

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนากระบวนการคั่วพริกแบบถ้งหมุน

DEVELOPMENT OF A CHILI ROASTING PROCESS
IN THE ROTATING DRUM



T119502

วัชรพล อร่ามเรือง

เกศทิพย์ ตันติบุรณกุล

จินต์จุฑา จิรประเสริฐวงศ์

จุไรรัตน์ สมิตธิกุล

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน...119502
วัน,เดือน,ปี...8 S.A. 2554

b.....
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**DEVELOPMENT OF A CHILI ROASTING PROCESS
IN THE ROTATING DRUM**



**WATCHARPON ARAMRUANG
KEDTHIP TANTIBURANAKUN
JINJUTA JIRAPRASERTWONG
JULAIRAT SAMITTIKUL**

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN FOOD ENGINEERING
FACULTY OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2010**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2553

สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การพัฒนากระบวนการคั่วพริกแบบถ้งหมูน

ผู้จัดทำ

นายวัชรพล อร่ามเรือง

นางสาวเกศทิพย์ ตันติบุรณกุล

นางสาวจินต์จุฑา จิรประเสริฐวงศ์

นางสาวจุไรรัตน์ สมิทธิกุล



อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์สมักร รักแม่)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การพัฒนากระบวนการคั่วพริกแบบดั้งเดิม
นักศึกษา	นายวัชรพล อร่ามเรือง นางสาวเกศทิพย์ ดันติบุรณกุล นางสาวจินต์จุฑา จิรประเสริฐวงศ์ นางสาวจุไรรัตน์ สมิทธิกุล
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์สมัคร รักแม่
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอาหาร
ปีการศึกษา	2553

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตพริกป่น โดยได้ออกแบบเครื่องคั่วพริก มีส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน คือ ตัวถัง ตะแกรง ท่อลมและรางไฟ หลังจากออกแบบและสร้างเครื่อง ได้ทำการทดลอง 3 ครั้ง โดยใช้พริกชี้หนูแห้ง ผลใหญ่พันธุ์จินดาเป็นวัตถุดิบในการคั่วคือ การคั่วโดยไม่ช่วยระบายอากาศและมีการคั่วโดยระบายอากาศทุกๆ 5 นาทีเป็นเวลา 30 วินาที ด้วยอากาศที่มีอัตราการไหล 0.219 และ 0.314 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที ตามลำดับ ใช้เวลา 30.5 นาที, 28.4 นาที และ 36.8 นาที ในการคั่วให้ความชื้นที่ 5 %wb ตามลำดับ และพบว่าการเติมลมเข้าไปมากจะทำให้ใช้เวลาการคั่วมากขึ้น จากการทดลองทั้ง 3 ครั้งได้แบบจำลองจลนพลศาสตร์การอบแห้งของ Modified Page มาใช้ในการทำนายผล รวมทั้งได้ทำการวัดค่าสีของพริกคั่วด้วยระบบ C.I.E.LAB (L^*, a^*, b^*) เมื่อวิเคราะห์ถึงสีของพริกที่เปลี่ยนไปพบว่าการระบายอากาศจะทำให้พริกมีสีแดงคล้ำน้อยกว่าการทดลองครั้งอื่นในการคั่วที่เวลาเดียวกัน โดยการออกแบบและสร้างเครื่องคั่วพริกนี้ สามารถแก้ไขปัญหาความต้องการทางด้านความชื้น ซึ่งช่วยลดระยะเวลาและลดพลังงานในกระบวนการผลิตพริกคั่วได้

Project Title	Development of a Chili Roasting Process in the Rotating Drum
Students	Mr. Watcharapon Aramruang Miss Kedthip Tantiburanakun Miss Jinjuta Jiraprasertwong Miss Julairat Samittikul
Project Advisor	Samak Rakmae
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Food Engineering
Academic Year	2010

ABSTRACT

This research project is a study to improve the process of chili roasting. The designed chili roasting machine has four main components such as rotating drum, sieve plate, ventilation duct and pipe burner. The bird chili pepper was used as the sample of the experiments and three experiments in this study were roasting without ventilation and ventilations while roasting that were activated every 5 minutes for 30 seconds with the air flow rate of 0.219 and 0.314 cubic meters per minute. The roasting times for the moisture of chili reached to 5% wb were 30.5 minutes, 28.4 minutes and 36.8 minutes, respectively, and found that the addition of the more ventilation into the roaster will take longer the roasting time but if the optimum ventilation were used then the roasting time will reduce compared to the time of without ventilation process . From the experiments, the drying kinetics modeling of the Modified Page was used to predict the results. The CIELAB (L *, a *, b *) system were used to measure the colors of the roasted chili. The results found that the red color of the chili with the added ventilation had a little changed when compared to the process without ventilation. The designed chili roasting machine improved the moisture ventilation problem that could reduce roasting time and energy consumption in the processing.

กิตติกรรมประกาศ

ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ อาจารย์สมักร รักแม่ ที่ให้คำปรึกษา แนะนำตลอด
โครงการและตรวจทานปริยญาณิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ รวมทั้งให้ความช่วยเหลือในด้าน
ต่างๆ แก่ผู้จัดทำจนทำให้ปริยญาณิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบัน
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่ช่วยประสิทธิประสาทวิชาความรู้
รวมทั้งให้คำปรึกษา และแนะนำในทุกๆด้าน

ขอขอบคุณ คุณอำนาจ กุตะคุ(พี่แมน) ที่สละเวลาคอยช่วยเหลือจนชิ้นงานสำเร็จลุล่วงด้วยดี
รวมทั้งเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาทุกท่าน และเพื่อนๆ ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ จนทำให้
ปริยญาณิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

สุดท้ายขอขอบพระคุณ พ่อ แม่ ที่ให้กำลังใจ ทุ่มเท ความห่วงใย และโอกาสได้ศึกษา
เล่าเรียนตลอดจนให้การสนับสนุนเป็นอย่างดีเสมอมา

นายวัชรพล อร่ามเรือง

นางสาวเกศทิพย์ ตันติบุรณกุล

นางสาวจินต์จุฑา จิระประเสริฐวงศ์

นางสาวจุไรรัตน์ สมิตธิกุล

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์และเป้าหมายของโครงการ.....	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 งานตรวจเอกสาร.....	3
2.1 ข้อมูลเบื้องต้นของพริก.....	3
2.1.1 ประโยชน์ของพริก.....	4
2.1.2 พันธุ์พริกในไทย.....	5
2.2 การทำพริกแห้ง.....	6
2.3 ราคาและความเคลื่อนไหวของพริก.....	7
2.4 พริกแห้งและพริกป่น.....	8
2.4.1 การเก็บรักษาพริกแห้งและพริกป่น.....	8
2.4.2 คุณภาพพริกแห้งและพริกป่น.....	8
2.4.3 สีของพริกป่น.....	9
2.5 การวัดค่าสีของพริกคั่ว.....	10
2.6 ความชื้น.....	10
2.7 ทฤษฎีการอบแห้ง.....	11
2.7.1 กลไกการอบแห้ง.....	11
2.7.2 รูปแบบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุในเครื่องอบ.....	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.7.3 การถ่ายเทความร้อนในเครื่องอบ.....	13
2.8 การคั่ว.....	14
2.9 วิธีการคั่ว.....	15
2.9.1 วิธีชาวบ้าน.....	15
2.9.2 วิธีที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม.....	15
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	15
บทที่ 3 การออกแบบ.....	18
3.1 จุดมุ่งหมายของโครงการพัฒนากระบวนการคั่วพริกแบบถ้งหมูน.....	18
3.2 ส่วนประกอบเครื่องคั่วพริกแบบถ้งหมูน.....	18
3.3 การทำงานของเครื่องคั่วพริกแบบถ้งหมูน.....	20
3.4 การออกแบบเครื่องคั่วพริกแบบถ้งหมูน.....	20
3.4.1 ส่วนของตัวถ้ง.....	20
3.4.2 ส่วนของตะแกรงระบายอากาศ.....	20
3.4.3 ท่อระบายอากาศ.....	21
3.4.4 ส่วนของรางไฟ.....	22
3.4.5 โครงเหล็ก.....	22
บทที่ 4 วิธีการทดลองและผลการทดลอง.....	24
4.1 จุดประสงค์การทดลอง.....	24
4.2 วัสดุอุปกรณ์การทดลอง.....	24
4.3 วิธีการทดลอง.....	24
4.3.1 ขั้นตอนการทดลอง.....	24
4.3.2 ผลการทดลอง.....	25
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	29
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	29
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บรรณานุกรม.....	30
ภาคผนวก	32
ภาคผนวก ก การใช้โปรแกรม SPSS วิเคราะห์สมการแบบจำลองজনศาสตร์ การอบแห้งแบบชั้นบาง.....	33
ภาคผนวก ข ผลการทดลอง.....	41
ภาคผนวก ค ภาพแสดงส่วนประกอบต่างๆของเครื่องคั่วพริกแบบถ้งหมุน.....	47



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตัวอย่างพริกพันธุ์ต่างๆที่ปลูกในประเทศไทย โดยแบ่งตามความเผ็ด และขนาดความยาวผล.....	5
2.2 ราคาพริก.....	7
2.3 คุณภาพผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมพริกแห้งและพริกป่น (มอก.457 – 2526).....	9
4.1 ค่าคงตัวของแบบจำลองจลนพลศาสตร์การอบแห้งที่ได้จากการวิเคราะห์ สมการถดถอย.....	25
4.2 แสดงการวิเคราะห์ค่า L^*	27
4.3 แสดงการวิเคราะห์ ค่า a^*	27
4.4 แสดงการวิเคราะห์ ค่า b^*	28
ข.1 การทดลองแบบไม่เป่าลม.....	41
ข.2 การทดลองแบบไม่เป่าลม.....	42
ข.3 การทดลองแบบเป่าลมน้อย ($Q=0.219 \text{ m}^3/\text{min}$).....	43
ข.4 การทดลองแบบเป่าลมน้อย ($Q=0.219 \text{ m}^3/\text{min}$).....	44
ข.5 การทดลองแบบเป่าลมมาก ($Q=0.314 \text{ m}^3/\text{min}$).....	45
ข.6 การทดลองแบบเป่าลมมาก ($Q=0.314 \text{ m}^3/\text{min}$).....	46

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ดัชนีพริก.....	4
2.2 พริกแห้ง.....	6
2.3 การเคลื่อนที่ของความชื้นระหว่างการอบแห้ง.....	12
2.4 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในเครื่องอบแบบเบซ.....	13
2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาในระหว่างการอบแห้ง(เกรียงศักดิ์, 2553).....	13
2.6 อัตราการอบแห้งกับความชื้นอิสระ(เกรียงศักดิ์, 2553).....	14
2.7 การคั่วในกระทะ.....	15
2.8 เครื่องคั่วพริกและป่นพริก.....	16
2.9 เครื่องคั่วพริกแห้ง.....	17
2.10 เครื่องอบแห้งลำไยแบบถังหมุน.....	17
3.1 เครื่องคั่วพริกแบบถังหมุนที่ได้ออกแบบลงโปรแกรม Solidworks.....	19
3.2 ตัวถัง.....	20
3.3 ตะแกรง.....	21
3.4 ท่อระบายอากาศ.....	21
3.5 ส่วนประกอบตัวถังของเครื่องคั่วพริกแบบถังหมุน.....	22
3.6 รางไฟ.....	22
3.7 โครงเหล็กของเครื่องคั่วพริกแบบถังหมุน.....	23
3.8 เครื่องคั่วพริกแบบถังหมุนที่ได้สร้างขึ้น.....	23
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้น(%db) กับเวลา(นาที).....	26
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้น(MR) กับเวลา(นาที) จากแบบจำลอง ของModified Page.....	27
ก.1 หน้าต่างแรกของโปรแกรม SPSS.....	33
ก.2 ส่วนของ Data View.....	34
ก.3 การเปลี่ยนชื่อตัวแปร.....	34
ก.4 การเลือก Analyze.....	35
ก.5 การเลือก MR เป็น Dependent.....	35

