้อยกว่า และทิศทางการพัดไม่สม่ำเสมอ ทำให้กรวยรับลมไม่สามารถใช้งานได้ ซึ่งถ้าเป็นเช่นนี้ การมีกรวยรับลมจะเป็นการเพิ่มต้นทุนโดยใช่เหตุ ด้วยเหตุนี้ คณะผู้วิจัยจึงต้องศึกษาประสิทธิภาพของกรวยรับลมเพิ่มเติม เพื่อจะได้ใช้ประโยชน์จากกรวยรับลมได้อย่างคุ้มค่า

จากผลการทดลองบันทึกค่าอัตราเร็วลม ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ของปลายอุโมงค์ (รายละเอียดตามหัวข้อ 3.4.3) โดยเปลี่ยนแปลงอัตราเร็วลมก่อนเข้าอุโมงค์จำนวน 8 ค่า ที่แตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 4.1 ส่วนตารางที่ 4.2 แสดงอัตราเร็วลมปลายท่อเมื่อเปลี่ยนมุมของอุโมงค์ลม

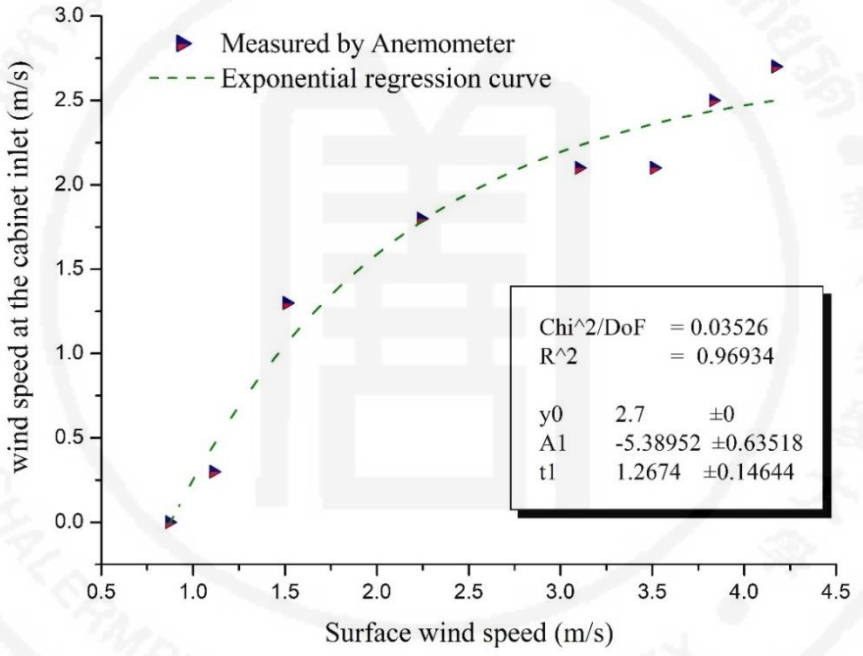
ตารางที่ 4.2 อัตราเร็วลมที่ปลายอุโมงค์เมื่อเปลี่ยนอัตราเร็วลมต้นอุโมงค์

วัด ณ ตำแหน่งที่	อัตราเร็วลมบริเวณปลายอุโมงค์ (m/s)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	3.4	2.8	2.7	2.9	2.3	1.5	1.2	1.1
2	5.1	4.4	3.3	2.8	2.2	1.5	1.1	1.1
3	4.4	3.8	3.2	3.4	2.2	1.6	1.1	0.9
4	4.6	4.1	3.7	2.9	2.3	1.4	1.2	0.8
5	4.3	4.2	4.0	3.4	2.1	1.6	1.0	0.8
6	4.0	4.0	4.1	3.2	2.3	1.5	1.1	0.8
7	3.4	3.5	3.6	3.1	2.3	1.5	1.1	0.6
ค่าเฉลี่ยอัตราเร็วลมที่ปลายอุโมงค์ (m/s)	4.2	3.8	3.5	3.1	2.2	1.5	1.1	0.9
อัตราเร็วลมที่ปลายท่อ (m/s)	2.7	2.5	2.1	2.1	1.8	1.3	0.3	0.0

ตารางที่ 4.2 อัตราเร็วลมปลายท่อเมื่อเปลี่ยนมุมของอุโมงค์ลม

มุมที่ความเร็วลมผิวพื้นขนาด 2.7 m/s กระทำกับเวกเตอร์แทนระนาบของปากกรวย	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°
อัตราเร็วลมที่ปลายท่อ (m/s)	1.9	1.8	1.9	1.8	1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8
มุมที่ความเร็วลมผิวพื้นขนาด 2.7 m/s กระทำกับเวกเตอร์แทนระนาบของปากกรวย	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	90°	
อัตราเร็วลมที่ปลายท่อ (m/s)	1.6	1.5	1.3	0	0	0	0	-1.1	-1.1	

จากข้อมูลในตารางที่ 4.1 เมื่อนำมาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของลมผิวพื้นด้านนอกตู้กับความเร็วลมที่ไหลออกจากท่อเข้าไปในตู้ จะได้กราฟที่มีลักษณะดังแสดงในกราฟรูปที่ 4.1 โดยกรวยดักลมจะใช้งานได้เมื่ออัตราเร็วลมผิวพื้นนอกตู้มีค่าตั้งแต่ 1.0 m/s เป็นต้นไป และจะดึงลมเข้าตู้ได้ดีเมื่ออัตราเร็วลมผิวพื้นมีค่าตั้งแต่ 1.5 m/s เป็นต้นไป จากตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่ากรวยดักลมยังสามารถรับลมได้แม้ว่าทิศทางของลมจะไม่พัดเข้าทางด้านหน้ากรวยตรง ๆ โดยจะรับลมได้ดีเมื่อทิศทางของลมผิวพื้นทำมุมไม่เกิน 45° กับเวกเตอร์แทนระนาบของปากกรวย ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วลมผิวพื้นภายนอกตู้กับอัตราเร็วลมที่ออกจากปลายท่อเข้าไปในตู้ ได้แสดงไว้ดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของลมผิวพื้นด้านนอกตู้กับความเร็วลมที่ไหลออกจากท่อเข้าไปในตู้

จากภาพที่ 4.3 สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วลมผิวพื้นภายนอกตู้กับอัตราเร็วลมที่ออกจากปลายท่อเข้าไปในตู้ จากข้อมูลที่วัดออกมาโดยเปรียบเทียบค่าเรสซิดิวกำลังสอง (R^2) ของวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ Regression ซึ่งมี 3 แบบ ได้แก่ แบบเชิงเส้น (Linear function) แบบฟังก์ชันเอกซ์โปเนนเชียลดีเคย์ (Exponential decay function) และแบบโบลต์ซมานน์ซิกมอยดอล (Boltzmann sigmoidal function) พบว่าวิธีที่สองมีค่ากำลังสองของเรสซิดิว

(R^2) ใกล้เคียงกับ 1 มากที่สุด คณะผู้วิจัยจึงเลือกการวิเคราะห์แบบใช้ฟังก์ชันเอกซ์โปเนนเชียลดีเคย์สำหรับประมาณค่าอัตราเร็วลมเข้าตู้จากค่าอัตราเร็วลมผิวพื้นนอกตู้ ซึ่งคำนวณได้ผลเป็นสมการเป็นดังนี้

$$v_I = (2.7 - 5.38952e^{-0.789v_S}) \qquad (*1)$$

โดย v_I คือค่าอัตราเร็วลมเข้าตู้ ส่วน v_S คือค่าอัตราเร็วลมผิวพื้นบริเวณนอกตู้

สมการนี้จะใช้คำนวณอัตราเร็วลมเข้าตู้ได้ดีเมื่ออัตราเร็วลมผิวพื้นมีค่าอยู่ระหว่าง 1.0 – 5.0 m/s เท่านั้นเนื่องจากข้อมูลต้นทางของ v_S จากการทดลองด้วยอุปกรณ์ที่เรามีนั้นอยู่ระหว่าง 1.0 – 5.0 m/s ซึ่งเป็นค่าปกติของอัตราเร็วลมผิวพื้นในแถบภาคกลางของประเทศไทย

<u>ปริมาณลมที่เข้าตู้ผ่านกรวยรับลม</u>

ที่ STP (Standard Temperature and Pressure: อุณหภูมิและความดันมาตรฐาน) อากาศมีความหนาแน่นประมาณ 1.2 kg/m^3 ซึ่งน้อยกว่าน้ำบริสุทธิ์ 830 เท่า และมีค่าสัมประสิทธิ์ความหนืด 1.85×10^{-5} Pa.sec ซึ่งน้อยกว่าน้ำบริสุทธิ์ถึง 48 เท่า [21] ในส่วนของอุณหภูมิของอากาศที่เปลี่ยนไปนั้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นของไหลทั่วไปจะมีความหนืดลดลงแต่อากาศจะมีความหนืดเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ที่อุณหภูมิ 60 °C ค่าสัมประสิทธิ์ความหนืดของอากาศเป็น 1.97×10^{-5} Pa.sec เพิ่มขึ้นจากที่ STP ประมาณ 7% ซึ่งยังถือว่ามีค่าต่ำมาก โดยตามหลักกลศาสตร์ของไหลแล้วการที่อากาศมีค่าสัมประสิทธิ์ความหนืดต่ำมากทำให้สามารถคำนวณปริมาณลมที่ผ่านปลายท่อออกมาจากสมการ

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = A\, v_I \qquad (*2)$$

โดย $\frac{\Delta V}{\Delta t}$ คือ ปริมาณลมที่ไหลเข้าตู้ผ่านกรวยดักลมทั้งสองอัน

A คือ พื้นที่หน้าตัดของท่อ

และ v_I คือ ค่าอัตราเร็วลมเข้าตู้

ซึ่งจากสมการ (*1) และ (*2) สามารถพิสูจน์ได้ว่า

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = 610 - 1220e^{-0.789v_S} \qquad (*3)$$

โดย $\frac{\Delta V}{\Delta t}$ ในสมการนี้มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง หรือ CMH

ตัวอย่างปริมาณลมเข้าตู้ผ่านทางกรวยดักลมที่สัมพัทธ์กับอัตราเร็วลมผิวพื้นบริเวณนอกตู้ คำนวณตามสมการ (*3) แสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ปริมาณลมเข้าตู้ผ่านทางกรวยดักลมที่สัมพัทธ์กับอัตราเร็วลมผิวพื้นบริเวณนอกตู้

อัตราเร็วลมผิวพื้นบริเวณนอกตู้ (m/s)	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
ปริมาณลมเข้าตู้ (CMH)	56	236	358	440	496	533	558	575	586

ปริมาณลมที่ได้จากพัดลมไฟฟ้าที่คณะผู้วิจัยติดตั้งกับตู้มีค่าเป็น 530 CMH เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลในตารางที่ 4.3 หากลมผิวพื้นมีค่ามากกว่า 3.5 m/s เป็นต้นไป กรวยดักลมจะให้ปริมาณลมเข้าตู้มากกว่าพัดลมไฟฟ้าที่ใช้ อย่างไรก็ตาม จากการสุ่มวัดอัตราเร็วลมผิวพื้นอย่างคร่าวๆ ณ บริเวณที่ผู้ประกอบการทำการตากปลา พบว่ามีค่าเฉลี่ยประมาณ 1.5 m/s (วัด ณ เวลาประมาณ 9:00 น. โดยวัดอยู่นานประมาณ 10 นาที) โดยทิศทางของความเร็วลมค่อนข้างคงที่แต่พัดกับหยุดสลับกันไป ตามข้อมูลข้างต้นนี้พอจะกล่าวได้ว่าในกรณีที่อัตราเร็วของลมผิวพื้นมีค่า 1.5 m/s และมีเวลาที่พัดสลับกับหยุดพอ ๆ กัน การติดตั้งกรวยดักลมจะช่วยเพิ่มกระแสลมเข้าตู้อีกประมาณ 20% ของลมที่ได้จากพัดลมไฟฟ้า และถ้าหากลมผิวพื้นพัดคงที่โดยมีอัตราเร็วตั้งแต่ 3.5 m/s เป็นต้นไป กรวยดักลมจะสามารถทำหน้าที่แทนพัดลมไฟฟ้าที่ใช้ได้เป็นอย่างดี ซึ่งข้อดีของกรวยดักลมคือช่วยประหยัดพลังงาน แต่มีข้อจำกัดด้านสถานที่และเวลา คือใช้ได้เฉพาะพื้นที่ที่มีลมพัดสม่ำเสมอและใช้ได้เฉพาะเวลาที่มีลมพัดเท่านั้น ซึ่งถ้าตัดกรวยรับลมออกในกรณีที่จุดใช้บริการตู้อบแห้งมีปริมาณลมไม่คุ้มค่าที่จะลงทุนสร้างกรวยรับลม จะสามารถลดต้นทุนการผลิตตู้อบแห้งปลาสลิดลงได้ 3,500 บาท (ค่าวัสดุ 2,500 บาท ค่าแรง 1,000 บาท)

4.4 ผลทดสอบการใช้ตู้อบแห้งปลาสลิด

ในการทดสอบตู้อบแห้งปลาสลิดจะแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 แบบ คือ แบบตู้เปล่า และแบบตากปลาสลิดเต็มตู้ ดังรายละเอียดที่ปรากฏในภาคผนวก ง โดยการทดสอบตู้เปล่าจะเป็นการวัดค่าคุณสมบัติทางกายภาพภายในตู้ก่อนที่จะทำการทดลองตากปลา เพื่อใช้เป็นตัวอ้างอิงค่าอุณหภูมิสูงสุดและความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดที่เป็นไปได้ของตู้อบแห้ง (ข้อจำกัดของตู้อบแห้ง) ส่วนการทดสอบตากปลาแบบเต็มตู้ได้ทำการสอบทั้งหมด 3 ครั้ง โดยการทดสอบครั้งแรกเพื่อทดสอบการบันทึกค่าอุณหภูมิ ค่า

ความชื้นสัมพัทธ์ การใช้งานของตู้เบื้องต้น เพื่อที่จะได้ทราบปัญหาจากงานใช้งานตู้อบแห้งปลาสลิด (การแก้ปัญหาเรื่องการเปลี่ยนวัสดุรองตากจากแผ่นสแตนเลสเจาะรูมาเป็นตาข่ายพลาสติก ได้ถูกปรับจากการทดลองครั้งที่หนึ่งนี้) ส่วนการทดลองครั้งที่ 2 และ ครั้งที่ 3 เพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสมต่อการใช้งานตู้อบแห้งให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด รวมถึงมีการตรวจวิเคราะห์เชื้อเพื่อเปรียบเทียบกับที่ตากแบบวิธีดั้งเดิม โดยผลการทดสอบแต่ละประเด็นมีดังนี้

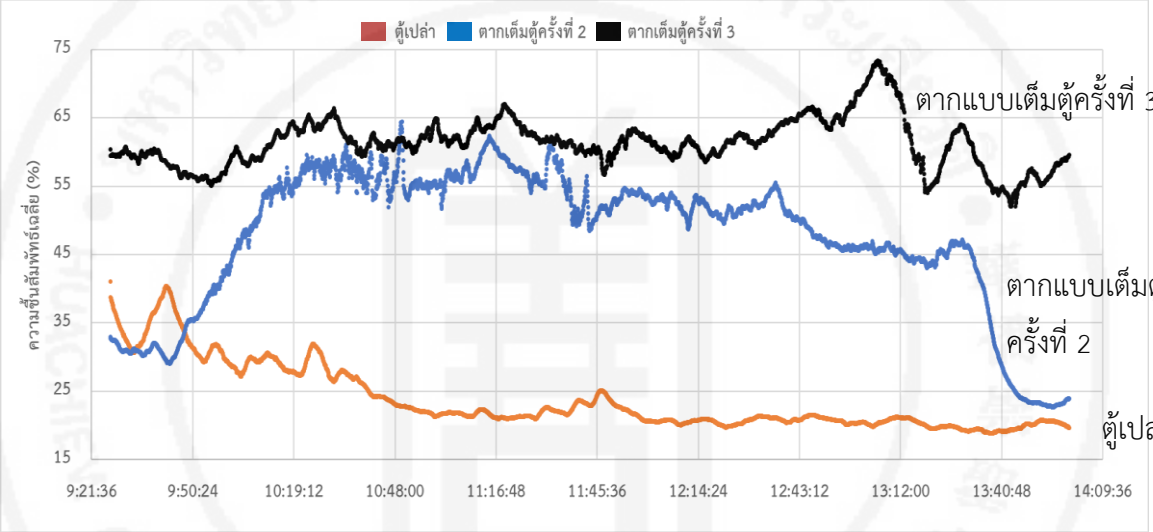
4.4.1 ความสัมพันธ์ของค่าคุณสมบัติทางกายภาพภายในตู้อบแห้งปลาสลิด

ตู้อบแห้งที่พัฒนาขึ้นมีขนาดกว้าง 1.2 เมตร ยาว 2.5 เมตร ติดตั้งพัดลม 1 ด้าน เพื่อลดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้ สามารถรองรับปลาที่ตากได้ประมาณ 35-40 กิโลกรัมต่อครั้ง ทั้งนี้ตลอดช่วงการตากปลาจะมีการบันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ โดยมีตัวรับรู้ (Sensor) สำหรับการบันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ทั้งหมด 6 จุด คือ ด้านความยาวของตู้ทั้งสองด้าน 4 จุด และด้านความกว้าง 2 จุด โดยแต่ละจุดอ้างอิงหมายเลขตัวรับรู้อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (DHT22 Sensor) R1-R6 ตามที่ได้แสดงไว้ดังภาพที่ 4.4

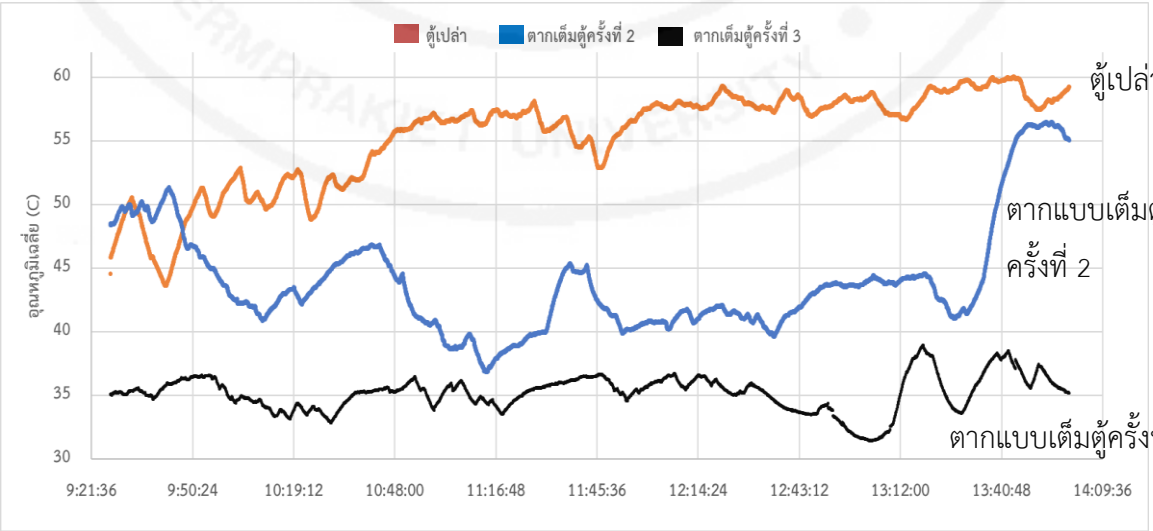
ภาพที่ 4.4 ตำแหน่งการติดตั้งตัวรับรู้อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (DHT22 Sensor)

ในลำดับขั้นตอนการทดสอบการใช้งาน จะบันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้เปล่าก่อน เพื่อได้ค่าอุณหภูมิสูงสุดและความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดที่จะเป็นไปได้ หลังจากนั้นบันทึกค่าอุณหภูมิ

และความชื้นสัมพัทธ์ขณะตากปลาสลิดเต็มตู้ เพื่อเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงขณะตากปลา และมีการนำปลาที่ทดลองตากไปวิเคราะห์ปริมาณเชื้อต่อไป หลังจากนั้นจะนำผลที่ได้จากการทดลองตากปลาเต็มตู้ครั้งที่ 2 มาวิเคราะห์ และปรับรูปแบบการตากใหม่ (โดยการตากแบบเต็มตู้ครั้งที่ 3) เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการตากปลาเต็มตู้ครั้งที่ 2 โดยรูปแบบการตากปลาที่เพิ่มขึ้นมาคือมีการเปิดพัดลมเพื่อระบายความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้เป็นระยะ ๆ โดยเปิดพัดลมตั้งแต่เริ่มตาก แทนการเริ่มเปิดพัดลมเมื่อตากไปแล้ว 1 ชั่วโมง และมีการนำปลาที่ได้จากการตากปลาเต็มตู้ครั้งที่ 3 ไปวิเคราะห์เชื้อต่อไปเช่นกัน ซึ่งค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบแห้งปลาสลิดทั้ง 2 แบบ (ตู้เปล่า และแบบเต็มตู้ครั้งที่ 2 และแบบเต็มตู้ครั้งที่ 3) มีผลการทดสอบดังนี้



ภาพที่ 4.5 ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยภายในตู้ที่ได้จากการทดสอบแต่ละครั้ง



ภาพที่ 4.6 ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้ที่ได้จากการทดสอบแต่ละครั้ง

