



รายงานการวิจัย
การพัฒนาเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง
Development of Low Cost Hot Oven
for Sufficiency Economy.

โกศล พิทักษ์สัตยาพรต และคณะ
สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประจำปีงบประมาณ 2562

รหัสโครงการสัญญา PCRU_2562_AC001

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง
Development of Low Cost Hot Oven for Sufficiency Economy.

โกศล พัทธ์สัทยาพรต

สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยี
อุตสาหกรรม

ศักดิ์ศิริชัย ศรีสวัสดิ์

สาขาเทคโนโลยีการผลิต
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยี
อุตสาหกรรม

ทุนอุดหนุนโดย มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
งบประมาณรายได้ ประเภทโครงการวิจัยสนับสนุน
การขอผลงานทางวิชาการ
ประจำปีงบประมาณ 2562

(ก)

ชื่องานวิจัย	การพัฒนาเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง
ผู้วิจัย	โกศล พัทธ์ชัยสัตยาพรต
ผู้ร่วมวิจัย/ที่ปรึกษา	ศักดิ์ศรีชัย ศรีสวัสดิ์
สาขาวิชา	สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ปีเสรีจวิจย 2562

บทคัดย่อ

การประยุกต์ใช้วิธีการทางวิศวกรรมในการออกแบบการทดลอง กรณีศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง โดยจะมีวิธีการดำเนินการวิจัย เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง

การพัฒนาเครื่องอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง สามารถทำการอบอาหารและผลิตภัณฑ์จากสัตว์ สามารถนำเข้าอบในถังอบอย่างง่าย ด้วยการออกแบบและประดิษฐ์ให้มีส่วนประกอบสำคัญ 7 ส่วน คือ (1)ฝาถัง (2)ถังอบ (3)โครงฐานเตา (4)ฝาครอบกันลม (5)หัวเตา (6)เกวียดอุณหภูมิ และ (7)ชุดอุปกรณ์ควบคุมการทำงาน โดยมีผลการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในภาพรวมเฉลี่ย 4.33 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.608 ความคิดเห็นอยู่ในระดับเห็นด้วย ส่วนผลจากศึกษาประสิทธิภาพการทำงาน พบว่า ในด้านการใช้พลังงานจากแก๊สมีความคุ้มค่าเนื่องจากมีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะค่อนข้างต่ำ (SEC ต่ำที่ 62.32 kJ/kg) เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เตาอบที่แบบง่ายต้นทุนต่ำที่วางขายตามท้องตลาดโดยทั่วไป แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์และชิ้นส่วน และชนิดของอาหารที่นำมาอบ เตาอบสามารถควบคุมอุณหภูมิ และเวลาในการสุกได้ค่าความแม่นยำสูง มีค่าการยอมรับจากการพิจารณา ลักษณะภายนอกและการยอมรับจากการชิมให้ค่าคะแนนอยู่ในระดับชอบมาก ซึ่งมีค่าคะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเท่ากับ 8.0 จากผู้เชี่ยวชาญ

คำสำคัญ : การพัฒนา, ตู้อบความร้อน, ต้นทุนต่ำ

Title Development of Low Cost Hot Oven for Sufficiency Economy.
Author Koson Pitaksuttayaprot
Co-Researcher Saksirichai Srisawad
Branch Technology electronics
 Production Technology
 Faculty of Agricultural Technology and Industrial Technology
 Phetchabun Rajabhat University **Year of Completion** 2019

Abstract

Application of engineering methods in experimental design case study of the performance of a low cost hot oven according to the sufficiency economy. There will be a way to conduct research. To study the performance and low cost hot oven according to the sufficiency economy.

The development of low-cost hot oven to the sufficiency economy able to food oven and animal products. Can be use a simple tank oven with design and fabrication to have 7 parts components: (1) tank cover, (2) tank, (3) base structure, (4) wind hood, (5) burner head, (6) temperature gauge and (7) monitoring controls. The average result of expert evaluation is 4.33. The standard deviation of 0.608 is in agreement with the level of results. From the study of work efficiency, found that the use of energy from gas is worthwhile because it has specific energy consumption is relatively low (SEC low at 62.32 kJ / kg) compared to using a simple, low-cost oven that is commercially available. But depending on the products and parts the type of food oven. The hot oven can control the temperature and time of cooked can get high accuracy has acceptance value from consideration appearance and acceptance from tasting gave the score a high rating. Which has an average score of sensory quality assessment equal to 8.0 from experts

Key word : Development, Hot Oven, Low Cost

(ค)

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนงานวิจัยงบประมาณรายได้ ประเภทโครงการวิจัยสนับสนุนการขอผลงานทางวิชาการ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 สำหรับการสนับสนุนและส่งเสริมงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงสมบูรณ์ ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ และนักศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตและสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่ และเครื่องมือ อุปกรณ์ในการทำงานวิจัย ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและให้ความอนุเคราะห์ในการดำเนินงานวิจัยจนเสร็จสมบูรณ์

โกศล พิทักษ์สัตยาพรต และ ศักดิ์ศิริชัย ศรีสวัสดิ์
สิงหาคม 2562

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ขนาดและน้ำหนักเปิดสดแช่แข็ง(ไม่รวมเครื่องใน)	3
2.2 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับประสิทธิภาพ	3
2.3 การออกแบบการทดลอง DESIGN OF EXPERIMENT: DOE	4
2.4 MINITAB VERSION 17 ลายเส้นมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์	7
2.5 การประเมินทางประสาทสัมผัส Sensory Evaluation	10
2.6 การเทียบสี	12
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	14
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	17
3.1 การออกแบบและประดิษฐ์เตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง	17
3.2 การศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง	19
บทที่ 4 ผลการวิจัย	26
4.1 ผลการออกแบบและประดิษฐ์เตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง	26
4.2 ผลการศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง	28
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	32
5.1 สรุปผลการวิจัย	32
5.2 ข้อเสนอแนะ	32

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บรรณานุกรม	33
ภาคผนวก	34
ภาคผนวก ก แบบตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย	35
ภาคผนวก ข ผลตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย	38
ภาคผนวก ค คำสั่งแต่งตั้งผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย	40
ภาคผนวก ง แบบสัมภาษณ์ เรื่อง การพัฒนาเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตาม แนวเศรษฐกิจพอเพียง	44
ภาคผนวก จ การออกแบบและประดิษฐ์เตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจ พอเพียง	46
ภาคผนวก ฉ การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนว เศรษฐกิจพอเพียง	51
ภาคผนวก ช แบบทดสอบการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านอาหาร	54
ภาคผนวก ซ คำสั่งแต่งตั้งผู้เชี่ยวชาญด้านประสาทสัมผัส (อาหาร)	56
ภาคผนวก ฌ การประเมินประสาทสัมผัส (อาหาร) ของผลิตภัณฑ์หลังการอบด้วยเตา อบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง	60
ประวัตินักวิจัย	64

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 รายละเอียดขนาดและน้ำหนักเบ็ดสดแช่แข็ง (ไม่รวมเครื่องใน)	3
ตารางที่ 3.1 ตารางบันทึกข้อมูลอุณหภูมิและเวลาในการอบเปิด	20
ตารางที่ 3.2 ตารางทดสอบการซึมและเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละคุณลักษณะ	20
ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่มีต่อแบบเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตาม แนวเศรษฐกิจพอเพียง	27
ตารางที่ 4.2 แสดงผลการศึกษาเวลาในการทำงาน และอุณหภูมิในการทำงาน	29
ตารางที่ 4.3 ผลทดสอบการซึมและเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละคุณลักษณะ	30
ตารางที่ 4.4 แสดงอุณหภูมิและเวลาในการอบเปิด	31
ตารางที่ ข.1 ผลแบบตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย	39

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1 องค์ประกอบในการเรียนรู้ DOE	6
ภาพที่ 2.2 องค์ประกอบหลักของหน้าจอโปรแกรม MINITAB	7
ภาพที่ 2.3 ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม MINITAB	8
ภาพที่ 2.4 ขั้นตอนการกำหนดรูปแบบการวิเคราะห์ในงานโปรแกรม MINITAB	8
ภาพที่ 2.5 ขั้นตอนการเลือกรูปแบบการวิเคราะห์ตัวแปรใช้งานโปรแกรม MINITAB	9
ภาพที่ 2.6 ขั้นตอนการสร้างตัวแปรใช้งานโปรแกรม MINITAB	9
ภาพที่ 2.7 ขั้นตอนการกำหนดตัวแปรในการวิเคราะห์ใช้งานโปรแกรม MINITAB	10
ภาพที่ 2.8 ขั้นตอนการยืนยันข้อมูลการสร้างตัวแปรในการวิเคราะห์ในโปรแกรม MINITAB	10
ภาพที่ 2.9 ค่าความแตกต่างของสี	13
ภาพที่ 3.1 สร้างแผนการทดลอง	21
ภาพที่ 3.2 สร้างแผนการทดลอง และเลือก Deigns	21
ภาพที่ 3.3 คีย์จำนวนครั้งการทดลอง (Replicates) แล้ว OK	22
ภาพที่ 3.4 Create Factorial Design Dialog Box แล้วเลือก Factors	22
ภาพที่ 3.5 คีย์ชื่อและกำหนดชนิดของปัจจัย คีย์ค่าของปัจจัย แล้ว OK	23
ภาพที่ 3.6 ยืนยันการสร้างแผนการทดลอง	23
ภาพที่ 3.7 แผนการทดลอง	24
ภาพที่ 4.1 แบบเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง	26
ภาพที่ 4.2 ต้นแบบเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง	27
ภาพที่ จ.1 การออกแบบและเจาะถึงสำหรับติดตั้งเกจวัดอุณหภูมิ	47
ภาพที่ จ.2 การเชื่อมต่อวัดเกจวัดอุณหภูมิ	47
ภาพที่ จ.3 ปรับแต่งหัวเตาสำหรับติดตั้งตัวควบคุมการทำงานหัวเตา	48
ภาพที่ จ.4 ต่ออุปกรณ์ควบคุมแก๊สและตัวจุดหัวเตา	48
ภาพที่ จ.5 การออกแบบวงจรควบคุมการทำงาน	49
ภาพที่ จ.6 ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการทำงานกับเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง	49
ภาพที่ จ.7 ทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมการทำงาน	50
ภาพที่ จ.8 ทดสอบการทำงานของเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง	50
ภาพที่ ฉ.1 การเตรียมก่อนการทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน	52
ภาพที่ ฉ.2 การทดสอบตามแผนการทดลอง	52
ภาพที่ ฉ.3 สภาพเปิดที่อบเสร็จใหม่ๆ	53

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ ฉ.4 สภาพเปิดที่ทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้อง	53
ภาพที่ ฉ.1 ภาพผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบด้วยเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนว เศรษฐกิจพอเพียง	61
ภาพที่ ฉ.2 การจัดเตรียมสถานที่เพื่อทำการประเมินประสาทสัมผัส(อาหาร)	61
ภาพที่ ฉ.3 การเตรียมการประเมินประสาทสัมผัส (อาหาร)	62
ภาพที่ ฉ.4 กระบวนการประเมินประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบ 1	62
ภาพที่ ฉ.5 กระบวนการประเมินประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบ 2	63
ภาพที่ ฉ.6 กระบวนการประเมินประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบ 3	63

บทที่ 1

บทนำ

1. ที่มาและความสำคัญ

เศรษฐกิจพอเพียงเป็นปรัชญาที่ยึดหลักทางสายกลาง ที่ชี้แนะทางการดำรงอยู่และปฏิบัติของประชาชนในทุกระดับให้ดำเนินไปในทางสายกลาง มีความพอเพียง และมีความพร้อมที่จะจัดการต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลง ซึ่งจะต้องอาศัยความรอบรู้ รอบคอบ และระมัดระวัง ในการวางแผน และดำเนินการทุกขั้นตอน ทั้งนี้ เศรษฐกิจพอเพียงเป็นการดำเนินชีวิตอย่างสมดุลและยั่งยืน เพื่อให้สามารถอยู่ได้แม้ในโลกโลกาภิวัตน์ที่มีการแข่งขันสูง ข้อมูลผู้ใช้เทคโนโลยีคุณไพบูลย์ ศรีบุศกร ผู้ประกอบการร้านอาหารรายย่อย ให้ข้อมูลว่าการใช้ตู้อบความร้อนที่มีราคาแพงจากการซื้อในท้องตลาดมาใช้ประกอบธุรกิจ ส่งผลให้เพิ่มค่าใช้จ่ายในการประกอบธุรกิจสูงและลำบาก ทำให้เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น จึงต้องการตู้อบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียงอย่างมีประสิทธิภาพ และประหยัดเวลา เพื่อให้ได้สินค้าและผลิตภัณฑ์ตรงตามความต้องการของลูกค้า เพื่อเพิ่มรายได้ และลดแรงงานในการผลิต

จากการสัมภาษณ์นายโกศล พัทธ์ชัยสัตย์พรต ได้ทำการพัฒนาเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียงให้กับผู้ประกอบการร้านอาหารรายย่อยดังกล่าว ไปใช้งานก่อนเบื้องต้นที่มีความจำเป็นเร่งด่วน และให้ทันกับความต้องการของลูกค้า อีกทั้งยังช่วยลดต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้อง ซึ่งในขั้นตอนสร้างเตาอบความร้อนดังกล่าวได้ใช้หลักการวิศวกรรมย้อนรอยเตาอบที่มีจำหน่ายในท้องตลาด และใช้ความเชี่ยวชาญของผู้สร้างเครื่องโดยให้ผู้ประกอบการไปทดลองใช้งานเอง

การศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสอดคล้องกับ ธาณี อะโสต (2559), บุญชัย แซ่ลิว และณัฐยานัน โสกุล (2559), วิทยา สุเมธลิ และระพี กาญจนะ (2558), ฤทธิชัย สังฆทิพย์ และคณะ (2557) ที่ได้นำวิธีการออกแบบการทดลองทางวิศวกรรมมาใช้ในการหาคำตอบทางการวิจัย และยังสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตและการจัดการ ที่ต้องสร้างและผลิตบัณฑิต ที่มีองค์ความรู้ทางวิศวกรรมการผลิตและการจัดการที่มีคุณภาพ สามารถนำความรู้หลักการทางวิศวกรรมไปประยุกต์ใช้ในการทำงานจริงได้

เหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการประยุกต์ใช้วิธีการทางวิศวกรรมในการออกแบบการทดลอง กรณีศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง เพื่อให้ได้ข้อมูลด้านประสิทธิภาพการทำงานที่สามารถเชื่อถือได้ ซึ่งเป็นการนำหลักการวิธีการทางวิศวกรรมมาประยุกต์ใช้ในการเก็บข้อมูล อีกทั้งยังเป็นการประยุกต์การเรียนรู้เรื่องการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment, DOE) ในการศึกษาวิจัย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อออกแบบและประดิษฐ์เตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง

1.2.2 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ขอบเขตด้านประชากร

1.3.1.1 การออกแบบและประดิษฐ์เตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการออกแบบและประดิษฐ์เตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง

1.3.1.2 การศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ เป็ด

1.3.2 ขอบเขตด้านเนื้อหา

1.3.2.1 การออกแบบและประดิษฐ์เตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง ตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ ระดับผู้เชี่ยวชาญที่มีส่วนเกี่ยวข้องที่มีต่อการออกแบบและประดิษฐ์เตาอบความร้อนต้นทุนต่ำต้นแบบ

1.3.2.2 การศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่ เวลาในการทำงาน อุณหภูมิในการทำงาน ลักษณะทางกายภาพของเนื้อเป็ด

1.3.3 ขอบเขตด้านพื้นที่

1.3.3.1 การออกแบบและประดิษฐ์เตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง และการศึกษาประสิทธิภาพการทำงานที่ สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต 18/5 มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

1.3.4 ขอบเขตด้านอื่นๆ

1.3.4.1 เปิดแช่แข็งไซต์ L น้ำหนักประมาณ 2.5 - 2.7 กก.