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก.6 หน้าต่างหลังจากเลือก Parameters	36
ก.7 การเลือก Constraints	36
ก.8 การเลือก Constraints(ต่อ)	37
ก.9 การ save โปรแกรม	37
ก.10 การ save โปรแกรม(ต่อ)	38
ก.11 เลือก OK เพื่อแสดงผล	38
ก.12 ผลการคำนวณ	39
ก.13 ผลการคำนวณ(ต่อ)	39
ก.14 ค่าที่ได้จากการคำนวณ	40
ค.1 แสดงส่วนประกอบของเครื่องควัฟริก	47
ค.2 ถังควัฟริก	47
ค.3 ลักษณะการเปิดฝาถังควั	48
ค.4 ฝาถังควั	48
ค.5 ด้านข้างของตัวถัง	49
ค.6 ตะแกรงระบายอากาศ	49
ค.7 ท่อระบายอากาศ	50
ค.8 รางไฟ	50
ค.9 โครงเหล็ก	51
ค.10 ฐานรองสำหรับติดตั้งมอเตอร์	51
ค.11 การติดตั้งมอเตอร์และรางไฟ	52
ค.12 การติดตั้งพู่เล่ สายพาน และมอเตอร์	52
ค.13 แสดงสีฟริกของการทดลองแบบไม่เป่าลม	53
ค.14 แสดงสีฟริกของการทดลองแบบเป่าลมน้อย($Q=0.219 \text{ m}^3/\text{min}$)	53
ค.15 แสดงสีฟริกของการทดลองแบบเป่าลมมาก($Q=0.314 \text{ m}^3/\text{min}$)	54

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

พริก เป็นพืชที่มีความสำคัญในชีวิตประจำวันและสำคัญในทางเศรษฐกิจของประเทศไทย เนื่องจากใช้เป็นเครื่องปรุงแต่งรสอาหาร และใช้ในทางอุตสาหกรรมอาหาร พริกเป็นพืชที่มีคุณค่าทางอาหารให้วิตามินและแร่ธาตุหลายชนิด ปัจจุบันการส่งออกผลิตภัณฑ์ แปรรูปพริก โดยเฉพาะพริกแห้งและพริกป่นมีการขยายตัวอย่างมาก การนำพริกมาแปรรูปเป็นการยืดอายุการเก็บรักษา โดยการแปรรูปพริกนั้นทำได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ เช่น พริกแห้ง พริกป่น พริกคั่ว เป็นต้น การแปรรูปพริกเป็นพริกคั่วในระดับครัวเรือนนั้น เริ่มจากการนำพริกสดมาตากแดดให้แห้ง จะได้เป็นพริกแห้ง แล้วทำให้สุก โดยการคั่วในกระทะที่มีอุณหภูมิพอเหมาะ ต้องมีการคนหรือคั่วอยู่ตลอดเวลาเพื่อให้ความร้อนกระจายอย่างทั่วถึงจนพริกสุก โดยสังเกตได้จากสีและกลิ่นในระหว่างการคั่ว ซึ่งหากนำวิธีนี้มาใช้ในระดับอุตสาหกรรม ทำให้ได้พริกในปริมาณน้อยและใช้ระยะเวลานาน ปัจจุบันในระดับอุตสาหกรรม จึงมีการนำเครื่องคั่วพริกที่ผ่านการคิดค้นมาใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยเครื่องคั่วพริกที่นำมาใช้ มีการออกแบบโดยใช้มอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อนให้ถังหมุนไปพร้อมกับแกนหมุน ให้ความร้อนโดยหัวเตาแก๊ส และมีช่องระบายอากาศเป็นกลุ่มเล็กๆ ซึ่งอาศัยหลักการการถ่ายเทความร้อนทำให้พริกสุก แต่เครื่องคั่วพริกนั้นยังมีประสิทธิภาพต่ำ ไม่สามารถตอบสนองความต้องการ ในเรื่องอัตราการผลิตและคุณภาพของพริกคั่วให้เป็นไปตามความต้องการของลูกค้าได้

ข้อมูลของผู้ประกอบการที่ได้นำมาทำการวิจัยพบว่า การคั่วพริกโดยใช้เครื่องคั่วพริกแบบถังหมุน ยังมีความชื้นของพริกหลังการคั่วสูงกว่าความต้องการของลูกค้า จึงต้องนำมาผ่านกระบวนการอบแห้งอีกครั้ง ซึ่งถือเป็นการสิ้นเปลืองทั้งพลังงานและระยะเวลา ทำให้มีต้นทุนในการผลิตสูงและความสามารถในการผลิตลดลง จากปัญหาดังกล่าวงานวิจัยนี้จึงได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องคั่วพริกแบบถังหมุน โดยได้ปรับปรุงแกนหมุนให้มีลักษณะกลวงและเจาะรูรอบแกนหมุนสำหรับต่อท่อลมจากเครื่องเป่าลม เป่าระบายความชื้นที่เกิดขึ้นในขณะคั่ว ส่วนบริเวณด้านข้างของตัวถังทำเป็นช่องระบายอากาศโดยใช้ตะแกรงเป็นตัวยึดติดกับตัวถัง ซึ่งผู้ทำการวิจัยมุ่งหวังให้

เครื่องควัฟริกแบบถังหมุนมีประสิทธิภาพมากขึ้น สามารถนำเครื่องควัฟริกแบบถังหมุนที่ได้ปรับปรุงไปใช้งาน ได้จริงในภาคอุตสาหกรรม

1.2 วัตถุประสงค์และเป้าหมายของโครงการ

1. เพื่อพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพของเครื่องควัฟริกแบบถังหมุนในระดับอุตสาหกรรม
2. เพื่อลดระยะเวลาและเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตควัฟริก

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เครื่องควัฟริกแบบถังหมุนมีประสิทธิภาพดีขึ้น สามารถลดความชื้นในผลิตภัณฑ์สุดท้าย หลังจากการควัได้ตามความต้องการ
2. เพื่อลดระยะเวลาและขั้นตอนในกระบวนการผลิตให้น้อยที่สุด
3. เพื่อลดต้นทุนและพลังงานในการกระบวนการผลิต
4. สามารถนำเครื่องควัฟริกแบบถังหมุนไปใช้งาน ได้จริงในภาคอุตสาหกรรม

บทที่ 2

งานตรวจเอกสาร

2.1 ข้อมูลเบื้องต้นของพริก

พริกจัดอยู่ในตระกูล Solanaceae (Nightshade family) เช่นเดียวกับ มะเขือ มะเขือเทศ มันฝรั่ง และยาสูบ พืชในตระกูลนี้มีอยู่ประมาณ 90 สกุล (genera) หรือ 2,000 ชนิด (Species) โดยทั่วไปเป็นได้ทั้งพืชล้มลุก ไม้พุ่มและไม้ยืนต้นขนาดเล็ก ซึ่งกระจายอยู่ทั่วโลก แต่ส่วนใหญ่เจริญอยู่ในเขตร้อน พริกจัดอยู่ในสกุล Capsicum มีลักษณะรากเป็นระบบรากลึกลงมาก เมื่อโตเต็มที่จะมีรากฝอยหาหินอย่างหนาแน่นมาก ลำต้นและกิ่งในระยะต้นอ่อนจะเป็นลักษณะไม้เนื้ออ่อน เมื่อมีอายุมากขึ้นลำต้นและกิ่งจะยิ่งแข็งเหมือนไม้เนื้อแข็งมากขึ้น แต่กิ่งหรือต้นยังคงเปราะและหักง่าย ลำต้นเมื่อยังอ่อนมีลักษณะเป็นสีเขียวและมีขนสั้น และจะกลมเรียบขึ้นเมื่ออายุมากขึ้น และมีสีเทาน้ำตาล หรือบางพันธุ์มีสีม่วงที่ข้อ กิ่งหรือใบ ส่วนใบเป็นแบบใบเดี่ยว มีลักษณะแบนเรียบ มีขนบ้างเล็กน้อย มีรูปร่างตั้งแต่รูปไข่ไปจนถึงเรียวยาว ขนาดใบมีต่างๆกัน ใบพริกหวานมีขนาดค่อนข้างใหญ่ ใบพริกขี้หนู โดยทั่วไปมีขนาดเล็ก มีสีเขียวอ่อน ไปจนถึงเขียวเข้ม ในบางพันธุ์อาจมีสีม่วงหรือขีดขาวปน ดอกเป็นดอกเดี่ยว เกิดที่ข้อ ตรงมุมที่เกิดใบหรือกิ่งส่วนประกอบของดอก ประกอบด้วย กลีบรองดอก กลีบดอก มีสีขาว ครีมน้ำตาล ไปจนถึงเขียวอ่อน แต่บางพันธุ์อาจมีสีม่วง มีเกสรตัวผู้ อับเกสรตัวผู้ เกสรตัวเมีย และรังไข่ พริกเป็นพืชที่ตอบสนองต่อช่วงวัน มักออกดอกและติดผลในสภาพวันสั้น หากในระหว่างการเจริญเติบโตได้รับสภาพวันยาว พริกจะออกดอกล่าช้าออกไปอีก ผลพริกเป็นประเภท Berry ที่มีลักษณะเป็นกระเปาะ มีฐานขั้วผล (Peduncle) สั้นและหนา ผลมีลักษณะตั้งแต่แบนๆ กลมยาว จนถึง พอง อ้วน สั้น ขนาดผลมีตั้งแต่ขนาดผลเล็กๆ ไปจนกระทั่งที่มีผลขนาดใหญ่ ผนังผลมีตั้งแต่บางไปจนถึงหนาขึ้นอยู่กับพันธุ์และสิ่งแวดล้อม เมื่อผลแก่สุกอาจเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นแดงหรือเหลือง พร้อมๆกับการแก่ของเมล็ด ผลพริกมีความเผ็ดแตกต่างกันไป บางพันธุ์เผ็ดจัด บางพันธุ์ไม่เผ็ดเลย ฐานของผลอาจแบ่งได้เป็น 2-4 ห้อง ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนในพริกหวานทั่วไป แต่พริกที่มีขนาดผลเล็กอาจสังเกตได้ยาก ในบางพันธุ์อาจดูเหมือนว่าภายในมีเพียงห้องเดียวโดยตลอด เนื่องจาก septae ไม่เจริญยาวตลอดถึงปลายผล เมล็ดจะเกิดเกาะรวมกันอยู่ที่รก (Placenta) ซึ่งมีตั้งแต่โคนจนถึงปลายผล โดยส่วนที่นำมาบริโภคได้ก็คือ ผลและเมล็ดของพริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 ประโยชน์ของพริก

พริกมีคุณค่าทางด้านอาหารและโภชนาการ เนื่องจากเป็นแหล่งให้วิตามินและเกลือแร่ที่สำคัญหลายชนิด ได้แก่ วิตามินซี วิตามินเอ (เบต้า-แคโรทีน) แคลเซียม และฟอสฟอรัส โดยเฉพาะในพริกเผ็ด มีปริมาณค่อนข้างสูง และยังให้พลังงานและความอบอุ่นแก่ร่างกาย