จากผลการทดสอบทั้ง 3 ครั้ง (ตู้เปล่า และตากปลาเต็มตู้ 2 ครั้ง) พบว่า ค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดอยู่ที่ประมาณร้อยละ 20 และอุณหภูมิสูงสุดที่เป็นไปได้ประมาณ 57 องศาเซลเซียส (ได้จากการทดสอบตู้เปล่า) เมื่อทำการทดสอบตากปลาแบบเต็มตู้ครั้งที่ 2 โดยมีการเปิดพัดลมระบายความชื้นเมื่อตากไปแล้ว 1 ชั่วโมง พบว่า อุณหภูมิภายในตู้เฉลี่ยเริ่มต้นประมาณ 45 องศาเซลเซียส และลดลงมาที่อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 42 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยเริ่มต้นประมาณร้อยละ 45 และเพิ่มขึ้นมาที่ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยประมาณร้อยละ 55 แต่เมื่อทำการเปิดพัดลมเป็นระยะ ๆ เพื่อระบายความชื้นสัมพัทธ์ตั้งแต่เริ่มตากในการทดสอบตากปลาเต็มตู้ครั้งที่ 3 พบว่า อุณหภูมิภายในตู้เฉลี่ยลดลงเหลือประมาณ 35 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยเพิ่มขึ้นอยู่ที่ประมาณร้อยละ 60

4.4.2 คุณภาพของปลาสลิดที่ตากด้วยตู้อบแห้งปลาสลิด

เพื่อให้การวิเคราะห์เปรียบเทียบคุณภาพของปลาสลิดที่ตากด้วยตู้อบแห้งปลาสลิดมีความน่าเชื่อถือ คณะผู้วิจัยจึงได้นำปลาสลิดที่ได้จากการทดลองตากปลาแบบเต็มตู้ครั้งที่สองและครั้งที่สามไปทำการวิเคราะห์หาค่าคุณภาพทางชีวภาพ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ในการวิเคราะห์เชื้อสำหรับการตากปลาแบบเต็มตู้ครั้งที่ 2 จะวิเคราะห์คุณภาพของปลาจำนวน 3 ครั้ง คือ ก่อนตาก หลังตาก 1.5 ชั่วโมง และหลังตาก 3 ชั่วโมง ส่วนการตากปลาแบบเต็มตู้ครั้งที่ 3 จะเปลี่ยนช่วงเวลาในการวิเคราะห์ให้มีความแตกต่างเรื่องเวลามากขึ้น เนื่องจากหากวิเคราะห์ที่เวลาใกล้เคียงกันมากเกินไปจะทำให้ค่าที่วิเคราะห์ได้ไม่มีนัยสำคัญเพียงพอ ดังนั้นจึงได้กำหนดช่วงเวลาการวิเคราะห์เป็น ก่อนตาก หลังตาก 2 ชั่วโมง และหลังตาก 5 ชั่วโมง โดย ณ เวลาตากแต่ละช่วงดังกล่าวจะทำการสุ่มเก็บตัวปลา เพื่อนำไปวิเคราะห์เชื้อและวัดค่า a_w เช่นเดียวกัน

จากการพิจารณาเรื่องการควบคุมคุณภาพในการตากปลาสลิดแดดเดียว ผลการศึกษาคุณภาพของตัวอย่างปลาสลิดที่ผ่านการตากปลาแบบเต็มตู้ในการทดลองครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 มาศึกษาคุณภาพทางชีวภาพได้แก่การตรวจปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด (Total coliform bacteria) ปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และตรวจแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* รวมถึงการตรวจค่า Water activity (a_w) สามารถแสดงผลได้ดังตารางที่ 4.4 ถึง 4.7 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 คุณภาพทางชีวภาพของตัวอย่างปลาสลิดที่ผ่านการตากแห้งในตู้อบแห้งปลาสลิดในการตากปลาแบบเต็มตู้ ครั้งที่ 2

ปลาสลิดที่ผ่านตาก	ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w)	ปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด (CFU/g)	ปริมาณเชื้อราและยีสต์ทั้งหมด (CFU/g)	ปริมาณเชื้อ *S. aureus* (CFU/g)
ในตู้อบแห้งปลาสลิด		ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
ก่อนตาก	0.99	7.65E+05	21	<3.0
ตากในตู้ 1.5 h	0.99	1.82E+06	13	<3.0
ตากในตู้ 3.0 h	0.99	9.30E+05	9	<3.0

ตารางที่ 4.5 คุณภาพทางชีวภาพของตัวอย่างปลาสลิดที่ผ่านการตากแห้งในตู้อบแห้งปลาสลิดในการตากปลาแบบเต็มตู้ ครั้งที่ 3

ปลาสลิดที่ผ่านตาก	ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w)	ปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด (CFU/g)	ปริมาณเชื้อราและยีสต์ทั้งหมด (CFU/g)	ปริมาณเชื้อ *S. aureus* (CFU/g)
ในตู้อบแห้งปลาสลิด		ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
ก่อนตาก	0.99	1.34E+05	1	<3.0
ตากในตู้ 2.0 h	0.99	2.55E+04	0	<3.0
ตากในตู้ 5.0 h	0.99	3.10E+04	0	<3.0

ตารางที่ 4.6 ปริมาณโคลิฟอร์มในตัวอย่างปลาสลิดที่ผ่านการตากในตู้อบแห้งปลาสลิด ในการตากปลาแบบเต็มตู้ ครั้งที่ 2

ปลาสลิดที่ผ่านตากในตู้อบแห้งปลาสลิด	Confirm test (BGLB)				Confirm test (EC)				Typical colony *E. coli* on EMB
	หลอดผลบวกการเจือจางที่			ปริมาณ Coliform (MPN/g)	หลอดผลบวกการเจือจางที่			ปริมาณ Fecal Coliform ใน EC medium (MPN/g)	
	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}		10^{-2}	10^{-3}	10^{-1}		
ก่อนตาก	3	3	2	1,100	3	1	2	120	+
ตากในตู้ 1.5 h	3	3	3	> 1100	3	3	3	> 1100	+
ตากในตู้ 3.0 h	3	3	3	> 1100	3	3	3	> 1100	+

ตารางที่ 4.7 ปริมาณโคลิฟอร์มในตัวอย่างปลาสลิดที่ผ่านการตากในตู้อบแห้งปลาสลิด ในการตากปลาแบบเต็มตู้ ครั้งที่ 3

ปลาสลิดที่ผ่านตากในตู้อบแห้งปลาสลิด	Confirm test (BGLB)				Confirm test (EC)				Typical colony *E. coli* on EMB
	หลอดผลบวกการเจือจางที่			ปริมาณ Coliform (MPN/g)	หลอดผลบวกการเจือจางที่			ปริมาณ Fecal Coliform ใน EC medium (MPN/g)	
	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}		10^{-2}	10^{-3}	10^{-1}		
ก่อนตาก	3	2	1	150	3	0	0	23	+
ตากในตู้ 2.0 h	3	2	0	93	3	0	0	23	+
ตากในตู้ 5.0 h	3	3	0	240	3	3	0	240	+

จากมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทปลาแดดเดียวที่กำหนดไว้คือ ค่าวอเตอรแอกทิวิตี (a_w) ตองไม่เกิน 0.85 ปริมาณจุลินทรีย์ *Staphylococcus aureus (S.aureus)* ตองนอยกวา 200 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม *Escherichia coli* โดยวิธี MPN ตองนอยกวา 50 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม และยีสตและรา ตองไม่เกิน 500 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

จากการวิเคราะห์ค่า a_w ของการทดลองตากปลาเต็มตู้ครั้งที่ 2 และ ครั้งที่ 3 พบว่า ได้ค่า a_w เท่ากับ 0.99 ทุกกรณี (ตารางที่ 4.4-4.5) และค่าที่ได้นี้มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนที่กำหนด ส่วนปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด ปริมาณเชื้อราและยีสต์ทั้งหมด และปริมาณเชื้อ *S. aureus* (ตารางที่ 4.4-4.5) พบว่าการตากปลาแบบเต็มตู้ครั้งที่ 3 มีปริมาณเชื้อน้อยกว่าครั้งที่ 2 (ปริมาณเชื้อลดลงทุกชนิด ยกเว้นปริมาณเชื้อ *S. aureus* ที่มีปริมาณ < 3.0 CFU/g เท่ากัน) และการทดสอบทั้งสองครั้งผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ส่วนปริมาณโคลิฟอร์มในตัวอย่างปลาสลิด (ตารางที่ 4.6-4.7) พบว่าปริมาณโคลิฟอร์มในตัวอย่างปลาสลิดที่ทดลองตากครั้งที่ 3 น้อยกว่าครั้งที่ 2 โดยที่การทดลองตากปลาแบบเต็มตู้ครั้งที่ 2 ปริมาณโคลิฟอร์มในตัวอย่างปลาสลิดไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกำหนด ส่วนการทดลองตากปลาแบบเต็มตู้ครั้งที่ 3 ปริมาณโคลิฟอร์มในตัวอย่างปลาสลิดผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ยกเว้นในการทดลองตากที่ 5 ชั่วโมง

จากผลการดำเนินงานและผลการทดลองใช้งานตู้อบแห้งปลาสลิด คณะผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาประมวลผล วิเคราะห์และสรุปผลการดำเนินงานร่วมกัน ดังรายละเอียดที่ปรากฏในบทที่ 5

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

เพื่อให้งานวิจัยนี้สามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการตากปลาสลิด เพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับผู้บริโภคและผลิตภัณฑ์ปลาสลิดแดดเดียวที่ได้มีมาตรฐานเป็นที่ยอมรับ ซึ่งจากการดำเนินงานวิจัยสามารถสรุปเป็นประเด็นสำคัญได้ 2 ประเด็นคือ ประเด็นที่หนึ่งคือ ด้านการพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิด และประเด็นที่สองคือ ด้านคุณภาพของปลาสลิดที่ได้จากการใช้ตู้อบแห้งปลาสลิดเพื่อให้ได้มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทปลาแดดเดียว โดยแต่ละประเด็นมีรายละเอียดดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการพัฒนาและทดสอบการใช้งานตู้อบแห้งปลาสลิด สามารถสรุปผลการวิจัยในประเด็นของการพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิดและคุณภาพของปลาสลิด ดังรายละเอียดต่อไปนี้

5.1.1 ด้านการพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิด

ในการสรุปผลการวิจัยด้านการพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิด คณะผู้วิจัยได้พิจารณาใน 5 ประเด็นหลัก ได้แก่ ด้านต้นทุนการผลิตตู้อบแห้งปลาสลิด ข้อดีและข้อเสียของตู้อบแห้งปลาสลิดที่พัฒนาขึ้น ขั้นตอนการใช้งานของตู้อบแห้งเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด การคำนวณระยะเวลาคืนทุน และข้อแนะนำในการพัฒนาตู้อบแห้งเพื่อที่จะพัฒนาให้ดีขึ้นในอนาคต ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) ต้นทุนการผลิตตู้อบแห้งปลาสลิด

ต้นทุนการผลิตตู้ประกอบด้วยค่าวัสดุและค่าแรงงาน โดยวัสดุที่ใช้ทำเป็นสแตนเลสทั้งหมด ทำให้ต้นทุนตู้อบแห้งที่ผลิตขึ้นมีราคาค่อนข้างสูง โดยต้นทุนทั้งหมดประมาณ 37,000 บาท และจากการทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์บางชนิด (แผ่นรองตากสแตนเลส และกรวยรับลมตามรายละเอียดในหัวข้อ 4.3.1 และ 4.3.2) สามารถลดต้นทุนการผลิตลงได้ในกรณีที่เปลี่ยนวัสดุรองตาก (ลดได้ 3,500 บาท) และไม่มีการติดตั้งกรวยรับลม (ลดได้ 3,500 บาท) จะทำให้ต้นทุนการผลิตลดลงเหลือประมาณ 30,000 บาท

2) ข้อดีและข้อเสียของตู้อบแห้งปลาสลิดที่พัฒนาขึ้น

ตู้อบแห้งปลาสลิดที่คณะผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น นอกจากจะช่วยแก้ปัญหาที่เกิดจากการตากแห้งปลาสลิดด้วยวิธีดั้งเดิมแล้ว ยังมีผลดีต่อเกษตรผู้แปรรูปปลาสลิดตากแห้งดังต่อไปนี้

- ไม่มีแมลงวันตอม หรือมีแมลงวันตอมน้อย แต่สามารถไล่แมลงวันได้

- สามารถควบคุมความร้อนและความชื้นภายในตู้ได้ในระดับหนึ่ง
- สามารถตากได้ในช่วงฝนตกได้ (แต่ไม่หนักมาก)
- มีการดึงลมธรรมชาติมาใช้ (ความเร็วลมระดับผิวพื้นเกิน 3.5 m/s และมีลมพัดสม่ำเสมอ)

แม้ว่าตู้อบแห้งปลาสลิดที่คณะผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น จะมีผลดีต่อการพัฒนาคุณภาพของปลาสลิดตากแห้ง อย่างไรก็ตาม คณะผู้วิจัยยังคงพบปัญหาจากการใช้งานตู้อบแห้งปลาสลิด ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- ปลาที่ตากมีความแห้งไม่สม่ำเสมอตลอดทั้งตู้ เนื่องจากบางจุดในตู้เป็นจุดอับลม คือไม่สัมผัสกับลมที่มาจากพัดลมระบายความชื้น
- ภายในตู้มีอุณหภูมิค่อนข้างสูง ส่งผลให้ปลาที่ตากมีลักษณะผิวนอกแห้ง แต่ข้างในยังมีปริมาณน้ำสูง ซึ่งส่งผลให้เนื้อปลายุ่ยกว่าที่ควรจะเป็น หากไม่มีการเปิดพัดลมระบายความชื้น
- ลมธรรมชาติไม่สามารถนำมาใช้ได้หากความเร็วลมระดับผิวพื้นไม่ถึง 3.5 m/s และมีลมพัดไม่สม่ำเสมอ จึงไม่จำเป็นต้องติดตั้งกรวยรับลม
- ตู้อบแห้งปลาสลิดที่พัฒนาขึ้นยังไม่ได้ถูกทดลองใช้โดยผู้ประกอบการ เนื่องจากทางผู้วิจัยเล็งเห็นปัญหาขณะทำการตาก แต่ยังไม่ได้ดำเนินการแก้ไข เนื่องจากพบปัญหาในช่วงท้ายของระยะเวลาการวิจัย

3) ขั้นตอนการใช้งานของตู้อบแห้งเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

3.1) ในการตากปลาสลิดหนึ่งครั้งสามารถตากได้ 35-40 กิโลกรัม ซึ่งเมื่อจะตากจะต้องเลื่อนกระจกด้านข้างแล้วเรียงปลาสลิดตากทีละข้าง

3.2) ควรเปิดพัดลมตั้งแต่เริ่มตากและขณะที่ตากปลาต้องเปิดพัดลมเป็นระยะ ๆ เพื่อลดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิภายในตู้

3.3) กลับตัวปลาทุก 30-45 นาที

3.4) ระยะเวลาในการตากประมาณ 2-3 ชั่วโมง

3.5) ควรติดตั้งกรวยรับลม (หากพื้นที่มีความเร็วลมระดับผิวพื้นเกิน 3.5 m/s และมีลมพัดสม่ำเสมอ) เพื่อที่จะนำลมธรรมชาติมาใช้ ซึ่งช่วยลดต้นทุนเรื่องพลังงานไฟฟ้า

4) การคำนวณระยะเวลาคืนทุน

ในการพิจารณาระยะเวลาคืนทุน ถ้าพิจารณาต้นทุนการผลิตขณะนี้คือ 37,000 บาทต่อตู้ หากผู้ประกอบการนำไปใช้งานจริง สามารถลดต้นทุนบางส่วนได้คือ เปลี่ยนวัสดุแผ่นรองตากเป็นวัสดุที่หา

ง่าย ราคาถูก ไม่ติดตั้งกรวยรับลม หากพื้นที่นั้นมีอัตราเร็วลมพื้นผิวน้อยกว่า 3.5 m/s (หรือไม่ติดตั้งเลย) ต้นทุนจะลดลงเหลือไม่เกิน 30,000 บาทต่อตู้ หากคำนวณระยะเวลาคืนทุน โดยกำหนดราคาขายให้สูงกว่าราคาเดิม 10 บาทต่อกิโลกรัม พิจารณาปริมาณการตากที่ตู้หนึ่งตู้ตากได้ 30 กิโลกรัมต่อครั้ง และตากปลาได้ 3 ครั้งต่อวัน ตู้ที่ราคาต้นทุน 30,000 บาท จะคืนทุนภายใน 33 วัน (30,000 บาท/(10 บาทต่อกก. x 30 กก.ต่อครั้ง x 3 ครั้งต่อวัน) หรือประมาณ 1 เดือน

ส่วนต้นทุนปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ขณะทำการตากปลา เนื่องจากพัดลมที่ใช้มีกำลัง 19 วัตต์ ถ้าพิจารณาแบบเปิดพัดลมตลอด 9 ชั่วโมงต่อวัน (ในความเป็นจริงไม่ได้เปิดตลอดการตากปลา จะมีการเปิดเป็นระยะ ๆ) จะใช้พลังงานไฟฟ้า 0.171 หน่วยต่อวัน ((19/1,000) kW x 9 hr.) ตาก 33 วัน จะใช้พลังงาน 5.643 หน่วย (0.171 หน่วยต่อวัน x 33 วัน) ถ้าค่าไฟฟ้าราคา 5 บาทต่อหน่วย จะต้องจ่ายไฟฟ้าประมาณ 30 บาท (0.171 หน่วยต่อวัน x 33 วัน x 5 บาทต่อหน่วย) ซึ่งค่าต้นทุนด้านพลังงานไฟฟ้ามีค่าน้อยมาก

5) ข้อเสนอแนะในการพัฒนาตู้อบแห้งเพื่อที่จะพัฒนาให้ดีขึ้นในอนาคต

จากการทดลองตากปลาสลิดด้วยตู้อบแห้งปลาสลิดที่คณะผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น คณะผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะในการปรับปรุงตู้อบแห้งปลาสลิด ดังรายละเอียดต่อไปนี้

5.1) วัสดุรองตากควรมีลักษณะโปร่งให้มากที่สุด มีพื้นที่สัมผัสเนื้อปลาให้น้อยที่สุด ซึ่งในการปรับปรุงตู้สามารถเปลี่ยนแผ่นรองตากเป็นชนิดอื่น ๆ ตามที่ผู้ประกอบการต้องการได้ และเป็นการลดต้นทุนของตู้ได้อีกทางหนึ่ง โดยวัสดุที่แนะนำมาใช้แทนแผ่นแสตนเลสควรมีลักษณะสำคัญคือ หาง่าย ราคาถูก มีช่องระบายอากาศมากและมีความถี่ของช่องพอประมาณ (เพื่อไม่ให้ปลาลอดตกจากที่รองตาก)

5.2) เปลี่ยนจุดติดตั้งพัดลมระบายความชื้นภายในตู้ ให้อยู่ในระดับต่ำกว่าแผ่นรองตากหรืออยู่กึ่งกลางของแผ่นรองตาก เพื่อพัดลมจะได้เป่าระบายความชื้นจากด้านล่างของแผ่นรองตาก ทำให้ปลาสลิดแห้งเร็วขึ้น

5.3) ไม่ต้องติดตั้งกรวยรับลม หากบริเวณที่ตากมีอัตราเร็วลมผิวพื้นน้อยกว่า 3.5 m/s และมีลมพัดไม่สม่ำเสมอ เพื่อเป็นการลดต้นทุนของตู้อบแห้งปลาสลิด

5.4) ศึกษาเงื่อนไขของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้เพื่อหาค่าที่แม่นยำมากขึ้น ซึ่งค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่ได้ต้องทำให้เชื้อมีการเจริญเติบโตช้า และเป็นสภาวะที่การระเหยของน้ำในตัวปลาออกมาได้มากและเร็วที่สุด (แห้งเร็ว) ซึ่งถ้าได้ค่าที่แน่นอนแล้ว สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมการเปิดปิดพัดลมแบบอัตโนมัติได้

5.1.2 ด้านคุณภาพของปลาสลิดที่ได้จากการใช้ตู้อบแห้งปลาสลิด

ในการสรุปผลการวิจัยด้านคุณภาพของปลาสลิดแดดเดียวที่ได้จากกการตากด้วยตู้อบแห้งปลาสลิด คณะผู้วิจัยได้พิจารณาใน 2 ประเด็นหลัก ได้แก่

1) การวิเคราะห์ปริมาณเชื้อในเนื้อปลาสลิด

จากการนำปลาสลิดที่ได้จากการทดลองตากในตู้อบแห้งปลาสลิดที่พัฒนาขึ้นไปวิเคราะห์คุณภาพทางชีวภาพ จำนวน 2 เงื่อนไข เงื่อนไขละ 3 ตัวอย่าง โดยตัวอย่างปลาที่นำไปวิเคราะห์มีความแตกต่างกันตรงที่การเปิดและไม่เปิดพัดลมระบายอากาศเพื่อลดความชื้นสัมพัทธ์และลดอุณหภูมิภายในตู้ ซึ่งเงื่อนไขที่ 1 (ตากปลาเต็มตู้ ครั้งที่ 2) คือเริ่มเปิดพัดลมหลังตากไปแล้ว 1 ชั่วโมง และเปิดเป็นระยะ ๆ ตลอดการตาก และเงื่อนไขที่ 2 (ตากปลาเต็มตู้ ครั้งที่ 3) คือเปิดพัดลมตั้งแต่เริ่มตากและเปิดเป็นระยะ ๆ ตลอดการตาก ผลที่ได้พบว่าการเปิดพัดลมตั้งแต่เริ่มตากและเปิดเป็นระยะ ๆ ให้คุณภาพปลาสลิดแดดเดียวที่ดีกว่าการเริ่มเปิดพัดลมหลังจากตากปลาไปแล้ว 1 ชั่วโมง เนื่องจากว่าการเปิดพัดลมตั้งแต่เริ่มตาก ทำให้ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิภายในตู้ไม่ขึ้นเร็วเกินไป ซึ่งช่วยให้หนังปลาไม่แห้งเร็วและปริมาณเชื้อไม่มีการเจริญเติบโต เนื่องจากอุณหภูมิไม่เหมาะต่อการเจริญเติบโตของเชื้อ และเมื่อทำการตรวจวัดปริมาณเชื้อพบว่ามีค่าต่ำซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนที่กำหนดไว้ในเรื่องของปริมาณเชื้อ ส่วนผลการวิเคราะห์ค่า a_w พบว่ามีค่าค่อนข้างสูง คือ 0.99 ซึ่งเกินเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนที่กำหนดไว้