1.3.4.2 การประเมินทางประสาทสัมผัส Sensory evaluation ด้านอาหาร

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1.4.1 ได้เรียนรู้กระบวนการวิจัยผ่านการประยุกต์ใช้วิธีการทางวิศวกรรมในการพัฒนาเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง

1.4.2 มหาวิทยาลัยได้ข้อมูลการวิจัยด้านประสิทธิภาพการทำงานของเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง

1.4.3 ผู้ประกอบการรายย่อยได้นำข้อมูลทางวิชาการไปใช้เป็นแนวทางในการอบผลิตภัณฑ์เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่สม่ำเสมอ

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมุ่งศึกษา การประยุกต์ใช้วิธีการทางวิศวกรรมในการออกแบบการทดลอง กรณีศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษา ค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้ดังนี้

2.1. ขนาดและน้ำหนักเปิดสัดแช่แข็ง (ไม่รวมเครื่องใน)

ตารางที่ 2.1 รายละเอียดขนาดและน้ำหนักเปิดสัดแช่แข็ง (ไม่รวมเครื่องใน)

ขนาด	น้ำหนัก
s	2.1-2.3
m	2.3-2.5
l	2.5-2.7
xl	2.7-2.9

ที่มา : CP Freshmart Shop, (ซีพี เฟรชมาร์ท), 2562

2.2. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับประสิทธิภาพ

จากการศึกษาเอกสารปรากฏว่า มีนักวิชาการได้ให้ความหมายเกี่ยวกับประสิทธิภาพ ไว้หลายท่าน ดังนี้

ราชบัณฑิตยสถาน (2554) ได้ให้ความหมายของคำว่า ประสิทธิภาพ หมายถึงความสามารถที่ทำให้เกิดผลในการทำงาน

เกษม อุทัยรัตน์ (2545 : 350) กล่าวว่า ประสิทธิภาพ หมายถึงผลสัมฤทธิ์ที่บรรลุ แล้วโดยการเทียบกับทรัพยากรที่ใช้ไป

สวัสดี กาญจนสุวรรณ (2542 : 4)) กล่าวว่า ประสิทธิภาพ หมายถึง การใช้ทรัพยากรและเวลาน้อยแต่งานบรรลุเป้าประสงค์และมีคุณภาพมาก

ปีเตอร์ ดรักเกอร์ (Peter Drucker 1967, อ้างถึงใน วิโรจน์ สารรัตน์ และสัมพันธ์ พันธุ์พฤษ์ ,2545 : 3) กล่าวว่า ประสิทธิภาพ หมายถึงความสามารถในการใช้ทรัพยากรใน กระบวนการเปลี่ยนแปลงเพื่อบรรลุจุดหมายขององค์กรได้ดี

วิทยา ด้านธำรงกุล (2546) ได้กล่าวถึง ประสิทธิภาพ หมายถึง ความสามารถในการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างคุ้มค่าเพื่อการบรรลุเป้าหมายประสิทธิภาพจึงมักถูกวัดในรูปแบบของ ต้นทุน

หรือจำนวนทรัพยากร ที่ใช้ไปเมื่อเทียบกับผลงานหรือผลผลิตที่ได้เช่น ต้นทุน แรงงาน เวลาที่ใช้ อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน

2.3. การออกแบบการทดลอง DESIGN OF EXPERIMENT: DOE

2.3.1 การออกแบบการทดลอง DESIGN OF EXPERIMENT (DOE)

มีจุดประสงค์ที่จะควบคุมการเปลี่ยนแปลงตัวแปรอิสระซึ่งต่อไปนี้จะเรียกว่าปัจจัย (factors) ของกระบวนการใดกระบวนการหนึ่ง แล้วดูผลที่เกิดขึ้นกับตัวแปรตอบสนอง (Response) ของกระบวนการนั้น กระบวนการ (Process) คือการทำงานรวมกัน ผสมผสานกันของ เครื่องจักร (Machine) วัตถุดิบ (Material) มนุษย์ (People) กรรมวิธีการทำงาน (Methods) สภาพแวดล้อมในการทำงาน (Environment) และกระบวนการวัดค่า (Measurement) เพื่อให้เกิดเป็นผลผลิตหรือการบริการ รูปต่อไปนี้เป็นตัวอย่างกระบวนการหนึ่งที่อยู่ในหมวดการผลิตสินค้าอุตสาหกรรม เพื่อชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ของปัจจัย กระบวนการ และตัวแปรตอบสนอง

2.3.2 ขั้นตอนในการออกแบบการทดลอง

2.3.2.1. กำหนดหัวข้อปัญหา (Problem statement) จะต้องชัดเจน เข้าใจได้ง่ายและเป็นรูปธรรม ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 3 อย่าง อะไรที่กำลังเป็นปัญหา (What) ลักษณะของปัญหาเป็นเช่นไรขนาดไหน (How) และพบปัญหานั้นที่ใดในช่วงเวลาใด (Where)

2.3.2.2. การเลือกปัจจัย (Factor) และการกำหนดระดับของปัจจัย (Treatment) จำเป็นที่จะต้องเลือกปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการอย่างแท้จริง ซึ่งสามารถเลือกจากกรรมวิธีคัดกรองโดยเครื่องมือทางสถิติ จำพวก Univariate เช่น T-Test เป็นต้น ผู้ที่มีความรู้หรือเชี่ยวชาญในกระบวนการนั้นๆ ก็เป็นผู้ที่สามารถให้คำแนะนำที่ดีในการเลือกปัจจัย และการกำหนดระดับของปัจจัยด้วย

2.3.2.3. การเลือกตัวแปรตอบสนอง (Response) จะต้องเน้นตัวแปรที่สามารถวัดได้ ทั้งที่วัดด้วยเครื่องมือวัดและวัดด้วยกระบวนการวัดอื่นๆ เช่น การนับ และจะต้องเป็นตัวแปรที่สื่อถึงกระบวนการที่เราต้องการศึกษานั้นได้ดีด้วย

2.3.2.4. เลือกแบบทดลอง (Experiment design) เช่น การกำหนดจำนวนสิ่งตัวอย่าง วิธีการเลือกสิ่งตัวอย่าง วางแผนการทำการทดลอง วิธีการบันทึกผลการทดลอง และการกำหนดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ เป็นต้น

2.3.2.5. ดำเนินการทดลอง (Perform the Experiment) ให้เป็นไปตามแผนการ ทั้งวิธีการดำเนินการ ความถูกต้องในการวัด การควบคุมตัวแปรในการทดลอง และเก็บผลการทดลอง

2.3.2.6. การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis) ไม่ใช่แค่การ Run computer program เพื่อให้ได้ผลออกมาเท่านั้น แต่รวมถึงการตรวจสอบ ลักษณะและคุณภาพของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง การพิสูจน์ทราบความถูกต้องของ Model ที่ได้ (Model adequacy checking) หาการะดับนัยสำคัญของอิทธิพลของแต่ละปัจจัย โดยปกติ DOE จะใช้ ANOVA ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนั้นผู้วิเคราะห์ก็ต้องเข้าใจเงื่อนไขของ ANOVA ด้วย

2.3.2.7. สรุปผลการทดลองและให้คำแนะนำ ผู้ดำเนินการทดลองจะเป็นผู้ที่เข้าใจไปที่มาของข้อมูล และมองออกว่าผลที่ได้เป็นเช่นนั้นเพราะอะไร การดำเนินการมีข้อบกพร่องตรงไหน

มีสาระสำคัญอะไรที่ผู้อ่านรายงานควรจะรับรู้ เพื่ออนาคตได้ดำเนินการทดลองบ้างก็จะเอาไปเป็นบรรทัดฐานได้ ผู้บริหารหน่วยงานอาจจะสนใจข้อวิเคราะห์ ความคิดเห็น ของผู้ดำเนินการมากกว่าผลที่ปรากฏก็เป็นได้

2.3.3 การดำเนินการการออกแบบการทดลอง

2.3.3.1 กำหนดเป้าหมาย ที่จะต้องทำให้มีความคลาดเคลื่อนของข้อมูลให้น้อยที่สุด ให้ได้สาระสำคัญของตัวปัจจัยที่เรากำลังพิจารณาให้มากที่สุด ให้ใช้ต้นทุนและเวลาดำเนินการน้อยที่สุด

2.3.3.2 กลยุทธ์และวิธีการดำเนินการที่ดี ควรจะเริ่มจากเข้าใจสภาพปัญหาอย่างถ่องแท้ และรู้ว่าตัวผู้ดำเนินการหรือผู้บริหารต้องการสิ่งใด 3 สิ่งที่ต้องยึดถือและต้องทำให้ได้ 3 ประการ ได้แก่

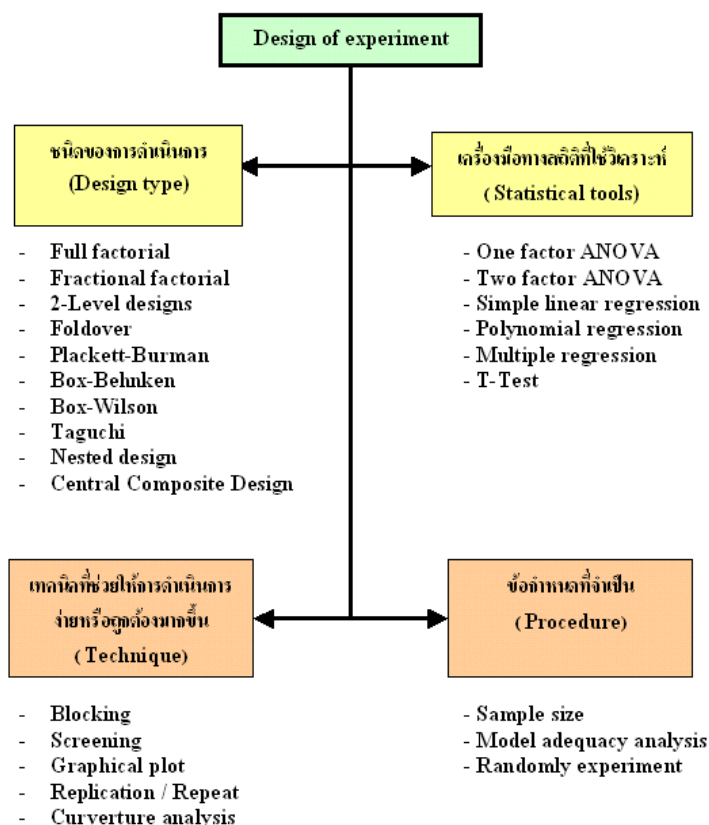
1) การสุ่ม (Randomization) การดำเนินการใดๆกับปัจจัยจะต้องอิสระ เพื่อให้ข้อมูลแต่ละตัวเป็นอิสระต่อกัน นอกจากนั้นจะต้องคำนึงถึง หลักการกระจายอย่างทั่วถึงสมดุล (Balance out) สำหรับปัจจัยอื่นที่เราไม่อาจควบคุมได้

2) การทำซ้ำ (Replication) หมายถึงการดำเนินการทดลองซ้ำอีกครั้ง เพื่อจุดประสงค์ 2 อย่างที่สำคัญ ได้แก่

(1) เพื่อให้สามารถมองเห็นและประเมินค่าความคลาดเคลื่อนจากการทดลองได้ การดำเนินการวิเคราะห์จะนำเอาค่าความคลาดเคลื่อนดังกล่าวไปประเมินว่าปัจจัยใดมีอิทธิพลต่อกระบวนการบ้าง

(2) เพื่อกำจัดทั้งความคลาดเคลื่อน (Average out) อิทธิพลที่ไม่สามารถควบคุมได้ ที่มีต่อปัจจัย เปรียบดังเช่นการหาค่าเฉลี่ยนั่นเอง เป็นวิธีการในการประเมินค่าอิทธิพลของปัจจัยอีกอย่างหนึ่ง

3) การเพิ่มบล็อก (Blocking) เป็นเทคนิคที่ใช้ในการเพิ่มความแม่นยำ (Precision) ของการทดลอง หรือเพื่อลดค่าความคลาดเคลื่อนในการทดลองความเข้าใจในการศึกษาหัวข้อ Design of Experiment. จะทำให้มีความเข้าใจองค์ประกอบในการเรียนรู้ DOE จึงได้แยกแยะองค์ประกอบเป็นดังแผนภาพต่อไปนี้ (ตามความเข้าใจของผู้เขียนเอง)



ภาพที่ 2.1 องค์ประกอบในการเรียนรู้ DOE

ที่มา : ฉลอง สีแก้วสัว, 2562, 15 กุมภาพันธ์

2.3.4 องค์ประกอบ DESIGN OF EXPERIMENT: DOE

2.3.4.1 ชนิดของการดำเนินการ (Design type) หมายถึงรูปแบบมาตรฐานที่จะใช้ในการดำเนินการ ผู้ทำการทดลองจะต้องตัดสินใจเลือกตั้งแต่อยู่ในขั้นตอนวางแผน เพราะ Design จะนำไปสู่วิธีการดำเนินการทดลอง วิธีเก็บบันทึกข้อมูล และเครื่องมือทางสถิติที่จะใช้ในการวิเคราะห์ในที่สุด การจะตัดสินใจเลือก Design ใดนั้น มีองค์ประกอบคือ ผลหรือเป้าหมายที่ต้องการได้รับ ความซับซ้อนของการทำการทดลอง และข้อจำกัดของทรัพยากรต่างๆ นักสถิติในยุคที่ผ่านๆมาได้คิดค้น Design ต่างๆไว้มากมาย จำเป็นที่ผู้ต้องการใช้ จะต้องศึกษารายละเอียดของแต่ละ Design เพิ่มเติมด้วย

2.3.4.2 เครื่องมือทางสถิติ (Statistical tools) หมายถึงกรรมวิธีในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้เช่นเดียวกันที่ผู้ทำการทดลองจะต้องเลือกตั้งแต่อยู่ในขั้นตอนการวางแผนการทดลอง และที่สำคัญผู้ใช้จะต้องเข้าใจ Tool เหล่านี้ให้ดีพอ เมื่อผลการวิเคราะห์ปรากฏบนหน้าจอคอมพิวเตอร์แล้ว จะแปลความหมายอย่างไร มีข้อผิดพลาดจะรู้ได้อย่างไรและจะตรวจได้ทีใด

2.3.4.3 เทคนิคหรือกลยุทธ์ (Technique) หมายถึงวิธีการที่จะทำให้การดำเนินการทดลองง่าย สะดวก และประหยัดทรัพยากรมากขึ้น โดยที่ผลการวิเคราะห์ยังเป็นที่ยอมรับได้ เช่นเดียวกันผู้ทำการทดลองจะต้องกำหนดเทคนิคหรือกลยุทธ์พร้อมกับการเลือก Design เพราะบาง Design ก็มีข้อห้ามข้อกำหนดหรือข้อยืดหยุ่นที่แตกต่างกันไป

2.3.4.4 ข้อกำหนดที่จำเป็น (Fundamental procedure) เป็นสิ่งพื้นฐานที่ผู้ทำการทดลองจะต้องคำนึงถึงอยู่เสมอ หากไม่แล้วผลการวิเคราะห์และข้อสรุปที่ได้ก็อาจจะไร้ความหมาย หากปราศจากสิ่งเหล่านี้ทั้ง 4 องค์ประกอบนี้ในบางครั้งผู้ที่กำลังจะเริ่มใช้ Design of experiment อาจจะไม่ค่อยใส่ใจ หรือแยกแยะว่า ที่ตัวเองกำลังพูดถึงอยู่นั้นจัดเป็นส่วนใดของ DOE เหนืออื่นใดสิ่งที่ผู้เขียนระบุในแผนภาพนั้นเป็นเพียงตัวอย่างเท่านั้น