คุณค่าทางเภสัช ในพริกมีสารสำคัญหลายชนิด ได้แก่ carotenoids, flavonoids และ ascorbic acid โดยเฉพาะ β -carotene เป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอ ช่วยในการมองเห็นของคน นอกจากนี้ lutein และ zeaxanthin ยังสามารถป้องกันอันตรายจากแสงแดดต่อดวงตาได้ Quercetin มีฤทธิ์ต้านมะเร็ง(anti-mutagenic และ anti-carcinogenic effects) และลดความเสี่ยงจากการเป็นโรคหัวใจ luteolin ช่วยลด estrogen ส่วนเกิน ป้องกันการเกิดมะเร็งทรวงอกได้ และสารที่สำคัญที่ให้ความเผ็ดคือ แคปไซซิน(Capsaicin) ซึ่งพบในไส้หรือรก(placenta) มีประโยชน์ในการช่วยบรรเทาการปวดเมื่อย ปวดข้ออักเสบ(arthritic) มีส่วนช่วยชะลอความเสื่อมของร่างกาย ปกป้องร่างกายจากมะเร็ง และเสริมภูมิคุ้มกันให้กับร่างกาย

คุณค่าทางเศรษฐกิจ ใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อส่งโรงงานอุตสาหกรรม และเป็นสินค้าส่งออกที่ทำรายได้ให้กับเกษตรกร



รูปที่ 2.1 ต้นพริก

2.1.2 พันธุ์พริกในไทย

การจัดจำแนกพันธุ์พริกในประเทศไทย นิยมจำแนกออกตามความเผ็ดควบคู่กับขนาดของผล โดยการแบ่งตามความเผ็ดจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทที่มีรสเผ็ดกับ ไม่มีรสเผ็ด ส่วนการแบ่งตามขนาดผลแบ่งออกเป็น 2 ประเภทเช่นเดียวกัน คือ พริกขนาดใหญ่หรือพริกใหญ่ กับพริกขนาดเล็กหรือพริกจิ๋ว ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างพริกพันธุ์ต่างๆที่ปลูกในประเทศไทย โดยแบ่งตามความเผ็ดและขนาดความยาวผล

กลุ่มพันธุ์ (ความยาวผล ซม.)				
รสไม่เผ็ดหรือเผ็ดน้อย		รสเผ็ด		
พริกหวาน (10 ซม.)	พริกใหญ่ (10 ซม.)	พริกชี้ฟ้า (5-10 ซม.)	พริกชี้หนูเมียด ใหญ่ (2-5 ซม.)	พริกชี้หนูเมียด เล็ก (< 2 ซม.)
-California wonder	- ฟันเมือง - ลูกผสม - หยวก	- มัน - มันพิชัย - มันลิงคโปรี่ - บางช้าง - เดียวไก่ - ดอนยาง - เหลือง - ต้นป่าตอง - หมุ่มขาว - หมุ่มเขียว - ลำพูนเขียว	- หัวสี่ทนต์ - หัวเรือ - จินดา - ยอดสน - บ้านโน - ไล่ปลาไหล - ศรีอ้อย - นิ้วมือนาง - น้อย - ซ่อไสว - ซ่อระย้า	- หนูสวนใหญ่ - หนูหอม - กะเหรี่ยง - ไข่ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การทำพริกแห้ง

พริกที่นิยมมาทำพริกแห้งในประเทศไทยแบ่งพริกออกเป็น 2 พันธุ์ตามขนาดของผล คือ พริกพันธุ์ผลใหญ่ หรือเรียกว่า paprika หรือ capsicum มีความยาวของผลมากกว่า 6 เซนติเมตร และพริกพันธุ์ผลเล็ก หรือเรียกว่า chili มีความยาวของผลน้อยกว่า 6 เซนติเมตร ซึ่งในการทำพริกแห้งถือเป็นการยืดอายุการเก็บรักษาพริก โดยมีวิธีในการทำพริกแห้งมีหลายวิธี เช่น

1. การตากแดด คือ การนำพริกมาตากแดดโดยตรง บนเสื่อ หรือลานซีเมนต์ที่สะอาด โดยตากแดดทิ้งไว้ 5 – 7 แดด
2. การอบด้วยไอร้อน คือการนำพริกเข้าอบด้วยไอร้อนในเตาอบโดยวางพริกบนตระแกรง แล้ววางตระแกรงเรียงซ้อนกันเป็นชั้นๆ วิธีนี้เหมาะสำหรับเกษตรกรที่ปลูกพริกเป็นจำนวนมาก และการทำพริกแห้งในช่วงฤดูฝน
3. การลวกน้ำร้อน คือ การนำพริกไปลวกน้ำร้อนก่อน โดยลวกนาน 15 นาที แล้วนำไปตากแดดประมาณ 5 แดด วิธีนี้จะทำให้สีของพริกแห้งสวย และไม่ขาวดำ
4. การอบพริกด้วยโรงอบพลังแสงอาทิตย์ เป็นวิธีที่ทำให้ได้พริกที่มีคุณภาพดี สีสวย ก้านพริกแห้งสีทองไม่ดำ สะอาดไม่มีฝุ่นจับ ใช้เวลาอบประมาณ 3 วัน

ในกรณีที่เก็บพริกแก่จัด แต่ไม่แดงตลอดทั้งผลให้นำพริกใส่รวมกันในเข่งหรือกระสอบ ปูยับมไว้ในที่ร่ม ประมาณ 2 คืน เพื่อทำให้พริกสุกสม่ำเสมอ หลังจากนั้นทำให้แห้งได้ตามกรรมวิธีในข้อ 1 – 4(พุทธา, 2553)



รูปที่ 2.2 พริกแห้ง

2.3 ราคาและความเคลื่อนไหวของพริก

ราคาของพริกก็เหมือนราคาของผักชนิดอื่นที่มีความเคลื่อนไหวตลอดทั้งปี เพราะการเจริญเติบโตของผักมีการเปลี่ยนแปลงไปตามสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ฝนตกหนัก ชื้นมาก เย็นมาก หรือ ร้อนมาก ฯลฯ และการแพร่ระบาดของโรคและแมลง พริกจะมีราคาแพงในช่วงฤดูฝน (สิงหาคม-กันยายน) และช่วงปลายฤดูฝนต่อต้นฤดูหนาว (ตุลาคม-ธันวาคม) เพราะฝนตกหนักไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต และมีโรคแมลงเข้าทำลายมาก ซึ่งแสดงราคาพริกชนิดต่างๆ ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ราคาพริก

ชื่อพันธุ์	ราคา (บาท/กิโลกรัม)
พริกแดง(ชี้ฟ้าแดง)	14
พริกชี้ฟ้าแดงเค็ด	35
พริกชี้ฟ้าคลองท่อ	30
พริกชี้ฟ้าจินดา	20
พริกเขียว(ชี้ฟ้าเขียว)	14
พริกชี้ฟ้าแห้ง	100
พริกชี้ฟ้าสวน(ใหญ่)	60
พริกชี้ฟ้า(จินดาเขียว)	18
พริกหนุ่ม(เขียว)	20
พริกชี้ฟ้าสวน(เล็ก)	80
พริกชี้ฟ้าแห้ง	90

ที่มา : ข้อมูลจากตลาดไทยและตลาดสี่มุมเมือง สํารวจเมื่อ 1 มีนาคม 2554

2.4 พริกแห้งและพริกป่น

2.4.1 การเก็บรักษาพริกแห้งและพริกป่น

พริกแห้งยิ่งเก็บนานจะมีสีแสดคล้ำลงมาก มีกลิ่นอับ เหม็นหืนพริกที่แห้งใหม่ๆจะหดตัวมาก เบา และเปราะแต่พริกแห้งที่สัมผัสอากาศนานๆ จะพองตัวเหนียวและบดไม่ละเอียด ทั้งนี้เพราะก๊าซออกซิเจนเป็นสาเหตุที่ทำให้พริกแห้งมีสีคล้ำ กลิ่นอับและเหม็นหืน อากาศที่มีความชื้นสูง ทำให้พริกดูความชื้น เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้พริกแห้งเปลี่ยนแปลงและเก็บได้ไม่นาน การเก็บรักษาพริกแห้งและพริกป่นให้มีคุณภาพดีควรปฏิบัติดังต่อไปนี้

1. อย่าเก็บพริกแห้งหลายพันธุ์ปะปนกัน เพราะพริกแต่ละพันธุ์จะมีคุณสมบัติเฉพาะตัว การนำพริกหลายพันธุ์ปะปนกันทำให้พริกแห้งมีคุณภาพไม่สม่ำเสมอได้
2. เลือกพริกสดที่สุกเต็มที่ มีสีแสดสด ทำพริกแห้งจะได้พริกแห้งที่มีสีแสดจัดและคุณภาพพริกแห้งจะเก็บรักษาได้นานเป็นปี โดยสีแสดอาจมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย แต่จะไม่มิกลิ่นอับและไม่มีการเหม็นหืน
3. เก็บพริกแห้งและพริกป่นในถุงพลาสติกชนิดหนา ขวดแก้วหรือกระป๋องภาชนะทุกชนิดต้องป้องกันอากาศและความชื้นได้ และปิดปากขวด ฝากระป๋อง และถุงพลาสติกให้แน่นสนิท

2.4.2 คุณภาพพริกแห้งและพริกป่น

พริกป่นที่ผู้บริโภคต้องการจะต้องมีลักษณะดังนี้ คือ สีแสด สม่ำเสมอทั้งหมด ไม่มีตำหนิจากโรคและแมลง ไม่มีกลิ่นอับหรือกลิ่นเหม็นหืนและไม่มีสิ่งแปลกปลอมอื่น ๆ มาปะปน เช่น หินทราย เป็นต้น คุณภาพต่างๆของพริกป่นที่ผู้บริโภคต้องการ ได้สรุปไว้ในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 คุณภาพผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมพริกแห้งและพริกป่น (มอก.457 – 2526)

รายการ	พริกแห้ง	พริกป่น
1 ลักษณะทั่วไป	<ul style="list-style-type: none"> - ผลแบนเล็กน้อย - สีแสดถึงแดงแก่ - ภายในเมล็ดสีเหลือง - กลิ่นและรสตามธรรมชาติ 	<ul style="list-style-type: none"> - เป็นผงแห้ง ไม่จับเป็นก้อน - สี รส กลิ่น ตามธรรมชาติ - ไม่ใช่สีสังเคราะห์ และวัตถุกันเสีย - ไม่มีรา แมลง ชิ้นส่วนของแมลงหรือมูลสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

รายการ	พริกแห้ง	พริกป่น
2 คุณลักษณะทางเคมี		
- ความชื้น	< 13% *	< 11% *
- เถ้าทั้งหมด ของน้ำหนัก อบแห้ง	< 8% *	< 8% *
- เถ้าที่ไม่ละลายในกรด ของ น้ำหนักอบ	< 1.25% *	< 1.25% *
- กาก ของน้ำหนักอบแห้ง	< 28% *	< 28% *
- อะฟลาทอกซินไมโครกรัม ต่อกิโลกรัมของตัวอย่าง	< 20*	< 20*
3 คุณภาพทางจุลินทรีย์		
- เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด โคโลนี ต่อกรัม	< 5×10^5	< 5×10^5
- เชื้อราและยีสต์ทั้งหมด โคโลนีต่อกรัม	< 10^2	< 10^2

หมายเหตุ : *เป็นค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมพริกป่น จากการสำรวจของกรมส่งเสริมการเกษตร(สุชีรา, 2549)

2.4.3 สีของพริกป่น

สีเป็นลักษณะที่ปรากฏที่เด่นชัดในพริกป่น คือ สีส้มแดง ซึ่งสีของพริกป่นที่เห็นนั้นมาจากรงควัตถุ คีโต-แคโรทีนอยด์ (keto-carotenoids) โดยมีแคปโซรูบิน (capsorubin) และแคปแซนทิน (capsanthin) เป็นส่วนประกอบถึง 70 – 80% ของปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในพริกป่น (Ittah et.al., 1993) และยังมีส่วนประกอบอื่นๆอีก คือ วิโอลาแซนทิน (Violaxanthin) แคปแซนทิน 5, 6 อีพอกไซด์ (Capsanthin epoxide) ซีแซนทิน (Zeaxanthin) ลูทีน (lutein) เบต้า-คริปโทแซนทิน (β -cryptoxanthin) และเบต้า-แคโรทีน (β -carotene) (Levy et.al., 1995; Minguez-Mosquera and Hornero-Mendez, 1993)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การวัดค่าสีของพริกแก้ว