2) การวิเคราะห์ค่าความชื้นในตัวปลา

ปริมาณความชื้นในตัวปลาที่ได้จากการตากด้วยวิธีดั้งเดิม และตากด้วยตู้อบแห้งปลาสลิดที่พัฒนาขึ้น มีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งค่าที่บันทึกได้จากเครื่องมือวัดมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ยังดำเนินการได้ไม่ครบถ้วนตามขอบเขตการดำเนินงานที่ได้วางแผนไว้ โดยส่วนที่ยังไม่ได้ดำเนินการคือการนำตู้อบแห้งที่พัฒนาขึ้นไปให้ผู้แปรรูปปลาสลิดแดดเดียวทดลองใช้งาน เพื่อที่จะได้ข้อเสนอแนะจากกลุ่มเป้าหมายมาปรับปรุงให้เกิดประสิทธิภาพและตรงตามความต้องการของผู้ใช้งานมากขึ้น อย่างไรก็ตาม คณะผู้วิจัยได้ดำเนินงานและสามารถสรุปเป็นประเด็นที่สำคัญคือ ปลาที่ได้จากการตากด้วยตู้อบแห้งและตากด้วยวิธีธรรมชาติ ถ้าพิจารณาจากลักษณะภายนอกแทบมองไม่เห็นความแตกต่าง และเมื่อวัดค่าความชื้นในตัวปลาก็มีค่าใกล้เคียงกัน หรือมีค่าที่แตกต่างกันบ้างแต่ไม่มีนัยสำคัญ แต่ประเด็นหนึ่งที่มีความสำคัญคือการการตรวจปริมาณเชื้อและค่า a_w เพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภท “ปลาแดดเดียว” จากการทดลองที่มีการตรวจวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจำนวน 2 ครั้ง ซึ่งการทดลองในครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 (ตามที่ได้รายงานไว้ใน

หัวข้อที่ 4.4 ไปแล้วนั้น) มีความแตกต่างกันตรงที่ในการทดลองครั้งที่ 2 จะเริ่มเปิดพัดลมหลังจากที่ตากไปแล้วประมาณ 1 ชั่วโมง ส่วนครั้งที่ 3 เปิดพัดลมตั้งแต่เริ่มตาก ซึ่งผลจากการวิเคราะห์ค่า a_w ไม่มีความแตกต่างคือ ได้ค่า 0.99 เท่ากัน ซึ่งทั้งสองครั้งไม่ผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภท “ปลาแดดเดียว” ผลการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อพบว่าในการทดลองครั้งที่ 3 ปริมาณเชื้อมีค่าน้อยกว่าการทดลองในครั้งที่ 2 ซึ่งการทดลองในครั้งที่ 2 นี้ปริมาณเชื้อไม่ผ่านมาตรฐาน ส่วนการทดลองในครั้งที่ 3 ผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ทั้งนี้เมื่อพิจารณาคุณสมบัติทางกายภาพภายในตู้อบแห้งปลาสลิดจากทั้งสองครั้งพบว่า ในการทดลองครั้งที่ 2 อุณหภูมิภายในตู้เฉลี่ยตอนต้นชั่วโมงอยู่ที่ประมาณ 45 องศาเซลเซียส และค่อย ๆ ลดลงมาที่ประมาณ 42 องศาเซลเซียส หลังจากเปิดพัดลม ซึ่งค่าอุณหภูมินี้เหมาะต่อการเจริญเติบโตของเชื้อ เมื่อเวลาผ่านไป ทำให้เชื้อมีปริมาณมากขึ้น เนื่องจากช่วงแรกค่าความชื้นสัมพัทธ์มีค่าค่อนข้างต่ำ และอุณหภูมิสูง ทำให้ไอน้ำระเหยออกไปจากตัวปลาอย่างรวดเร็ว แต่เมื่อเวลาผ่านไปค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้น อัตราการระเหยของน้ำจากตัวปลาลดลง ทำให้ไอน้ำที่อยู่ในตู้กลับเข้ามาในตัวปลาใหม่ ซึ่งไอน้ำที่กลับเข้ามาในตัวปลาเป็นไอน้ำที่มีอุณหภูมิสูง ผลที่ได้คือเนื้อปลาจะมีลักษณะสุก ทำให้เนื้อยุ่ยซึ่งไม่เป็นที่ต้องการ แต่การทดลองในครั้งที่ 3 เริ่มเปิดพัดลมตั้งแต่เริ่มตาก โดยพยายามรักษาให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์และค่าอุณหภูมิคงที่ตลอดการตาก โดยมีค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยประมาณร้อยละ 60 และอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 35 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิค่านี้เชื้อเจริญเติบโตได้ไม่ดี และเมื่อเปรียบเทียบค่าปริมาณเชื้อของผลิตภัณฑ์ปลาแดดเดียวที่มีจำหน่ายทั่วไป โดยขออ้างอิงปริมาณเชื้อในปลาสลิดแดดเดียวทุกตัวอย่างที่มีการสุ่มตรวจ จำนวน 18 ตัวอย่าง ในเขต อ. บางบ่อ จ. สมุทรปราการ ซึ่งเป็นผลจากการดำเนินงานภายใต้โครงการการพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาสลิดแดดเดียวบางบ่อสู่มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน โดย อ.ดร.จำรูญศรี พุ่มเทียน และคณะ พบว่าปริมาณเชื้อมีค่าเกินเกณฑ์ที่มาตรฐานยอมรับ โดยมีเชื้อราและยีสต์สูงเกิน 500 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ปริมาณ Escherichia coli โดยวิธี MPN มีค่ามากกว่า 50 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม และค่า a_w มีค่าอยู่ที่ 0.97-0.99 ซึ่งไม่ผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทปลาแดดเดียวเช่นกัน ดังนั้นสรุปได้ว่าปลาที่ผ่านการตากด้วยตู้อบแห้งปลาสลิดที่พัฒนาขึ้นสามารถลดปริมาณเชื้อที่ไม่ต้องการอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าสร้างความปลอดภัยให้กับผู้บริโภคมากขึ้น สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของโครงการ

ส่วนต้นทุนการผลิตขณะนี้คือ 37,000 บาทต่อตู้ หากผู้ประกอบการนำไปใช้งานจริง สามารถลดต้นทุนบางส่วนได้คือ เปลี่ยนวัสดุแผ่นรองตากเป็นวัสดุที่หาง่าย ราคาถูก ไม่ติดตั้งกรวยรับลม หากพื้นที่นั้นมีอัตราเร็วลมพื้นผิวน้อยกว่า 3.5 m/s (หรือไม่ติดตั้งเลย) ต้นทุนจะลดลงเหลือไม่เกิน 30,000 บาทต่อตู้ หากคำนวณระยะเวลาคืนทุน โดยกำหนดราคาขายให้สูงกว่าราคาเดิม 10 บาทต่อกิโลกรัม ตู้หนึ่งตากได้ 30 กิโลกรัมต่อครั้ง และตาก 3 ครั้งต่อวัน จะคืนทุนภายในหนึ่งเดือน (33 วัน) ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้วราคาต้นทุนที่ต้องลงทุนเพิ่มเติมกับระยะเวลาคืนทุน ประกอบกับการนำปลาสลิดที่ตาก

ผ่านตู้อบแห้งไปประชาสัมพันธ์ให้ลูกค้าได้เชื่อมั่นในสินค้าปลาสลิดแดดเดียว น่าจะสร้างความน่าสนใจให้กับผู้ประกอบการหันมาลงทุนตู้อบแห้งปลาสลิดมากขึ้น

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาและพัฒนางานวิจัยตู้อบแห้งปลาสลิด การนำเสนอผลงานภาคนิทรรศการในงานการประชุมเชิงวิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 6 "งานวิชาการรับใช้สังคม" และการเข้าร่วมกิจกรรมถ่ายทอดองค์ความรู้สู่ชุมชนและค้นหาโจทย์วิจัยของชุดโครงการวิจัยนวัตกรรมพัฒนาพื้นที่เพื่อเพิ่มมูลค่าของห่วงโซ่เศรษฐกิจปลาสลิดบางบ่อ ตามยุทธศาสตร์ส่งเสริมสินค้าเกษตรปลอดภัยเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม จังหวัดสมุทรปราการ (รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก จ) ทำให้คณะผู้วิจัยได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับอาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการจากหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง รวมถึงกลุ่มเกษตรกรทั้งผู้เลี้ยงและผู้แปรรูปปลาสลิด ซึ่งสามารถสรุปเป็นข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนางานวิจัยดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) ควรมุ่งเน้นให้ตู้อบแห้งมีการใช้งานง่ายขึ้น โดยเป้าหมายคือกลุ่มที่มีศักยภาพด้านการลงทุน การพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิดควรติดตั้งตัวตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ไว้ที่ตู้และทำการวัดค่าแบบเรียลไทม์ (real time) และนำค่าที่วัดได้มาควบคุมการเปิด-ปิดพัดลม เพื่อรักษาค่าความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิภายในตู้ให้เหมาะกับปลาสลิดแดดเดียวแบบอัตโนมัติ แต่จะเป็นการเพิ่มต้นทุนให้กับตู้อบแห้งปลาสลิด

2) ควรมุ่งเน้นให้ผู้ประกอบการเริ่มเปลี่ยนรูปแบบการตากโดยหันมาตากโดยมีวัสดุคลุมขณะตาก จากคำแนะนำของเจ้าหน้าที่ด้านการขึ้นทะเบียนมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน โดยเจ้าหน้าที่ได้เชิญชวนให้กลุ่มผู้แปรรูปปลาสลิดแดดเดียวสนใจที่จะนำผลิตภัณฑ์ปลาสลิดแดดเดียวของร้านมาขึ้นทะเบียนมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภท “ปลาแดดเดียว” ทางเจ้าหน้าที่ได้แนะนำให้ผู้แปรรูปปลาสลิดแดดเดียวลองจัดหาวัสดุคลุมกันฝุ่นและแมลงขณะตากแล้วนำปลาที่ตากได้ไปตรวจเชื้อ เพื่อดูปริมาณเชื้อว่าผ่านมาตรฐานหรือไม่ โดยทางหน่วยงานยินดีที่จะตรวจให้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย เพื่อเป็นการกระตุ้นให้ผู้ประกอบการค่อย ๆ ปรับวิธีการตากจากวิธีง่าย ๆ และต้นทุนไม่สูงมาก ซึ่งถ้าเป็นเช่นนี้ทางกลุ่มผู้วิจัยเล็งเห็นว่าการที่จะคาดหวังให้ผู้ประกอบการมาใช้ตู้อบแห้งปลาสลิดทุกรายคงเป็นไปได้ยาก แต่ถ้าพัฒนาวัสดุคลุมสำหรับตากที่ใช้งานง่าย เก็บรักษาง่าย และมีต้นทุนต่ำกว่าตู้อบแห้งมาก ผู้ประกอบการน่าจะมีกำลังและสนใจที่จะนำมาใช้งานมากขึ้น

3) ควรส่งเสริมให้กลุ่มเป้าหมายนำตู้อบแห้งปลาสลิดที่พัฒนาขึ้นไปใช้งานจริง ควรมีการทดสอบการใช้งานจากผู้ประกอบการร้านจำหน่ายปลาสลิดแดดเดียว เพื่อจะได้นำคำแนะนำมาปรับปรุงตู้อบแห้งปลาสลิดให้ใช้ง่ายและตอบสนองความต้องการของผู้ใช้มากขึ้น

ในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ นอกจากที่คณะผู้วิจัยได้ดำเนินงานการพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิดตามกรอบระยะเวลาและวัตถุประสงค์ของชุดโครงการวิจัยนวัตกรรมพัฒนาเชิงพื้นที่เพื่อเพิ่มมูลค่าของห่วงโซเศรษฐกิจปลาสลิดบางบ่อ ตามยุทธศาสตร์ส่งเสริมสินค้าเกษตรปลอดภัย เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม จังหวัดสมุทรปราการแล้ว คณะผู้วิจัยยังได้นำงานวิจัยนี้ไปบูรณาการกับการจัดการเรียนการสอนรายวิชา CS3503 คอมพิวเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 ดังรายละเอียดที่ปรากฏในภาคผนวก ฉ

มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ HUACHIEW CHALERMPRAKIET UNIVERSITY 華僑崇聖大學

บรรณานุกรม

[1] EGAT. (2014). ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์, กองพัฒนาพลังงานทดแทน ฝ่ายแผนงานพัฒนาโรงไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, นนทบุรี. [อินเทอร์เน็ต]. 2560 [เข้าถึงเมื่อ 26 มีนาคม 2560]. เข้าถึงได้จาก: www3.egat.co.th/re/egat_business/egat_dryer/dryer_size.htm.

[2] Janjai, S., Lamlert, N.,Intawee, P., Mahayothee,B., Boonrod, Y., Haewsungcharern, M., Bala, B. K., Nagle, M. and Müller, J., Solar Drying of Peeled Longan Using a Side Loading Type Solar Tunel Dryer: Experimental and Simulated Performance. Drying Technology, 27: 595-605 (2009)

[3] Smitabhindu, R. and Janjai, S., An Investigation of the Performance of a Solar-Assisted Drying System for Drying Bananas. Journal of Research in Engineering and Technology, 5: No. 1, 73-80 (2008)

[4] มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน “ปลาแดดเดียว” มผช. 298/2549.

[5] http://coursewares.mju.ac.th:81/e-learning50/FT320/015.htm

[6] กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม และภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. แผนที่แสดงศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทยจากข้อมูลดาวเทียม., 2541.

[7] I. Hermann., Physics of human body., Springer., 2007.

[8] สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ สำนักงานปลัดกระทรวงพลังงาน., กระทรวงพลังงาน., เมื่อลมพัดแรง., วารสารเพลินพลังงาน ปีที่ 1 ฉบับที่ 4 หน้า 12., กันยายน 2554.

[9] ดอนสัน ปงผาบ. ไมโครคอนโทรลเลอร์และการประยุกต์ใช้งาน. สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. พิมพ์ครั้งที่ 1 มีนาคม 2549.

[10] ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง. การประยุกต์ใช้งาน PIC ขั้นสูงด้ายภาษา C (Advance PIC Microcontroller in C). ห้างหุ้นส่วนสามัญสมาร์ทเลิร์นนิ่ง พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ.2554.

[11] Janjai, S., Lamlert , N., Mahayothee, B., Sruamsiri, P., Precoppe, M., Bala, B.K., Müller,J. Experimental and Simulated Performances of a Batch Type Longan Dryer with Air Flow Reversal Using Biomass Burner as a Heat Source. Drying Technology 29, 1439-1451 (2011)

[12] Janjai, S., A greenhouse type solar dryer for small-scale dried food industries. Journal of Energy and Environment 3: 383-398 (2012)

บรรณานุกรม (ต่อ)

[13] Nabnean, S., Janjai, S., Thepa, S., Sudaprasert, K., Songprakorp, R., Bala, B.K., Experimental performance of a new design of solar dryer for drying osmotically dehydrated cherry tomatoes. Renewable Energy 94, 147-156 (2016).

[14] ชลันทร ยศบุญเรือง พจนา มูลถา และรัฐพล ป่าคำ. เครื่องอบแห้งลมร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์. ปริญญานิพนธ์หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่.

[15] ฮาติมมี บากา, รอกีเยาะ อาแว, ซุลกิพลี กาซอ และสุนิตย์ โรจนสุวรรณ. การศึกษาประสิทธิภาพการอบแห้งของปลาช่อนด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมไฟฟ้า. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มธย.ปีที่ 1 (13-24) (2559).

[16] ระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์, กระทรวงพลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.). กรุงเทพมหานคร. [อินเทอร์เน็ต]. 2561 [เข้าถึงเมื่อ 27 เมษายน 2561]. เข้าถึงได้จาก: http://www.dede.go.th/ewt_dl_link.php?nid=45069

[17] S. Janjai, N. Lamlert, P. Intawee, B. Mahayothee, Y. Boonrod, M. Haewsungcharern, B. K. Bala, M. Nagle, and J. Müller., Solar drying of peeled longan using a side loading type solar tunnel dryer: experimental and simulated performance., Drying Technology, 27:595-605: (2009).

[18] Solar Energy Development Programmatic EIS., Concentrating Solar Power Technologies., U.S. Department of Energy., [เข้าถึงเมื่อ 27 ตุลาคม 2560]. เข้าถึงได้จาก: www.solareis.anl.gov/guide/solar/csp/

[19] กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมอุตุนิยมวิทยา. หนังสืออุตุนิยมวิทยา: ความชื้นสัมพัทธ์. [หนังสือออนไลน์]. กรุงเทพมหานคร: สำนักงาน กระทรวง; 2561 [เข้าถึงเมื่อ 13 กันยายน 2561]. เข้าถึงได้จาก: https://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=56

[20] กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมอุตุนิยมวิทยา สำนักงานสถิติแห่งชาติ. สถิติอุณหภูมิ ณ สถานีอุตุนิยมวิทยา จังหวัดสมุทรปราการ พ.ศ.2546 – 2558. [หนังสือออนไลน์]. กรุงเทพมหานคร: สำนักงาน กระทรวง; 2561 [เข้าถึงเมื่อ 13 กันยายน 2561]. เข้าถึงได้จาก: http://service.nso.go.th/nso/web/statseries/statseries27.html

[21] S. A. Kinnas., Dynamics viscosity of Air, Elementary fluids mechanics Electronics book, 2561 [เข้าถึงเมื่อ 2 กุมภาพันธ์ 2561]. เข้าถึงได้จาก: http://www.ce.utexas.edu/prof/kinnas/319LAB/Book/CH1/PROPS/dynviscgif.html

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

แบบบันทึกข้อมูลจากการสอบถามเกษตรกรเพื่อพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิด

เพื่อให้การดำเนินงานวิจัยการพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิด ประสบผลสำเร็จและสามารถใช้งานได้จริง คณะผู้วิจัยจึงได้ร่วมกันออกแบบข้อคำถามสำหรับใช้ประกอบการบันทึกข้อมูลที่ได้จากการสอบถามเกษตรกรผู้แปรรูปปลาสลิดแดดเดียวในเขตชุมชนตำบลคลองด่าน อำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งประกอบด้วยข้อคำถามจำนวน 11 ข้อ ดังต่อไปนี้

คำถาม	**คำตอบ**
1. ลักษณะพื้นที่ที่ตากปลาสลิด	☐ ข้างบ่อ ☐ ข้างถนนลาดยาง/ถนนคอนกรีต ☐ ข้างถนนลูกรัง ☐ ข้างบ้านพัก ☐ พื้นที่โล่งอื่น ๆ ระบุ.....
2. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการตาก	☐ กระด้งไม้ไผ่ ☐ ตะแกรงเหล็ก ☐ อื่น ๆ ระบุ.....
3. ขั้นตอนการตาก	☐ มีการกลับตัวปลา ☐ ไม่มีการกลับตัวปลา
4. ลักษณะการตากปลาสลิด	☐ มีวัสดุครอบตอนตาก ระบุ..... ☐ ไม่มีวัสดุครอบตอนตาก
5. ระยะเวลาเฉลี่ยในการตาก	..... ชั่วโมง
6. ลักษณะปลาสลิดที่ตากแห้งพร้อมจำหน่าย (ซื้อตัวอย่าง)	กลิ่น (ระบุ)..... สี (ระบุ)..... อื่น ๆ (ระบุ) .....
7. ขนาดพื้นที่ที่ตากปลาสลิด	กว้าง ..... เมตร ยาว..... เมตร
8. - ปริมาณปลาสลิดที่ตากได้ในแต่ละวัน (ก่อนตาก) - ปริมาณปลาสลิดที่ตากได้ในแต่ละวัน	..... กิโลกรัม/.....ตัว ..... กิโลกรัม/.....ตัว

คำถาม	คำตอบ
(หลังตาก)	
9. แหล่งที่มาของปลาสลิด	☐ เพาะเลี้ยงเอง ☐ ซื้อจากแหล่งอื่นภายในพื้นที่ตำบลบางบ่อ ☐ ซื้อจากแหล่งอื่นภายนอกพื้นที่ตำบลบางบ่อ ระบุ.....
10. ลักษณะตู้อบแห้งพลังแสงอาทิตย์ที่ต้องการ/ปัญหาที่เคยพบ/ข้อเสนอแนะ 11. ราคาต่อตู้ที่ยอมรับได้ และตากได้เท่าไหร่ในราคาของตู้	....