2.3.5 ประเภทของแบบการทดลอง

การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล การออกแบบเชิงแฟกทอเรียล หมายถึง การทดลองที่พิจารณาถึงผลที่เกิดจากการรวมกันของระดับ (Level) ของปัจจัยทั้งหมดที่เป็นไปได้ในการทดลองนั้น

2.4. MINITAB VERSION 17 ลายเส้นมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

2.4.1 MINITAB ความหมาย

MINITAB คือ โปรแกรมสำเร็จรูป หรือ เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและประมวลผลทางสถิติ ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์จะถูกเก็บในรูปแบบของ Worksheet

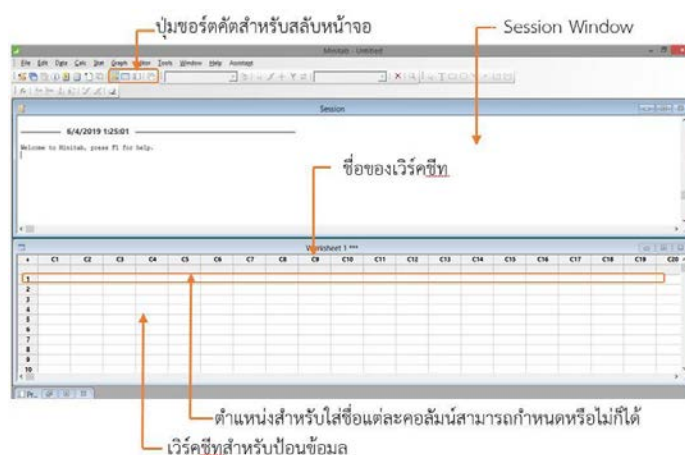
2.4.2 การเปิดใช้โปรแกรม

เมื่อเราเปิดโปรแกรม MINITAB ขึ้นมา เราจะเจอหน้าจอโปรแกรมดังรูป โดยในส่วนของโปรแกรมจะสามารถแบ่งองค์ประกอบหลักออกเป็น 3 ส่วนคือ

2.4.2.1 หน้าต่าง (Session Window) แสดงรายละเอียดการประมวลผลของโปรแกรมในรูปของตัวอักษรรวมทั้งสามารถพิมพ์คำสั่งเพื่อการใช้งานโปรแกรมแทนการใช้งานเมนูก็ได้

2.4.2.2 เวิร์คชีท (Worksheet) หรือ Data Window ทำหน้าที่รับข้อมูลสำหรับการคำนวณ ซึ่งจะมีลักษณะเหมือนกับ Sheet ของโปรแกรม Microsoft Excel โดยส่วนของคอลัมน์สามารถตั้งชื่อแต่ละคอลัมน์ได้และในหนึ่งโปรเจกต์ (Project) สามารถมีได้หลายชีท

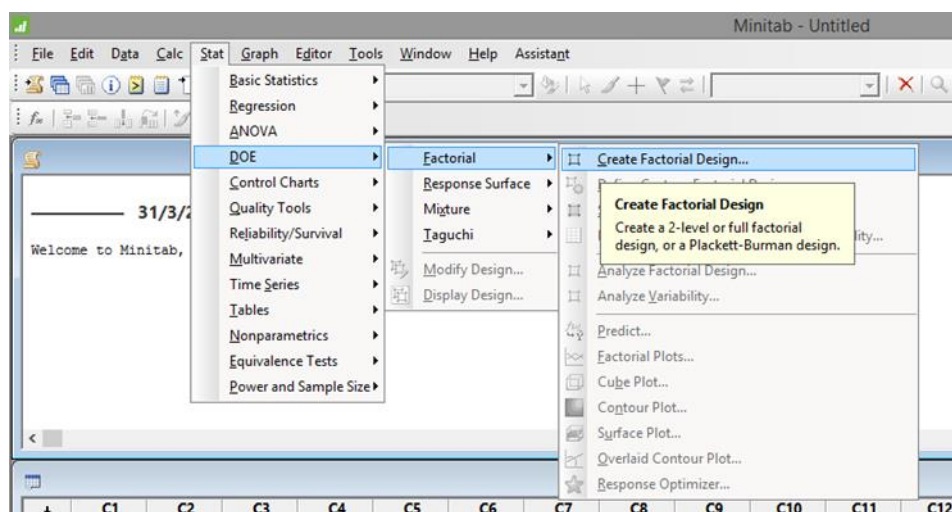
2.4.2.3 กราฟ (Graph) จะแสดงกราฟที่ได้จากการคำนวณ โดยจะแสดงผลเมื่อมีผลการคำนวณที่เป็นกราฟตำแหน่งสำหรับใส่ชื่อแต่ละคอลัมน์สามารถกำหนดหรือไม่ก็ได้เวิร์คชีทสำหรับป้อนข้อมูล



ภาพที่ 2.2 องค์ประกอบหลักของหน้าจอโปรแกรม MINITAB

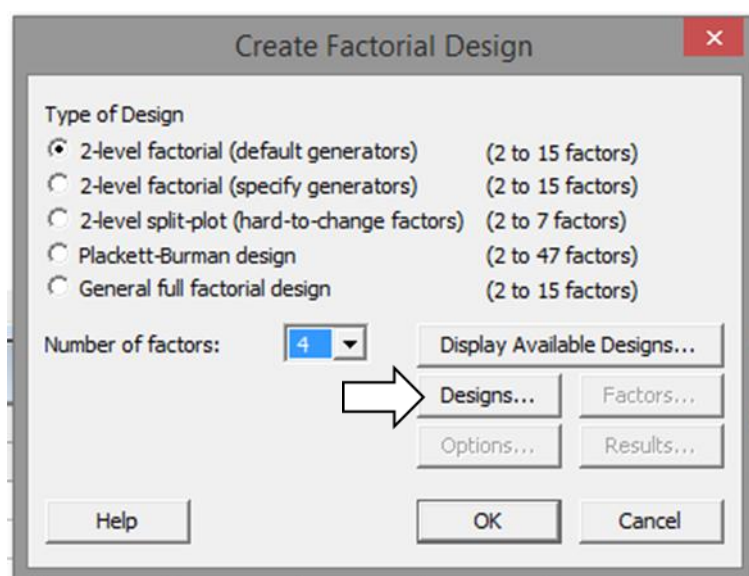
2.4.3 ขั้นตอนการใช้งาน

2.4.3.1 Stat > DOE > Factorial > Create Factorial Design... เพื่อให้ Minitab สร้างแผนการทดลอง



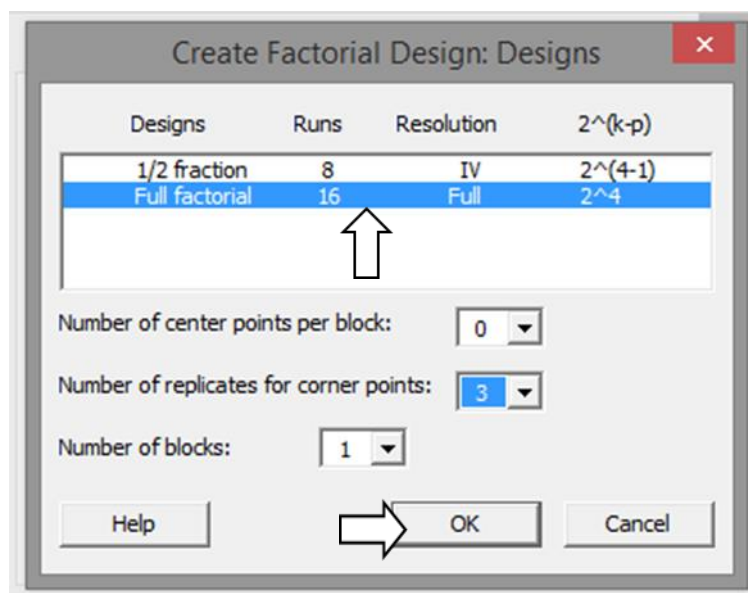
ภาพที่ 2.3 ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม MINITAB

2.4.3.2 ที่ Create Factorial Design Dialog Box เลือก 2-level factorial (default generators) ใส่ Number of factors = 4 แล้วเลือก Designs



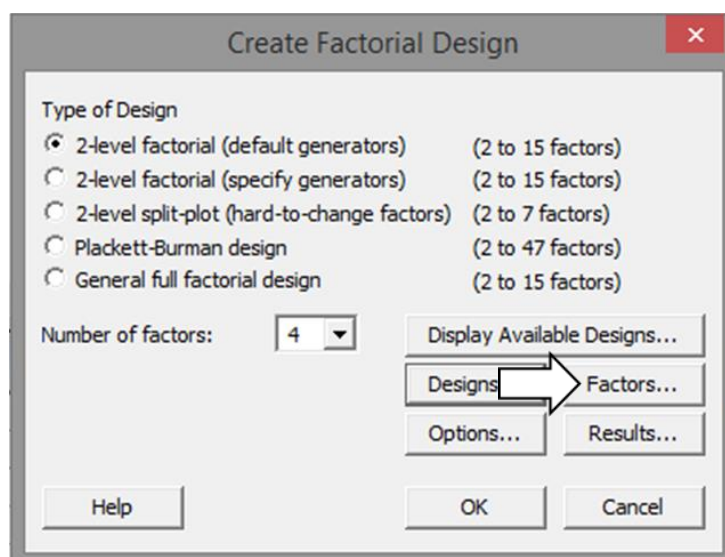
ภาพที่ 2.4 ขั้นตอนการกำหนดรูปแบบการวิเคราะห์ในงานโปรแกรม MINITAB

2.4.3.3 ที่หน้าต่าง Create Factorial Design – Design คีย์จำนวนครั้งการทดลอง (Replicates) แล้ว OK



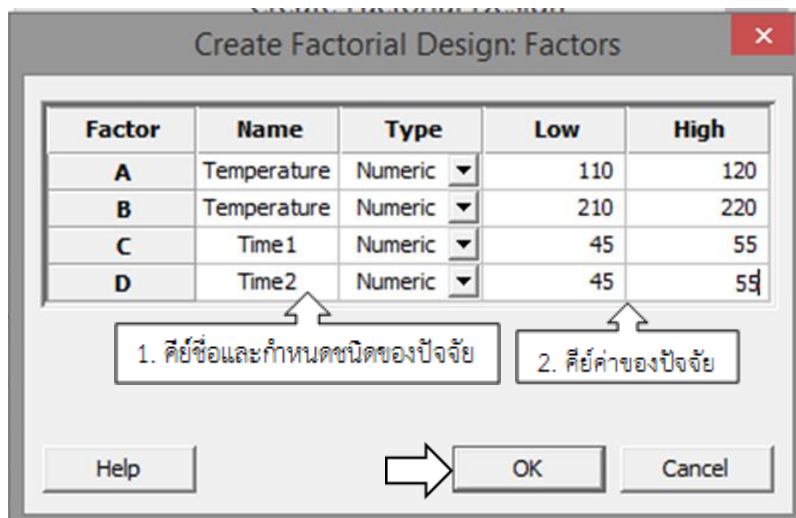
ภาพที่ 2.5 ขั้นตอนการเลือกรูปแบบการวิเคราะห์ตัวแปรใช้งานโปรแกรม MINITAB

2.4.3.4 กลับมาที่ Create Factorial Design Dialog Box แล้วเลือก Factors



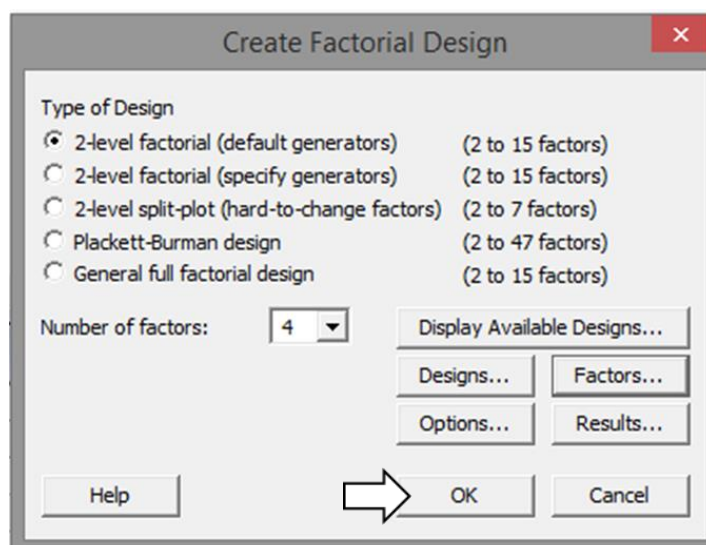
ภาพที่ 2.6 ขั้นตอนการสร้างตัวแปรใช้งานโปรแกรม MINITAB

2.4.3.5 ที่ Create Factorial Design-Factors Dialog Box คีย์ชื่อและกำหนดชนิดของ ปัจจัย คีย์ค่าของปัจจัย แล้ว OK



ภาพที่ 2.7 ขั้นตอนการกำหนดตัวแปรในการวิเคราะห์ที่ใช้โปรแกรม MINITAB

2.4.3.6 กลับมาที่ Create Factorial Design Dialog Box แล้วเลือก OK เพื่อสร้างแผนการทดลอง



ภาพที่ 2.8 ขั้นตอนการยืนยันข้อมูลการสร้างตัวแปรในการวิเคราะห์ในโปรแกรม MINITAB

2.5. การประเมินทางประสาทสัมผัส Sensory Evaluation

การประเมินทางประสาทสัมผัส (Sensory Evaluation) เป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้วัดวิเคราะห์ และแปลความ ขณะที่มนุษย์รับรู้ความรู้สึกทางประสาทสัมผัส ในการเห็น การได้กลิ่น การชิมรส การสัมผัส และการได้ยิน โดยเกี่ยวข้องกับการวัดในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ลักษณะปรากฏที่เห็น กลิ่น รส เนื้อสัมผัส และเสียง

2.5.1 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการประเมินทางประสาทสัมผัส มี 4 ประการ คือ

- 2.5.1.1 ตัวอาหาร
- 2.5.1.2 คน ทั้งคนที่ทดสอบ และคนที่ดำเนินการทดสอบ
- 2.5.1.3 สภาพแวดล้อมที่ใช้ทดสอบ
- 2.5.1.4 วิธีการทดสอบ

2.5.2 ความสำคัญของการประเมิน คุณภาพอาหารโดยประสาทสัมผัส

งานประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมหลายด้าน (Industry applications of sensory evaluation) ได้แก่

- 2.5.2.1 กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์
- 2.5.2.2 ทดสอบผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาแล้วกับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด เพื่อดูว่าแตกต่างกันอย่างไร

- 2.5.2.3 การปรับปรุงผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่
- 2.5.2.4 เปลี่ยนกรรมวิธีการผลิต
- 2.5.2.5 ลดต้นทุนการผลิต
- 2.5.2.6 เลือกวัตถุดิบใหม่ๆ มาใช้แทน
- 2.5.2.7 ควบคุมคุณภาพ
- 2.5.2.8 ความคงตัวของการเก็บรักษา อาหารที่เก็บไว้ว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บเปลี่ยนไป จะต้องทดสอบว่าคะแนนความชอบของผู้บริโภคลดลงหรือเพิ่มขึ้น
- 2.5.2.9 การคัดเกรดคุณภาพของวัตถุดิบ
- 2.5.2.10 ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมาผู้บริโภคจะยอมรับ/หรือชอบ มากน้อยแค่ไหน
- 2.5.2.11 ใช้เพื่อคัดเลือกผู้ทดสอบ (Panel) และฝึกฝน (Training) ผู้ทดสอบ
- 2.5.2.12 ดูความสัมพันธ์ของค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสกับการวัดด้วยเครื่องมือ