ระบบสีมีหลายระบบที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่ออธิบายสีของอาหาร เช่น ระบบ Hunter (L, a, b) ระบบ C.I.E.LAB (L^*, a^*, b^*) วิธีเหล่านี้เป็นวิธีที่ง่ายไม่ซับซ้อน จึงได้มีการนำมาใช้บอกลักษณะการเปลี่ยนสีในอาหารอย่างกว้างขวาง

ระบบ C.I.E.LAB (L^*, a^*, b^*) เป็นวิธีที่ง่ายและรวดเร็ว ในการตรวจวัดสีผลิตภัณฑ์อาหาร และได้ถูกนำมาใช้ในการวัดตัวอย่าง ซึ่งแสดงในรูปของ L^* (คือความสว่างมีค่า 0 ถึง 100) a^* (ค่าบวก คือสีแดงและค่าลบ คือสีเขียว) b^* (ค่าบวก คือสีเหลืองและค่าลบ คือสีน้ำเงิน)(ภักดิ์, 2550) โดยจะมีการ Calibrate เครื่องก่อนด้วยแผ่นมาตรฐานวัสดุทั่วไปด้วยวัตถุสีขาว ที่มีค่า $X_n = 91.07$ $Y_n = 96.05$ $Z_n = 104.07$ ตัวอย่างจะถูกวางบนแหล่งให้แสงสว่าง ค่าสี L^*, a^*, b^* จะถูกแสดงมาอยู่บนจอคอมพิวเตอร์ โดยค่า L^*, a^*, b^* ที่ได้จะเป็นค่าที่เฉลี่ย 3 จุดแล้ว

ส่วนในการหาความแตกต่างของสี (ΔE) สามารถคำนวณได้จากสมการ (2.1)(ภักดิ์, 2550)

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2} \quad (2.1)$$

ค่า L^* คือ ค่าความสว่าง และค่า L_0^* คือ ค่าความสว่างเริ่มต้น

ค่า a^* คือ ค่าความเป็นสีแดง และค่า a_0^* คือค่าสีแดงเริ่มต้น

ค่า b^* คือ ค่าความเป็นสีเหลือง และค่า b_0^* คือค่าสีเหลืองเริ่มต้น

2.6 ความชื้น

ความชื้น คือ ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในอาหาร เป็นสิ่งที่ชี้คุณภาพและความปลอดภัยของอาหาร เนื่องจากน้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของอาหาร ทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีและชีวเคมีต่างๆ ซึ่งมีผลทำให้อาหารเกิดการเสื่อมเสียได้ง่าย (นิธิยา, 2549)

โดยหลักการแล้ววิธีการหาปริมาณความชื้นในอาหารสามารถหาได้ตามมาตรฐานของ Association of Official Analytical Chemists หรือ AOAC ทั้งนี้วิธีการหาขึ้นอยู่กับประเภทและชนิดของอาหารนั้นๆ หลักการหาความชื้นโดยทั่วไปคือ ชั่งน้ำหนักอาหารก่อน แล้วนำไปอบเพื่อไล่ความชื้นในอาหารจนน้ำหนักคงที่ นำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานเปียก (wet basis) ดังสมการที่ (2.2) และเปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานแห้ง (dry basis) ดังสมการที่ (2.3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\% \text{ความชื้นฐานเปียก} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนอบ} - \text{น้ำหนักหลังอบ}}{\text{น้ำหนักก่อนอบ}} \times 100 \quad (2.2)$$

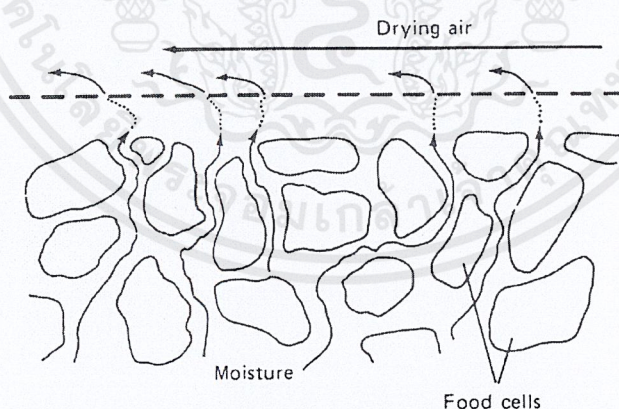
$$\% \text{ความชื้นฐานแห้ง} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนอบ} - \text{น้ำหนักหลังอบ}}{\text{น้ำหนักหลังอบ}} \times 100 \quad (2.3)$$

2.7 ทฤษฎีการอบแห้ง

การอบแห้งคือกระบวนการลดความชื้นในวัสดุ โดยจะใช้วิธีการถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุที่ต้องการลดความชื้น เพื่อให้ น้ำหรือความชื้นที่อยู่ในวัสดุระเหยออกมาอยู่ในรูปของไอ โดยทั่วไปตัวกลางที่ใช้ในการอบแห้งคืออากาศ การอบแห้งเป็นกระบวนการถ่ายเทความร้อนและมวลไปพร้อมๆกัน โดยมีรายละเอียดดังนี้ (Fellow, 1988)

2.7.1 กลไกการอบแห้ง

ในขณะที่ทำการอบแห้งอากาศร้อนที่ใช้เป็นกลางในการนำและพาความร้อนจะถูกใช้ในการระเหยน้ำที่บริเวณผิววัสดุ เมื่ออากาศร้อนเคลื่อนที่ผ่านผิวหน้าของวัสดุซึ่งมีความชื้นสูง ความร้อนจะถ่ายเทไปยังผิววัสดุและจะถูกใช้ในการระเหยน้ำในวัสดุ ไอน้ำที่เกิดขึ้นนี้จะเคลื่อนที่ออกจากผิววัสดุไปพร้อมกับกระแสอากาศ ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 การเคลื่อนที่ของความชื้นระหว่างการอบแห้ง

สภาวะดังกล่าวจะทำให้ผิวหน้าของวัสดุต่ำกว่าความดันไอบริเวณผิวด้านในของวัสดุ เป็นผลให้เกิดความแตกต่างของความดันไอขึ้นภายในวัสดุ ความแตกต่างนี้จะเป็นแรงขับเคลื่อนทำให้น้ำเคลื่อนที่ออกจากวัสดุ นอกจากนี้กลไกที่ทำให้น้ำเคลื่อนที่ออกจากวัสดุยังมีอีกหลายชนิดได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

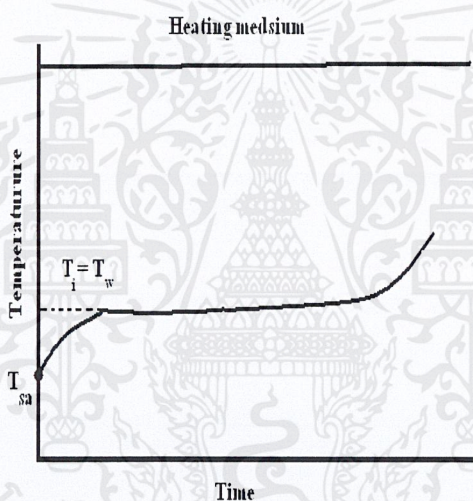
- การเคลื่อนที่ของน้ำด้วยแรงคาปิลารี

- การแพร่ของน้ำซึ่งเกิดจากความแตกต่างของความเข้มข้นของตัวทำละลายในส่วนต่างๆ ของวัสดุ

- การแพร่ของน้ำซึ่งถูกดูดซับโดยผิวหน้าของของแข็งในวัสดุ

2.7.2 รูปแบบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุในเครื่องอบ

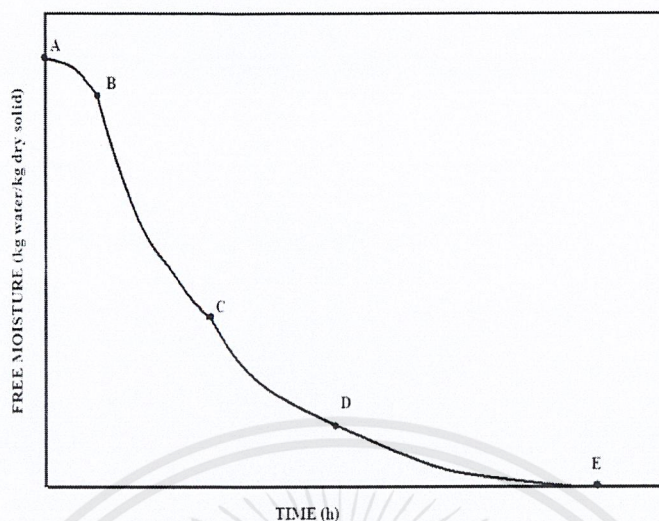
พฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในเครื่องอบขึ้นอยู่กับธรรมชาติของ วัสดุ แข็ง และ ปริมาณความชื้นที่มีอยู่ ตลอดจนขึ้นกับอุณหภูมิของอากาศที่ใช้อบ แต่รูปแบบของการเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิก็มีความคล้ายคลึงกัน แม้จะใช้เครื่องอบต่างชนิด(ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม มจพ., 2553) ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในเครื่องอบแบบแบบ

จากกราฟแสดงพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในเครื่องอบแบบแบบ ซึ่งอบด้วย อากาศแห้งอุณหภูมิคงที่ อุณหภูมิของวัสดุอบเพิ่มจากค่า T_{sa} ถึงค่า T_i ในเครื่องอบที่ไม่มีอากาศพัด ผ่าน ซึ่งค่า T_i มีค่าเท่ากับจุดเดือดของเหลว แต่เมื่ออากาศอบที่อยู่ในสภาวะมีอากาศพัดผ่าน ค่า T_i มีค่าเท่ากับหรือใกล้เคียงค่า $T_{wet\ bulb}$ (T_w ในกรณีของเหลวคือน้ำ และก๊าซคืออากาศ) อุณหภูมิจะคง อยู่ที่ T_w ระยะเวลาหนึ่ง แต่เมื่อผิวของวัสดุเริ่มแห้ง อุณหภูมินี้จะค่อยๆ เพิ่มขึ้น ซึ่งขึ้นอยู่กับการ ความต้านทานของบริเวณที่ผิวแห้งและสิ่งแวดล้อม

2.7.3 การถ่ายเทความร้อนในเครื่องอบ



รูปที่ 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาในระหว่างการอบแห้ง(เกรียงศักดิ์, 2553)

จากรูปสามารถแบ่งช่วงกราฟระหว่างอัตราส่วนความชื้นกับเวลาออกได้เป็น 4 ช่วง

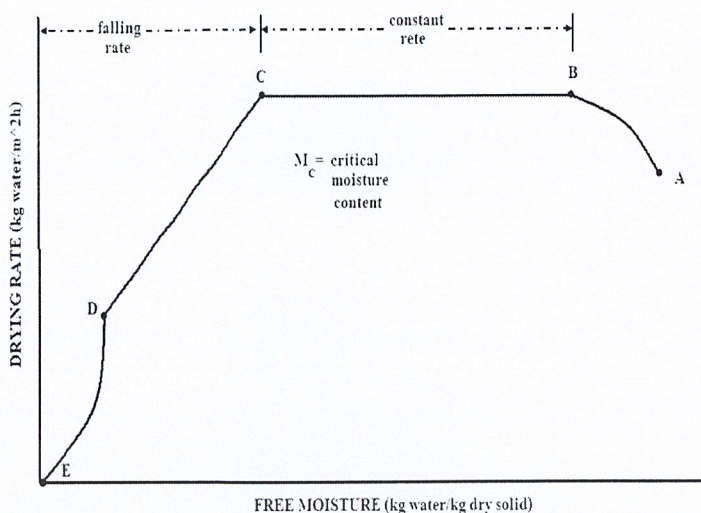
ช่วง AB เป็นช่วงเริ่มการอบแห้งใช้เวลาสั้น ผิวของอาหารยังมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิกระเปาะเปียก

ช่วง BC เป็นช่วงที่มีอัตราการอบแห้งคงที่ ปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้งในช่วงนี้คือ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และความขรุขระของผิวหน้าอาหาร มีผลต่อการถ่ายเทมวลและการถ่ายเทความร้อน

ช่วง CD เป็นช่วงที่ปริมาณน้ำที่ผิวหน้าอาหารจะแห้งลง ทำให้อัตราการอบแห้งลดลง ซึ่งอัตราการระเหยจะถูกควบคุมโดยความต้านทานต่อการเคลื่อนที่ของน้ำในอาหาร

ช่วง DE เป็นช่วงที่ปริมาณความชื้นจะลดต่ำลง ระยะทางในการเคลื่อนที่ของความร้อนและมวลจะมากขึ้นจนในที่สุดความชื้นอิสระจะหมดไป ซึ่งจุด E เรียกว่า ความชื้นสมดุล

จากรูปที่ 2.4 สามารถนำไปทำกราฟอัตราการอบแห้ง



รูปที่ 2.6 อัตราการอบแห้งกับความชื้นอิสระ(เกรียงศักดิ์, 2553)

จากกราฟได้ข้อมูลการอบแห้งที่เรียกว่า ลักษณะเฉพาะของการอบแห้ง ซึ่งแสดงคุณลักษณะเฉพาะของการอบแห้งของอาหารแต่ละชนิด ณ สถานะหนึ่ง หากอาหารต่างชนิดหรือมีสถานะที่แตกต่างกัน ค่าอัตราการอบแห้งไม่จำเป็นต้องเท่ากัน

2.8 การคั่ว

การคั่ว เป็นการทำให้ผลผลิตการเกษตรให้สุก จัดเป็นการถนอมอาหารหรือยืดอายุการเก็บรักษา โดยคนกลับไปกลับมาในกระทะที่ตั้งไฟให้ร้อน ในอุณหภูมิที่เหมาะสม วัตถุประสงค์ของการทำเครื่องคั่วพริก เป็นการใช้ความร้อนเพื่อลดความชื้นในพริก ทำลายเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคและไม่สร้างสปอร์ทำให้เก็บพริกแห้งไว้ใช้ได้ยาวนาน ซึ่งการฆ่าเชื้อแบคทีเรียด้วยอุณหภูมิและเวลาเป็นสิ่งสำคัญในการฆ่าเชื้อเพื่อกำจัดสปอร์ของแบคทีเรียที่เป็นอันตรายและที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย

ปรากฏการณ์ระหว่างการคั่ว (Roasting Phenomenon)

1. เริ่มให้ความร้อนแก่พริก
2. ผนังเซลล์ของพริกเริ่มมีการถูกทำลาย
3. น้ำภายในเซลล์ระเหยเริ่มระเหยออกจนหมด
4. เกิดการเผาไหม้คาร์โบไฮเดรตภายในเมล็ดทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

2.9 วิธีการคั่ว

2.9.1 วิธีชาวบ้าน

วิธีที่ 1 เติมน้ำมันในปริมาณที่เหมาะสมลงไปในกระทะขณะที่คั่วพริก จะช่วยลดกลิ่นฉุนที่ทำให้แสบ ร้อน นัยน์ตาได้



รูปที่ 2.7 การคั่วในกระทะ

วิธีที่ 2 ทาน้ำมันพืชลงในกระทะที่คั่วพริกให้ทั่ว จะช่วยลดกลิ่นฉุนได้ ในการคั่วพริกจะใช้ไฟอ่อนๆ คั่วจนพริกเริ่มเปลี่ยนสีเข้มขึ้น จึงยกลงมาแผ่ไว้ให้เย็น

2.9.2 วิธีที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม

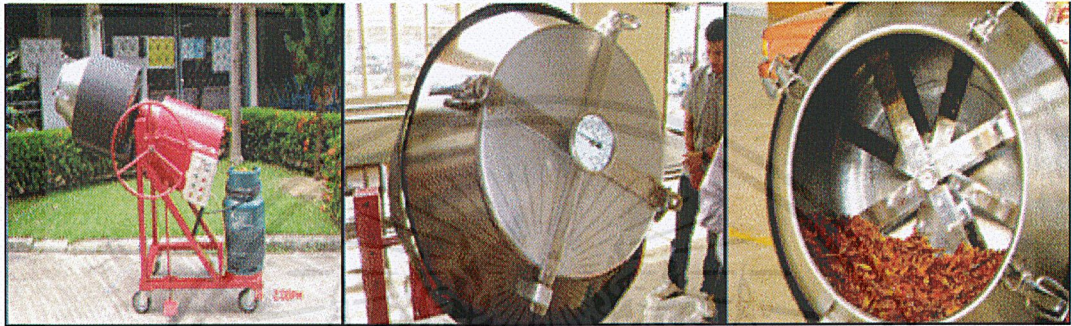
เครื่องตีพริกปั่น ตัวเครื่องทำจากสแตนเลสทั้งเซต ประกอบด้วยขาตั้ง 2 ชุด เครื่องชุดนี้เหมาะสำหรับมีพื้นที่จำกัดอย่างตึกแถว หรือทาวน์เฮาส์ก็สามารถทำได้

เครื่องคั่วพริกแห้ง ทำด้วยสแตนเลสขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 430 มม. ซึ่งถังคั่วมีปล่องระบายความชื้นและควันเข้าสู่ชุดกรองกลิ่น และจะให้ความร้อนทางด้านล่างด้วยก๊าซหุงต้มซึ่งเป็นเชื้อเพลิงแบบอัดโนมิตี การทำงานของเครื่องทำงานได้ที่อุณหภูมิภายในถังคั่ว 100 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการคั่ว 1 ชั่วโมง 40 นาที โดยมีความชื้นคงเหลือในพริกแห้งประมาณ 4.7 เปอร์เซ็นต์ มาตรฐานเป็ยก

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กิตติศักดิ์ และคณะ(2543) ศึกษาจากงานศาสตร์การเปลี่ยนสีของพริกแห้งที่ระดับความชื้นสมดุลต่างๆ พบว่าสีของพริกเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดคุณภาพของผงพริก สีแดงของพริกสามารถถูกทำลายโดยความร้อนและสภาพการเก็บที่ไม่เหมาะสม เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกียรติชัย และคณะ(2547) ศึกษาเครื่องคั่วพริกและป่นพริก พบว่าตัวถังทำจากสแตนเลส ทรงกระบอก ด้านปากเป็นรูปกรวยคว่ำ มีฝาปิด ใช้มอเตอร์กระแสสลับ ให้ส่วนถังคั่วหมุนตามเข็มนาฬิกา และในส่วนของกรป่นพริกใช้ใบมีดที่ทำจากสแตนเลสยึดติดกับเพลากลางถังคั่ว โดยใบมีดหมุนทวนเข็มนาฬิกา ซึ่งความเร็วของถังและใบมีดสามารถปรับเปลี่ยนความเร็วได้ ถังคั่วมีปลอกครอบป้องกันการสัมผัสถึงร้อน การเทพริกป่นออกจากตัวถัง ทำโดยการกระดกถังเพื่อเทออกทางปากถัง



รูปที่ 2.8 เครื่องคั่วพริกและป่นพริก

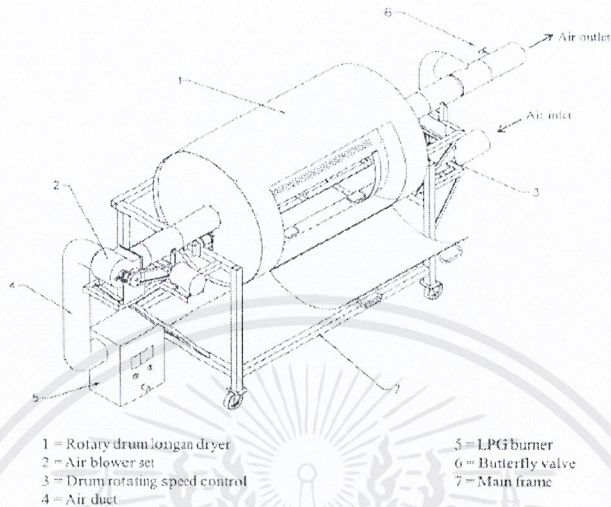
เกรียงไกร และธงชาติ(2548) ศึกษาเครื่องคั่วพริกแห้ง พบว่าที่ตัวถังทำด้วยสแตนเลสมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 430 มิลลิเมตร ซึ่งถังคั่วมีปล่องระบายความชื้นและควันเข้าสู่ชุดกรองกลิ่น และให้ความร้อนทางด้านล่างด้วยก๊าซหุงต้ม ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงแบบอัตโนมัติ การทำงานของเครื่องทำงานทำที่อุณหภูมิภายในถังคั่ว 100 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการคั่ว 1 ชั่วโมง 40 นาที โดยมีความชื้นคงเหลือในพริกแห้งประมาณ 4.7 เปอร์เซ็นต์ มาตรฐานเปียก



รูปที่ 2.9 เครื่องคั่วพริกแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชูรัตน์ ชารักษ์และทองเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ ศึกษาเครื่องอบแห้งลำไยแบบถังหมุน พบว่า ในการอบแห้งใช้ลำไยครั้งละ 300 กิโลกรัม ใช้ก๊าซหุงต้ม ในการเผาไหม้ครั้งละ 5-25 กิโลวัตต์ ปริมาณลมที่ใช้ 0-9 m³/min และใช้ความเร็วรอบของถังหมุน 0-1 rpm



รูปที่ 2.10 เครื่องอบแห้งลำไยแบบถังหมุน

119502

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบ

จากปัญหาที่พบในเครื่องคว่ำพริกแบบถังหมุนคือ ค่าความชื้นของพริกแห้ง ที่ผ่านกระบวนการคว่ำ ค่าความชื้นไม่เป็นไปตามความต้องการ ทำให้ไม่สามารถเก็บพริกที่คว่ำไว้ได้เป็นเวลานาน จึงต้องมีการนำไปผ่านกระบวนการอบแห้งอีกครั้ง ทำให้เสียต้นทุนและเวลาในการผลิต

3.1 จุดมุ่งหมายของโครงการพัฒนากระบวนการคว่ำพริกแบบถังหมุน

เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบสร้างเครื่องคว่ำพริกแบบถังหมุน โดยใช้วิธีการไล่ลมจากเครื่องเป่าลมเข้าสู่ตัวถัง โดยผ่านท่อลม เพื่อให้ได้ความชื้นออกจากตัวพริกหลังจากการคว่ำ โดยมีจุดมุ่งหมายหลักดังนี้

1. เพื่อพัฒนาและออกแบบสร้างเครื่องคว่ำพริกแบบถังหมุนให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น
2. ลดความชื้นในพริกแห้ง
3. ลดต้นทุนและพลังงานในการผลิต
4. ลดระยะเวลาและขั้นตอนในการผลิต