HUACHIEW CHALERMPRAKIET UNIVERSITY

ภาคผนวก ข
การลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลจากกลุ่มเกษตรกรผู้แปรรูปปลาสลิดแดดเดียว

การลงพื้นที่ที่ทางคณะผู้วิจัยดำเนินการคือการไปสัมภาษณ์และจัดเก็บข้อมูลในการแปรรูปปลาสลิดสดให้เป็นปลาสลิดแดดเดียว จากเกษตรที่ประกอบอาชีพเป็นผู้ประกอบการแปรรูปและจำหน่ายปลาสลิดแดดเดียวในเขตชุมชนตำบลคลองด่าน อำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ

ข.1 รูปแบบและลักษณะการลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูล

คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการลงพื้นที่ไปตามร้านค้าริมถนนสุขุมวิท ตำบลคลองด่าน อำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ เพื่อไปจัดเก็บข้อมูลและศึกษาวิธีการดั้งเดิมที่เกษตรกรใช้สำหรับแปรรูปปลาสลิดแดดเดียว โดยการสัมภาษณ์ร่วมกับสังเกตการณ์แปรรูปด้วยตนเอง แล้วบันทึกข้อมูลไว้ในแบบบันทึกข้อมูลจากการสอบถามเกษตรกรเพื่อพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิดที่ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก

1) การลงพื้นที่ครั้งที่ 1 วันที่ 27 กรกฎาคม 2560

การลงพื้นที่ครั้งที่ 1 เป็นการลงพื้นที่เพื่อสำรวจและสอบถามขั้นตอนการแปรรูปและจำหน่ายปลาสลิดแดดเดียว จำนวนทั้ง 3 ร้านได้แก่ ร้านแม่อำนวย ร้านน้องแมน และร้านลูกชายคุณปรีชา โดยผู้วิจัยที่ลงพื้นที่ในครั้งนี้คืออาจารย์สุภา ศิรินามและอาจารย์รังสรรค์ โกญจนาถนิกร ดังภาพที่ ข.1

ภาพที่ ข.1 การลงพื้นที่เพื่อสัมภาษณ์และจัดเก็บข้อมูลครั้งที่ 1

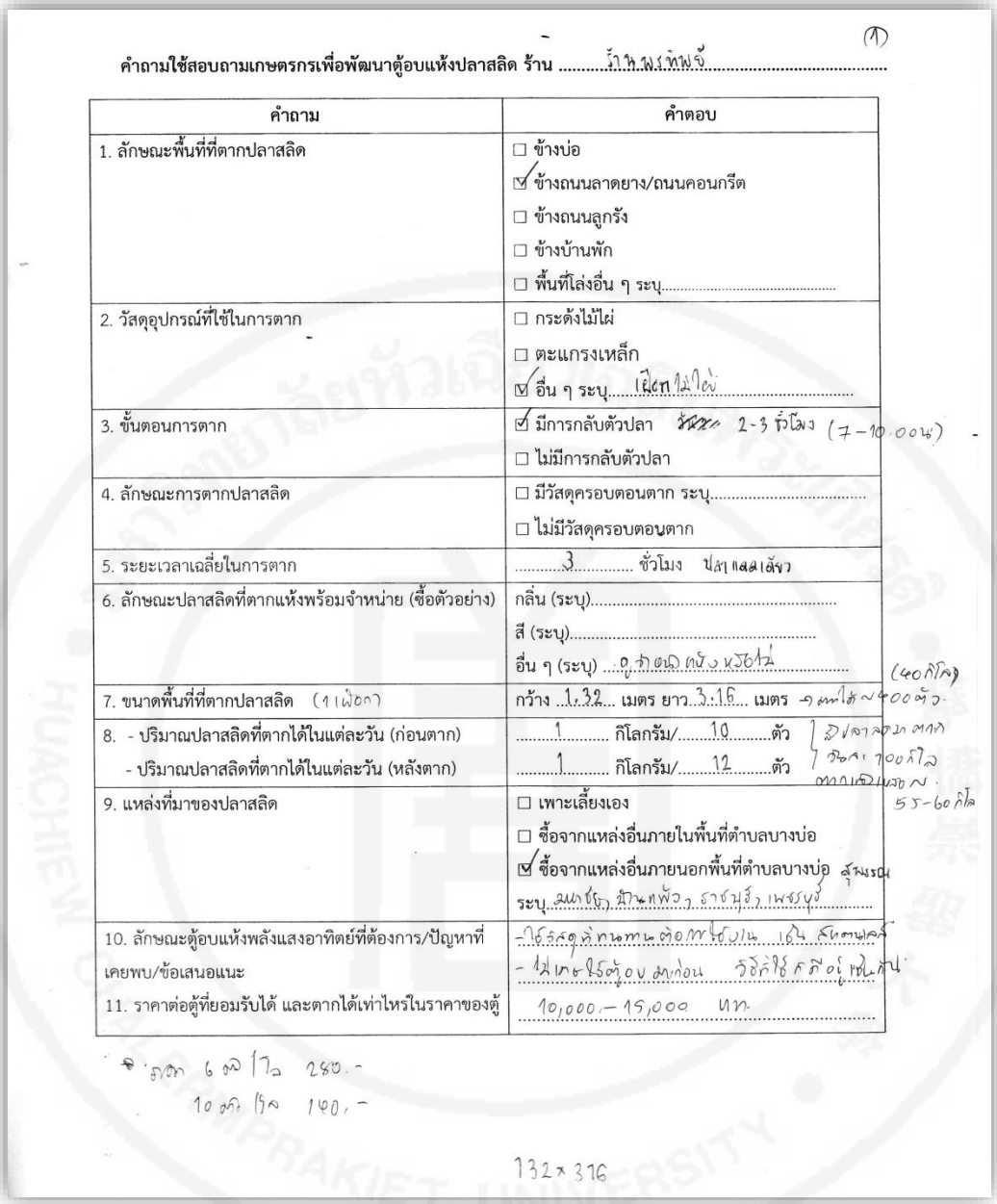
2) การลงพื้นที่ครั้งที่ 2 วันที่ 2 สิงหาคม 2560

การลงพื้นที่ครั้งที่ 2 เป็นการลงพื้นที่เพื่อสำรวจและสอบถามขั้นตอนการแปรรูปและจำหน่ายปลาสลิดแดดเดียวเพิ่มเติมอีก 4 ร้านได้แก่ ร้านพรทิพย์ ร้านสมพิศ ร้านเกตุแก้ว และร้านเจ๊ขาว โดยผู้วิจัยที่ลงพื้นที่ในครั้งนี้คืออาจารย์ณัฐพร นันทจิระพงศ์ ซึ่งได้ลงพื้นที่ไปพร้อมกับคณะผู้วิจัยจากโครงการวิจัยการพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อเป็นศูนย์รวมความรู้ปลาสลิด และผลิตภัณฑ์แปรรูปของพื้นที่ จังหวัดสมุทรปราการ ดังภาพที่ ข.2

ภาพที่ ข.2 การลงพื้นที่เพื่อสัมภาษณ์และจัดเก็บข้อมูลครั้งที่ 2

ข.2 ข้อมูลที่ได้จากการลงพื้นที่

ในการลงพื้นที่ทั้งสองครั้ง คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการบันทึกข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์จากร้านจำหน่ายผลิตภัณฑ์ปลาสลิดแดดเดียวทั้ง 7 ร้านไว้ ดังภาพที่ ข.3 ถึง ภาพที่ ข.9 ตามลำดับ



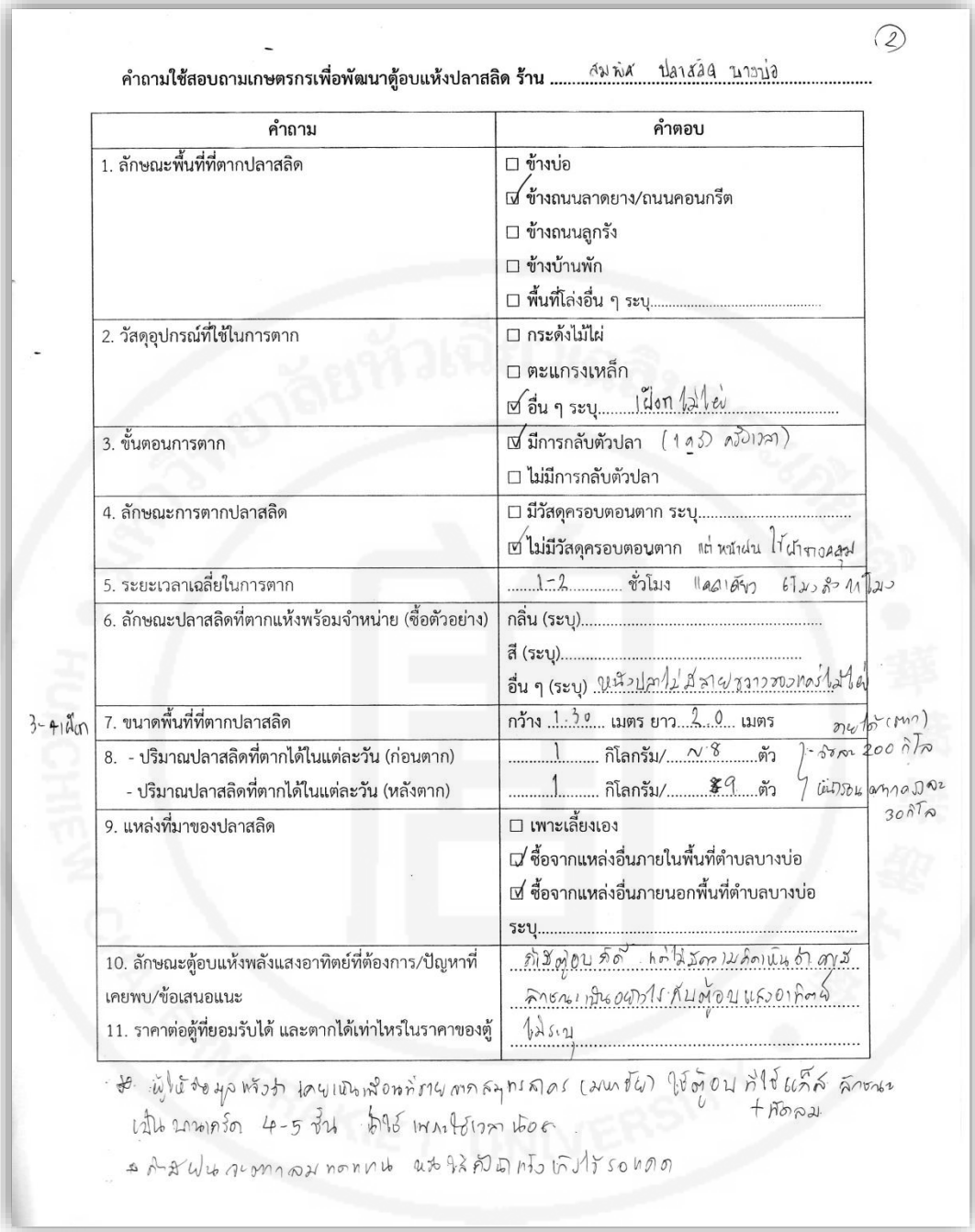
คำถามใช้สอบถามเกษตรกรเพื่อพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิด ร้าน ร้านพรทิพย์

คำถาม	คำตอบ
1. ลักษณะพื้นที่ที่ตากปลาสลิด	☐ ข้างบ่อ ☑ ข้างถนนลาดยาง/ถนนคอนกรีต ☐ ข้างถนนลูกรัง ☐ ข้างบ้านพัก ☐ พื้นที่โล่งอื่น ๆ ระบุ.....
2. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการตาก	☐ กระด้งไม้ไผ่ ☐ ตะแกรงเหล็ก ☑ อื่น ๆ ระบุ ใช้ตาข่ายไนล่อน
3. ขั้นตอนการตาก	☑ มีการกลับตัวปลา ประมาณ 2-3 ชั่วโมง (7-10.00น.) ☐ ไม่มีการกลับตัวปลา
4. ลักษณะการตากปลาสลิด	☐ มีวัสดุครอบตอนตาก ระบุ..... ☐ ไม่มีวัสดุครอบตอนตาก
5. ระยะเวลาเฉลี่ยในการตาก	3 ชั่วโมง ปลาแสงเสียว
6. ลักษณะปลาสลิดที่ตากแห้งพร้อมจำหน่าย (ซื้อตัวอย่าง)	กลิ่น (ระบุ)..... สี (ระบุ)..... อื่น ๆ (ระบุ) ตากตัวหนังหนาไม่
7. ขนาดพื้นที่ที่ตากปลาสลิด (11เมตร)	กว้าง 1.32 เมตร ยาว 3.16 เมตร ประมาณ 400 ตัว. (40กิโล)
8. - ปริมาณปลาสลิดที่ตากได้ในแต่ละวัน (ก่อนตาก) - ปริมาณปลาสลิดที่ตากได้ในแต่ละวัน (หลังตาก)	1 กิโลกรัม/ 10 ตัว 1 กิโลกรัม/ 12 ตัว ปลาสดมาตาก ประมาณ 100กิโล ตากแห้งเหลือ 55-60กิโล
9. แหล่งที่มาของปลาสลิด	☐ เพาะเลี้ยงเอง ☐ ซื้อจากแหล่งอื่นภายในพื้นที่ตำบลบางบ่อ ☑ ซื้อจากแหล่งอื่นภายนอกพื้นที่ตำบลบางบ่อ สุพรรณ ระบุ สมาชิก บ้านพลับ ธาตุบุรี เพชรบุรี
10. ลักษณะตู้อบแห้งพลังแสงอาทิตย์ที่ต้องการ/ปัญหาที่เคยพบ/ข้อเสนอแนะ	- ใช้ระยะเวลาตากนานต้องการใช้แบบ เช่น อินฟราเรด - ไม่เคยใช้ตู้อบ มาก่อน วิธีการใช้ งานยังไม่เข้าใจ
11. ราคาต่อตู้ที่ยอมรับได้ และตากได้เท่าไหร่ในราคาของตู้	10,000 – 15,000 บาท

ธูป 6 ดอก 17 ลัง 280.-
10 ดอก 1 ลัง 100.-

132 x 376

ภาพที่ ข.3 การลงพื้นที่เพื่อสัมภาษณ์และจัดเก็บข้อมูลร้านพรทิพย์



(2)

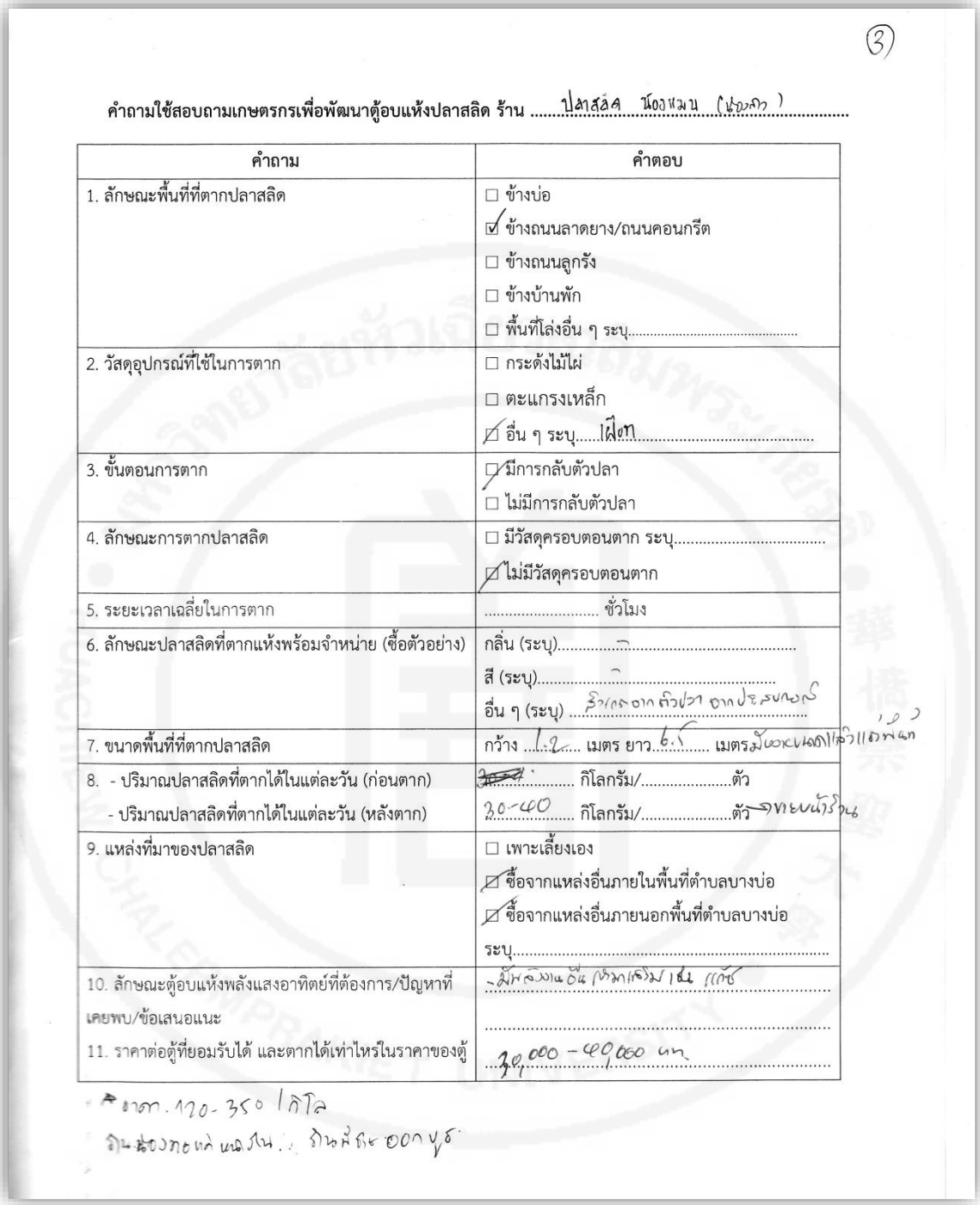
คำถามใช้สอบถามเกษตรกรเพื่อพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิด ร้าน สมพิศ ปลาสลิด นางบ่อ

คำถาม	คำตอบ
1. ลักษณะพื้นที่ที่ตากปลาสลิด	☐ ข้างบ่อ ☑ ข้างถนนลาดยาง/ถนนคอนกรีต ☐ ข้างถนนลูกรัง ☐ ข้างบ้านพัก ☐ พื้นที่โล่งอื่น ๆ ระบุ.....
2. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการตาก	☐ กระด้งไม้ไผ่ ☐ ตะแกรงเหล็ก ☑ อื่น ๆ ระบุ ใช้ผ้าใบใส่
3. ขั้นตอนการตาก	☑ มีการกลับตัวปลา (1 ครั้ง ครึ่งเวลา) ☐ ไม่มีการกลับตัวปลา
4. ลักษณะการตากปลาสลิด	☐ มีวัสดุครอบตอนตาก ระบุ..... ☑ ไม่มีวัสดุครอบตอนตาก แต่ หน้าฝน ใช้ผ้าขาวคลุม
5. ระยะเวลาเฉลี่ยในการตาก	1-2 ชั่วโมง แดดเดียว ถ้าไม่มีแดดก็ไม่ได้
6. ลักษณะปลาสลิดที่ตากแห้งพร้อมจำหน่าย (ซื้อตัวอย่าง)	กลิ่น (ระบุ)..... สี (ระบุ)..... อื่น ๆ (ระบุ) หนังปลาไม่มีสายรุ้งของหลง ไม่ได้
3-4 เดือน 7. ขนาดพื้นที่ที่ตากปลาสลิด	กว้าง 1.30 เมตร ยาว 2.0 เมตร ตากได้ (หน่า)
8. - ปริมาณปลาสลิดที่ตากได้ในแต่ละวัน (ก่อนตาก) - ปริมาณปลาสลิดที่ตากได้ในแต่ละวัน (หลังตาก)	1 กิโลกรัม/ ประมาณ 8 ตัว 1 กิโลกรัม/ 8-9 ตัว - ประมาณ 200 กิโล - เต็มรอบ ตากได้ประมาณ 30 กิโล
9. แหล่งที่มาของปลาสลิด	☐ เพาะเลี้ยงเอง ☑ ซื้อจากแหล่งอื่นภายในพื้นที่ตำบลบางบ่อ ☑ ซื้อจากแหล่งอื่นภายนอกพื้นที่ตำบลบางบ่อ ระบุ.....
10. ลักษณะตู้อบแห้งพลังแสงอาทิตย์ที่ต้องการ/ปัญหาที่เคยพบ/ข้อเสนอแนะ 11. ราคาต่อตู้ที่ยอมรับได้ และตากได้เท่าไหร่ในราคาของตู้	ถ้าใช้ตู้อบ ดีๆ ก็ไม่ต้องคิดเยอะ ถ้าคุณลักษณะเป็นอย่างไร ก็ขอตู้อบแสงอาทิตย์ ไม่ระบุ

* ผู้ใช้ข้อมูลหลังว่า ลดเหนื่อยเพื่อนที่ทำงานตากสมุทรสาคร (มหาชัย) ใช้ตู้อบ ที่ใช้แก๊ส ลักษณะเป็นตากครัว 4-5 ชั้น ใช้ เพราะใช้เวลาน้อย + ตัดลม

* ถ้าฝนตกจะตากลมตากแดด ฝนจะไม่ค่อยตากเพราะไม่รอตาก

ภาพที่ ข.4 การลงพื้นที่เพื่อสัมภาษณ์และจัดเก็บข้อมูลร้านสมพิศ



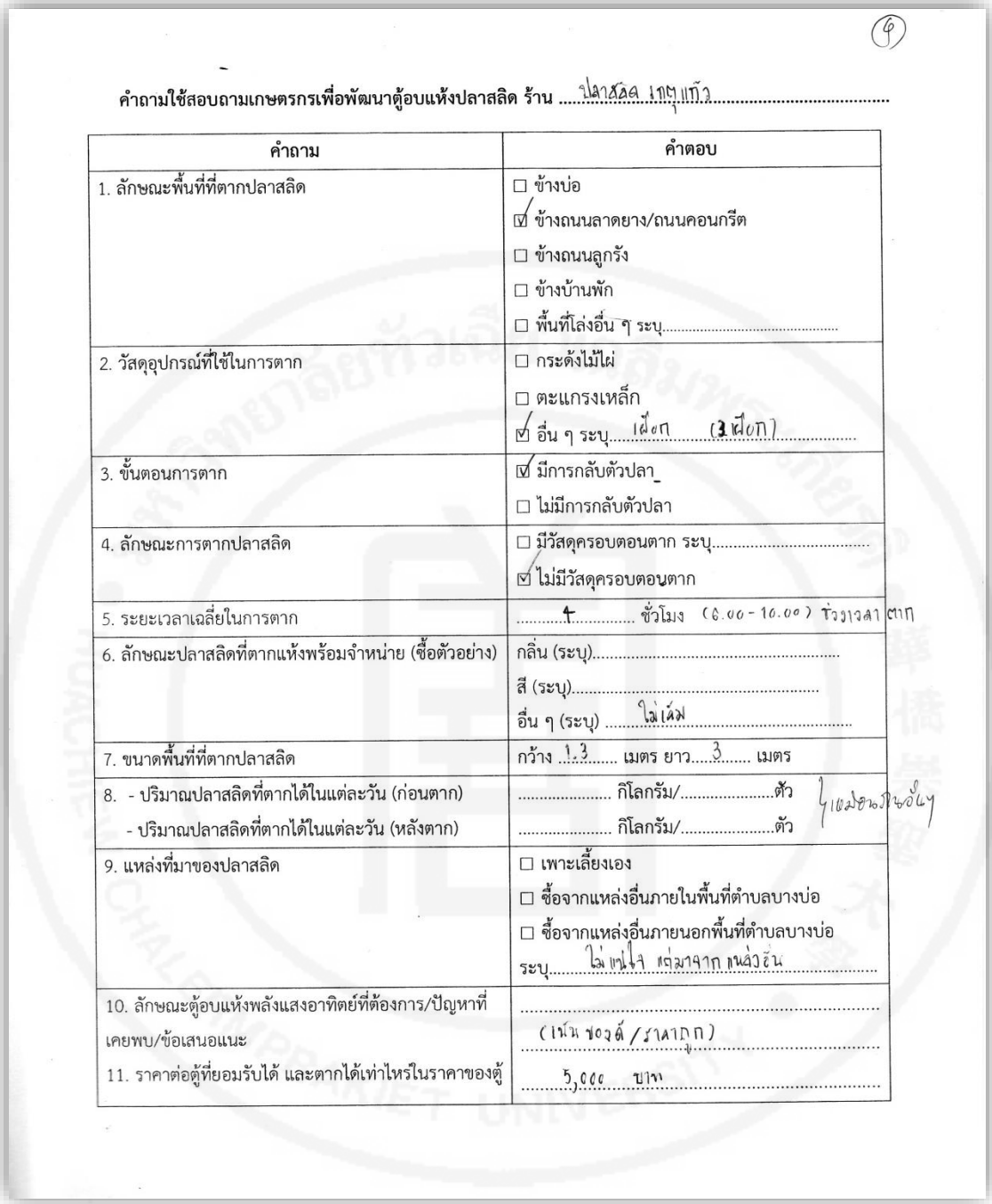
③

คำถามใช้สอบถามเกษตรกรเพื่อพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิด ร้าน ปลาสลิด น้องแมน (ปลาแก้ว)