2.5.3 ประสาทสัมผัสของมนุษย์เกี่ยวข้องกับปัจจัยหลัก 3 ปัจจัย ดังนี้

- 2.5.3.1 ลักษณะปรากฏ ได้แก่ สี, ขนาด และรูปร่าง
 - 2.5.3.2 รสชาติ ได้แก่ กลิ่น กลิ่นรส
 - 2.5.3.3 เนื้อสัมผัส ได้แก่ ความรู้สึกในปาก, ความหนืด และเสียง เช่น เสียงกรอบ
- คุณลักษณะเหล่านี้เกิดขึ้นต่อเนื่องและไม่สิ้นสุด เป็นการยากที่จะให้คะแนนแยกในแต่ละอย่าง เว้นแต่จะทำโดยวิธีพิเศษ เช่น ใช้ผ้าปิดตา ปิดจมูก หรือพรางแสง

ประสาทสัมผัสของมนุษย์มีความแตกต่างกันได้มากกว่า 30 แบบ แต่ประสาทสัมผัสในการรับรู้อาหารสามารถรับรู้ได้โดยผ่านทางสัมผัสเหล่านี้ คือ

1. มองเห็น (Sight)
2. กลิ่น (Smell)
3. ชิม (Taste)
4. สัมผัส (Touch)
5. การได้ยิน (Hearing)

2.5.4 สิ่งกระตุ้น (Stimuli)

อาจจะเป็นกลไกทางเคมีหรือทางกายภาพที่จะทำให้เกิดการรับรู้ เช่น ตามองเห็นเกิดจากการรับแสง หูได้ยินเกิดจากการรับเสียง ผลจากการกระตุ้นทำให้เกิดความรู้สึกต่าง ๆ ดังนี้ คือ

2.5.4.1 ความเข้ม (Intensity/strength)

2.5.4.2 การแยกจากกัน (Extent/separation)

2.5.4.3 ช่วงเวลา (Duration/retention)

2.5.4.4 ความรู้สึกชอบ-ไม่ชอบ (Hedonics /like-dislike)

2.6. การเทียบสี

การวัดสี เครื่องวัดเฉดของสี, Color measuring หรือ Color Meter

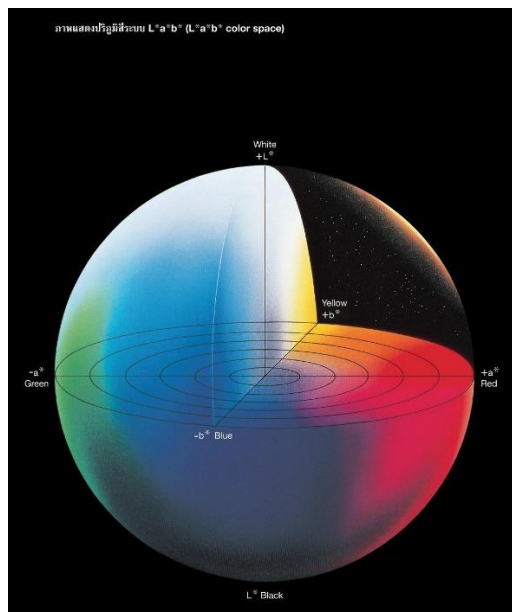
เครื่องมือที่ใช้วัดสีเรียกว่าเครื่อง Spectrophotometer ที่สามารถวัดสีของวัตถุออกมาเป็นตัวเลขได้ ซึ่งจะวัดปริมาณการสะท้อนแสงของวัตถุเทียบกับมาตรฐานอ้างอิงที่เป็น Reflectance Curve วัตถุที่มีสีแตกต่างกันจะมี Reflectance Curve ต่างกัน วัตถุที่มีสีต่างกันเมื่อสะท้อนแสงของสีนั้นออกมาก็จะมีความยาวคลื่นต่างกันโดยที่ สีน้ำเงิน มีความยาวคลื่นที่ 430-460 นาโนเมตร สีเขียว มีความยาวคลื่นที่ 500-580 นาโนเมตร สีแดง มีความยาวคลื่นที่ 620-780 นาโนเมตร ระบบการวัดสีในเครื่อง Spectrophotometer มีอยู่หลายระบบด้วยกัน คือ ระบบ Munsell ซึ่งได้กล่าวไว้แล้ว, ระบบ Tristimulus Value, ระบบ Chromaticity coordinate และระบบ CIE L*a*b* ระบบ Tristimulus Value ค่าที่หาได้ออกมาเป็น X, Y, Z โดยค่านี้จะระบุเป็นค่าสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ตามลำดับ แต่ค่าที่ได้ยังขาดความสัมพันธ์ระหว่างกันของสีที่มองเห็น จึงไม่สามารถ ที่นำมาใช้ประโยชน์อะไรได้มาก ระบบ CIE Chromaticity coordinate เป็นวิธีการที่สามารถระบุความหมายของสีได้ชัดเจนขึ้น ซึ่งค่าที่ได้เป็น

$$x = \frac{X}{X + Y + Z}$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z}$$

$$z = \frac{Z}{X + Y + Z}$$

โดยที่ค่า x และ y เป็นค่าที่ระบุความเป็นสีส่วนความสว่างของสีเป็นค่า Y แต่วิธีการวัดสีโดยวิธีนี้ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในการบอกค่าความแตกต่างของสีได้ดี ระบบ CIE L*a*b* เป็นวิธีการวัดสีที่ใช้ลักษณะของ color space



ภาพที่ 2.9 ค่าความแตกต่างของสี
ที่มา : <http://cms2.swu.ac.th>

โดยกำหนดให้ L^* เป็นค่าความสว่าง (Lightness) มีค่าอยู่ระหว่าง 0 – 100

แกน a^* ที่เป็น + สีจะเป็นไปในทิศทางสีแดง

แกน a^* ที่เป็น - สีจะเป็นไปในทิศทางสีเขียว

แกน b^* ที่เป็น + สีจะเป็นไปในทิศทางสีเหลือง

แกน b^* ที่เป็น - สีจะเป็นไปในทิศทางสีน้ำเงิน

และในการหาค่าความแตกต่างของสีที่เป็นตัวเลขนั้นเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 3 จะพบว่าจุดๆ หนึ่ง ใน Space นั้น เป็น $L_1^* a_1^* b_1^*$ และเมื่อสีมีการเปลี่ยนเฉดสีไปจะได้อีกจุดใน Space เป็น $L_2^* a_2^* b_2^*$ ซึ่ง 2 จุดนี้จะมีระยะห่างกันใน Space เท่าไร ก็จะเป็นตัวบ่งบอกถึงความแตกต่างของสีได้

$$\Delta E = \sqrt{(L_1^* - L_2^*)^2 + (a_1^* - a_2^*)^2 + (b_1^* - b_2^*)^2}$$

โดย ΔE คือค่าความแตกต่างของสี เราอาจจะกล่าวได้ว่าการมองเห็นสีของมนุษย์และการวัดสีจากเครื่องวัดจะต้องอาศัยปัจจัย 3 อย่างคือ แหล่งกำเนิดแสง วัตถุที่มีสีและและการอ่านค่าสีแต่กับการมองเห็นสีของมนุษย์นั้นจะพบว่าแต่ละคน อาจจะอ่านค่าสีแตกต่างกันไป สำหรับเครื่องวัดสีนั้นจะให้ค่าที่ได้จากการวัดสีในทางอุตสาหกรรม เป็นไป ตามมาตรฐานสากล รวมทั้งยังสามารถที่จะวัดค่าความแตกต่างของสีที่มีเฉดสีต่างออกไปเพียงเล็กน้อยได้เป็นผลให้ในทางอุตสาหกรรมสามารถกำหนดให้ค่าความแตกต่างของสีได้

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.7.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพ

อัครเดช ไม้จันทร์ (2559) วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับปัจจัยในการทำงาน ศักยภาพประสิทธิภาพในการปฏิบัติงาน เปรียบเทียบความแตกต่างประสิทธิภาพในการปฏิบัติงาน จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยในการทำงานกับประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานของพนักงานกลุ่มอุตสาหกรรมติดตั้งเครื่องจักรสายการผลิตในจังหวัดสงขลา มีกลุ่มตัวอย่าง 110 คน เครื่องมือที่ใช้คือแบบสอบถามชนิดเลือกตอบ ใช้เทคนิคการสุ่มชั้นภูมิ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติความถี่ ค่าร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบ T-Test การทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียว และทดสอบรายคู่ด้วยวิธีของเชฟเฟ (Scheffe's) และการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression)

รัฐศักดิ์ พรหมมาศ และคณะ (2557) ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการอบแห้งไม้อย่างพาราด้วยพลังงานไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนและระบบลำเลียงอย่างต่อเนื่องด้วยการวิเคราะห์พลังงานและเอ็กเซจี้เปรียบเทียบกับอย่างพารา 3 ส่วนคือ ส่วนปลาย ส่วนกลาง และส่วนโคนของลำต้น โดยการอบสารเคมี 2 ประเภท คือ สารเคมีประเภทน้ำมัน และสารเคมีประเภทละลายในน้ำมันโซล่า ในอัตราส่วน 50:50 และผ่านการอบไล่ความชื้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C และผ่านการอบไล่ความชื้นด้วยพลังงานไมโครเวฟที่ กำลังวัตต์ 100 W อบให้ความชื้นในเนื้อไม้เหลือ 15 % และนำมาทดสอบหาค่ากำลังต้านทานแรงอัด

ธานี อะโฮต (2559) ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตั้งค่าระบบควบคุมอัตโนมัติ ของการควบคุมระดับและปัจจัยที่เหมาะสมเพื่อควบคุมระดับน้ำในถังตามสเปค โดยมีการกำหนดสเปค คือ ค่าที่วัดได้ $\pm 0.125\%$ ของค่าเป้าหมาย ในขั้นต้นค่าที่วัดได้จะมากกว่าสเปคที่กำหนดไว้ ทำให้คุณภาพของเม็ดพลาสติกไม่ได้ตามสเปคที่ถูกต้องการและทำให้อายุการใช้งานของวาล์วควบคุมจะน้อยลง ดังนั้นการออกแบบการทดลอง 2^k Factorial design of experiments (DOE) และ response surface methods (RSM) ถูกนำมาใช้เพื่อระบุปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อระบบควบคุมอัตโนมัติและกำหนดการตั้งค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัจจัยเหล่านั้นเพื่อเพิ่มคุณภาพของระบบการควบคุมอัตโนมัติ มี 3 ปัจจัยหลัก ได้แก่ 1) ค่าสัดส่วนมาจากผลของความผิดพลาดในปัจจุบัน (พี-Proportional) 2) ค่าปริพันธ์ เป็นผลรวมของความผิดพลาดที่ผ่านมา (ไอ-Integral) 3) ค่าอนุพันธ์ เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงของความผิดพลาด (ดี-Derivative)

2.7.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบการทดลอง (DOE)

บุญชัย แซ่ลิว และณัฐยานัน โสกุล (2559) ลดของเสียจากกระบวนการบรรจุที่เกิดจากอาการซองรั่ว โดยศึกษาระดับปัจจัยในการปรับตั้งค่าเครื่องจักรให้เหมาะสม โดยใช้หลักการออกแบบการทดลอง เชิงแฟคทอเรียล 2^k ในการออกแบบการทดลองซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่าประกอบด้วย 4 ปัจจัยหลัก ได้แก่ ความเร็วรอบ อุณหภูมิแรงกด และเวลาในการซีล โดยทำการทดลองซ้ำแบบละ 3 ครั้ง จำนวนผลการทดลองทั้งสิ้น 48 การทดลอง ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ผลการทดลอง เชิงสถิติ ผลที่ได้จากการทดลองพบว่าระดับปัจจัยในการปรับตั้งเครื่องจักรที่เหมาะสม คือ ความเร็ว รอบ 60 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 157 องศาเซลเซียส แรงกด 6 bar และเวลาในการซีล 0.5

วินาที เมื่อนำผลจากการวิจัยมาใช้ในกระบวนการทำงานจริงพบว่า มูลค่าของเสียที่เกิดจากอาการของ รั่ว ลดลงจากเดิม 855,571.72 บาท เหลือ 596,482.21 บาท คิดเป็นอัตราการลดลงร้อยละ 30.29

ฤทธิชัย สังขทิพย์ และคณะ (2557) ศึกษาหาปัจจัยและระดับที่เหมาะสมในการผสมและ ขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบของวัสดุ เชิงประกอบระหว่างพอลิพรอพิลีนกับยางอนุภาคนาโนโดยประยุกต์ใช้ เทคนิคการออกแบบการทดลอง เพื่อเพิ่มคุณสมบัติ ด้านความเหนียวของพอลิพรอพิลีน ในการ ทดลองครั้งนี้ใช้ยางอนุภาคนาโนมาเป็นสารตัวเติมตามสัดส่วนพอลิพรอพิลีน ต่อยางอนุภาคนาโนที่ 100: 0, 99.5: 0.5, 99:1, 98.5:1.5 และ 98:2 ชิ้นงานที่ใช้ทดสอบมีขนาดตามมาตรฐาน ASTM D 638 Type IV และ ASTM D 256 โดยออกแบบการทดลองเป็นแบบ General Factorial ประกอบด้วย 3 ปัจจัยหลัก ได้แก่ ปริมาณยางอนุภาคนาโนโดยน้ำหนักที่ 0.5, 1, 1.5 และ 2 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วรอบในการผสมที่ 40, 60 และ 80 รอบต่อนาที และอุณหภูมิในการผสมที่ 180 และ 200 °C ตัวแปรตอบสนองคือค่าการต้านทานต่อแรงดึงและค่าการ ต้านทานต่อแรงกระแทก ทำการศึกษาผลกระทบหลักและผลกระทบร่วมของปัจจัยต่างๆโดยใช้วิธีวิเคราะห์ผล ANOVA ที่ระดับ ความเชื่อมั่น 95 % จากผลการทดลองและวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าปัจจัยและระดับที่เหมาะสมในการ ผสมและขึ้น รูปชิ้นงานทดสอบของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิพรอพิลีนกับยางอนุภาคนาโนคือที่ ปริมาณยางอนุภาคนาโน 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ความเร็วรอบในการผสมที่ 40 รอบต่อนาที อุณหภูมิในการผสม 180 °C ค่าการต้านทานแรงดึง เท่ากับ 52 MPa และค่าการต้านทานแรง กระแทกเท่ากับ 32.55 kJ/m² ผลการทดลองดังกล่าวเป็นแนวทางนำไปสู่การ พัฒนาการผลิตวัสดุ เชิงประกอบกับพลาสติกชนิดต่างๆเพื่อให้ตอบสนองกับความต้องการใช้พลาสติกในอนาคตต่อไป