3.2 ส่วนประกอบเครื่องคว่ำพริกแบบถังหมุน

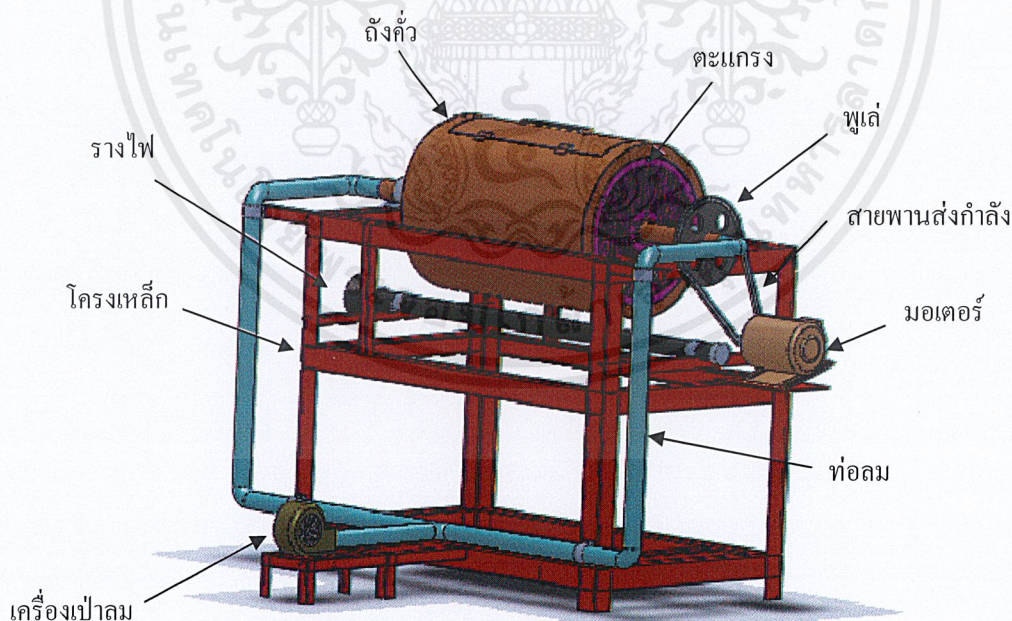
เครื่องคว่ำพริกแบบถังหมุนมีส่วนประกอบ คือ ถังคว่ำ แกนหมุน โครงเหล็ก รางไฟ แก๊ส LPG หัวผสมอากาศ เครื่องเป่าลม สายพาน พูเล่ และมอเตอร์ เป็นต้น ซึ่งมีหลักการทำงานคือ ถังคว่ำและแกนหมุน หมุนไปพร้อมกันในขณะคว่ำ โดยใช้สายพานเป็นตัวส่งกำลังจากมอเตอร์ แกนภายในตัวถังมีลักษณะเป็นแกนกลวง สามารถไล่ลมที่ต่อจากเครื่องเป่าลม เพื่อช่วยในการระบายความชื้นในตัวพริกในระหว่างกระบวนการคว่ำ

จากปัญหาที่พบในเครื่องคว่ำพริกแบบถังหมุนคือ ความชื้นของพริกแห้งที่ผ่านกระบวนการคว่ำไม่เป็นไปตามความต้องการ จึงออกแบบเครื่องคว่ำพริกแบบถังหมุนที่มีการระบายอากาศภายในถังคว่ำให้ดีขึ้น และมีเครื่องเป่าลมที่สามารถเร่งการระบายอากาศได้ รวมทั้งมีความสะดวกต่อการใช้งาน ถอดล้างทำความสะอาดได้ง่าย โดยชุดอุปกรณ์คว่ำพริกมีส่วนประกอบดังรูปที่ 3.1

1. ถังคว่ำ มีลักษณะเป็นทรงกระบอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แกนกลวง เจาะรูรอบแกน
3. ตะแกรงปิดรูเจาะ ป้องกันการหล่นของเมล็ดพริกในขณะที่ตัวถังหมุน
4. เครื่องเป่าลม เป็นตัวกระจายลมเข้าสู่ตัวถัง
5. มอเตอร์ เป็นตัวส่งกำลังให้กับแกนหมุน
6. พูเล่ เป็นตัวรับกำลังที่ได้จากสายพาน แล้วส่งกำลังไปยังแกนที่อยู่ภายในตัวถังให้หมุนไปพร้อมกับตัวถัง ในกระบวนการคั่วพริก
7. สายพาน เป็นตัวรับกำลังจากมอเตอร์แล้วส่งกำลังไปยังพูเล่เพื่อทำให้แกนหมุนไปพร้อมกับตัวถัง
8. โครงเหล็ก เป็นชิ้นส่วนที่ใช้ในการจับยึดส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องไว้ทั้งหมด เพื่อให้เกิดความแข็งแรง
9. แบร์ริง มีหน้าที่ยึดแกนกลวงติดกับโครงเหล็ก
10. รางไฟ เป็นตัวที่ให้ความร้อนแก่ตัวถัง
11. หัวผสมอากาศ ใช้ในการผสมอากาศในการติดไฟของท่อแก๊ส
12. แก๊สLPG เป็นเชื้อเพลิงในการให้ความร้อน



รูปที่ 3.1 เครื่องคั่วพริกแบบถังหมุนที่ได้ออกแบบลงโปรแกรม Solidworks

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการออกแบบเพื่อให้การระบายอากาศได้ดีขึ้นนั้น ได้ปรับปรุงแกนหมุนให้มีลักษณะกลวงและเจาะรูรอบแกนหมุนสำหรับต่อท่อลมจากเครื่องเป่าลม เป่าระบายความชื้นที่เกิดขึ้น ในขณะที่ตัว ค้านข้างของตัวถังออกแบบให้เป็นตะแกรง เพื่อช่วยระบายอากาศได้ดีและถอดประกอบ

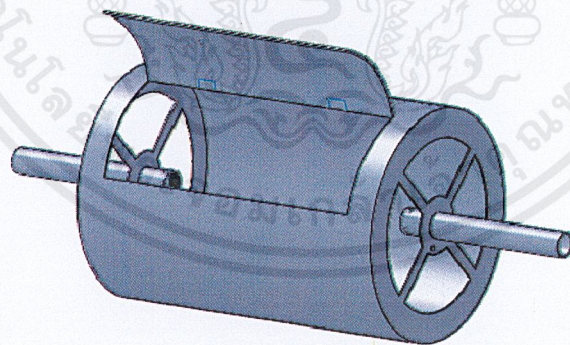
3.3 การทำงานของเครื่องคว่ำพริกแบบถังหมุน

เครื่องคว่ำพริกแบบถังหมุนที่ได้สร้างขึ้นแสดงในรูป ในขั้นแรกคือการป้อนพริกแห้งลงในตัวถัง ปิดฝาให้สนิท จากนั้นจุดไฟที่รางไฟ แล้วเปิดมอเตอร์เพื่อให้ตัวถังหมุน และมีการติดตั้งเครื่องเป่าลม เพื่อช่วยระบายอากาศภายในถังคว่ำดีขึ้น โดยผ่านแกนกลวงที่มีการเจาะรูบริเวณรอบแกน เพื่อช่วยให้ความชื้นของอากาศภายในถังลดลง ซึ่งเครื่องคว่ำพริกแบบถังหมุนจะทำงานในลักษณะดังกล่าวอย่างต่อเนื่อง

3.4 การออกแบบเครื่องคว่ำพริกแบบถังหมุน

3.4.1 ส่วนของตัวถัง

ตัวถังมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 40 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายในสำหรับใส่ตะแกรงมีขนาด 30 เซนติเมตรและ 10 เซนติเมตร



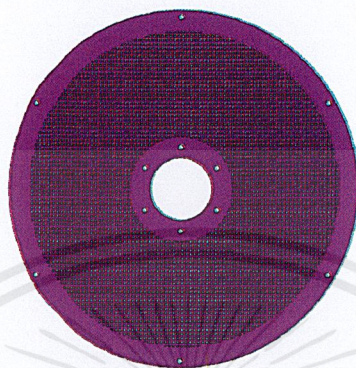
รูปที่ 3.2 ตัวถัง

3.4.2 ส่วนของตะแกรงระบายอากาศ

ตะแกรงมีลักษณะเป็นวงแหวน โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางนอก 40 เซนติเมตร และ เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 4 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

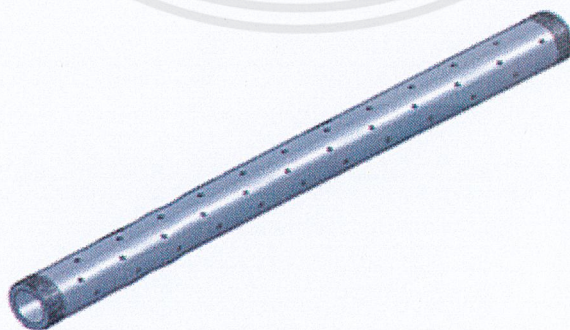
ขนาดของรูตะแกรงใช้มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1 มิลลิเมตร มีช่องเปิดของตะแกรง 48 % open area ตะแกรงที่เลือกใช้รูตะแกรงควรมีขนาดเล็กกว่าเม็ดพริก เพื่อป้องกันเม็ดพริกร่วงหล่นในระหว่างกระบวนการผลิต



รูปที่ 3.3 ตะแกรง

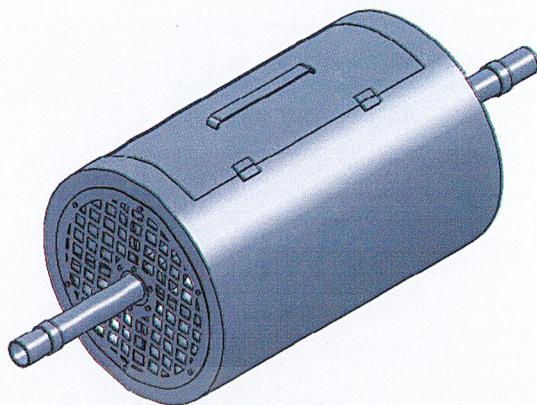
3.4.3 ท่อระบายอากาศ

ท่อระบายอากาศมีการออกแบบให้มีลักษณะเป็นท่อกลวง มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 2 นิ้ว มีการเจาะรูรอบท่อขนาด 3 มิลลิเมตร และเว้นระยะทุกๆ 4 เซนติเมตร เจาะสลับแถวเจาะทั้งหมด 8 แถว ดังรูปที่ 3.6 เพราะสามารถต่อลมจากเครื่องเป่าลม เข้าท่อระบายอากาศ เพื่อเป็นการกระจายความร้อนสู่ตัวถัง และนำความร้อนสู่บริเวณแกนกลางของถังคั่ว ดังรูปที่ 3.7 ท่อลมมีการออกแบบให้สามารถถอดประกอบเพื่อล้างทำความสะอาดได้ง่าย



รูปที่ 3.4 ท่อระบายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 ส่วนประกอบตัวถังของเครื่องคั่วพริกแบบตั้งหมุน

3.4.4 ส่วนของรางไฟ

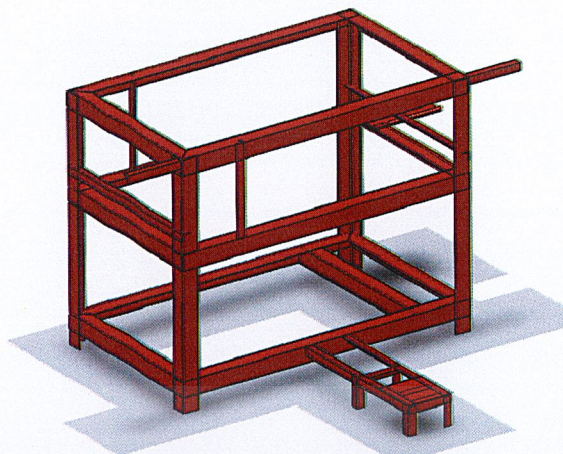
รางไฟมีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1 นิ้ว มีการเจาะรูสลับกัน 2 แถวมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตรมีระยะห่าง 2.5 เซนติเมตร มีตัวปรับอากาศเพื่อการเผาไหม้สมบูรณ์ ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.6 รางไฟ