คำถาม	คำตอบ
1. ลักษณะพื้นที่ที่ตากปลาสลิด	☐ ข้างบ่อ ☑ ข้างถนนลาดยาง/ถนนคอนกรีต ☐ ข้างถนนลูกรัง ☐ ข้างบ้านพัก ☐ พื้นที่โล่งอื่น ๆ ระบุ.....
2. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการตาก	☐ กระด้งไม้ไผ่ ☐ ตะแกรงเหล็ก ☑ อื่น ๆ ระบุ ใยตา
3. ขั้นตอนการตาก	☑ มีการกลับตัวปลา ☐ ไม่มีการกลับตัวปลา
4. ลักษณะการตากปลาสลิด	☐ มีวัสดุครอบตอนตาก ระบุ..... ☑ ไม่มีวัสดุครอบตอนตาก
5. ระยะเวลาเฉลี่ยในการตาก	..... ชั่วโมง
6. ลักษณะปลาสลิดที่ตากแห้งพร้อมจำหน่าย (ซื้อตัวอย่าง)	กลิ่น (ระบุ)..... สี (ระบุ)..... อื่น ๆ (ระบุ) .....
7. ขนาดพื้นที่ที่ตากปลาสลิด	กว้าง 1.2 เมตร ยาว 6.1 เมตร
8. - ปริมาณปลาสลิดที่ตากได้ในแต่ละวัน (ก่อนตาก) - ปริมาณปลาสลิดที่ตากได้ในแต่ละวัน (หลังตาก)	..... กิโลกรัม/.....ตัว 30-40 กิโลกรัม/.....ตัว
9. แหล่งที่มาของปลาสลิด	☐ เพาะเลี้ยงเอง ☑ ซื้อจากแหล่งอื่นภายในพื้นที่ตำบลบางบ่อ ☑ ซื้อจากแหล่งอื่นภายนอกพื้นที่ตำบลบางบ่อ ระบุ.....
10. ลักษณะตู้อบแห้งพลังแสงอาทิตย์ที่ต้องการ/ปัญหาที่เคยพบ/ข้อเสนอแนะ	....
11. ราคาต่อตู้ที่ยอมรับได้ และตากได้เท่าไหร่ในราคาของตู้	30,000 - 40,000 บาท

ราคา 120-350 / กิโล

ภาพที่ ข.5 การลงพื้นที่เพื่อสัมภาษณ์และจัดเก็บข้อมูลร้านน้องแมน

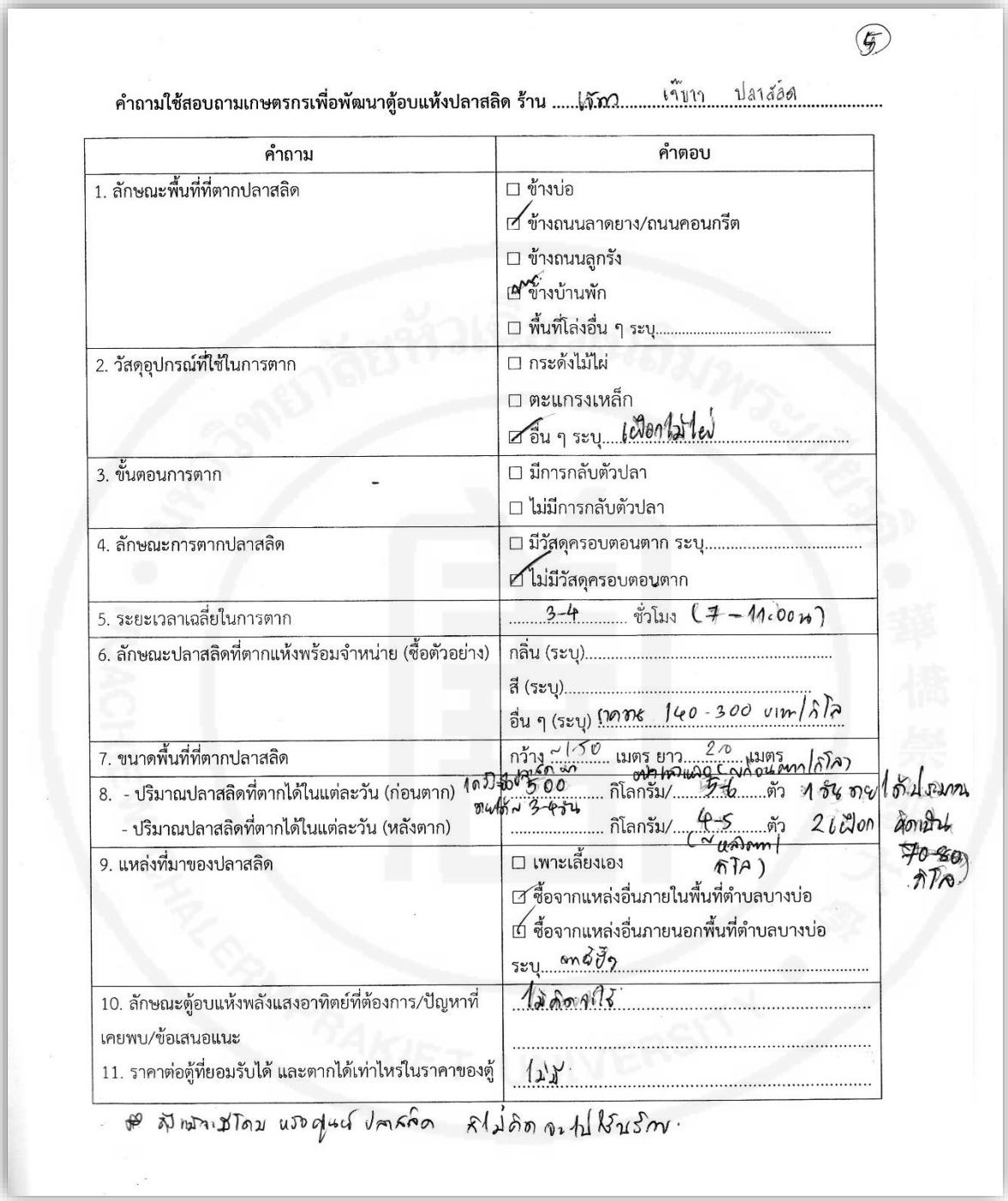


(9)

คำถามใช้สอบถามเกษตรกรเพื่อพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิด ร้าน ปลาสลิด เกตุแก้ว

คำถาม	คำตอบ
1. ลักษณะพื้นที่ที่ตากปลาสลิด	☐ ข้างบ่อ ☑ ข้างถนนลาดยาง/ถนนคอนกรีต ☐ ข้างถนนลูกรัง ☐ ข้างบ้านพัก ☐ พื้นที่โล่งอื่น ๆ ระบุ.....
2. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการตาก	☐ กระด้งไม้ไผ่ ☐ ตะแกรงเหล็ก ☑ อื่น ๆ ระบุ... เฝือก (3 เฝือก)
3. ขั้นตอนการตาก	☑ มีการกลับตัวปลา ☐ ไม่มีการกลับตัวปลา
4. ลักษณะการตากปลาสลิด	☐ มีวัสดุครอบตอนตาก ระบุ..... ☑ ไม่มีวัสดุครอบตอนตาก
5. ระยะเวลาเฉลี่ยในการตาก	4 ชั่วโมง (8.00 - 10.00) ช่วงเวลาตาก
6. ลักษณะปลาสลิดที่ตากแห้งพร้อมจำหน่าย (ซื้อตัวอย่าง)	กลิ่น (ระบุ)..... สี (ระบุ)..... อื่น ๆ (ระบุ) ไม่เค็ม
7. ขนาดพื้นที่ที่ตากปลาสลิด	กว้าง 1.3 เมตร ยาว 3 เมตร
8. - ปริมาณปลาสลิดที่ตากได้ในแต่ละวัน (ก่อนตาก) - ปริมาณปลาสลิดที่ตากได้ในแต่ละวัน (หลังตาก)	..... กิโลกรัม/.....ตัว ไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับ ..... กิโลกรัม/.....ตัว
9. แหล่งที่มาของปลาสลิด	☐ เพาะเลี้ยงเอง ☐ ซื้อจากแหล่งอื่นภายในพื้นที่ตำบลบางบ่อ ☐ ซื้อจากแหล่งอื่นภายนอกพื้นที่ตำบลบางบ่อ ระบุ... ไม่แน่ใจ แต่มาจาก แหล่งอื่น
10. ลักษณะตู้อบแห้งพลังแสงอาทิตย์ที่ต้องการ/ปัญหาที่เคยพบ/ข้อเสนอแนะ	..... (เน้น ของดี / ราคาถูก)
11. ราคาต่อตู้ที่ยอมรับได้ และตากได้เท่าไหรในราคาของตู้	5,000 บาท

ภาพที่ ข.6 การลงพื้นที่เพื่อสัมภาษณ์และจัดเก็บข้อมูลร้านเกตุแก้ว



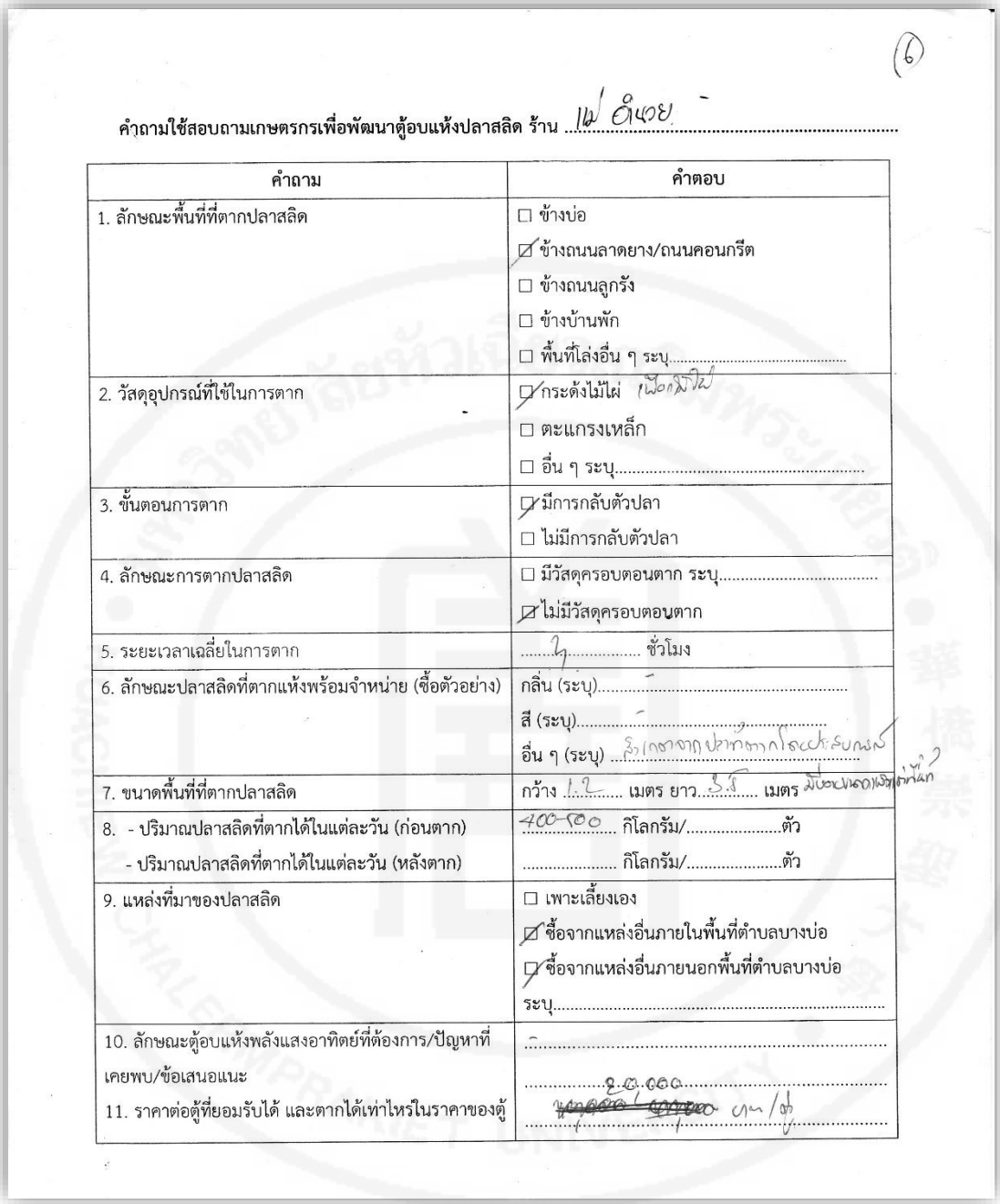
(5)

คำถามใช้สอบถามเกษตรกรเพื่อพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิด ร้าน เจ๊ขาว ปลาสลิด

คำถาม	คำตอบ
1. ลักษณะพื้นที่ที่ตากปลาสลิด	☐ ข้างบ่อ ☑ ข้างถนนลาดยาง/ถนนคอนกรีต ☐ ข้างถนนลูกรัง ☑ ข้างบ้านพัก ☐ พื้นที่โล่งอื่น ๆ ระบุ.....
2. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการตาก	☐ กระด้งไม้ไผ่ ☐ ตะแกรงเหล็ก ☑ อื่น ๆ ระบุ เสื่อกไม้ไผ่
3. ขั้นตอนการตาก	☐ มีการกลับตัวปลา ☐ ไม่มีการกลับตัวปลา
4. ลักษณะการตากปลาสลิด	☐ มีวัสดุครอบตอนตาก ระบุ..... ☑ ไม่มีวัสดุครอบตอนตาก
5. ระยะเวลาเฉลี่ยในการตาก	3-4 ชั่วโมง (7 – 11.00 น.)
6. ลักษณะปลาสลิดที่ตากแห้งพร้อมจำหน่าย (ซื้อตัวอย่าง)	กลิ่น (ระบุ)..... สี (ระบุ)..... อื่น ๆ (ระบุ) เนื้อนุ่ม 140 - 300 บาท/กิโล
7. ขนาดพื้นที่ที่ตากปลาสลิด	กว้าง ~1.50 เมตร ยาว 20 เมตร
8. - ปริมาณปลาสลิดที่ตากได้ในแต่ละวัน (ก่อนตาก) - ปริมาณปลาสลิดที่ตากได้ในแต่ละวัน (หลังตาก)	500 กิโลกรัม/ 5-6 ตัว 1 ชั้น ตาย/1ชั้นประมาณ 2 เมือก ตัวเล็ก 70-80 กิโล ..... กิโลกรัม/ 4-5 ตัว (น้ำหนัก/กิโล)
9. แหล่งที่มาของปลาสลิด	☐ เพาะเลี้ยงเอง ☑ ซื้อจากแหล่งอื่นภายในพื้นที่ตำบลบางบ่อ ☑ ซื้อจากแหล่งอื่นภายนอกพื้นที่ตำบลบางบ่อ ระบุ ตลาดปู่เจ้า
10. ลักษณะตู้อบแห้งพลังแสงอาทิตย์ที่ต้องการ/ปัญหาที่เคยพบ/ข้อเสนอแนะ	ไม่มีอะไร
11. ราคาต่อตู้ที่ยอมรับได้ และตากได้เท่าไหร่ในราคาของตู้	ไม่รู้

ขอ สัมภาษณ์โดย นายศุภนนท์ ปลาสลิด ที่ไม่ติดขัดไปใช้บริการ.

ภาพที่ ข.7 การลงพื้นที่เพื่อสัมภาษณ์และจัดเก็บข้อมูลร้านเจ๊ขาว

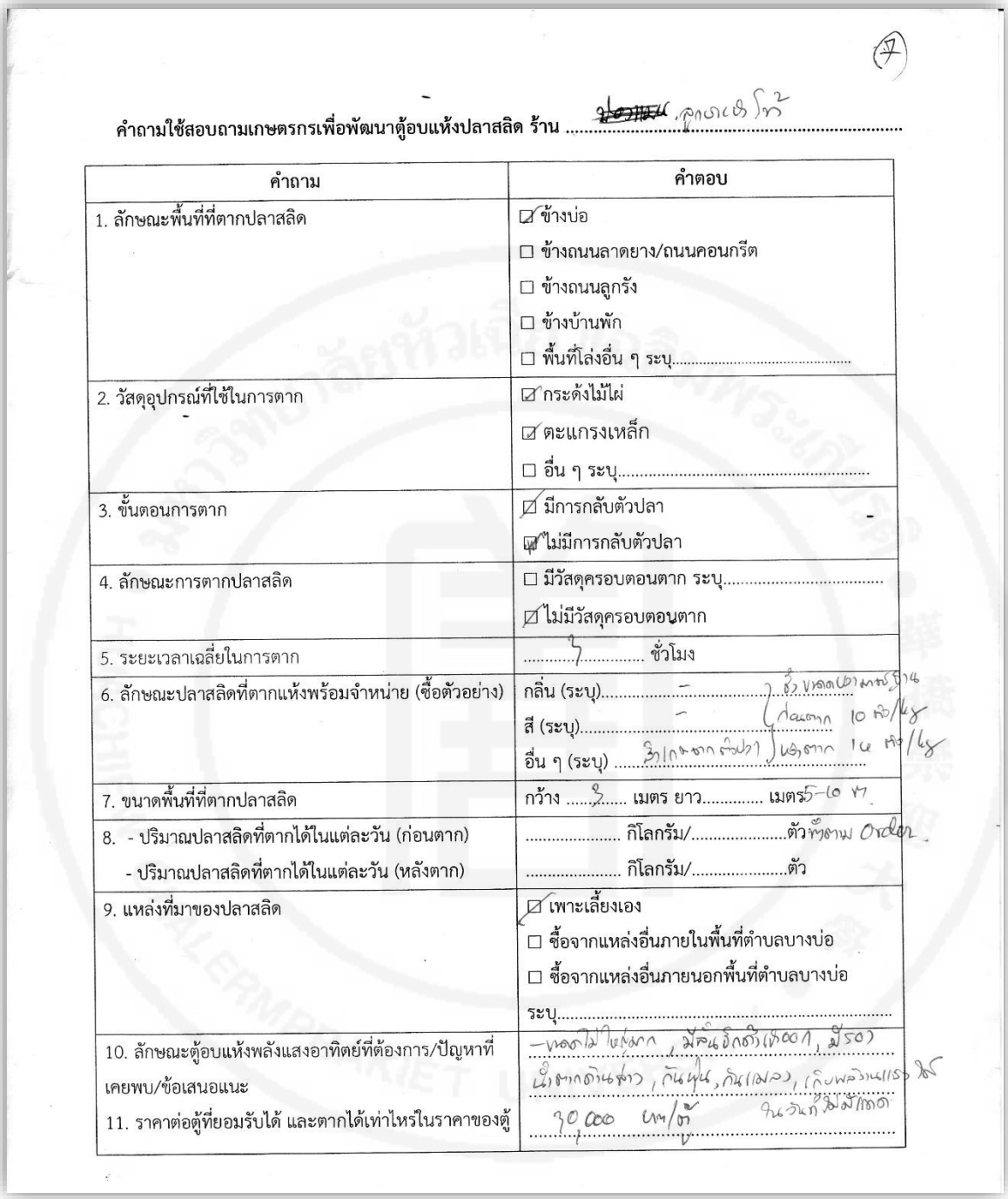


(6)

คำถามใช้สอบถามเกษตรกรเพื่อพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิด ร้าน แม่อำนวย