วิทยา สุมะลิ และ ระพี กาญจนะ (2558) ลดการเสียรูปของกรอบยึดในกระบวนการ ประกอบชิ้นส่วนหน้าจอสัมผัส โดยการใช้เทคนิคการควบคุมคุณภาพเชิงสถิติและ การออกแบบการทดลอง ขั้นตอนการดำเนินงานเริ่มต้น จากการใช้แผนภูมิเหตุและผลวิเคราะห์หา สาเหตุที่เป็นไปได้ ที่ส่งผลต่อการเสียรูปของกรอบยึด โดยการระดมสมองจากผู้เชี่ยวชาญ และ พิจารณาเลือกปัจจัยที่มีลำดับความสำคัญ 5 ลำดับแรกมาทำการศึกษาและวิเคราะห์หาปัจจัยต่างๆ ที่ ส่งผลต่อคุณภาพของ ชิ้นงานด้วยการออกแบบการทดลองแบบ Plackett-Burman ซึ่งในการทดลอง นี้จะศึกษาปัจจัยละ 2 ระดับ และทดลองซ้ำ 2 ครั้ง ที่ระดับนัยสำคัญ ที่ 0.05 ปัจจัยที่ทำการศึกษาทั้ง 5 ปัจจัยได้แก่ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจากแท่น รองที่ระดับ 100.0 mm/s และ 140.0 mm/s, องศาของมุมแท่นรองที่ระดับ 3.0 mm และ 5.0 mm, องศาของทิศทาง แผ่นฟิล์ม หลังจากการแยกจากกรอบยึดที่ระดับ 90° และ 45°, ระยะกรอบยึดที่ยึดออกจากแท่นรองเพื่อรอหัว จับ หยิบที่ ระดับ 0.0 mm และ 5.0 mm และระยะความสูงที่หัวจับหยิบกรอบยึด 0.025 mm และ 0.045 mm ผลการทดลองจาก Plackett-Burman พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเสียรูปของกรอบยึดที่ ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้แก่ความเร็วในการเคลื่อนที่ของ กรอบยึดออกจากแท่นรองและระยะความสูง ที่หัวจับ หยิบกรอบยึด หลังจากนั้น นำปัจจัยทั้ง 2 พิจารณาด้วยการออกแบบการ ทดลองแบบ 3^k Factorial Design โดยกำหนดปัจจัยเป็น 3 ระดับคือความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจาก แท่น รองที่ระดับ 100.0 mm/s, 120.0 mm/s, 140.0 mm/s และระยะความสูงที่หัวจับหยิบกรอบ ยึด 0.025 mm, 0.035 mm, 0.045 mm ผลจากการวิเคราะห์พบว่าค่าที่เหมาะสมที่สุดคือที่ระดับ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจาก แท่นรองเท่ากับ 140.0 mm/s และที่ระยะความสูงที่

หัวจับ หยิบกรอบยึดเท่ากับ 0.045 mm สามารถลดปริมาณของเสีย จากเดิมร้อยละ 8.65 เหลือเพียง ร้อยละ 3.29 ส่งผลให้สามารถลดมูลค่าความสูญเสียได้ร้อยละ 5.25

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้มีวิธีการดำเนินการวิจัย เพื่อออกแบบและประดิษฐ์เตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง และศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง ซึ่งจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 การออกแบบและประดิษฐ์เตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง

3.1.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการออกแบบและประดิษฐ์เตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง

3.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ใช้แบบสัมภาษณ์ แบบมีโครงสร้าง(structured or standardized Interview) สำหรับศึกษาความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการออกแบบและประดิษฐ์เตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง โดยมีวิธีการสร้างเครื่องมือวิจัยดังต่อไปนี้

3.1.2.1 ศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1.2.2 กำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินการสัมภาษณ์ความคิดเห็นแบบประมาณค่าตามแบบของลิคเคอร์ต(R.A Likert) มีเกณฑ์คะแนน ดังนี้

ระดับที่ 5 ระดับความคิดเห็น เห็นด้วยอย่างยิ่ง

ระดับที่ 4 ระดับความคิดเห็น เห็นด้วย

ระดับที่ 3 ระดับความคิดเห็น ไม่แน่ใจ

ระดับที่ 2 ระดับความคิดเห็น ไม่เห็นด้วย

ระดับที่ 1 ระดับความคิดเห็น ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

3.1.2.3 นำเครื่องมือวิจัยที่ดำเนินการแล้วเสร็จไปตรวจสอบคุณภาพแบบสัมภาษณ์ โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 คน พิจารณาความเหมาะสมของข้อความคำถามกับแผนผังการสร้างแบบสัมภาษณ์ แล้วนำผลการพิจารณาหาค่าดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity index: CVI) ซึ่งมีเกณฑ์กำหนดระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อข้อความแต่ละข้อโดยใช้มาตราส่วนประเมินค่า 4 ระดับ คือ

ไม่สอดคล้อง ให้ 1 คะแนน

สอดคล้องน้อย ให้ 2 คะแนน

สอดคล้องค่อนข้างมาก ให้ 3 คะแนน

สอดคล้องมาก ให้ 4 คะแนน

พบว่า ดัชนีความสอดคล้องของข้อความคำถาม มีค่าระหว่าง 1 ดังแสดงในตารางที่ ข.1 มีข้อความคำถามตรงเชิงเนื้อหาทุกข้อ

3.1.2.4 นำแบบสัมภาษณ์ที่สมบูรณ์เรียบร้อยไปสัมภาษณ์ข้อมูล

3.1.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในขั้นตอนการออกแบบและประดิษฐ์เตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง นี้มีวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

- 3.1.3.1 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 3.1.3.2 สัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญที่มีส่วนเกี่ยวข้อง
- 3.1.3.3 ออกแบบเครื่องต้นแบบ
- 3.1.3.4 นำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องของแบบร่าง
- 3.1.3.5 สร้างเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียงต้นแบบ
- 3.1.3.6 ทดสอบการทำงานเบื้องต้น
- 3.1.3.7 นำเครื่องต้นแบบไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องและการทำงานเบื้องต้น
- 3.1.3.8 ปรับปรุงเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียงต้นแบบตามคำแนะนำ
- 3.1.3.9 นำเครื่องไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความคิดเห็น
- 3.1.3.10 สรุปผลการประเมินความคิดเห็น

3.1.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแบบเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียงต้นแบบ ด้วยค่าเฉลี่ย ค่าส่วน เบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติการบรรยายแบบประมาณค่า ของ ลิเคิร์ต สเกล

3.1.5 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.1.5.1 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)

ใช้สูตรดังนี้

$$\text{สูตร } \bar{X} = \frac{\sum x}{n}$$

เมื่อ	$\bar{X}$	แทน	ค่าตัวกลางเลขคณิตหรือค่าเฉลี่ย
	$\sum x$	แทน	ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด
	N	แทน	จำนวนข้อมูลทั้งหมด

3.1.5.2 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : S.D.)

ใช้สูตร ดังนี้

$$\text{สูตร } S.D. = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

เมื่อ	S.D	แทน	ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง
	$\bar{x}$	แทน	ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง
	x	แทน	คะแนนของแต่ละคน
	N	แทน	จำนวนนักเรียนทั้งหมด

3.1.5.3 สถิติที่ใช้ในการบรรยาย ลิเคิร์ท สเกล ดังนี้

4.51-5.00 หมายถึง ระดับความคิดเห็น เห็นด้วยอย่างยิ่ง

3.51-4.50 หมายถึง ระดับความคิดเห็น เห็นด้วย

2.51-3.50 หมายถึง ระดับความคิดเห็น ไม่แน่ใจ

1.51-2.50 หมายถึง ระดับความคิดเห็น ไม่เห็นด้วย

1.00-1.50 หมายถึง ระดับความคิดเห็น ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

3.1.5.4 ดัชนีความเที่ยงตรง

ใช้สูตร ดังนี้

$$\text{สูตร } CVI = \frac{\sum R_{3,4}}{N}$$

เมื่อ CVI เป็นดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา

$\sum R_{3,4}$ เป็นจำนวนข้อคำถามที่ผู้เชี่ยวชาญทุกคนให้ระดับ 3 และ 4

N เป็นจำนวนข้อคำถามทั้งหมด

3.2 การศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง

3.2.1 วัสดุ

วัตถุดิบ ได้แก่ เป็ดแช่แข็ง ขนาดไซส์ L น้ำหนักอยู่ระหว่าง 2.5 - 2.7 กิโลกรัม

3.2.2 อุปกรณ์

3.2.1 เตาอบความร้อนต้นทุนต่ำ

3.2.2 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ พร้อมกับหัวโปป

3.2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและประมวลผลทางสถิติ มินิแทบ เวอร์ชัน

17 ลายเส้นมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

3.2.4 การวิเคราะห์ 2^k Factorial Design

3.2.5 ตารางบันทึกข้อมูลอุณหภูมิและเวลาในการอบเปิด ดังแสดงที่ตาราง 3.1

3.2.6 ตารางการประเมินทางประสาทสัมผัส (sensory evaluation) ดังแสดงที่

ตาราง 3.2

3.2.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง ดังนี้

3.2.3.1 กำหนดตัวปัญหา

ปัญหาที่ต้องการแก้ไขคือวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อการอบเปิด และกำหนดเงื่อนไขการทำงานที่จะทำให้ได้ตรงตามข้อกำหนด

3.2.3.2 เลือกตัวแปรตอบสนอง

เนื่องจากอุณหภูมิและเวลาที่ได้ยังไม่คงที่ ดังนั้นจึงใช้อุณหภูมิ

Y = อุณหภูมิในการอบ (องศา/นาที)

3.2.3.3 กำหนดปัจจัย จากการศึกษาข้อมูลและระดมสมองผู้เกี่ยวข้องในกระบวนการออกแบบการทดลอง โดยกำหนดปัจจัยในการอบเปิด 4 ปัจจัย คือ

A = อุณหภูมิช่วงที่ 1 (Temperature1) °C

B = อุณหภูมิช่วงที่ 2 (Temperature2) °C

C = เวลาอบช่วงที่ 1 (Time1) min.

D = เวลาอบช่วงที่ 2 (Time2) min.

3.2.3.4 ออกแบบการทดลอง กำหนดจำนวนระดับ (Levels) ของปัจจัย จากการศึกษากระบวนการออกแบบที่จะทำการทดลองโดยกำหนดค่าปัจจัยการทดลองของแต่ละปัจจัยเพียง 2 ระดับ กำหนดให้

A = 110 °C (Low) 120 °C (High)

B = 210 °C (Low) 220 °C (High)

C = 45 min. (Low) 55 min. (High)

D = 45 min. (Low) 55 min. (High)

3.2.3.5 คำนวณจำนวนครั้ง (Replicates) ของการทดลอง จากการศึกษาทางสถิติ ได้จำนวนการทดลองที่ต้องทำซ้ำสำหรับแต่ละระดับเป็น 3 ครั้ง

3.2.3.6 ใช้โปรแกรม Minitab V.17 ในการประมวลผล ในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตารางบันทึกข้อมูลอุณหภูมิและเวลาในการอบเปิด

อุณหภูมิอบช่วงที่ 1	เวลาอบช่วงที่ 1	อุณหภูมิอบช่วงที่ 2	เวลาอบช่วงที่ 2	ความชอบ

3.2.3.7 การประเมินทางประสาทสัมผัส (sensory evaluation)

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธี Hedonic scale ทดสอบโดยผู้เชี่ยวชาญด้านอาหาร 3 คน

9 = ชอบมากที่สุด

4 = ไม่ชอบเล็กน้อย

8 = ชอบมาก

3 = ไม่ชอบปานกลาง

7 = ชอบปานกลาง

2 = ไม่ชอบมาก

6 = ชอบเล็กน้อย

1 = ไม่ชอบมากที่สุด

5 = เฉยๆ

ตารางที่ 3.2 ตารางทดสอบการชิมและเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละคุณลักษณะ

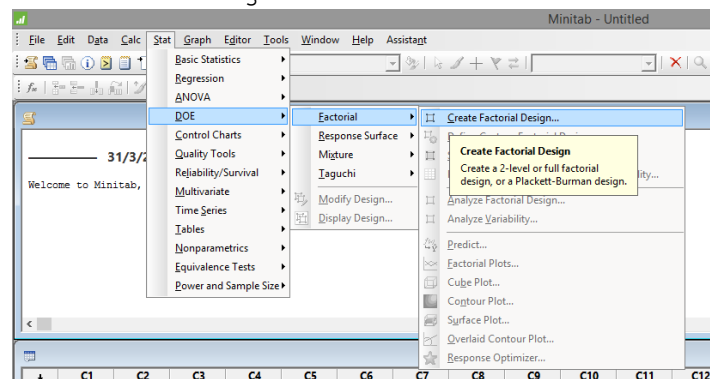
คุณลักษณะ	รหัส		
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1	ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2	ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3
ลักษณะปรากฏ			
รส			

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

คุณลักษณะ	รหัส		
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1	ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2	ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3
กลิ่น			
รสชาติ			
ความเหนียว			
ความชอบรวม			
คะแนนรวม			

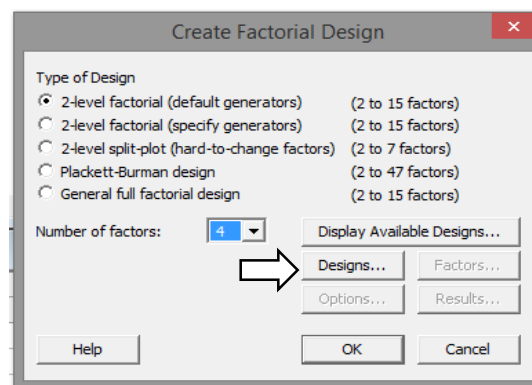
3.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.2.4.1 ใช้โปรแกรม Minitab เพื่อออกแบบแผนการทดลองแบบสุ่ม Stat > DOE > Factorial > Create Factorial Design... เพื่อให้ Minitab สร้างแผนการทดลอง



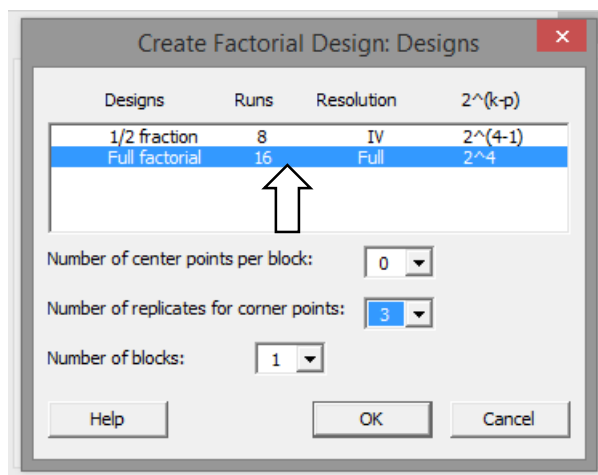
ภาพที่ 3.1 สร้างแผนการทดลอง

3.2.4.2 ที่ Create Factorial Design Dialog Box เลือก 2-level factorial (default generators) ใส่ Number of factors = 4 แล้วเลือก Designs



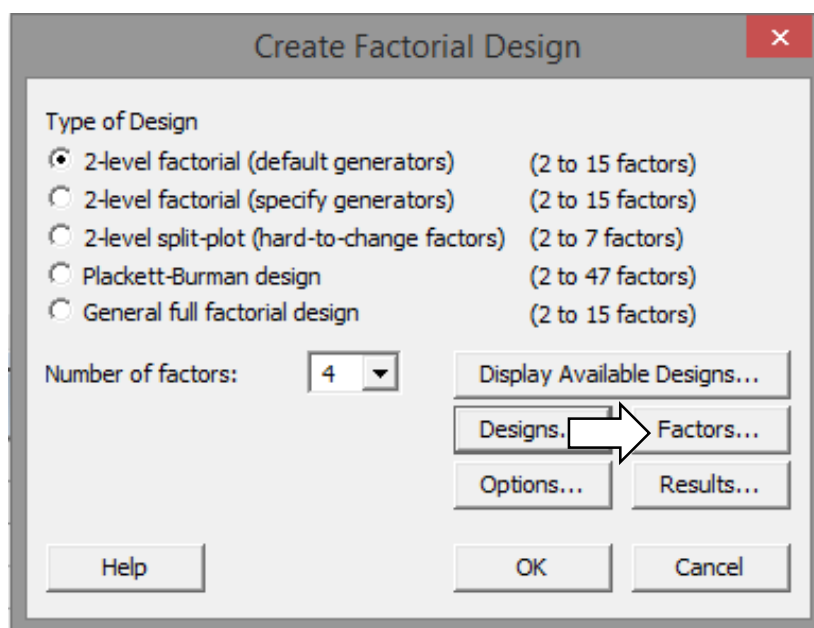
ภาพที่ 3.2 สร้างแผนการทดลอง และเลือก Designs