3.4.5 โครงเหล็ก

โครงเหล็กมีขนาดกว้าง 60 เซนติเมตร ยาว 100 เซนติเมตร และสูง 800 เซนติเมตร เป็นตัวยึดจับส่วนประกอบต่างๆของเครื่องให้มีความแข็งแรง



รูปที่ 3.7 โครงเหล็กของเครื่องคั่วพริกแบบถ้งหมุน



รูปที่ 3.8 เครื่องคั่วพริกแบบถ้งหมุนที่ได้สร้างขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

วิธีการทดลองและผลการทดลอง

4.1 จุดประสงค์การทดลอง

1. เพื่อหาความชื้นของพริกแห้ง ระหว่างคั่ว จนสิ้นสุดกระบวนการ
2. เพื่อวัดค่าสีพริกที่เปลี่ยนแปลงไประหว่างกระบวนการคั่ว

4.2 วัสดุอุปกรณ์การทดลอง

วัตถุดิบและเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. พริกแห้ง
2. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
3. เครื่องชั่งน้ำหนัก (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)
4. เครื่องคั่วพริกแบบถาดหมุน

4.3 วิธีการทดลอง

4.3.1 ขั้นตอนการทดลอง

1. นำพริกแห้งบรรจุลงในถังคั่ว จำนวน 5 กิโลกรัม จากนั้นปิดฝาเปิดมอเตอร์และเปิดไฟทำการคั่วเป็นเวลา 50 นาที เก็บตัวอย่างทุกๆ 5 นาที การทดลองที่ 1 ทำการคั่ว โดยไม่มีการช่วยระบายอากาศ การทดลองที่ 2 ทำการคั่วและเปิดเครื่องเป่าลม 0.219 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที ทุกๆ 5 นาที นาน 30 วินาที พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างหลังเปิดลม และการทดลองที่ 3 ทำการคั่วและใส่ลม 0.314 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที ทุกๆ 5 นาที นาน 30 วินาที พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างหลังเปิดลม
2. นำตัวอย่างที่เก็บระหว่างการคั่วไปวัดค่าสีและอีกส่วนนำไปอบ เพื่อหาค่าความชื้นของพริก ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส และใช้เวลาในการอบ 8 ชั่วโมง
3. คำนวณหาความชื้นและนำมาวิเคราะห์แบบจำลอง
4. บันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 ผลการทดลอง

ค่าความชื้นที่ได้จากการทดลองสามารถนำมาวิเคราะห์ด้วยสมการแบบจำลอง จลนพลศาสตร์การอบแห้ง จะได้ค่าคงที่ของสมการและได้ค่า R^2 , χ^2 และค่า RMSE (Root mean square error) เพื่อนำมาพิจารณาเลือกรูปแบบสมการที่ดีที่สุด โดยรูปแบบสมการที่ดีที่สุดจะได้ค่า R^2 สูงที่สุดและค่า χ^2 และค่า RMSE ต่ำสุด โดยการพิจารณาค่าต่างๆดังกล่าวจึงได้เลือกสมการแบบจำลองของ Modified Page; $MR = \exp(-kt)^n$ มาใช้ในการวิเคราะห์ค่าความชื้น และแสดงค่าคงที่ของสมการ ดังตารางที่ 4.1

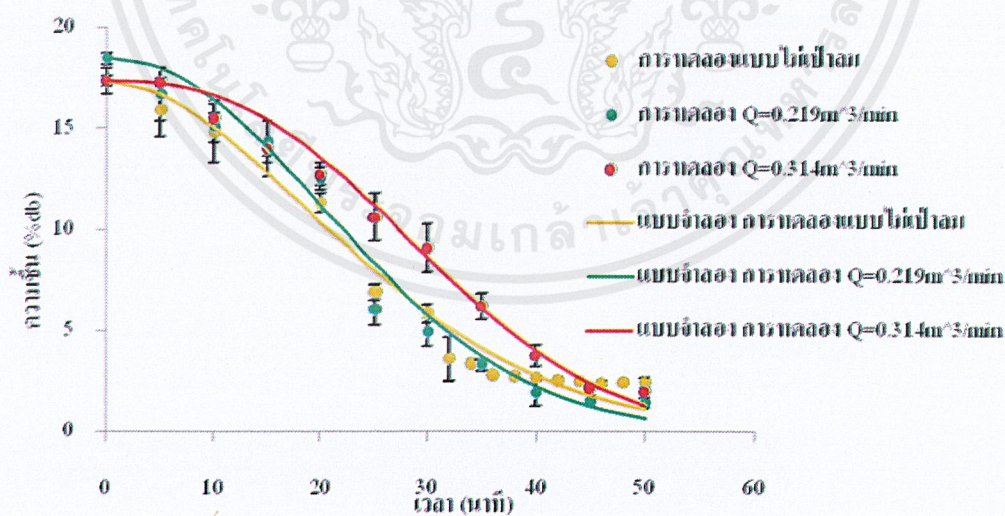
ตารางที่ 4.1 ค่าคงตัวของแบบจำลองจลนพลศาสตร์การอบแห้งที่ได้จากการวิเคราะห์สมการถดถอย

แบบจำลอง	ค่าคงที่	การทดลองแบบ		
		ไม่เป่าลม	Q=0.219 m ³ /min	Q=0.314m ³ /min
Newton	k	0.038	0.031	0.025
	R^2	0.895	0.887	0.805
	RMSE	0.101	0.013	0.149
	χ^2	0.011	0.110	0.024
Henderson & Pabis	a	1.143	1.147	1.158
	k	0.043	0.036	0.030
	R^2	0.919	0.922	0.848
	RMSE	0.089	0.0105	0.131
	χ^2	0.009	0.093	0.021
Page	n	1.834	2.012	2.578
	k	0.002	0.001	0
	R^2	0.975	0.976	0.976
	RMSE	0.049	0.000	0.051
	χ^2	0.003	0.000	0.006

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

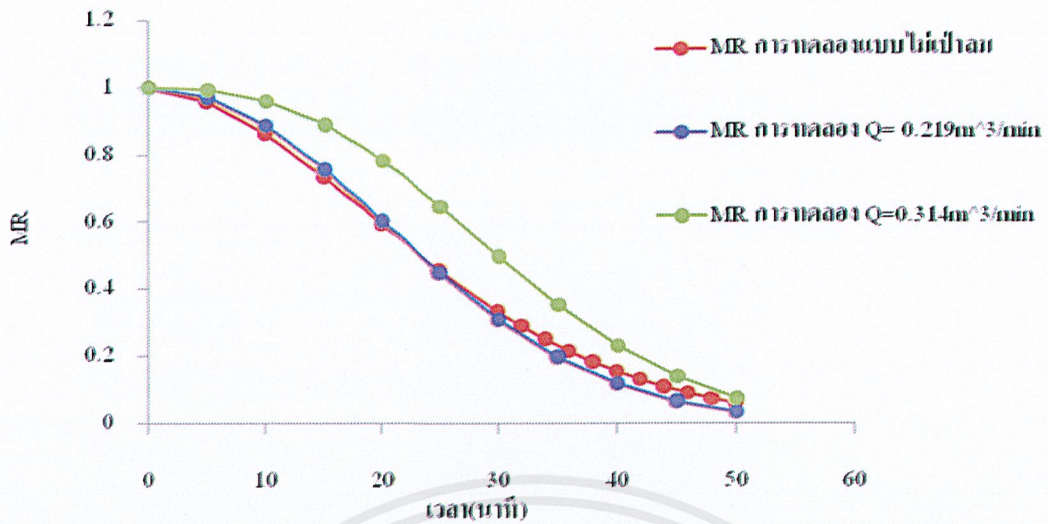
แบบจำลอง	ค่าคงที่	การทดลองแบบ	การทดลอง	การทดลอง
		ไม่เป่าลม	Q=0.219 m ³ /min	Q=0.314m ³ /min
Modified Page	n	1.834	2.079	2.578
	k	0.002	0.036	0.029
	R ²	0.975	0.977	0.976
	RMSE	0.049	0.053	0.051
	χ^2	0.003	0.003	0.003

จากผลการทดลองพบว่า การทดลองทั้ง 3 ครั้ง มีการลดลงของความชื้นในลักษณะเดียวกัน แต่แตกต่างกันที่การทดลองแบบไม่เป่าลม มีแนวโน้มในการลดลงของความชื้นเร็วกว่าการทดลองที่ Q=0.314 m³/min แต่มีแนวโน้มในการลดลงของความชื้นช้ากว่าการทดลองที่ Q=0.219 m³/min แสดงให้เห็นว่าปริมาณลมที่ใช้ในการคว่ำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้น ถ้าใส่ปริมาณลมในปริมาณที่เหมาะสมก็จะสามารถช่วยในการลดความชื้นได้ดี และใช้เวลาในการคว่ำน้อยลงด้วย



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้น กับเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้น กับเวลาจากแบบจำลองของ Modified Page

ตารางที่ 4.2 แสดงการวิเคราะห์ค่า L*

เวลา (นาที)	การทดลอง		
	ไม้เป่าลม	Q=0.219 m ³ /min	Q=0.314m ³ /min
0	28.363±0.130a	28.226±0.548a	28.500±1.117a
10	25.896±0.603b	26.443±0.304b	26.580±0.396a
20	24.966±2.260b	24.843±0.362c	25.026±0.767ab
30	23.583±1.794b	23.140±0.155d	22.770±4.616bc
40	20.823±0.309c	20.800±.122e	20.573±1.133cd
50	17.953±1.312d	17.610±.357f	17.783±0.550d

ตารางที่ 4.3 แสดงการวิเคราะห์ค่า a*

เวลา (นาที)	การทดลอง		
	ไม้เป่าลม	Q=0.219 m ³ /min	Q=0.314m ³ /min
0	17.620±2.680a	20.366±0.231a	18.646±3.939a
10	15.803±0.436ab	17.746±0.092b	14.200±0.477b
20	14.696±0.181cb	16.160±0.075c	13.186±2.166b

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

เวลา (นาที)	การทดลอง		
	ไม่เป่าลม	Q=0.219 m ³ /min	Q=0.314m ³ /min
30	8.910±1.889c	12.060±0.236d	5.836±3.887c
40	3.380±1.383d	7.506±0.094e	4.460±0.484c
50	2.120±1.383d	4.320±0.301f	3.863±0.738c

ตารางที่ 4.4 แสดงการวิเคราะห์ ค่า b*

เวลา (นาที)	การทดลอง		
	ไม่เป่าลม	Q=0.219 m ³ /min	Q=0.314m ³ /min
0	8.423±1.366a	7.526±0.032a	9.333±1.805a
10	6.216±0.885a	5.966±0.011b	7.536±2.211ab
20	6.873±2.546a	4.540±0.040c	6.936±1.275ab
30	2.490±1.494b	1.380±0.138d	5.780±0.731c
40	-0.193±1.665bc	-0.253±0.476e	1.726±1.066d
50	-1.350±1.272c	-1.886±0.095f	1.343±1.156d

จากผลการทดลองพบว่าเวลาที่ใช้ในการคว่ำพริกมีผลต่อค่า L* (ค่าความสว่าง) และค่า a* (ค่าสีแดง) เพราะเมื่อใช้เวลาในการคว่ำเพิ่มขึ้น ทำให้ค่า L* และค่า a* มีค่าลดลง การทดลองคว่ำพริกมีการทดลอง 3 ครั้ง แต่พบว่าการทดลอง Q=0.219 m³/min เมื่อเปรียบเทียบกับค่า L* และค่า a* ในการคว่ำที่เวลาเดียวกันพบว่าจะให้ค่า L* และค่า a* แสดงให้เห็นถึงสีของพริกระหว่างกระบวนการคว่ำมีสีพริกสดกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองแบบไม่เป่าลม และการทดลอง Q=0.314m³/min เป็นผลมาจากในกระบวนการคว่ำ การทดลอง Q=0.219 m³/min มีการเป่าลมจากเครื่องเป่าลมปริมาณน้อย ทำให้เห็นว่าปริมาณการเปิดลมเข้าสู่ถึงในระหว่างกระบวนการคว่ำมีผลต่อสีของพริก