คำถาม	คำตอบ
1. ลักษณะพื้นที่ที่ตากปลาสลิด	☐ ข้างบ่อ ☑ ข้างถนนลาดยาง/ถนนคอนกรีต ☐ ข้างถนนลูกรัง ☐ ข้างบ้านพัก ☐ พื้นที่โล่งอื่น ๆ ระบุ.....
2. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการตาก	☑ กระด้งไม้ไผ่ เมื่อก่อนใช้ ☐ ตะแกรงเหล็ก ☐ อื่น ๆ ระบุ.....
3. ขั้นตอนการตาก	☑ มีการกลับตัวปลา ☐ ไม่มีการกลับตัวปลา
4. ลักษณะการตากปลาสลิด	☐ มีวัสดุครอบตอนตาก ระบุ..... ☑ ไม่มีวัสดุครอบตอนตาก
5. ระยะเวลาเฉลี่ยในการตาก	..2.. ชั่วโมง
6. ลักษณะปลาสลิดที่ตากแห้งพร้อมจำหน่าย (ซื้อตัวอย่าง)	กลิ่น (ระบุ)..... สี (ระบุ)..... อื่น ๆ (ระบุ) .....
7. ขนาดพื้นที่ที่ตากปลาสลิด	กว้าง 1.2 เมตร ยาว 3.5 เมตร มีบ่อปลาอยู่เยอะเท่าไหร่?
8. - ปริมาณปลาสลิดที่ตากได้ในแต่ละวัน (ก่อนตาก) - ปริมาณปลาสลิดที่ตากได้ในแต่ละวัน (หลังตาก)	400-500 กิโลกรัม/.....ตัว ..... กิโลกรัม/.....ตัว
9. แหล่งที่มาของปลาสลิด	☐ เพาะเลี้ยงเอง ☑ ซื้อจากแหล่งอื่นภายในพื้นที่ตำบลบางบ่อ ☐ ซื้อจากแหล่งอื่นภายนอกพื้นที่ตำบลบางบ่อ ระบุ.....
10. ลักษณะตู้อบแห้งพลังแสงอาทิตย์ที่ต้องการ/ปัญหาที่เคยพบ/ข้อเสนอแนะ	- 2.0.000
11. ราคาต่อตู้ที่ยอมรับได้ และตากได้เท่าไหร่ในราคาของตู้	~~400,000 / 500,000~~ บาท/ตู้

ภาพที่ ข.8 การลงพื้นที่เพื่อสัมภาษณ์และจัดเก็บข้อมูลร้านแม่อำนวย



(17)

คำถามใช้สอบถามเกษตรกรเพื่อพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิด ร้าน ~~[illegible]~~ ลูกชายคุณปรีชา

คำถาม	คำตอบ
1. ลักษณะพื้นที่ที่ตากปลาสลิด	☑ ข้างบ่อ ☐ ข้างถนนลาดยาง/ถนนคอนกรีต ☐ ข้างถนนลูกรัง ☐ ข้างบ้านพัก ☐ พื้นที่โล่งอื่น ๆ ระบุ.....
2. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการตาก	☑ กระด้งไม้ไผ่ ☑ ตะแกรงเหล็ก ☐ อื่น ๆ ระบุ.....
3. ขั้นตอนการตาก	☑ มีการกลับตัวปลา ☐ ไม่มีการกลับตัวปลา
4. ลักษณะการตากปลาสลิด	☐ มีวัสดุครอบตอนตาก ระบุ..... ☑ ไม่มีวัสดุครอบตอนตาก
5. ระยะเวลาเฉลี่ยในการตาก	..... 7 ..... ชั่วโมง
6. ลักษณะปลาสลิดที่ตากแห้งพร้อมจำหน่าย (ซื้อตัวอย่าง)	กลิ่น (ระบุ)..... - ..... ไม่มีกลิ่นคาวปลา สี (ระบุ)..... - ..... ก่อนตาก 10 กก/kg อื่น ๆ (ระบุ) ..... ไม่มีกลิ่นคาวปลา ..... หลังตาก 14 กก/kg
7. ขนาดพื้นที่ที่ตากปลาสลิด	กว้าง ..... 2 ..... เมตร ยาว..... เมตร 5-10 ม.
8. - ปริมาณปลาสลิดที่ตากได้ในแต่ละวัน (ก่อนตาก) - ปริมาณปลาสลิดที่ตากได้ในแต่ละวัน (หลังตาก)	..... กิโลกรัม/.....ตัวขึ้นตาม Order ..... กิโลกรัม/.....ตัว
9. แหล่งที่มาของปลาสลิด	☑ เพาะเลี้ยงเอง ☐ ซื้อจากแหล่งอื่นภายในพื้นที่ตำบลบางบ่อ ☐ ซื้อจากแหล่งอื่นภายนอกพื้นที่ตำบลบางบ่อ ระบุ.....
10. ลักษณะตู้อบแห้งพลังแสงอาทิตย์ที่ต้องการ/ปัญหาที่เคยพบ/ข้อเสนอแนะ	-ขอตู้ไม่ใหญ่มาก, มีลิ้นชักดีๆ เพิ่มอีก, มีรถ นำมาลานข้าว, กันฝน, กันแมลง, เรื่องพลังแสงอาทิตย์
11. ราคาต่อตู้ที่ยอมรับได้ และตากได้เท่าไหรในราคาของตู้	30 000 บาท/ตัว ในวันที่มีแดดดี

ภาพที่ ข.9 การลงพื้นที่เพื่อสัมภาษณ์และจัดเก็บข้อมูลร้านลูกชายคุณปรีชา

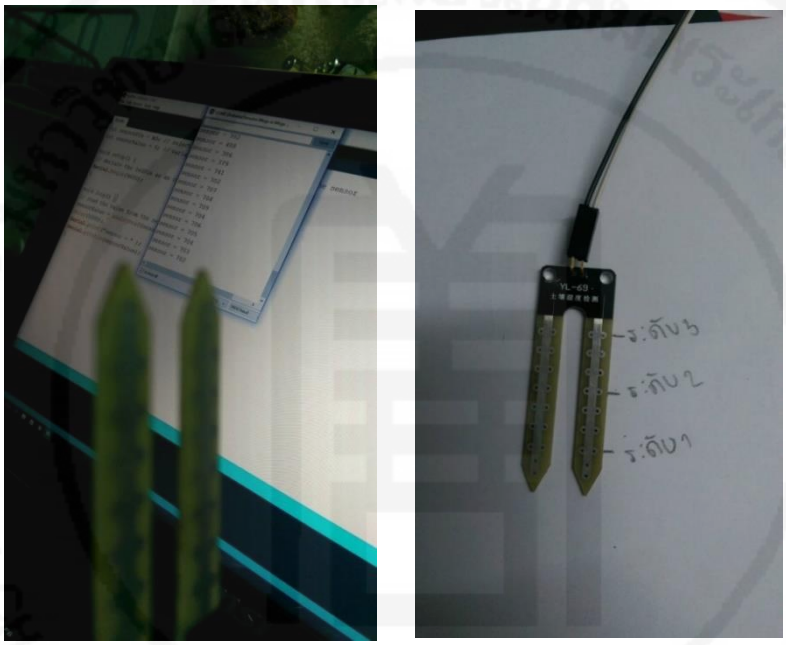
จากภาพที่ ข.3 ถึง ภาพที่ ข.9 คณะผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า ปลาสลิดที่นำมาแปรรูปมาจากแหล่งเพาะเลี้ยงนอกเขตชุมชนตำบลบางบ่อ กล่าวคือเกษตรผู้ประกอบการแปรรูปปลาสลิดแดดเดียว

ส่วนใหญ่ไม่ได้ดำเนินการเพาะเลี้ยงปลาสลิดด้วยตนเอง มีเพียงร้านลูกชายคุณปรีชาเท่านั้น ที่ยังคงใช้ปลาสลิดจากบ่อเลี้ยงของคุณปรีชา สมานมิตร ประธานกลุ่มอนุรักษ์ปลาสลิดบางบ่อ นอกจากนี้เกษตรกรใช้วัสดุและมีลักษณะขั้นตอนการแปรรูปปลาสลิดที่ใกล้เคียงกัน แต่มีความแตกต่างในเรื่องของกรรมวิธีการหมักและราคา

นอกจากนี้ คณะผู้วิจัยยังได้จัดซื้อปลาสลิดตัวอย่างมาจากร้านต่าง ๆ มาใช้ในการทดลองหาค่าความชื้นของปลาสลิดแดดเดียวที่ใช้วิธีดั้งเดิมในการแปรรูป เพื่อนำไปเป็นข้อมูลในการศึกษาค่าพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการออกแบบและพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิด และนำไปเปรียบเทียบกับค่าความชื้นของปลาสลิดแดดเดียวที่ได้จากการทดลองใช้ตู้อบแห้งปลาสลิดที่คณะผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

ภาคผนวก ค
การทดลองหาค่าความชื้นของปลาสลิดแดดเดียวตัวอย่างด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

ผู้วิจัย อาจารย์ณัฐพร นันทจิระพงศ์ และผู้ช่วยนักวิจัยได้ทำการทดลองหาความชื้นของปลาสลิดแดดเดียวตัวอย่างที่ได้จากการลงพื้นที่ทั้ง 2 ครั้ง โดยการเขียนโปรแกรมภาษา C++ ด้วย Arduino IDE ที่ควบคุมการทำงานของตัวรับรู้ประเภท Soil moisture sensor ผ่านบอร์ดไมโครโพรเซสเซอร์ Arduino Mega 2560 ดังภาพที่ ค.1



ภาพที่ ค.1 อุปกรณ์ Soil moisture sensor ที่ใช้วัดค่าความชื้นในตัวปลาที่ได้จากการลงพื้นที่

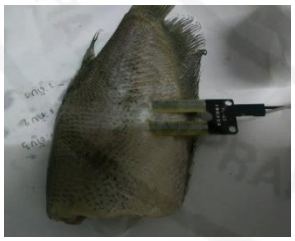
ซึ่งขั้นตอนการวัดความชื้นของปลาสลิดตัวอย่างมีดังต่อไปนี้

1) เช็ดกระดาษทิชชูทุกครั้งที่ทำการวัด
2) ทุกครั้งใช้เวลาในการวัดความชื้นโดยประมาณ 1 นาที แต่ละครั้ง
3) การวัดแต่ละด้าน แบ่งออกเป็น 3 ครั้ง โดย ครั้งแรก วัดในระดับปกติ ครั้งที่สอง วัดต่ำกว่าลงมาเล็กน้อย ครั้งสุดท้าย วัดซ้ำในระดับแรก
4) รูปภาพระหว่างการทดสอบทั้งหมดอยู่ในไฟล์แนบ

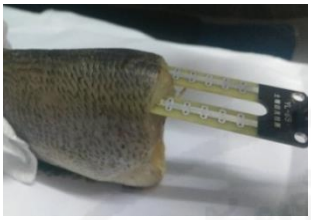
ค.1 การทดลองหาค่าความชื้นของปลาสลิดแดดเดียวตัวอย่างที่ได้จากการลงพื้นที่ครั้งที่ 1

ปลาสลิดแดดเดียวตัวอย่างที่ได้จากการลงพื้นที่ครั้งที่ 1 เป็นปลาที่ได้จากร้านน้องแมนและร้านแม่อำนวย ร้านละ 2 ตัวอย่าง โดยผลการทดลองมีรายละเอียดดังตารางที่ ค.1 ถึง ค.4

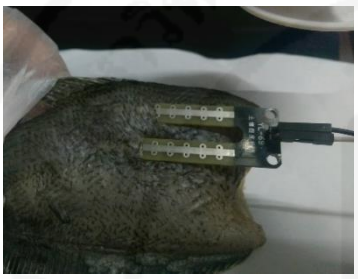
ตารางที่ ค.1 ผลการทดสอบวัดความชื้นของปลาสลิดตัวอย่างร้านที่ 1 ร้านน้องแมน ตัวที่ 1

ตัวที่ 1	**ความชื้น ระดับ 1**	**ความชื้น ระดับ 2**	**ความชื้น ระดับ 3**
	59-77 48-62 51-60	44-46 41-60 54-59	39-48 53-58 34-47
	49-54 34-50 46-49	46-52 45-68 42-51	49-54 45-52 31-45
	49-56 52-59 47-52	37-60 42-55 45-57	52-60 40-52 38-54

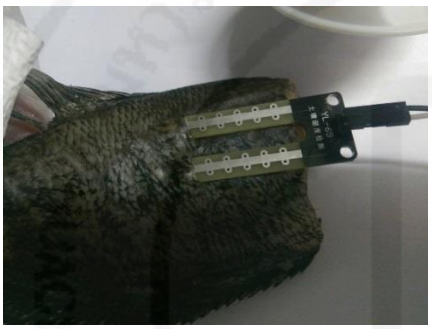
ตารางที่ ค. 2 ผลการทดสอบวัดความชื้นของปลาสลิดตัวอย่างร้านที่ 1 ร้านน้องแมน ตัวที่ 2

ตัวที่ 2	**ความชื้น ระดับ 1**	**ความชื้น ระดับ 2**	**ความชื้น ระดับ 3**
	49-72 44-57 46-58	44-63 42-51 38-42	31-45 35-43 37-40
	38-54 32-45 40-52	35-42 38-44 34-41	30-38 40-51 29-36
	55-63 41-56 34-42	49-57 48-54 35-40	33-38 36-44 29-34

ตารางที่ ค.3 ผลการทดสอบวัดความชื้นของปลาสลิดตัวอย่างร้านที่ 2 ร้านแม่อำนวย ตัวที่ 1

ตัวที่ 3	ความชื้น ระดับ 1	ความชื้น ระดับ 2	ความชื้น ระดับ 3
	56-64 47-68 53-62	40-54 43-61 42-57	34-40 38-46 35-41
	49-58 43-54 45-59	42-55 40-50 39-47	32-40 36-45 35-41
	47-64 64-78 50-66	38-56 47-64 38-52	45-55 46-58 35-49

ตารางที่ ค.4 ผลการทดสอบวัดความชื้นของปลาสลิดตัวอย่างร้านที่ 2 ร้านแม่อำนวย ตัวที่ 2

ตัวที่ 4	ความชื้น ระดับ 1	ความชื้น ระดับ 2	ความชื้น ระดับ 3
	39-53 40-54 34-40	38-48 39-50 27-34	28-35 29-37 31-34
	42-61 37-49 42-53	32-40 34-43 30-39	27-31 28-39 32-36
	43-52 36-56 43-65	30-46 35-50 34-46	29-43 30-40 27-40

ค.2 การทดลองหาค่าความชื้นของปลาสลิดแดดเดียวตัวอย่างที่ได้จากการลงพื้นที่ครั้งที่ 2

ปลาสลิดแดดเดียวตัวอย่างที่ได้จากการลงพื้นที่ครั้งที่ 2 เป็นปลาที่ได้จากร้านพรทิพย์ ร้านสมพิศ และร้านเจ๊ขาว ร้านละ 1 ตัวอย่าง โดยผลการทดลองได้แสดงไว้ในตารางที่ ค.5 ถึง ค.7 ตามลำดับ

ตารางที่ ค.5 ผลการทดสอบวัดความชื้นของปลาสลิดตัวอย่างร้านที่ 1 ร้านพรทิพย์

ร้านพรทิพย์	ความชื้น ระดับ 1	ความชื้น ระดับ 2	ความชื้น ระดับ 3
	52-75	46-58	36-37
	40-42	40-41	34-35
	35-36	37-38	22-23
	25-26	26-27	29-30
	16-22	12-15	26-30
	20-23	17-22	24-30
	19-21	17-19	19-23
	21-24	18-21	17-20
	22-25	22-23	17-19

ตารางที่ ค.6 ผลการทดสอบวัดความชื้นของปลาสลิดตัวอย่างร้านที่ 2 ร้านสมพิศ

ร้านสมพิศ	ความชื้น ระดับ 1	ความชื้น ระดับ 2	ความชื้น ระดับ 3
	20-23	19-22	20-22
	24-26	21-22	21-23
	24-27	23-25	22-24
	26-29	26-29	23-25
	41-43	30-32	26-28
	35-37	30-31	28-31
	29-34	30-32	26-29
	34-38	32-35	29-32
	35-39	34-36	30-33

ตารางที่ ค.7 ผลการทดสอบวัดความชื้นของปลาสลิดตัวอย่างร้านที่ 3 ร้านเจ๊ขาว

ร้านเจ๊ขาว	ความชื้น ระดับ 1	ความชื้น ระดับ 2	ความชื้น ระดับ 3
	39-44	36-40	33-35
	44-47	45-47	38-40
	34-52	48-50	39-43
	48-58	47-53	46-50
	65-69	60-62	54-57
	66-73	56-61	55-57
	64-67	69-77	61-67
	50-75	75-82	47-53
	69-81	77-80	49-60

ภาคผนวก ฆ
การทดสอบการทำงานของเครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบแห้งปลาสลิด

เพื่อให้เครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบแห้งปลาสลิด สามารถวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์พร้อมบันทึกค่าที่วัดได้แบบอัตโนมัติและต่อเนื่อง คณะผู้วิจัยและผู้ช่วยนักวิจัยจึงได้ดำเนินการทดสอบการทำงานของเครื่องมือก่อนดำเนินการทดลองตากปลาสลิดแบบเต็มตู้ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ฆ.1 การทดสอบการทำงานของตัวรับรู้ชนิด DHT22 Sensor และการทดลองตากปลาภายหลังพัฒนาตู้อบแห้งเสร็จสิ้น

การทดสอบการทำงานในครั้งนี้ คณะผู้วิจัยและผู้ช่วยนักวิจัย ได้ดำเนินการทดสอบเมื่อวันที่ 21 ธันวาคม 2560 โดยมีวัตถุประสงค์คือ เพื่อทดสอบว่าตัวรับรู้ชนิด DHT22 Sensor สามารถวัดค่าอุณหูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบแห้งปลาสลิดจากการควบคุมของบอร์ดไมโครโพรเซสเซอร์ Arduino Mega 2560 ที่ถูกโปรแกรมไว้ได้หรือไม่ โดยทดลองใช้ DHT22 Sensor เพียง 1 ตัว พร้อม ๆ กับทดลองใช้ตู้อบแห้งตากปลาสลิดเป็นครั้งแรกภายหลังจากที่ได้พัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิดเสร็จเรียบร้อย โดยใช้ปลาสลิดตัวอย่างเพียง 3 กิโลกรัม เพื่อนำผลที่ได้ไปดำเนินการวิจัยต่อไป โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังต่อไปนี้

1) ติดตั้งอุปกรณ์พร้อมเตรียมความพร้อมของตู้อบแห้งปลาสลิด

คือการติดตั้ง DHT22 Sensor ในตำแหน่งที่สามารถเชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์และบอร์ดไมโครโพรเซสเซอร์ Arduino Mega 2560 ดังภาพที่ ฆ.1

ภาพที่ ฆ.1 การติดตั้งอุปกรณ์เพื่อทดสอบการทำงานของ DHT22 Sensor และการทดลองตากปลาในตู้ภายหลังพัฒนาเสร็จสิ้น

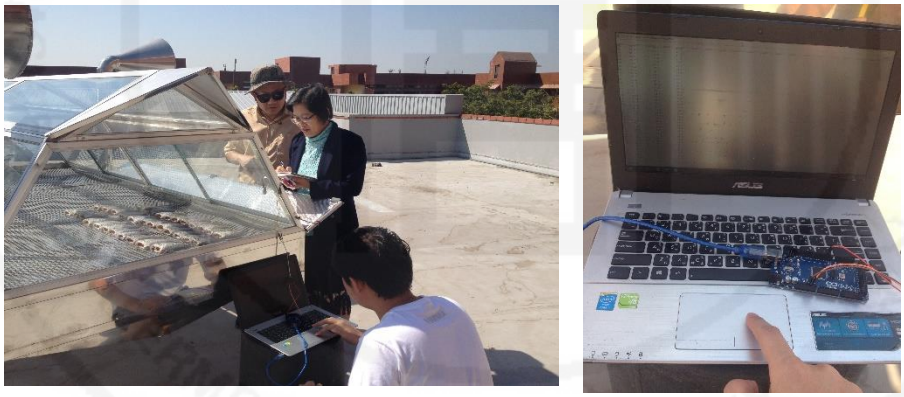
2) จัดเรียงปลาสลิดตัวอย่างลงในตู้อบแห้งปลาสลิด

คณะผู้วิจัยทำการจัดเรียงปลาสลิดตัวอย่าง ไว้ตำแหน่งที่ใกล้กับตัวรับรู้ชนิด DHT22 Sensor ดังภาพที่ ง.2

ภาพที่ ฆ.2 การจัดเรียงการสลิดตัวอย่างในตู้เพื่อทดสอบการทำงานของ DHT22 Sensor และการทดลองตากปลาในตู้ภายหลังพัฒนาเสร็จสิ้น

3) สังเกตและบันทึกค่าที่ได้จากการทดสอบ

คณะผู้วิจัยทำการสังเกตลักษณะของปลาสลิดตัวอย่างพร้อมบันทึกค่าอุณหภูมิกับความชื้นสัมพัทธ์ที่ตัวรับรู้ชนิด DHT22 Sensor วัดค่าได้จากคอมพิวเตอร์ ดังภาพที่ ฆ.3



ภาพที่ ฆ.3 การสังเกตลักษณะของปลาสลิดที่ผ่านการตากพร้อมบันทึกผลการวัดค่าที่ DHT22 Sensor รับรู้

4) นำเทอร์โมมิเตอร์มาทดลองวัดอุณหภูมิเทียบกับค่าที่ตัวรับรู้ชนิด DHT22 Sensor วัดได้

ก่อนเสร็จสิ้นการทดสอบ คณะผู้วิจัยได้ทดลองนำเทอร์โมมิเตอร์ในห้องปฏิบัติการฟิสิกส์มาวัดค่าอุณหภูมิภายในตู้เทียบกับค่าที่วัดได้จากตัวรับรู้ชนิด DHT22 Sensor ดังภาพที่ ฆ.4

ภาพที่ ฆ.4 การทดลองนำเทอร์โมมิเตอร์มาวัดค่าอุณหภูมิเทียบกับตัวรับรู้ชนิด DHT22 Sensor