3.2.4.3 ที่หน้าต่าง Create Factorial Design – Design คีย์จำนวนครั้งการทดลอง (Replicates) แล้ว OK



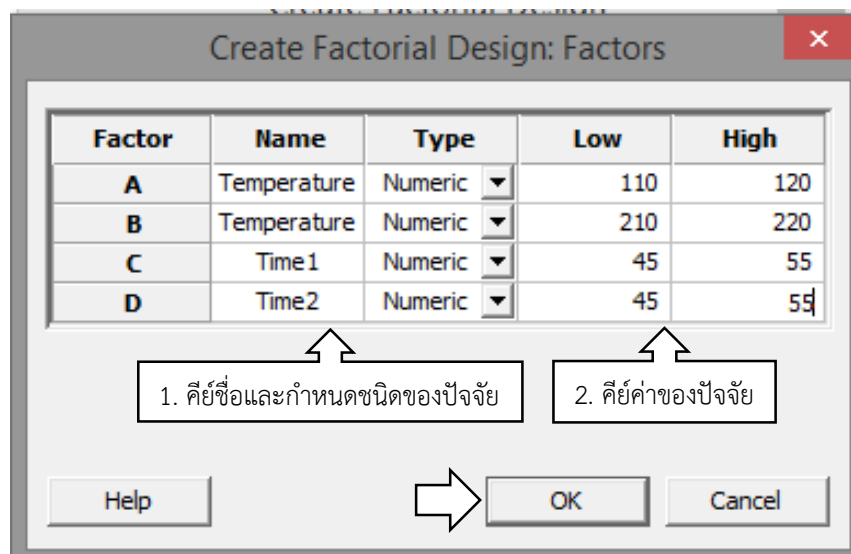
ภาพที่ 3.3 คีย์จำนวนครั้งการทดลอง (Replicates) แล้ว OK

3.2.4.4 กลับมาที่ Create Factorial Design Dialog Box แล้วเลือก Factors



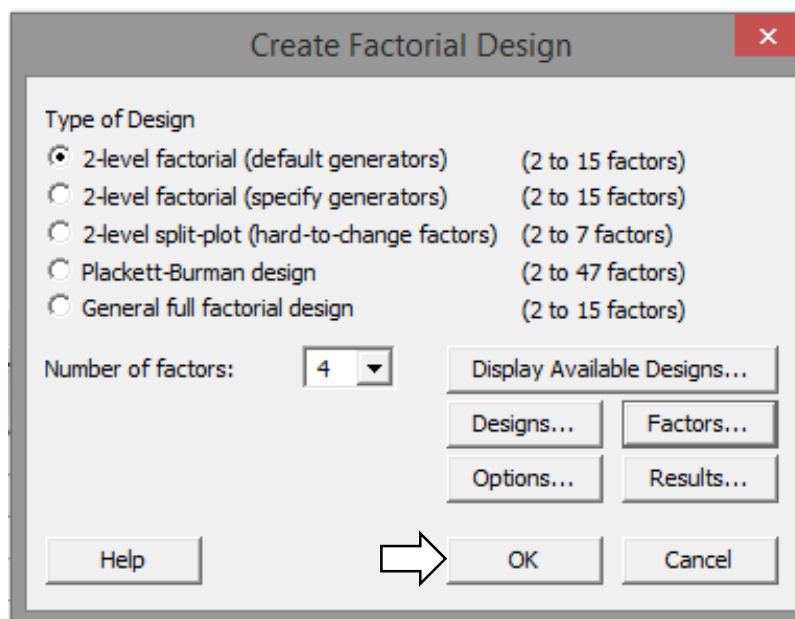
ภาพที่ 3.4 Create Factorial Design Dialog Box แล้วเลือก Factors

3.2.4.5 ที่ Create Factorial Design-Factors Dialog Box คีย์ชื่อและกำหนดชนิดของปัจจัย คีย์ค่าของปัจจัย แล้ว OK



ภาพที่ 3.5 คีย์ชื่อและกำหนดชนิดของปัจจัย คีย์ค่าของปัจจัย แล้ว OK

3.2.4.6 กลับมาที่ Create Factorial Design Dialog Box แล้วเลือก OK เพื่อสร้างแผนการทดลอง



ภาพที่ 3.6 ยืนยันการสร้างแผนการทดลอง

3.2.4.7 Minitab จะสร้างตารางการทดลองให้เพื่อให้ได้ผลลัพธ์การทดลองในตาราง

Minitab - Untitled -

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
	StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	Temperature1	Temperature2	Time1	Time2	
1	13	1	1	1	110	210	55	55	
2	32	2	1	1	120	220	55	55	
3	36	3	1	1	120	220	45	45	
4	45	4	1	1	110	210	55	55	
5	18	5	1	1	120	210	45	45	
6	25	6	1	1	110	210	45	55	
7	38	7	1	1	120	210	55	45	
8	31	8	1	1	110	220	55	55	
9	5	9	1	1	110	210	55	45	
10	40	10	1	1	120	220	55	45	
11	43	11	1	1	110	220	45	55	
12	39	12	1	1	110	220	55	45	
13	24	13	1	1	120	220	55	45	
14	22	14	1	1	120	210	55	45	
15	33	15	1	1	110	210	45	45	
16	16	16	1	1	120	220	55	55	
17	48	17	1	1	120	220	55	55	
18	27	18	1	1	110	220	45	55	
19	35	19	1	1	110	220	45	45	
20	11	20	1	1	110	220	45	55	
21	28	21	1	1	120	220	45	55	
22	2	22	1	1	120	210	45	45	
23	47	23	1	1	110	220	55	55	
24	10	24	1	1	120	210	45	55	
25	30	25	1	1	120	210	55	55	
26	44	26	1	1	120	220	45	55	
27	34	27	1	1	120	210	45	45	

ภาพที่ 3.7 แผนการทดลอง

Minitab - U

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
	StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	Temperature1	Temperature2	Time1	Time2
28	17	28	1	1	110	210	45	45
29	42	29	1	1	120	210	45	55
30	29	30	1	1	110	210	55	55
31	4	31	1	1	120	220	45	45
32	8	32	1	1	120	220	55	45
33	9	33	1	1	110	210	45	55
34	14	34	1	1	120	210	55	55
35	1	35	1	1	110	210	45	45
36	37	36	1	1	110	210	55	45
37	15	37	1	1	110	220	55	55
38	20	38	1	1	120	220	45	45
39	21	39	1	1	110	210	55	45
40	46	40	1	1	120	210	55	55
41	12	41	1	1	120	220	45	55
42	3	42	1	1	110	220	45	45
43	26	43	1	1	120	210	45	55
44	7	44	1	1	110	220	55	45
45	6	45	1	1	120	210	55	45
46	23	46	1	1	110	220	55	45
47	19	47	1	1	110	220	45	45
48	41	48	1	1	110	210	45	55

ภาพที่ 3.7 แผนการทดลอง (ต่อ)

3.2.5 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

Two-Factors ANOVA (2-Way ANOVA)

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n y_{ijk}^2 - \frac{y_{...}^2}{abn}$$

$$SS_A = \sum_{i=1}^a \frac{y_{i..}^2}{bn} - \frac{y_{...}^2}{abn}$$

$$SS_B = \sum_{j=1}^b \frac{y_{.j.}^2}{an} - \frac{y_{...}^2}{abn}$$

$$SS_{AB} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{y_{ij.}^2}{n} - \frac{y_{...}^2}{abn} - SS_A - SS_B$$

$$SS_E = SS_T - SS_{AB} - SS_A - SS_B$$

เมื่อ

T: Total

A: Factor A

B: Factor B

AB: Interaction of Factor A and B

E: Error

A: Number of levels of factor A

B: Number of levels of factor B

N: Number of replication per cell (หมายความว่า การเก็บ

ข้อมูลมีการทำซ้ำ หรือ Repeat กี่ครั้ง)

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ในบทนี้เป็นการรายงานผลการวิจัย เพื่อออกแบบและประดิษฐ์เตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง และศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง ได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

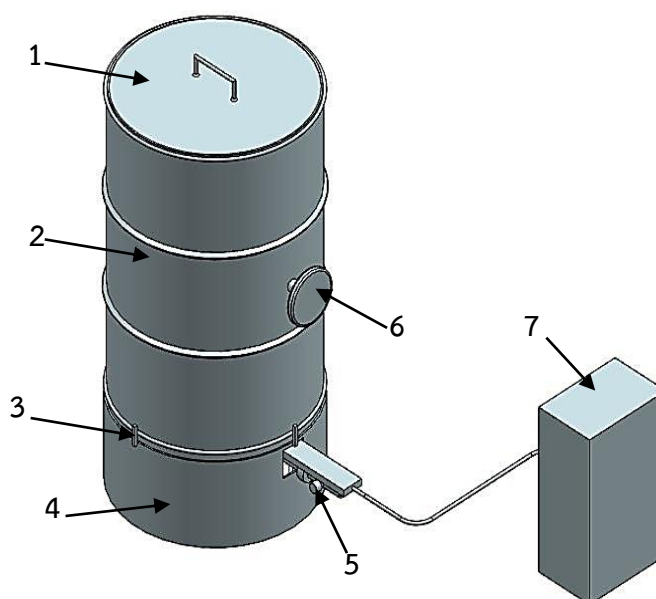
4.1 ผลการออกแบบและประดิษฐ์เตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง

4.1.1 ผลการออกแบบการทำงานของเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง

การทำงานของต้นแบบเตาอบแบบพอเพียงเริ่มจากการเปิดฝาถัง(หมายเลข 1) จากนั้นนำวัสดุที่ต้องการอบเข้าไปแขวนไว้ในถังอบ(หมายเลข 2) และทำการปิดฝาถัง(หมายเลข 1) จากนั้นป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ชุดอุปกรณ์ควบคุมการทำงาน(หมายเลข 7) จะทำการจุดไฟหั่วเตา(หมายเลข 5) ด้วยการทำให้กระแสไฟฟ้าเกิดการอาร์คและควบคุมอุณหภูมิภายในถังอบ และยังสามารถตรวจสอบอุณหภูมิขณะทำการอบได้ที่เกจวัดอุณหภูมิ(หมายเลข 6)

4.1.2 ผลการออกแบบส่วนประกอบเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง

เตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียงที่ได้ทำการออกแบบไว้มีลักษณะส่วนประกอบดังแสดงในภาพที่ 4.1 ดังนี้ หมายเลข 1 ฝาถัง หมายเลข 2 ถังอบ หมายเลข 3 โครงฐานเตา หมายเลข 4 ฝาครอบกันลม หมายเลข 5 หัวเตา หมายเลข 6 เกจวัดอุณหภูมิ หมายเลข 7 ชุดอุปกรณ์ควบคุมการทำงาน



ภาพที่ 4.1 แบบเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง



ภาพที่ 4.2 ต้นแบบเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง

4.1.3 ผลการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการออกแบบและประดิษฐ์เตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง

ผลความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีส่วนเกี่ยวข้องต่อแบบร่างและเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่มีต่อแบบเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง

ประเด็นประเมินความคิดเห็น	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความเห็น
ความเหมาะสมของ การออกแบบ ความกว้าง ความยาว ความสูง และน้ำหนัก ของตัวเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง	4.40	0.510	เห็นด้วย
ความเหมาะสมการออกแบบฝาถัง	4.20	0.630	เห็นด้วย
ความเหมาะสมของการออกแบบถังอบ	4.40	0.510	เห็นด้วย
ความเหมาะสมของการออกแบบ โครงฐานเตา	4.10	0.560	เห็นด้วย
ความเหมาะสมของการออกแบบฝาครอบกันลม	4.30	0.820	เห็นด้วย
ความเหมาะสมของการออกแบบชุดอุปกรณ์ควบคุมการทำงาน	4.30	0.820	เห็นด้วย
ความพึงพอใจด้านเวลาในการทำงานเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง	4.40	0.510	เห็นด้วย

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ประเด็นประเมินความคิดเห็น	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความเห็น
ความพึงพอใจด้านอุณหภูมิในการทำงานของเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง	4.00	0.660	เห็นด้วย
ความพึงพอใจด้านลักษณะทางกายภาพของเนื้อเป็ด	4.30	0.670	เห็นด้วย
ความพึงพอใจด้านความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน	4.80	0.420	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
ความสะดวกในการเคลื่อนย้ายเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง	4.40	0.510	เห็นด้วย
การทำความสะอาดและบำรุงรักษาเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง	4.30	0.670	เห็นด้วย
รวมผลเฉลี่ย	4.33	0.608	เห็นด้วย

จากตารางที่ 4.1 ผลประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการออกแบบและประดิษฐ์เตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง ในภาพรวมมีค่าเฉลี่ย 4.33 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.608 ความคิดเห็นอยู่ในระดับ เห็นด้วย เมื่อวิเคราะห์เป็นรายข้อ พบว่าข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ความพึงพอใจด้านความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน มีค่าเฉลี่ย 4.80 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.420 ความคิดเห็นอยู่ในระดับ เห็นด้วยอย่างยิ่ง รองลงมา คือ ความเหมาะสมของการออกแบบ ความกว้าง ความยาว ความสูง และน้ำหนัก ของตัวเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง ความเหมาะสมของการออกแบบถังอบ ความพึงพอใจด้านเวลาในการทำงานเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง ความสะดวกในการเคลื่อนย้ายเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง มีค่าเฉลี่ย 4.40 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.510 ความคิดเห็นอยู่ในระดับ เห็นด้วย และข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ ความพึงพอใจด้านเวลาในการทำงานเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง ความพึงพอใจด้านอุณหภูมิในการทำงานของเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง มีค่าเฉลี่ย 4.00 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.510 ความคิดเห็นอยู่ในระดับ เห็นด้วย

4.2 ผลการศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง

4.2.1 ผลการศึกษาเวลาในการทำงาน และอุณหภูมิในการทำงาน

เมื่อทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพของเป็ดภายหลังจากการอบด้วยเตาอบความร้อนพบว่า การให้อุณหภูมิที่สูงขึ้นแตกต่างกันและระยะเวลาที่ใช้ในการอบเปิดส่งผลทำให้มีความแตกต่างกัน ซึ่งการอบเปิดที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ใช้ระยะ 45 นาที ส่งผลทำให้เนื้อเป็ดที่ได้จากการอบยังฉ่ำและกระดูกยังมีเลือดติดและผิวหนังเหนียวและหลุดร่อนออกจากเนื้อเป็ด แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิขึ้นเป็น 120 องศาเซลเซียส และระยะเวลา 55 นาที ทำให้เนื้อเป็ดสุกพอดี ฉ่ำน้ำเล็กน้อย กระดูกเป็ดไม่มีเลือด ผิวหนังเหนียวแต่ไม่หลุดร่อนออกจากเนื้อเป็ด เมื่อเพิ่มอุณหภูมิขึ้นเป็น 210

องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลา 45 นาที เนื้อเป็ดแห้งหนังเป็ดแห้งกรอบกระดูกเป็ดไม่มีเลือดติด เมื่อเพิ่มอุณหภูมิขึ้นเป็น 220 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลา 55 นาที เนื้อเป็ดแห้งเป็นเส้นเหนียว ไม้มีความฉ่ำ ผิวหนังแห้งติดกับเนื้อ ผิวหนังเริ่มไหม้เกรียม กระดูกแห้งสนิทไม่มีเลือดติดและจะมีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกันไปดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการศึกษาเวลาในการทำงาน และอุณหภูมิในการทำงาน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ลักษณะทางกายภาพของ เนื้อเป็ดอบ	รายละเอียดของ ผลิตภัณฑ์
110	45		- หนังเป็ดเหนียว - ผิวหนังไม่ติดเนื้อ - เนื้อฉ่ำไม่แห้ง - กระดูกมีเลือดติด
120	55		- หนังเป็ดเหนียว - ผิวหนังติดเนื้อดี - เนื้อแห้งกำลังดี - กระดูกไม่มีเลือดติด
210	45		- หนังเป็ดแห้งกรอบ - ผิวหนังติดเนื้อดี - เนื้อแห้ง - กระดูกไม่มีเลือด
220	55		- หนังเป็ดไหม้เกรียม - ผิวหนังแห้งติดเนื้อ - เนื้อแห้งเป็นเส้นใย - กระดูกแห้งสนิท

4.2.3 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางการภาพของเนื้อเป็ด

เมื่อทำการวิเคราะห์คุณภาพของเนื้อเป็ดที่ผ่านการอบจากเตาอบทางประสาทสัมผัส พบว่าลักษณะที่ปรากฏของเนื้อเป็ดที่อบด้วยเตาอบเปิดแบบพอเพียงมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.8 อยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลางถึงชอบมาก สีของเป็ด มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 8.0 อยู่ในเกณฑ์ชอบมาก รสชาติ มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.5 อยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลางถึงชอบมาก ความเหนียวมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.0 อยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง

เมื่อพิจารณาถึงคุณภาพของเนื้อเป็ดอบที่ได้รับอิทธิพลของอุณหภูมิและเวลา พบว่าการอบเปิดที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลา 45 นาที มีค่าคะแนนความชอบรวมเฉลี่ยเท่ากับ 7.0 อยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง เมื่อทำการอบเปิดที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลา 55 นาที มีค่าคะแนนความชอบรวมเฉลี่ยเท่ากับ 7.8 อยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลางถึงชอบมาก และเมื่อทำการอบเปิดที่อุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลา 45 นาที มีค่าคะแนนความชอบรวมเฉลี่ยเท่ากับ 8.3 อยู่ในเกณฑ์ชอบมากถึงมากที่สุด แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเพิ่มอุณหภูมิและเวลาในการอบเปิดที่อุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลา 55 นาที กลับทำให้มีค่าคะแนนความชอบรวมเฉลี่ยลดลงเท่ากับ 7.3 อยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลางถึงชอบมาก ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลทดสอบการชิมและเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละคุณลักษณะ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	คุณลักษณะ				
		ลักษณะปรากฏ	สี	รสชาติ	ความเหนียว	ความชอบรวม
110	45	7	8	7	6	7.0
120	55	8	8	8	7	7.8
210	45	9	8	8	8	8.3
220	55	7	8	7	7	7.3
คะแนนรวม		7.8	8.0	7.5	7.0	

4.2.4. ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเตาอบความร้อนต้นทุ่นต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง

ผลการทดสอบต้นแบบเตาอบแบบพอเพียง พบว่า เมื่ออุณหภูมิการอบสูงขึ้นทำให้ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะมีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย โดยที่อุณหภูมิ 110°C มีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะน้อยที่สุด แต่เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้ยังไม่สุกดี แตกต่างกับเมื่อให้อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส และใช้เวลา 55 นาที ทำให้เนื้อเป็ดสุกพอดี จึงใช้ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ต่ำสุด (62.32 kJ/kg) กว่าอุณหภูมิอื่นที่สูงกว่าทำให้ผลิตภัณฑ์เปิดอบเกิดการไหม้ แต่ปรากฏว่ากลับได้รับค่าคะแนนความชอบอยู่ในเกณฑ์ชอบมากถึงมากที่สุด (เฉลี่ย = 8.3) เมื่อใช้อุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที ส่วนการใช้อุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 55 นาที นอกจากจะทำให้สิ้นเปลืองพลังงานแล้ว ยังทำให้คุณภาพ และค่าคะแนนความชอบลดลงอีกด้วย ดังตารางที่ 4.3

สำหรับค่าความแตกต่างระหว่างสีของผลิตภัณฑ์เนื้อเป็ดอบที่ผ่านการอบจากเตาอบแบบพอเพียง พบว่าแสงที่มองเห็นได้ (visible light) เป็นส่วนหนึ่งของ electromagnetic spectrum ช่วงคลื่นอยู่ในช่วง 500 - 770 nm มีค่าสูงขึ้นตามปริมาณอุณหภูมิที่สูงขึ้นด้วยดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แสดงอุณหภูมิและเวลาในการอบเป็ด

conditions	Performance Evaluation of Drying			
Temperature (°C)	Time (min)	SEC (kJ/kg)	Visible light (nm)	Characteristic of Product
110	45	53.45	500 – 575	Slightly complete
120	55	62.32	500 – 575	complete
210	45	125.43	575 - 590	Slightly burn
220	55	130.33	590 - 770	burn

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัย เพื่อออกแบบและประดิษฐ์เตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง และศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง บทนี้สรุปผลการวิจัยดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาเครื่องอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง สามารถทำการอบอาหารและผลิตภัณฑ์จากสัตว์ สามารถนำเข้าอบในถังอบอย่างง่าย ด้วยการออกแบบและประดิษฐ์ให้มีส่วนประกอบสำคัญ 7 ส่วน คือ ฝาถัง ถังอบ โครงฐานเตา ฝาครอบกันลม หัวเตา เกจวัดอุณหภูมิ และชุดอุปกรณ์ควบคุมการทำงาน โดยมีผลการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในภาพรวมเฉลี่ย 4.33 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.608 ความคิดเห็นอยู่ในระดับ เห็นด้วย ส่วนผลจากศึกษาประสิทธิภาพการทำงาน พบว่า ในด้านการใช้พลังงานจากแก๊สมีความคุ้มค่าเนื่องจากมีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะค่อนข้างต่ำ (SEC ต่ำที่ 62.32 kJ/kg) เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เตาอบที่แบบง่ายต้นทุนต่ำที่วางขายตามท้องตลาดโดยทั่วไป แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์และชิ้นส่วน และชนิดของอาหารที่นำมาอบ เตาอบสามารถควบคุมอุณหภูมิ และเวลาในการสุกได้ค่าความแม่นยำสูง มีค่าการยอมรับจากการพิจารณา ลักษณะภายนอกและการยอมรับจากการชิมให้ค่าคะแนนอยู่ในระดับ ชอบมาก ซึ่งมีค่าคะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเท่ากับ 8.0 จากผู้เชี่ยวชาญ

5.2 ข้อเสนอแนะ

การนำผลิตภัณฑ์ออกจากเครื่องอบยังมีปัญหาเรื่องการจัดวางเพื่อให้สุกพร้อมกันหากเป็นผลิตภัณฑ์ต่างชนิดกัน ยังขาดระบบการลำเลียงและการนำเข้าและนำออกเมื่อผลิตภัณฑ์ที่อบสุก เนื่องจากระยะเวลาการสุกของชิ้นผลิตภัณฑ์ที่รับความร้อนจากเตาอบสุกไม่พร้อมกันหากเป็นผลิตภัณฑ์หลายๆ ชนิดอบรวมๆ กัน และควรมีการพัฒนาศึกษาต่อการใช้เตาอบพลังงานให้สามารถใช้แหล่งพลังงานความร้อนได้จากการพาความร้อน การนำความร้อนและการแผ่รังสีภายในถังให้มีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานสูงสุด ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้งานกับแหล่งพลังงานความร้อนอื่นได้

บรรณานุกรม

- เจ้าของร้าน. (2562). **การวัดสี**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก <https://www.aballtechno.com/article/-color-measuring-color>. วันที่ค้นหา 2562, 4 มีนาคม
- ฉลอง สีแก้วสีว. (ม.ป.ป.). **Design of Experiment**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.geocities.ws/chalong_sri/why_DOE.htm. วันที่ค้นหา 2562, 15 กุมภาพันธ์
- บุญชัย แซ่สีว และณัฐธยาน์ โสกุล. (2559). **ลดของเสียจากกระบวนการบรรจุที่เกิดจากอาการของรั่ว**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://cite.dpu.ac.th/upload/content/files/Paper_59/Re-001-58-59.pdf. วันที่ค้นหา 2562, 19 กุมภาพันธ์
- ประเทือง โชคประเสริฐ และคณะ. (2554). **Sensory ประสาทสัมผัส**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก <http://lms.mju.ac.th/courses/297/locker>. วันที่ค้นหา 2562, 4 มีนาคม
- รัฐศักดิ์ พรหมมาศ และคณะ. (2557). **ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการอบแห้งไม้ยางพาราด้วยพลังงานไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนและระบบลำเลียงอย่างต่อเนื่องด้วยการวิเคราะห์พลังงานและเอ็กเซอจี**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก <http://repository.rmutr.ac.th/bitstream/handle/123456789/553/Fulltext.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. วันที่ค้นหา 2562, 19 กุมภาพันธ์
- ราชบัณฑิตยสถาน (2546 : 667). **ความหมายของประสิทธิภาพ**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก <http://dc.oas.psu.ac.th/dcms/files//03638/Chapter2.pdf>. วันที่ค้นหา 2562, 15 กุมภาพันธ์
- ฤทธิชัย สังฆทิพย์ และคณะ. (2557). **ศึกษาหาปัจจัยและระดับที่เหมาะสมในการผสมและขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบของวัสดุ เชิงประกอบระหว่างพอลิพรอพิลีนกับยางอนุภาคนาโนโดยประยุกต์ใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก <https://www.tci-thaijo.org/index.php/trujournal/article/view/56723/0>. วันที่ค้นหา 2562, 19 กุมภาพันธ์
- วิทยา สุมะลิ และ ระพี กาญจนะ. (2558). **ลดการเสีรूपของกรอบยัดในกระบวนการประกอบชิ้นส่วนหน้าจอโทรศัพท์มือถือ**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://researchs.eng.cmu.ac.th/UserFiles/File/Journal/25_1/13Wittaya.pdf. วันที่ค้นหา 2562, 19 กุมภาพันธ์
- อัครเดช ไม้จันทร์. (2559). **ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยในการทำงานกับประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานของพนักงานกลุ่มอุตสาหกรรมติดตั้งเครื่องจักรสายการผลิตในจังหวัดสงขลา**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก <https://core.ac.uk/download/pdf/154815316.pdf>. วันที่ค้นหา 2562, 19 กุมภาพันธ์
- Thermoscan Co., Ltd. บริษัท เทอร์โมสแกน จำกัด. (2555). **แสดงข้อมูลการทำงานของกล้องวัดอุณหภูมิ รุ่น FLIR T620**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก <http://www.flir.in.th/FLIRt620.html>. วันที่ค้นหา 2562, 19 กุมภาพันธ์
- Warisa Wisittipanich. (2558). **with Minitab**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://ie.eng.cmu.ac.th/IE2014/elearnings/2015_01/183/Minitab.pdf. วันที่ค้นหา 2562, 19 กุมภาพันธ์

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก แบบตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

แบบตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง

ผู้วิจัย นายโกศล พิทักษ์สัตยาพรต และ ว่าที่ร้อยตรี ศักดิ์ศิริชัยศรีสวัสดิ์

คำชี้แจง เชิญท่านพิจารณาข้อคำถามสำหรับการวิจัยแต่ละข้อว่า มีความเหมาะสม ไม่ขัดจริยธรรม สอดคล้องกับ เนื้อหา ของตัวแปรที่ศึกษาหรือไม่ ถ้าพิจารณาแล้วเห็นว่า สอดคล้องให้เขียน ✓ ที่ช่อง 1 = ไม่สอดคล้อง, 2 = ต้องปรับปรุงมาก, 3 = ปรับปรุงเล็กน้อย, 4 = 4 และกรุณาให้คำแนะนำ

1. แบบสัมภาษณ์เรื่อง การออกแบบและประดิษฐ์เตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง

ข้อที่	หัวข้อในการสอบถาม	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ				
		4	3	2	1	ข้อเสนอแนะ
1.	ความเหมาะสมของ การออกแบบ ความกว้าง ความยาว ความสูง และน้ำหนัก ของตัวเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง					
2.	ความเหมาะสมการออกแบบฝาถัง					
3.	ความเหมาะสมของการออกแบบถังอบ					
4.	ความเหมาะสมของการออกแบบ โครงฐานเตา					
5.	ความเหมาะสมของการออกแบบฝาครอบกันลม					
6.	ความเหมาะสมของการออกแบบชุดอุปกรณ์ควบคุมการทำงาน					
7.	ความพึงพอใจด้านเวลาในการทำงานเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง					
8.	ความพึงพอใจด้านอุณหภูมิในการทำงานของเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง					
9.	ความพึงพอใจด้านลักษณะทางภาพของเนื้อเป็ด					
10.	ความพึงพอใจด้านความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน					
11.	ความสะดวกในการเคลื่อนย้ายเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง					
12.	การทำความสะอาดและบำรุงรักษาเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง					

2. แบบทดสอบเรื่อง ลักษณะทางการภาพของเนื้อเป็ด

ข้อที่	หัวข้อในการสอบถาม	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ				
		4	3	2	1	ข้อเสนอแนะ
13	ลักษณะปรากฏ					
14	สี					
15	กลิ่น					
16	รสชาติ					
17	ความเหนียว					
18	ความชอบรวม					

ลงชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ

(.....)

วันที่เดือน.....พ. ศ.

ภาคผนวก ข ผลตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัย

ตารางที่ ข.1 ผลแบบตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

ข้อที่	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ											
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1				ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2				ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1				/				/				/
2			/					/				/
3			/					/				/
4				/			/					/
5				/				/				/
6				/				/				/
7				/			/					/
8				/			/				/	
9			/				/					/
10			/				/					/
11				/			/					/
12				/				/				/
13				/			/					/
14				/				/				/
15			/					/				/
16			/					/				/
17				/			/					/
18				/				/				/

จากตารางจะเห็นว่าผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็น 3-4 คะแนน 37 ข้อ ได้แก่ข้อ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 ดังนั้นคำนวณค่า CVI ได้ดังนี้ $18/18=1$ ดังนั้นความสอดคล้องของข้อคำถามมีค่าเท่ากับ 1 แสดงว่าข้อคำถามมีความตรงเชิงเนื้อหาทุกข้อ

ภาคผนวก ค คำสั่งแต่งตั้งผู้ทรงคุณวุฒิตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัย



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ โทร. ๑๔๑๓

ที่ กษ ว ๔๔๒ / ๒๕๖๒

วันที่ ๒๕ กรกฎาคม ๒๕๖๒

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัย

เรียน นายเอราวัณ ขาญพล

ด้วย นายโกศล พิทักษ์สัตยาพรต ตำแหน่ง อาจารย์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ กำลังดำเนินโครงการวิจัย เรื่อง การพัฒนาเตาอบความร้อน ต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง ซึ่งงานวิจัยนี้ต้องใช้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัย

ในการนี้ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ และประสบการณ์ในเรื่องดังกล่าว จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัย ทั้งนี้ ได้มอบหมายให้ นายโกศล พิทักษ์สัตยาพรต ผู้รับผิดชอบโครงการวิจัย เบอร์โทรศัพท์ ๐๘ ๓๑๖๗ ๓๕๗๐ เป็นผู้ประสานงานในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความกรุณาจากท่านด้วยดี จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

สืบท

(ดร.พิศุทธิ์ บัวเปรม)

คณบดีคณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ โทร. ๑๔๑๓

ที่ กษ ว ๔๔๒ / ๒๕๖๒

วันที่ ๒๕ กรกฎาคม ๒๕๖๒

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัย

เรียน นางสาวหทัยนุช จันทร์ชัยภูมิ

ด้วย นายโกศล พิทักษ์สัตยาพรต ตำแหน่ง อาจารย์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ กำลังดำเนินโครงการวิจัย เรื่อง การพัฒนาเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง ซึ่งงานวิจัยนี้ต้องใช้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัย

ในการนี้ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ และประสบการณ์ในเรื่องดังกล่าว จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัย ทั้งนี้ ได้มอบหมายให้ นายโกศล พิทักษ์สัตยาพรต ผู้รับผิดชอบโครงการวิจัย เบอร์โทรศัพท์ ๐๘ ๓๑๖๗ ๓๕๗๐ เป็นผู้ประสานงานในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความกรุณาจากท่านด้วยดี จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

สิบโท

(ดร.พิศุทธิ์ บัวเปรม)

คณบดีคณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ โทร. ๐๔๑๓

ที่ กษ ว ๔๔๒ / ๒๕๖๒

วันที่ ๒๕ กรกฎาคม ๒๕๖๒

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัย

เรียน นายธงชัย เครือผือ

ด้วย นายโกศล พิทักษ์สัตยาพรต ตำแหน่ง อาจารย์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ กำลังดำเนินโครงการวิจัย เรื่อง การพัฒนาเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง ซึ่งงานวิจัยนี้ต้องใช้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัย

ในการนี้ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ และประสบการณ์ในเรื่องดังกล่าว จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัย ทั้งนี้ ได้มอบหมายให้ นายโกศล พิทักษ์สัตยาพรต ผู้รับผิดชอบโครงการวิจัย เบอร์โทรศัพท์ ๐๘ ๓๑๖๗ ๓๕๗๐ เป็นผู้ประสานงานในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความกรุณาจากท่านด้วยดี จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

สืบท

(ดร.พิศุทธิ์ บัวเปรม)

คณบดีคณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

ภาคผนวก ง แบบสัมภาษณ์ เรื่อง การพัฒนาเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตาม
แนวเศรษฐกิจพอเพียง

แบบสัมภาษณ์
เรื่อง การพัฒนาเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง

คำชี้แจง

ให้ทำเครื่องหมาย ✓ ลงไปช่อง ☐ ในตอนที่ 1 ลงไปช่องระดับความคิดเห็น

ตอนที่ 1 ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อการออกแบบและประดิษฐ์เตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง

ระดับ 5 = เห็นด้วยอย่างยิ่ง 4 = เห็นด้วย 3 = ไม่แน่ใจ 2 = ไม่เห็นด้วย 1 = ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

ข้อที่	หัวข้อในการสัมภาษณ์	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
1.	ความเหมาะสมของ การออกแบบ ความกว้าง ความยาว ความสูง และน้ำหนัก ของตัวเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง					
2.	ความเหมาะสมการออกแบบฝาถัง					
3.	ความเหมาะสมของการออกแบบถังอบ					
4.	ความเหมาะสมของการออกแบบ โครงฐานเตา					
5.	ความเหมาะสมของการออกแบบฝาครอบกันลม					
6.	ความเหมาะสมของการออกแบบชุดอุปกรณ์ควบคุมการทำงาน					
7.	ความพึงพอใจด้านเวลาในการทำงานเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง					
8.	ความพึงพอใจด้านอุณหภูมิในการทำงานของเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง					
9.	ความพึงพอใจด้านลักษณะทางกายภาพของเนื้อเป็ด					
10.	ความพึงพอใจด้านความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน					
11.	ความสะดวกในการเคลื่อนย้ายเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง					
12.	การทำความสะอาดและบำรุงรักษาเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง					

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ภาคผนวก จ การออกแบบและประดิษฐ์เตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนว
เศรษฐกิจพอเพียง



ภาพที่ จ.1 การออกแบบและเจาะถึงสำหรับติดตั้งเกจวัดอุณหภูมิ



ภาพที่ จ.2 การเชื่อมตัวยึดเกจวัดอุณหภูมิ



ภาพที่ จ.3 ปรับแต่งหัวเตาสำหรับติดตั้งตัวควบคุมการทำงานหัวเตา



ภาพที่ จ.4 ต่ออุปกรณ์ควบคุมแก๊สและตัวจุดหัวเตา



ภาพที่ จ.5 การออกแบบวงจรควบคุมการทำงาน



ภาพที่ จ.6 ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการทำงานกับเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง



ภาพที่ จ.7 ทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมการทำงาน



ภาพที่ จ.8 ทดสอบการทำงานของเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง

ภาคผนวก ฉ การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำ
ตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง



ภาพที่ จ.1 การเตรียมก่อนการทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน



ภาพที่ จ.2 การทดสอบตามแผนการทดลอง



ภาพที่ ฉ.3 สภาพเปิดที่อบเสร็จใหม่ๆ



ภาพที่ ฉ.4 สภาพเปิดที่ทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้อง

ภาคผนวก ข แบบทดสอบการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านอาหาร

แบบทดสอบประสาทสัมผัสด้านอาหาร

คำชี้แจง :

แบบทดสอบนี้เป็นการทดสอบการยอมรับเปิดอบ ของผู้บริโภค จึงขอความร่วมมือในการแสดงความคิดเห็น โดยข้อมูลของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปพัฒนาและปรับปรุงผลิตภัณฑ์ต่อไป โปรดใส่หมายเลข ลงในข้อที่ตรงกับความเป็นจริงของท่าน

โดยให้ท่านบอกระดับความชอบของปัจจัยเป็นคะแนนความสำคัญ 1 – 9 (1=ไม่ชอบมากที่สุด, 2 = ไม่ชอบมาก 3=ไม่ชอบปานกลาง, 4=ไม่ชอบเล็กน้อย, 5=เฉย, 6=ชอบเล็กน้อย, 7=ชอบปานกลาง, 8=ชอบมาก และ 9 = ชอบมากที่สุด) กรุณาตอบทุกข้อ

คุณลักษณะ	ผู้เชี่ยวชาญคนที่.....	ข้อเสนอแนะ
ลักษณะปรากฏ		
สี		
กลิ่น		
รสชาติ		
ความเหนียว		
ความชอบรวม		
คะแนนรวม		

ภาคผนวก ซ คำสั่งแต่งตั้งผู้เชี่ยวชาญด้านประสาธน์มผัส (อาหาร)



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ โทร. ๑๔๑๓

ที่ กษ ว ๔๔๑ / ๒๕๖๒

วันที่ ๒๕ กรกฎาคม ๒๕๖๒

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านประสาทสัมผัส (อาหาร)

เรียน นางชนิรัตน์ ผึ้งบรรหาร

ด้วย นายโกศล พิทักษ์สัตยาพรต ตำแหน่ง อาจารย์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ กำลังดำเนินโครงการวิจัย เรื่อง การพัฒนาเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง ซึ่งงานวิจัยนี้ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญด้านประสาทสัมผัส (อาหาร)

ในการนี้ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ และประสบการณ์ในเรื่องดังกล่าว จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านประสาทสัมผัส (อาหาร) ทั้งนี้ ได้มอบหมายให้ นายโกศล พิทักษ์สัตยาพรต ผู้รับผิดชอบโครงการวิจัย เบอร์โทรศัพท์ ๐๘ ๓๑๖๗ ๓๕๗๐ เป็นผู้ประสานงานในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความกรุณาจากท่านด้วยดี จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

สืบท

(ดร.พิศุทธิ์ บัวเปรม)

คณบดีคณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ โทร. ๑๔๑๓

ที่ กษ ว ๔๔๑ / ๒๕๖๒

วันที่ ๒๕ กรกฎาคม ๒๕๖๒

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านประสาทสัมผัส (อาหาร)

เรียน นายวิญญู พันธุ์โต

ด้วย นายโกศล พิทักษ์สัตยาพรต ตำแหน่ง อาจารย์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ กำลังดำเนินโครงการวิจัย เรื่อง การพัฒนาเตาอบความร้อน ต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง ซึ่งงานวิจัยนี้ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญด้านประสาทสัมผัส (อาหาร)

ในการนี้ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ และประสบการณ์ในเรื่องดังกล่าว จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านประสาทสัมผัส (อาหาร) ทั้งนี้ ได้มอบหมายให้ นายโกศล พิทักษ์สัตยาพรต ผู้รับผิดชอบโครงการวิจัย เบอร์โทรศัพท์ ๐๘ ๓๑๖๗ ๓๕๗๐ เป็นผู้ประสานงานในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความกรุณาจากท่านด้วยดี จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

สืบท

(ดร.พิศุทธิ์ บัวเปรม)

คณบดีคณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ โทร. ๐๔๓๓

ที่ กษ ว ๔๔๑ / ๒๕๖๒

วันที่ ๒๕ กรกฎาคม ๒๕๖๒

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านประสาทสัมผัส (อาหาร)

เรียน นางสาวบุษบากร คงเรือง

ด้วย นายโกศล พิทักษ์สัตยาพรต ตำแหน่ง อาจารย์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ กำลังดำเนินโครงการวิจัย เรื่อง การพัฒนาเตาอบความร้อน ต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง ซึ่งงานวิจัยนี้ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญด้านประสาทสัมผัส (อาหาร)

ในการนี้ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ และประสบการณ์ในเรื่องดังกล่าว จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านประสาทสัมผัส (อาหาร) ทั้งนี้ ได้มอบหมายให้ นายโกศล พิทักษ์สัตยาพรต ผู้รับผิดชอบโครงการวิจัย เบอร์โทรศัพท์ ๐๘ ๓๑๖๗ ๓๕๗๐ เป็นผู้ประสานงานในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความกรุณาจากท่านด้วยดี จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

สืบท

(ดร.พิศุทธิ์ บัวเปรม)

คณบดีคณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

ภาคผนวก ฅ การประเมินประสาคสัมพัศ (อาหาร)ของผลิถภัณห์หลัการอบ
ด้วยเตาอบควมร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง



ภาพที่ ฅ.1 ภาพผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบด้วยเตาอบความร้อนต้นทุนต่ำตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง



ภาพที่ ฅ.2 การจัดเตรียมสถานที่เพื่อทำการประเมินประสาทสัมผัส(อาหาร)



ภาพที่ ฅ.3 การเตรียมการประเมินประสาทสัมผัส (อาหาร)



ภาพที่ ฅ.4 กระบวนการประเมินประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบ 1



ภาพที่ ฅ.5 กระบวนการประเมินประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบ 2



ภาพที่ ฅ.6 กระบวนการประเมินประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบ 3

ประวัตินักวิจัย

ประวัตินักวิจัย

ประวัติผู้รับผิดชอบแผนงานวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายโกศล พิทักษ์สัตยาพรต
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Koson Pitaksuttayaprot.
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน -
3. ตำแหน่งปัจจุบัน
พนักงานมหาวิทยาลัย คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
4. หน่วยงานและสถานที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)
หลักสูตรอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
โทร. 0-5671-7151 โทรสาร.0-5671-7151 มือถือ. 0-831-67357-0
E-mail : kosonpit@hotmail.com
5. ประวัติการศึกษา

ปี 2552	ค.อ.ม. ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปี 2544	อ.ส.บ. อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นหัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย
 - 7.1 หัวหน้าโครงการวิจัย : -
 - 7.2 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :
 1. ชุดทดลองการสื่อสารด้วยคลื่นวิทยุระบบแอมพลิฟายด์มอดูเลชัน, 2552.
 2. Electrical Engineering Network 2012 of Rajamahgala University of Technology (EENET 2012) “Realization of Electronic Tunable Current-mode Quadrature Oscillator Based on Third Order Technique” Koson Pitaksuttayaprot & Kritphon Phanrattanachai, 2555.
 3. Implementation of Second Order Current – mode Quadrature Sinusoidal Oscillator with Current Controllability ในการประชุมวิชาการระดับนานาชาติ World Academy of Science Engineering and Technology ณ เมืองมาดริด ประเทศสเปน, 2556.

4. ICEAS-1835 MISO Current-mode Biquad Filter with Independent Control of Pole Frequency and Quality Factor ใน Conference Program 2013' **大阪** Osaka, 2556.

ผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ – นามสกุล
ว่าที่ ร.ต. ศักดิ์ศิริชัย ศรีสวัสดิ์
Acting Sub LT. Saksirichai Srisawad
2. หมายเลขบัตรประชาชน
-
3. ตำแหน่งปัจจุบัน
พนักงานมหาวิทยาลัย สายวิชาการ
4. ตำแหน่งทางวิชาการ
-
5. หน่วยงานและสถานที่ติดต่อได้สะดวก
สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 83 หมู่ 11 ต.สะเดียง อ.เมือง
จ.เพชรบูรณ์ 67000 โทรศัพท์ 056-717164, 0-8002-8888-3
โทรสาร 056-717164 E-mail :
seksunsek@hotmail.com
6. ประวัติการศึกษา
ค.ม. (เทคโนโลยีอุตสาหกรรม) มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
วท.บ. (เทคโนโลยีการผลิต) สถาบันราชภัฏเพชรบูรณ์
7. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ
การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิต
งานเขียนแบบด้วยคอมพิวเตอร์
งานเทคโนโลยีเครื่องมือกล
เทคโนโลยีอุตสาหกรรม และเทคโนโลยีการเกษตร
8. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย
 - 8.1 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย
 - 8.1.1 การศึกษาและพัฒนาเครื่องปั่นสมุนไพร
 - 8.1.2 การพัฒนาประสิทธิภาพและสร้างชุดถอดรอกมะขาม
 - 8.1.3 ชุดกลไกการกรอกน้ำจิ้ม
 - 8.1.4 การศึกษาสมรรถนะของชุดถอดรอกมะขาม :

กรณีศึกษา

มะขามหวานพันธุ์ประกายทอง

8.1.5 การออกแบบและประดิษฐ์เครื่องฉีก้านใบยาสำหรับ
กลุ่มเกษตรกรจังหวัดเพชรบูรณ์.2558

8.1.6 การวิจัยและพัฒนาเครื่องฉีก้านใบยาสำหรับกลุ่ม
เกษตรกรจังหวัดเพชรบูรณ์. 2559

8.1.7 การถ่ายทอดเทคโนโลยีการประดิษฐ์สื่อเกราะกัน
กระสุนอินทิล สำหรับเจ้าหน้าที่รัฐ. 2560

8.1.8 ความต้องการใช้เทคโนโลยีเครื่องฉีก้านใบยาและ
การถ่ายทอดเทคโนโลยีกับเกษตรกรในจังหวัดเพชรบูรณ์. 2561

8.1.9 การออกแบบและประดิษฐ์เครื่องตัดก้อนมะขามแปรรูป
สำหรับวิสาหกิจชุมชนดวงทอง จังหวัดเพชรบูรณ์.2561

8.1.10 การจัดการเทคโนโลยีเครื่องรีดเส้นใยธรรมชาติ
สำหรับกลุ่มเครื่องจักสาน อำเภอเขาค้อ : กรณีศึกษานายาว ตำบลทุ่งสมอ จังหวัดเพชรบูรณ์.
2562

8.2 ผู้ร่วมวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

8.2.1 การพัฒนาสารไทเทเนียมไดออกไซด์เคลือบบนวัสดุ
กันกระแทกเพื่อยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้หลังการเก็บเกี่ยว. 2558

8.2.2 การออกแบบและประดิษฐ์เครื่องหั่นสมุนไพรว่านชัก
มดลูกเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปสมุนไพรในจังหวัดเพชรบูรณ์. 2559

8.2.3 การวิจัยและพัฒนาสื่อเกราะกันกระสุนอินทิล เพื่อ
การใช้งานสำหรับเจ้าหน้าที่รัฐชั้นประทวนในจังหวัดเพชรบูรณ์. 2560

8.2.4 การจัดการเทคโนโลยีการอบแห้งสมุนไพรว่านชัก
มดลูกด้วยเครื่องอบแห้งสองพลังงาน สำหรับกลุ่มผู้ประกอบการสมุนไพรอบแห้ง อำเภอเขาค้อ
จังหวัดเพชรบูรณ์.2560

8.2.5 การออกแบบและสร้างอุปกรณ์ช่วยเหลือลูกประคบ.
2561