5) สังเกตลักษณะปลาสลิดตัวอย่างหลังเสร็จสิ้นการทดสอบการใช้งานตู้ครั้งแรก

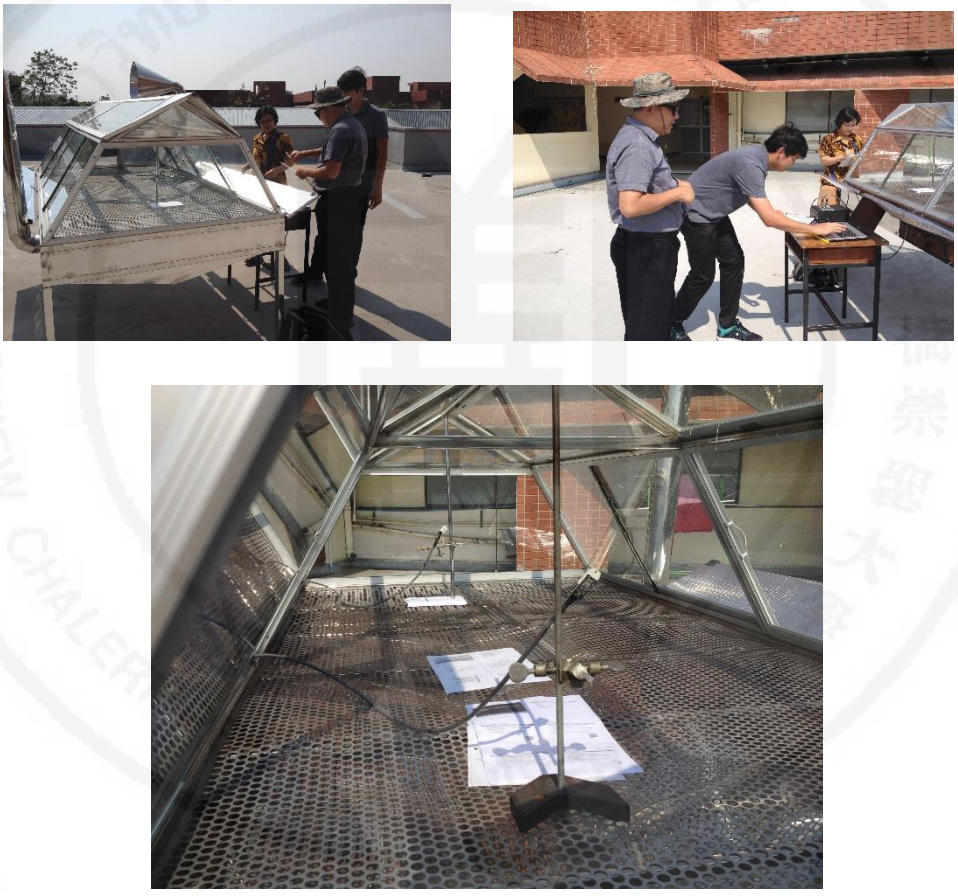
คณะผู้วิจัยได้ทำการสังเกตลักษณะของปลาสลิดแดดเดียวตัวอย่างที่ได้จากการทดลองตากด้วยตู้อบแห้งปลาสลิดเป็นครั้งแรกหลังจากพัฒนาเสร็จสิ้น โดยทำการทดลองตากเป็นเวลา 3 ชั่วโมง (เริ่มตากเวลา 13.15 น. จัดเก็บเวลา 16.15 น.) ดังภาพที่ ฆ.5

ภาพที่ ฆ.5 ตัวอย่างปลาสลิดแดดเดียวที่ได้จากการทดลองตากครั้งแรก
ภายหลังพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิดเสร็จสิ้น

จากการสังเกตและข้อมูลที่บันทึกได้ คณะผู้วิจัยพบว่า ตัวรับรู้ชนิด DHT22 Sensor สามารถวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพันธ์ภายในตู้อบแห้งปลาสลิดได้ โดยค่าอุณหภูมิที่วัดได้มีความแตกต่างกับค่าที่วัดจากเทอร์โมมิเตอร์ประมาณ 1 องศา ซึ่งไม่ถือว่ามีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม เพื่อให้การทดสอบการใช้งานตู้อบแห้งปลาสลิดมีความน่าเชื่อถือ คณะผู้วิจัยจึงสรุปว่าในการพัฒนาเครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบแห้งปลาสลิด ควรใช้ตัวรับรู้ชนิด DHT22 Sensor จำนวน 6 ตัว เพื่อนำไปหาค่าเฉลี่ย

ฆ.2 การทดสอบการหาค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิจากตัวรับรู้ชนิด DHT22 Sensor เทียบกับเทอร์โมมิเตอร์

การทดสอบการทำงานในครั้งนี้ คณะผู้วิจัยและผู้ช่วยนักวิจัย ได้ดำเนินการทดสอบเมื่อวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2561 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบว่า เครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบแห้งปลาสลิดที่พัฒนาขึ้นสามารถวัดค่าอุณหภูมิและหาค่าเฉลี่ยได้ใกล้เคียงกับเทอร์โมมิเตอร์หรือไม่ โดยเป็นการทดสอบกับตู้เปล่า และใช้จุดทดสอบเป็นจำนวน 2 จุด ดังภาพที่ ฆ.6 ส่วนภาพที่ ฆ.7 แสดงลักษณะของเครื่องมือที่สามารถใช้วัดค่าได้แต่ยังขาดส่วนบันทึกและหน้าจอแสดงผล



ภาพที่ ฆ.6 การทดสอบหาค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่วัดได้จาก DHT22 Sensor กับเทอร์โมมิเตอร์

ภาพที่ ฆ.7 ลักษณะของเครื่องมือที่เชื่อมต่อกับ DHT22 Sensor จำนวน 2 จุดกับคอมพิวเตอร์

จากผลการทดลอง คณะผู้วิจัยพบว่า ค่าอุณหภูมิที่วัดได้จากอุปกรณ์ทั้ง 2 ชนิด มีความแตกต่างกันเฉลี่ยทั้ง 2 จุด ไม่เกิน 0.5-1.5 องศา ซึ่งถือว่าไม่แตกต่างกันมาก ในทางวิทยาศาสตร์แล้วถือว่ายอมรับได้ คณะผู้วิจัยจึงมีความเห็นร่วมกันว่า ควรออกแบบจุดติดตั้ง DHT22 Sensor ทั้งสิ้น 6 จุด ภายในตู้ โดยแบ่งเป็น ด้านข้าง 2 ข้าง ๆ ละ 2 จุด และตรงกลางตู้อีก 2 จุด เพื่อให้ค่าที่อ่านได้ครอบคลุมพื้นที่ภายในตู้ทั้งหมด และทำการเขียนโปรแกรมเพื่อหาค่าเฉลี่ยของความชื้นและอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งปลาสลิด พร้อมบันทึกลงสู่ SD Card ต่อไป

ฆ.3 การทดสอบการวัดค่าของเครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบแห้งปลาสลิด

การทดสอบการทำงานในครั้งนี้ คณะผู้วิจัยและผู้ช่วยนักวิจัย ได้ดำเนินการทดสอบเมื่อวันที่ 30 มีนาคม 2561 เป็นการทดสอบวัดค่าความชื้นและอุณหภูมิของเครื่องมือวัดความชื้นและอุณหภูมิของตู้อบแห้งปลาสลิดโดยติดตั้ง DHT22 Sensor ทั้ง 6 จุดตามที่ได้ออกแบบและเขียนโปรแกรมไว้หรือไม่ พร้อมกับการทดลองตากปลาสลิดเต็มตู้ (จำนวน 40 กิโลกรัม) โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังต่อไปนี้

1) การจัดเตรียมอุปกรณ์และปลาสลิดสำหรับการทดลอง

คณะผู้วิจัยได้จัดเตรียมอุปกรณ์ เครื่องมือวัดความชื้นและอุณหภูมิของตู้อบแห้งปลาสลิดและปลาสลิดสดสำหรับใช้ในการตากในตู้อบแห้งจำนวน 40 กิโลกรัม ดังภาพที่ ฆ.8

ภาพที่ ฆ.8 การจัดเตรียมอุปกรณ์ เครื่องมือและปลาสลิดจำนวน 40 กิโลกรัม

2) การติดตั้งตัวรับรู้ชนิด DHT22 Sensor ภายในตู้อบแห้งปลาสลิด

คณะผู้วิจัยได้ทำการติดตั้งตัวรับรู้ชนิด DHT22 Sensor จำนวน 6 ตัวตามจุดที่ได้ออกแบบไว้จากการทดสอบครั้งก่อนหน้า ดังภาพที่ ฆ.9

ภาพที่ ฆ.9 การติดตั้งตัวรับรู้ชนิด DHT22 Sensor จำนวน 6 ตัวตามจุดที่ได้ออกแบบไว้

3) การจัดเรียงปลาสลิดในตู้อบแห้งปลาสลิด

คณะผู้วิจัยได้นำปลาสลิดสดตัวอย่างจำนวน 40 กิโลกรัมจัดเรียงลงในตู้อบแห้งปลาสลิด โดยเรียงเป็นแถวในแนวยาวของตู้ ดังภาพที่ ฆ.10

ภาพที่ ฆ.10 การจัดเรียงปลาสลิดสดในตู้อบแห้งปลาสลิดตามแนวยาวของตู้

4) การตากและบันทึกผลการทดสอบ

หลังจากจัดเรียงปลาสลิดสดลงในตู้อบแห้งเรียบร้อย คณะผู้วิจัยได้เปิดเครื่องมือและทำการตั้งเวลาของการทดสอบเพื่อบันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพันธ์ภายในตู้อบแห้งปลาสลิดตลอดระยะเวลาการตาก ระหว่างเวลา 10.12 จนถึงเวลา 13.19 นาฬิกา ดังภาพที่ ฆ.11

ภาพที่ ฆ.11 การตากและบันทึกผลการทดสอบการวัดค่าของเครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบแห้งปลาสลิด

จากผลการทดลอง คณะผู้วิจัยพบว่าการบันทึกข้อมูลค่าความชื้นและอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งปลาสลิด ยังขาดความต่อเนื่อง จึงได้ทำการวิเคราะห์โปรแกรมที่เขียนอีกครั้ง พบว่า ส่วนของการกำหนดค่าวันและเวลาของการบันทึกมีจุดผิดพลาด จึงวางแผนที่จะปรับปรุงแก้ไข และนำไปทดสอบการทำงานของเครื่องมือกับตู้เปล่าอีกครั้งก่อนดำเนินการทดสอบร่วมกับการตากปลาสลิดแบบเต็มตู้ เพื่อเก็บข้อมูลประกอบการดำเนินงานวิจัยต่อไป

ภาคผนวก ง
การทดสอบการใช้งานตู้อบแห้งปลาสลิด

เพื่อให้การศึกษาและวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ และการกำหนดเงื่อนไขในการใช้ตู้อบแห้งปลาสลิดที่คณะผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น เหมาะสมกับการตากปลาสลิดให้เป็นปลาสลิดแดดเดียวที่มีคุณภาพได้ใกล้เคียงกับการตากด้วยวิธีดั้งเดิม ทางคณะผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการทดสอบการใช้งานตู้อบแห้งปลาสลิด จำนวน ทั้งสิ้น 3 ครั้ง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ง.1 การทดสอบการใช้งานตู้อบแห้งปลาสลิดแบบตู้เปล่า (การทดลองครั้งที่ 1)

การทดสอบครั้งนี้คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการในวันที่ 20 เมษายน 2561 โดยทำการติดตั้งเครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพันธ์ภายในตู้อบแห้งปลาสลิดและตัวรับรู้ชนิด DHT22 Sensor ทั้ง 6 จุด เพื่อบันทึกค่าความชื้นและอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งปลาสลิดภายหลังที่คณะผู้วิจัยได้ปรับแก้ไขโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว โดยระยะเวลาทดสอบคือ เวลา 9.20 ถึง 14.20 นาฬิกา ดังภาพที่ ง.1

ภาพที่ ง.1 การทดสอบการใช้งานตู้อบแห้งปลาสลิดแบบตู้เปล่า (การทดลองครั้งที่ 1)

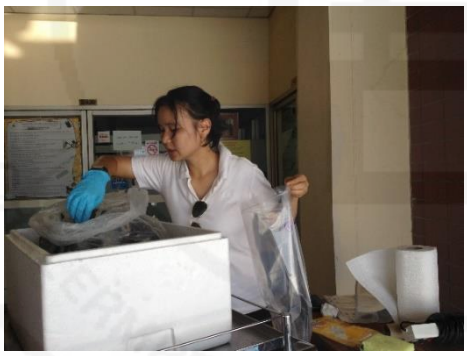
ผลการทดสอบพบว่า เครื่องมือสามารถวัดค่า คำนวณค่าเฉลี่ย และบันทึกผลลง SD Card ได้ตลอดช่วงเวลาที่ทำการทดสอบกับตู้เปล่า คณะผู้วิจัยจึงได้จัดเก็บข้อมูลไว้สำหรับเปรียบเทียบกับการทดสอบการใช้งานตู้อบแห้งปลาสลิดในครั้งที่ 2 และ 3 ต่อไป

ง.2 การทดสอบการใช้งานตู้อบแห้งปลาสลิดแบบมีปลาสลิดเต็มตู้ (การทดลองครั้งที่ 2)

การทดลองครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการในวันที่ 23 เมษายน 2561 เป็นการทดลองครั้งที่ 2 เพื่อทดสอบการทำงานของตู้อบแห้งปลาสลิด และการทำงานของเครื่องมือวัดความชื้นและอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งปลาสลิด โดยมีปลาสลิดเต็มตู้ ซึ่งครั้งนี้ทางคณะผู้วิจัยได้เปลี่ยนวัสดุในการตากจากแผ่นรองตากปลาสลิดภายในตู้อบแห้งปลาสลิดแบบแสตนเลสเจาะรู มาเป็น แผ่นรองตากปลาสลิดภายในตู้อบแห้งปลาสลิดแบบตาข่ายพลาสติก เนื่องจากในการทดลองตากปลาสลิดร่วมกับการทดสอบการวัดค่าของเครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบแห้งปลาสลิดครั้งสุดท้ายที่ได้รายงานไว้ในภาคผนวก ง คณะผู้วิจัยพบว่า ปลาสลิดแห้งช้า และอุ้มน้ำต่อเนื่องแม้ในขณะกลับปลา ร่วมกับการเปิดพัดลมระบายอากาศภายหลังจากดำเนินการตากปลาสลิดไปแล้ว 1 ชั่วโมง โดยรายละเอียดของการทดลองมีดังต่อไปนี้

1) การจัดเตรียมปลาสลิดสดและเครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบแห้งปลาสลิด

คณะผู้วิจัยได้จัดเตรียมปลาสลิดสดจำนวน 40 กิโลกรัม สำหรับทดสอบการใช้งานตู้อบแห้งปลาสลิด ดังปรากฏในภาพที่ ง.2



ภาพที่ ง.2 การจัดเตรียมปลาสลิดสดสำหรับทดสอบการใช้งานตู้อบแห้งปลาสลิดแบบเต็มตู้ (การทดลองครั้งที่ 2)

ในการจัดเตรียมปลาสลิดครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้แบ่งปลาสลิดตัวอย่างไว้อีกส่วนสำหรับนำไปทดลองวัดปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด (Total coliform bacteria) ปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และตรวจแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* รวมถึงการตรวจค่า Water activity (a_w) ในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาอุตสาหกรรม โดยแบ่งเป็น 3 ระยะการทดลองคือ ก่อนตาก ระหว่างตาก (1.5 ชั่วโมง) และหลังตาก (3 ชั่วโมง) ดังตัวอย่างที่แสดงไว้ในภาพที่ ง.3

ภาพที่ ง.3 ปลาสลิดตัวอย่างสำหรับใช้ทดสอบวัดค่าคุณภาพทางชีวภาพสำหรับการทดลองครั้งที่ 2

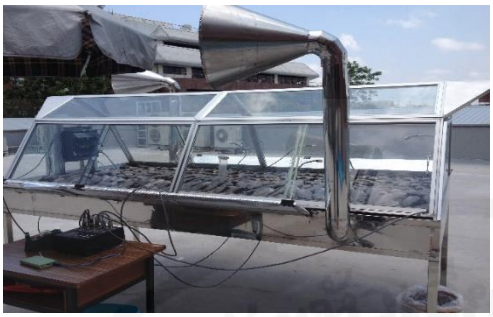
2) ดำเนินการจัดเรียงปลาสลิดสดและติดตั้งตัวรับรู้ชนิด DHT22 Sensor

คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดเรียงปลาสลิดสดจำนวน 40 กิโลกรัม ลงบนแผ่นรองตากปลาสลิดภายในตู้อบแห้งปลาสลิดแบบตาข่ายพลาสติก ดังภาพที่ ง.4

ภาพที่ ง.4 การจัดเรียงปลาสลิดสดและการติดตั้งตัวรับรู้ชนิด DHT22 Sensor (การทดลองครั้งที่ 2)

3) การทดสอบการตากปลา และการบันทึกผลการอ่านค่าความชื้นและอุณหภูมิ

หลังจากจัดเรียงปลาสลิดสดและติดตั้งตัวรับรู้ชนิด DHT22 Sensor เรียบร้อย คณะผู้วิจัยได้เปิดเครื่องมือและตั้งเวลาการบันทึกผลการทดลอง ตั้งแต่เวลา 9.20 ถึง เวลา 14.20 นาฬิกา ดังภาพที่ ง.5



ภาพที่ ง.5 การทดสอบการตากปลาและการบันทึกผลการทดลอง (การทดลองครั้งที่ 2)

จากผลการทดลองพบว่า ปลาสลิดแดดเดียวที่ได้จากการตากด้วยตู้อบแห้งปลาสลิด มีลักษณะทางกายภาพไม่ต่างจากที่ผู้ประกอบการจำหน่าย หากแต่ค่าคุณภาพทางชีวภาพ ยังมีปริมาณเชื้อต่าง ๆ ในระดับที่ไม่ผ่านเกณฑ์ที่ยอมรับได้ คณะผู้วิจัยจึงได้ร่วมกันวิเคราะห์หาสาเหตุ ซึ่งสรุปได้ว่าน่าจะมาจากการที่คณะผู้วิจัยไม่ได้เปิดพัดลมเพื่อระบายความชื้นภายในตู้ จึงทำให้สภาพแวดล้อมภายในตู้เหมาะสมกับการเจริญของเชื้อต่าง ๆ

ง.3 การทดสอบการใช้งานตู้อบแห้งปลาสลิดแบบมีปลาสลิดเต็มตู้ (การทดลองครั้งที่ 3)

การทดลองครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการในวันที่ 2 กรกฎาคม 2561 เป็นการทดลองครั้งที่ 3 เพื่อทดสอบการทำงานของตู้อบแห้งปลาสลิด และการทำงานของเครื่องมือวัดความชื้นและอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งปลาสลิด โดยมีปลาสลิดเต็มตู้ ซึ่งครั้งนี้ทางคณะผู้วิจัยได้ปรับปรุงรูปแบบการทดลองเพิ่มเติมจากการทดลองครั้งที่ 2 โดยมีการเปิดพัดลมระบายอากาศตั้งแต่เริ่มตาก จนถึงเวลาสิ้นสุดการตาก เพื่อช่วยระบายความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้ และการวัดค่าความชื้นในตัวปลาด้วยตัวรับรู้ชนิด Soil Moisture Sensor Module v1 เทียบกับปลาสลิดตัวอย่างที่คณะผู้วิจัยได้ซื้อจากร้านจำหน่ายปลาสลิดแดดเดียวขณะลงพื้นที่ที่ได้รายงานไว้ในภาคผนวก ค โดยรายละเอียดของการทดลองครั้งที่ 3 มีดังต่อไปนี้

1) การจัดเตรียมปลาสลิดสดและเครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบแห้งปลาสลิด

คณะผู้วิจัยได้จัดเตรียมปลาสลิดสดจำนวน 35 กิโลกรัม สำหรับทดสอบการใช้งานตู้อบแห้งปลาสลิด (เนื่องจากการทดลองครั้งที่ 2 ปลามีขนาดใหญ่จึงไม่สามารถจัดเรียงได้หมด) ดังปรากฏในภาพที่ ง.6

ภาพที่ ง.6 การจัดเตรียมปลาสลิดสดสำหรับทดสอบการใช้งานตู้อบแห้งปลาสลิดแบบเต็มตู้ (การทดลองครั้งที่ 3)

ในการจัดเตรียมปลาสลิดครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้แบ่งปลาสลิดตัวอย่างไว้อีกส่วนสำหรับนำไปทดลองวัดปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด (Total coliform bacteria) ปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และตรวจแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* รวมถึงการตรวจค่า Water activity (a_w) ในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาอุตสาหกรรม โดยแบ่งเป็น 3 ระยะการทดลองคือ ก่อนตาก ระหว่างตาก (2 ชั่วโมง) และหลังตาก (5 ชั่วโมง) ดังตัวอย่างที่แสดงไว้ในภาพที่ ง.7

ภาพที่ ง.7 ปลาสลิดตัวอย่างสำหรับใช้ทดสอบวัดค่าคุณภาพทางชีวภาพสำหรับการทดลองครั้งที่ 3

2) ดำเนินการจัดเรียงปลาสลิดสดและติดตั้งตัวรับรู้ชนิด DHT22 Sensor

คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดเรียงปลาสลิดสดจำนวน 35 กิโลกรัม ลงบนแผ่นรองตากปลาสลิดภายในตู้อบแห้งปลาสลิดแบบตาข่ายพลาสติก พร้อมติดตั้งตัวรับรู้ชนิด DHT22 Sensor ทั้ง 6 จุดดังรภาพที่ ง.8

ภาพที่ ง.8 การจัดเรียงปลาสลิดสดและการติดตั้งตัวรับรู้ชนิด DHT22 Sensor (การทดลองครั้งที่ 3)

3) การทดสอบการตากปลา และการบันทึกผลการอ่านค่าความชื้นและอุณหภูมิ

หลังจากจัดเรียงปลาสลิดสดและติดตั้งตัวรับรู้ชนิด DHT22 Sensor เรียบร้อย คณะผู้วิจัยได้เปิดเครื่องมือและตั้งเวลาการบันทึกผลการทดลอง ตั้งแต่เวลา 9.20 ถึง เวลา 14.20 นาฬิกา ดังภาพที่ ง.9

ภาพที่ ง.9 การทดสอบการตากปลาและการบันทึกผลการทดลอง (การทดลองครั้งที่ 3)

4) การทดสอบการตากปลา และการบันทึกผลการอ่านค่าความชื้นและอุณหภูมิ

ภายหลังเสร็จสิ้นการตากปลา คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการวัดค่าความชื้นในตัวปลาด้วยตัวรับรู้ชนิด Soil Moisture Sensor Module v1 ดังภาพที่ ง.10

ภาพที่ ง.10 การวัดค่าความชื้นในตัวปลาด้วยตัวรับรู้ชนิด Soil Moisture Sensor Module v1 (การทดลองครั้งที่ 3)

จากผลการทดลองพบว่า ปลาสลิดแดดเดียวที่ได้จากการตากด้วยตู้อบแห้งปลาสลิด มีลักษณะทางกายภาพที่ดีขึ้น มีความแห้งเพิ่มขึ้น และเมื่อนำไปวิเคราะห์ค่าคุณภาพทางชีวภาพ ได้แก่ ค่าเชื้อต่าง ๆ พบว่า อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ผู้บริโภคสามารถบริโภคได้อย่างปลอดภัย ถูกสุขลักษณะ นอกจากนี้ค่า a_w และค่าความชื้นในตัวปลาที่วัดได้จากการตากปลาด้วยตู้อบแห้งปลาสลิดถือว่าไม่ต่างจากที่วัดได้จากปลาสลิดตัวอย่างที่คณะผู้วิจัยซื้อมาจากเกษตรกรที่ตากปลาสลิดแดดเดียวด้วยวิธีดั้งเดิม

ภาคผนวก จ
การเผยแพร่ผลงานวิจัยในการประชุมวิชาการและกิจกรรมถ่ายทอดองค์ความรู้สู่ชุมชน

เพื่อให้การดำเนินงานโครงการวิจัยการพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิดมีผลการดำเนินงานที่สอดคล้องกับแผนงานที่คณะผู้วิจัยได้วางไว้ และเพื่อให้นักวิชาการและเกษตรกรผู้เกี่ยวข้องได้รับทราบและเห็นผลงานตู้อบแห้งปลาสลิด คณะผู้วิจัยจึงได้นำผลงานวิจัยตู้อบแห้งปลาสลิดไปเผยแพร่ในงานการประชุมเชิงวิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 6 "งานวิชาการรับใช้สังคม" และการเข้าร่วมกิจกรรมถ่ายทอดองค์ความรู้สู่ชุมชนและค้นหาโจทย์วิจัยของชุดโครงการวิจัยนวัตกรรมพัฒนาพื้นที่เพื่อเพิ่มมูลค่าของห่วงโซ่เศรษฐกิจปลาสลิดบางบ่อ ตามยุทธศาสตร์ส่งเสริมสินค้าเกษตรปลอดภัยเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม จังหวัดสมุทรปราการ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ฉ.1 การนำเสนอผลงานวิจัยตู้อบแห้งปลาสลิดในงานการประชุมเชิงวิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 6 "งานวิชาการรับใช้สังคม"

การเผยแพร่ผลงานวิจัยในครั้งนี้ เป็นการนำเสนอผลงานวิจัยในการรประชุมเชิงวิชาการระดับชาติและนานาชาติครั้งที่ 6 “งานวิชาการรับใช้สังคม” ซึ่งจัดโดยมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ เมื่อวันที่ 22 มิถุนายน 2561 ที่อาคารเรียนพื้นที่ส่วนขยาย มฉก.2

1) ลักษณะการนำเสนอผลงาน

คณะผู้วิจัยได้นำเสนอผลงานในภาคนิทรรศการ ร่วมกับโครงการวิจัยอีก 14 โครงการ โดยมีลักษณะการจัดนิทรรศการในลักษณะที่ลำดับผลงานวิจัยจากต้นน้ำ ไปสู่กลางน้ำ และปลายน้ำตามลำดับ ซึ่งโครงการวิจัยการพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิดถือเป็นโครงการลำดับที่ 5 ซึ่งในช่วงกลางน้ำเนื่องจากเป็นโครงการวิจัยที่เกี่ยวเนื่องกับการแปรรูปปลาสลิดแดดเดียว ดังรูปที่ จ.1

รูปที่ จ.1 การนำเสนอผลงานวิจัยโครงการพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิดในงานการประชุมเชิงวิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 6 "งานวิชาการรับใช้สังคม"

2) ผลการเข้าร่วมงาน

นอกจากคณะผู้วิจัยจะได้มีโอกาสในการนำเสนอผลงานสู่สายตาของคณะผู้บริหารและคณาจารย์จากมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติแล้ว ยังมีโอกาสได้แลกเปลี่ยนความรู้และแนวคิดในการทำวิจัยกับนักวิชาการ และนักวิจัยจากหน่วยงานและสถาบันการศึกษาทั้งของไทย อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์และจีน ซึ่งบุคคลที่กล่าวมาได้แสดงความชื่นชมจากผู้ร่วมชมผลงาน รวมทั้งได้แนวคิดในการนำไปปรับใช้กับงานวิจัยอื่น ๆ

ฉ.2 การเข้าร่วมกิจกรรมถ่ายทอดองค์ความรู้สู่ชุมชนและค้นหาโจทย์วิจัยของชุดโครงการวิจัยนวัตกรรมพัฒนาพื้นที่เพื่อเพิ่มมูลค่าของห่วงโซ่เศรษฐกิจปลาสลิดบางบ่อ ตามยุทธศาสตร์ส่งเสริมสินค้าเกษตรปลอดภัยเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม จังหวัดสมุทรปราการ

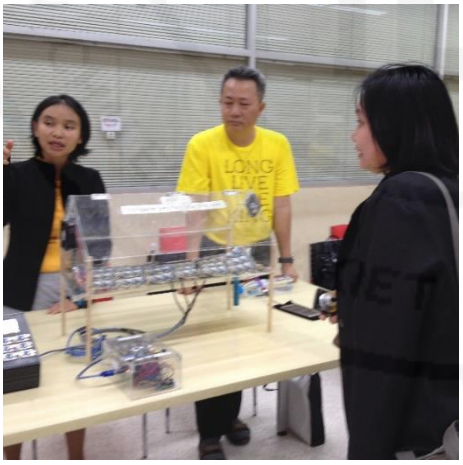
การเข้าร่วมกิจกรรมในครั้งนี้จัดขึ้นเพื่อเป็นเวทีสรุปผลงานโครงการวิจัยทั้ง 15 โครงการในชุดโครงการวิจัยนวัตกรรมพัฒนาพื้นที่เพื่อเพิ่มมูลค่าของห่วงโซ่เศรษฐกิจปลาสลิดบางบ่อ ตามยุทธศาสตร์ส่งเสริมสินค้าเกษตรปลอดภัยเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม จังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งจัดขึ้นเมื่อวันที่ 20 กรกฎาคม 2561 ที่อาคารศูนย์บรรณสารสนเทศ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ โดยมีตัวแทนจากหน่วยงานราชการต่าง ๆ ของจังหวัดสมุทรปราการที่เกี่ยวข้อง อาทิเช่น ประมงอำเภอ ประมงจังหวัด พาณิชย์จังหวัด กลุ่มเกษตรผู้เลี้ยงปลาสลิด กลุ่มเกษตรกรผู้ประกอบการแปรรูปปลาสลิดแดดเดียว เป็นต้น ร่วมกับนักวิจัยจาก 15 โครงการ และคณะผู้บริหารโครงการวิจัยของมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ โดยมีรองผู้ว่าราชการจังหวัดเป็นประธานกล่าวเปิดงานและให้ความรู้เกี่ยวกับการค้นหาโจทย์วิจัยของของชุดโครงการวิจัยนวัตกรรมพัฒนาพื้นที่เพื่อเพิ่มมูลค่าของห่วงโซ่เศรษฐกิจปลาสลิดบางบ่อ ตามยุทธศาสตร์ส่งเสริมสินค้าเกษตรปลอดภัยเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม จังหวัดสมุทรปราการ ดังภาพที่ จ.2 และ จ.3 ตามลำดับ

ภาพที่ จ.2 การกล่าวเปิดงานกิจกรรมถ่ายทอดองค์ความรู้สู่ชุมชนและค้นหาโจทย์วิจัยของชุดโครงการวิจัยนวัตกรรมพัฒนาพื้นที่เพื่อเพิ่มมูลค่าของห่วงโซ่เศรษฐกิจปลาสลิดบางบ่อ ตามยุทธศาสตร์ส่งเสริมสินค้าเกษตรปลอดภัยเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม จังหวัดสมุทรปราการ

ภาพที่ จ.3 ลักษณะกิจกรรมถ่ายทอดองค์ความรู้สู่ชุมชนและค้นหาโจทย์วิจัยของชุดโครงการวิจัยนวัตกรรมพัฒนาพื้นที่เพื่อเพิ่มมูลค่าของห่วงโซ่เศรษฐกิจปลาสลิดบางบ่อ ตามยุทธศาสตร์ส่งเสริมสินค้าเกษตรปลอดภัยเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม จังหวัดสมุทรปราการ

1) ลักษณะการนำเสนอผลงาน

คณะผู้วิจัยได้นำเสนอผลงานในภาคนิทรรศการ ร่วมกับโครงการวิจัยอีก 14 โครงการ โดยมีลักษณะการจัดนิทรรศการในลักษณะที่ลำดับผลงานวิจัยจากต้นน้ำ ไปสู่กลางน้ำ และปลายน้ำตามลำดับ บริเวณโถงชั้น 1 อาคารบรรณสารสนเทศ ซึ่งผลงานวิจัยตู้อบแห้งปลาสลิด ได้รับความสนใจจากทั้งผู้แทนหน่วยงานราชการและกลุ่มเกษตรกรที่เกี่ยวข้อง ดังภาพที่ จ.2



ภาพที่ จ.4 การนำเสนอผลงานวิจัยตู้อบแห้งปลาสลิดภาคนิทรรศการในกิจกรรมถ่ายทอดองค์ความรู้สู่ชุมชนและค้นหาโจทย์วิจัยของชุดโครงการวิจัยนวัตกรรมพัฒนาพื้นที่เพื่อเพิ่มมูลค่าของห่วงโซ่เศรษฐกิจปลาสลิดบางบ่อ ตามยุทธศาสตร์ส่งเสริมสินค้าเกษตรปลอดภัยเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม จังหวัดสมุทรปราการ

2) ผลการเข้าร่วมงาน

นอกจากคณะผู้วิจัยจะได้รับทราบสถานการณ์ของปลาสลิดในจังหวัดสมุทรปราการจากรองผู้ว่าราชการจังหวัด ผู้แทนจากหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง รวมถึงกลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงและผู้แปรรูปปลาสลิดแล้ว คณะผู้วิจัยยังได้มีโอกาสหารือกับกลุ่มเกษตรกรผู้แปรรูปปลาสลิด และผู้แทนจากหน่วยงานราชการในการส่งเสริมให้กลุ่มเกษตรกรหันมาให้ความสนใจกับการประยุกต์ใช้ตู้อบแห้งปลาสลิดในการแปรรูปปลาสลิดแดดเดียวเพื่อให้มีความสะอาด ปลอดภัยตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนต่อไป

ภาคผนวก ฉ

การบูรณาการงานวิจัยตู้อบแห้งปลาสลิดกับรายวิชา CS3503 ภาค 1/2560

โครงการวิจัย เรื่อง **การพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิด**
งบประมาณประจำปีการศึกษา 2560

เรียนรู้เพื่อรับใช้สังคม

รายละเอียดของการบูรณาการ

1. หัวหน้าโครงการวิจัย/คณะผู้วิจัย (ระบุชื่อผู้รับผิดชอบโครงการวิจัยและสังกัดคณะฯ)
   1. อาจารย์สุภา ศิรินาม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
   2. อาจารย์รังสรรค์ โกญจนาทนิกร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
   3. อาจารย์ณัฐพร นันทจิระพงศ์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
2. ชนิดการบูรณาการ (โครงการวิจัยบูรณาการกับ)
   ☑ การเรียนการสอน รายวิชา CS3503 คอมพิวเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ ภาคการศึกษา 1 ปีการศึกษา 2560
   นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นปีที่ 3
   ผู้รับผิดชอบรายวิชาคือ อาจารย์เนรมิธ จิรกาญจน์ไพศาล และ อาจารย์ณัฐพร นันทจิระพงศ์
3. ผู้รับผิดชอบการบูรณาการ คือ อาจารย์ณัฐพร นันทจิระพงศ์
4. วัน-เดือน-ปีที่จัดโครงการ/ช่วงระยะเวลาของการทำวิจัย 1 พฤษภาคม 2560 ถึง 30 เมษายน 2561
5. วัตถุประสงค์ของการบูรณาการ
   5.1 เพื่อให้นักศึกษาได้เข้าใจระบบการทำงานของตู้อบแห้งปลาสลิด และสามารถออกแบบระบบการจัดเก็บข้อมูลทางกายภาพ (พารามิเตอร์ต่าง ๆ) ภายในตู้อบแห้งปลาสลิดที่สอดคล้องกับหลักการทำงานของตู้อบแห้งปลาสลิดตามที่คณะผู้วิจัยได้ออกแบบไว้
   5.2 เพื่อให้นักศึกษาสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ที่ได้จากเนื้อหารายวิชาคอมพิวเตอร์อิเล็กทรอนิสก์กับทักษะการเขียนโปรแกรมในการพัฒนาเครื่องมือจัดเก็บข้อมูลตู้อบแห้งปลาสลิดจากตัวรับรู้

(sensors) เพื่อหาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และนำข้อมูลที่จัดเก็บได้มาวิเคราะห์เพื่อให้ตู้อบแห้งมีประสิทธิภาพสูงสุดขณะใช้งานจริง

6. ตัวชี้วัดความสำเร็จของการบูรณาการและค่าเป้าหมายและผลการดำเนินงาน

ตัวชี้วัดความสำเร็จและค่าเป้าหมาย	ผลการดำเนินงาน
1. นักศึกษาอย่างน้อย 1 กลุ่มการทดลองสามารถเขียนโปรแกรมรับค่าจากตัวรับรู้ (sensors) ได้ อย่างน้อย 2 พารามิเตอร์	มีนักศึกษาสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ที่ลงทะเบียนรายวิชา CS3503 คอมพิวเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ 1 กลุ่มได้แก่ นายรังสิวุฒิ สุขสบาย นายเจษฎา พัวประเสริฐ และนายธรธวัช มณฑาทิพย์ ได้พัฒนาผลงาน “เครื่องมือแสดงค่าอุณหภูมิและความชื้นสำหรับการควบคุมตู้อบปลาสลิดต้นแบบ”
2. นักศึกษาอย่างน้อย 1 กลุ่มการทดลองสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ต่าง ๆ และลักษณะทางกายภาพภายใต้ตู้อบแห้งปลาสลิดจากพารามิเตอร์ที่ทำการวัดได้	นักศึกษาสามารถนำเสนอผลงาน อธิบายลักษณะการทำงานและตอบคำถามของผู้ที่สนใจได้ โดยนักศึกษาได้นำเสนอผลงาน 2 ครั้ง คือครั้งที่ 1 โครงการบริการวิชาการค่ายวิทยาศาสตร์ มฉก ครั้งที่ 15 เมื่อวันที่ 15 พฤศจิกายน 2560 และ ครั้งที่ 2 การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 6 (ASTC2018) เมื่อวันที่ 6 มิถุนายน 2561

7. ขั้นตอนของการบูรณาการ (ระบุวิธีการบูรณาการอย่างละเอียด ตั้งแต่การวางแผน การดำเนินการและการประเมินผล)

กิจกรรม	เดือน				
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
7.1 ประชุมหารือระหว่างคณะผู้วิจัยกับผู้รับผิดชอบรายวิชา เพื่อวางแผนแนวทางการบูรณาการงานวิจัยการพัฒนาตู้อบแห้งปลาสลิดกับการเรียนการสอน	↔				
7.2 เสนอประเด็นเกี่ยวกับงานวิจัยให้กับนักศึกษาในรายวิชา เพื่อให้นักศึกษาที่สนใจสามารถเลือกเป็นหัวข้อในการทดลอง		↔			
7.3 อธิบายหลักการของการแปรรูปปลาสลิดแดดเดียว เพื่อให้นักศึกษาเข้าใจกระบวนการตั้งแต่ต้นน้ำจนถึงปลายน้ำ และให้นักศึกษาคิดวิเคราะห์พร้อมนำเสนอพารามิเตอร์ที่สำคัญสำหรับใช้วัดค่าคุณสมบัติทางกายภาพของตู้อบแห้งปลาสลิดในการทำให้ได้ปลาแดดเดียวที่มีคุณภาพ แห้งเร็ว		↔			
7.4 นักศึกษานำเสนอขอบเขตของการพัฒนาเครื่องมือจัดเก็บข้อมูลตู้อบแห้งปลาสลิด พร้อมรับฟังคำแนะนำและข้อเสนอแนะของอาจารย์ผู้รับผิดชอบและคณะผู้วิจัย		27			
7.5 นักศึกษาทำการพัฒนาเครื่องมือจัดเก็บข้อมูลตู้อบแห้งปลาสลิดโดยการประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กับตัวรับรู้ (sensors) ที่ใช้ในการจัดเก็บพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง พร้อมเขียนโปรแกรม			↔	↔	
7.6 นักศึกษาและคณะผู้วิจัยร่วมกันทดสอบการทำงานของ				↔	

กิจกรรม	เดือน				
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
เครื่องมือจัดเก็บข้อมูลตู้อบแห้งปลาสลิด เพื่อเก็บค่าคุณสมบัติทางกายภาพภายในตู้ตามพารามิเตอร์ที่กำหนด					
7.7 นักศึกษานำเสนอผลการจัดเก็บข้อมูลและหาความสัมพันธ์จากพารามิเตอร์ต่าง ๆ ภายในตู้อบแห้งปลาสลิดต่อหน้าคณะผู้วิจัยและอาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชา โดยนำเสนอเป็นภาษาอังกฤษ ประกอบด้วยหัวข้อเนื้อหาในการวัดและประเมินผลดังต่อไปนี้ ● Overviews ● Backgrounds of research ● Objectives ● Literature reviews ● Research methodologies ● System designs ● System analysis ● Experimental results ● Conclusions				←—	—→

8. ผลกระทบของการบูรณาการ (ระบุผลที่เกิดขึ้น ทั้งด้านบวกและด้านลบ)

8.1 ผลกระทบต่อนักศึกษา

ผลกระทบด้านบวก	ผลกระทบด้านลบ
1. นักศึกษาได้ทดลองเอาความรู้ที่เรียนไปใช้จริงและเกิดประโยชน์	-
2. นักศึกษาได้เข้าใจกระบวนการในการทำวิจัยมากขึ้น	-
3. นักศึกษาได้รับโอกาสในการนำเสนอผลงานในโครงการบริการวิชาการค่ายวิทยาศาสตร์ มฉก. เมื่อวันที่ 14-15 พฤศจิกายน และการประชุมวิชาการระดับชาติ (ASTC 2018) เมื่อวันที่ 6 มิถุนายน 2561	-
4. นักศึกษาได้แลกเปลี่ยนความรู้และความคิดเห็นเกี่ยวกับการพัฒนาผลงานทางด้านคอมพิวเตอร์อิเล็กทรอนิกส์กับอาจารย์และนักวิจัย	-

8.2 ผลกระทบต่ออาจารย์

ผลกระทบด้านบวก	ผลกระทบด้านลบ
1. ได้เรียนรู้และพัฒนาทักษะในการวิเคราะห์ ออกแบบและพัฒนาเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์สำหรับจัดเก็บข้อมูลทางกายภาพของตู้อบแห้งปลาสลิด	-
2. ได้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนางานวิจัยจากนักศึกษา	-
3. ได้ประสบการณ์เพิ่มเติมจากผลงานที่นักศึกษาได้พัฒนาและออกแบบ	-
4. ได้แบบจำลองและเครื่องมือวัดพารามิเตอร์ของตู้อบแห้งปลาสลิด ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการนำเสนอภาคนิทรรศการของโครงการประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 6 "งานวิชาการรับใช้สังคม"	-

8.3 ผลกระทบต่อผู้รับบริการ/อื่น ๆ

ผลกระทบด้านบวก	ผลกระทบด้านลบ
1. ครูและนักเรียนมัธยมปลายที่เข้าร่วมโครงการบริการวิชาการค่ายวิทยาศาสตร์ มฉก. ได้ความรู้และแนวคิดในการนำไประยุกต์ใช้กับการพัฒนาโครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยม	-
2. นักวิจัยและผู้เข้าร่วมการประชุมวิชาการ ASTC2018 ได้แนวคิดในการพัฒนาผลงานวิจัยในลักษณะเดียวกัน	-

9. ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงการบูรณาการในการดำเนินงานครั้งต่อไป

ไม่มี

ลงชื่อ ณัฐพร นันทจิระพงศ์

(อาจารย์ณัฐพร นันทจิระพงศ์)

ผู้รับผิดชอบการบูรณาการ

วัน/เดือน/ปี 27 มิถุนายน 2561

ภาคผนวก ช

ประวัติโดยย่อผู้วิจัย

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

ชื่อ – นามสกุล อาจารย์สุภา ศิรินาม

ประวัติการศึกษา

วท.ม. นิวเคลียร์เทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2554.

วท.บ. ฟิสิกส์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2550.

สถานที่ติดต่อ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

โทรศัพท์ 02-3126300 ต่อ 1416

ผู้วิจัย

ชื่อ – นามสกุล อาจารย์รังสรรค์ โกญจนาทนิกร

ประวัติการศึกษา

วท.ม. ฟิสิกส์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2545.

วท.บ. ฟิสิกส์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2537.

สถานที่ติดต่อ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

โทรศัพท์ 02-3126300 ต่อ 1416

ผู้วิจัย

ชื่อ – นามสกุล อาจารย์ณัฐพร นันทจิระพงศ์

ประวัติการศึกษา

วท.ม. เทคโนโลยีสารสนเทศ (วิทยาการสารสนเทศ) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2542.

วท.บ. เกียรตินิยมอันดับหนึ่งเหรียญทอง วิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ. 2540.

สถานที่ติดต่อ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

โทรศัพท์ 02-3126300 ต่อ 1219