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองเครื่องคั่วพริกที่ได้ออกแบบและพัฒนาขึ้นมาสามารถใช้ได้จริงและแก้ปัญหาการระบายอากาศเดิมได้ ทำให้ลดระยะเวลาและความชื้นของพริกเป็นตามต้องการ การลดลงของค่าความชื้นในช่วงเวลาต่างๆมีความสัมพันธ์กับกราฟ drying rate เห็นได้จากผลการทดลองมีความสอดคล้องกับช่วง constant rate ,first falling rate และfalling rate ทำให้ทราบว่า การเป่าลมระบายอากาศมีผลต่อการลดลงของค่าความชื้นในช่วงเวลาต่างๆ และมีผลต่อการเปลี่ยนสีของพริกในระหว่างการคั่ว และการเป่าลมระบายอากาศพบว่า มีผลทำให้สีของพริกสดกว่าวิธีการทดลองแบบไม่เป่าลมในระหว่างกระบวนการคั่ว แต่การเป่าลมมาก($Q=0.314\text{m}^3/\text{min}$)หรือการเป่าลมน้อย($Q=0.219\text{m}^3/\text{min}$) นั้นมีผลต่อสีของพริกแตกต่างกัน จะเห็นได้ว่าวิธีการทดลองแบบเป่าลมน้อย($Q=0.219\text{m}^3/\text{min}$) กว่าสีของพริกจะสดกว่าแบบเป่าลมมากกว่า($Q=0.314\text{m}^3/\text{min}$) แสดงให้เห็นถึงปริมาณลมที่ใช้มีผลต่อสีของพริก

5.2 ข้อเสนอแนะ

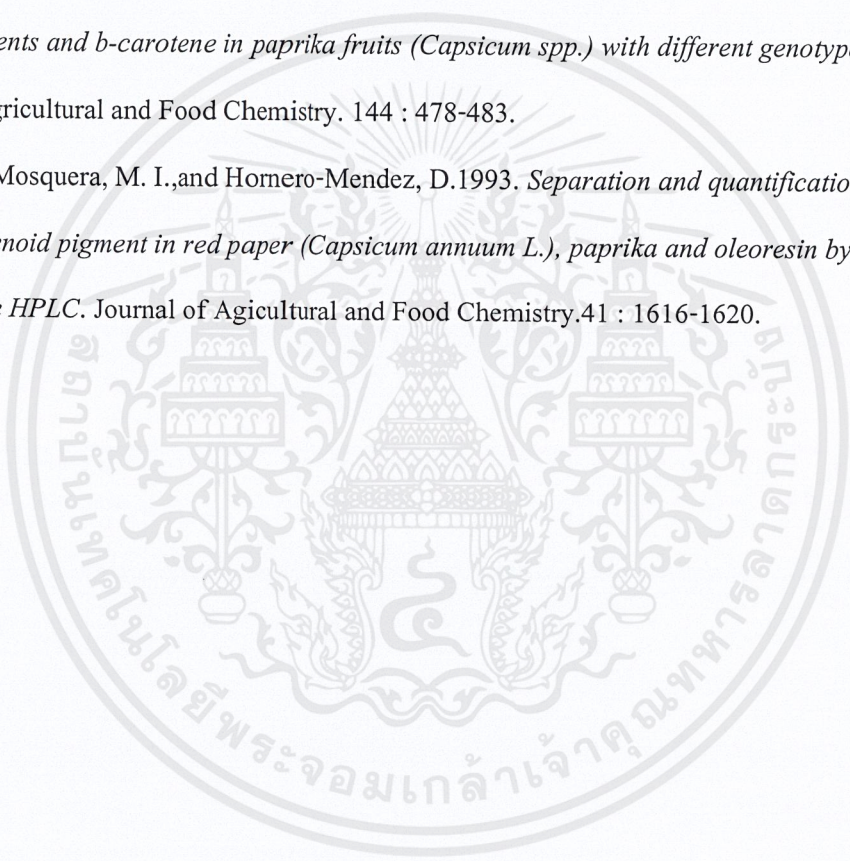
งานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบเครื่องคั่วพริกต้นแบบ โดยมีการออกแบบระบบการระบายความร้อนและชิ้นส่วน โครงสร้างต่างๆรวมทั้งระบบการให้ความร้อน แต่ด้วยเวลาการทำโครงงานทางวิศวกรรมของนักศึกษาระดับปริญญาตรีมีจำกัด ทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องบางส่วนอาจจะยังสามารถพัฒนาได้ดีกว่านี้

อย่างไรก็ดี จากการวิเคราะห์หลักไคที่ใช้ในการคั่วสามารถทำการคั่วพริกแห้งให้แห้งได้ ความตามต้องการ แต่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนได้ โดยทำที่ครอบฉนวนเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน และควรเพิ่มกลไกในการลำเลียงพริกคั่วออกจากตัวถัง จะทำให้ลดการใช้แรงงานได้และมีกำลังการผลิตสูงขึ้น ซึ่งจะทำให้เครื่องคั่วพริกมีความสมบูรณ์ขึ้นอีกมาก

บรรณานุกรม

- กิตติศักดิ์ สิริสุนทร และคณะ. 2544. *จลนศาสตร์การเปลี่ยนสีของพริกแห้งที่ระดับความชื้น*
สมดุลต่างๆ. ปรินูญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอาหาร คณะ
 วิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
 เกรียงไกร เกสร และชงชาติ ยานะชาติ. 2548. *เครื่องคั่วพริกแห้ง*. ปรินูญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์
 มหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมเครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิราวุฒวิทยาลัย.
 เกรียงศักดิ์ บรรลือ. *การผลิตและการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากปลาร้าผง*. [Online]. Available from :
<http://www.research.msu.ac.th>. 2553.
- นิธิยา รัตนานาปนนท์. 2549. *เคมีอาหาร*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- พุกชา การิรัตน์. *การทำพริกแห้ง*. [Online]. Available from : [http://www.miuphutra.ob.tc/
 Page9.html](http://www.miuphutra.ob.tc/Page9.html). 2553
- ภักดิ์น้อย ทองอิมพร. 2550. *การมองเห็นสีและการวัด*. [online]. Available :
http://www.dss.go.th/dssweb/st-articles/file/pep_7_2550_Color_Measurement.pdf.
- ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. *การอบแห้ง*.
 [Online]. Available from : <http://www.ic.kmutnb.ac.th>. 2553.
- มณีฉัตร นิกกรพันธ์. 2541. *พริก*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- โรงคั่วกาแฟปริดา. *ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับกาแฟ*. [Online]. Available from : <http://www.preda-roastinghouse.com>. 2553.
- วิโรจน์ โชคอุดมชัย และคณะ. *เครื่องคั่วและปั่นพริก*. [Online]. Available from :
<http://www.clinictech.most.go.th/techlist/0214/agriculture/00000-446.html>. 2553.
- สหฤทัย รัตนปัญญา และคณะ. 2552. *การประเมินคุณภาพและอายุการเก็บของพริกปั่น*. ปรินูญานิพนธ์
 วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิต
 วิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- สุชีรา เตชะวงศ์เสถียร. 2549. *พริก: การผลิต การจัดการและการปรับปรุงพันธุ์*. กรุงเทพฯ : เพรส
 มีเดีย.
- อีลิทียะ สนิโซ และมะรุจิง กษา. *การอบแห้งชั้นบางขึ้นส้มแขก:แบบจำลองจลนพลศาสตร์*
การอบแห้งและสัมประสิทธิ์การแพร่. [Online]. Available from : http://digital_collect.

- lib.buu.ac.th/journal/science/v14n2/26-33.PDF. 2552.
- Ittah, Y., Kanner, J., and Granit, R. 1993. *Hydrolysis study of carotenoid pigments of paprika (Capsicum annuum L. variet Lahava) by HPLC/Photodiode Array Detection*. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 41(6) : 899-901.
- Jayashree, E. et al. *Thin layer modeling for drying of black pepper in agricultural waste fired reverse flow drier*. [Online]. Available from : <http://220.227.138.214:8080/dspace/bitstream/123456789/524/1/12030907.pdf>. 2008.
- Levy, A., Harel, S., Palevitch, D., Akiri, B., Menagem, E., and Kanner, J. 1995. *Carotenoid pigments and b-carotene in paprika fruits (Capsicum spp.) with different genotypes*. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 144 : 478-483.
- Minguez-Mosquera, M. I., and Hornero-Mendez, D. 1993. *Separation and quantification of the carotenoid pigment in red paper (Capsicum annuum L.), paprika and oleoresin by reverse-phase HPLC*. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 41 : 1616-1620.



ภาคผนวก



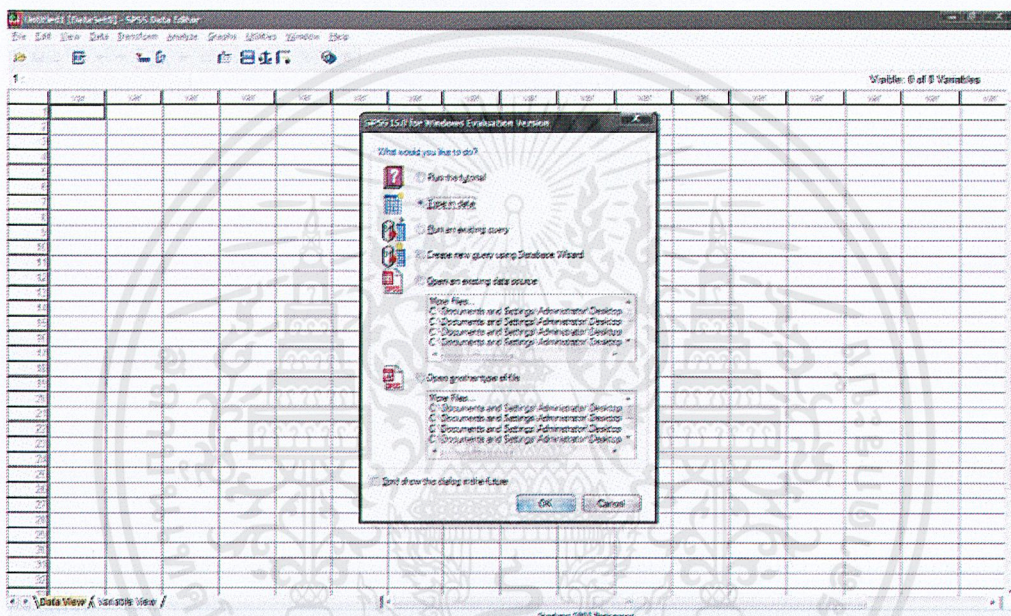
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

การใช้โปรแกรม SPSS วิเคราะห์สมการแบบจำลองจลนศาสตร์

การอบแห้งแบบชั้นบาง

1. เมื่อเข้าสู่โปรแกรม SPSS ก็จะแสดงหน้าต่างดังรูปที่ ก.1 ให้เลือก Type in data แล้วคลิก OK



รูปที่ ก.1 หน้าต่างแรกของโปรแกรม SPSS

2. เลือก Data View ใส่ข้อมูลเวลา(Time) และอัตราส่วนความชื้น(Moisture ratio) ในคอลัมน์ VAR00001 และ VAR00002 ตามลำดับ

VAR00001	VAR00002
5:00	96
10:00	96
15:00	74
20:00	66
25:00	42
30:00	32
32:00	22
34:00	24
36:00	22
38:00	15
40:00	19
42:00	18
44:00	17
46:00	16
48:00	15
50:00	15

รูปที่ ก.2 ส่วนของ Data View

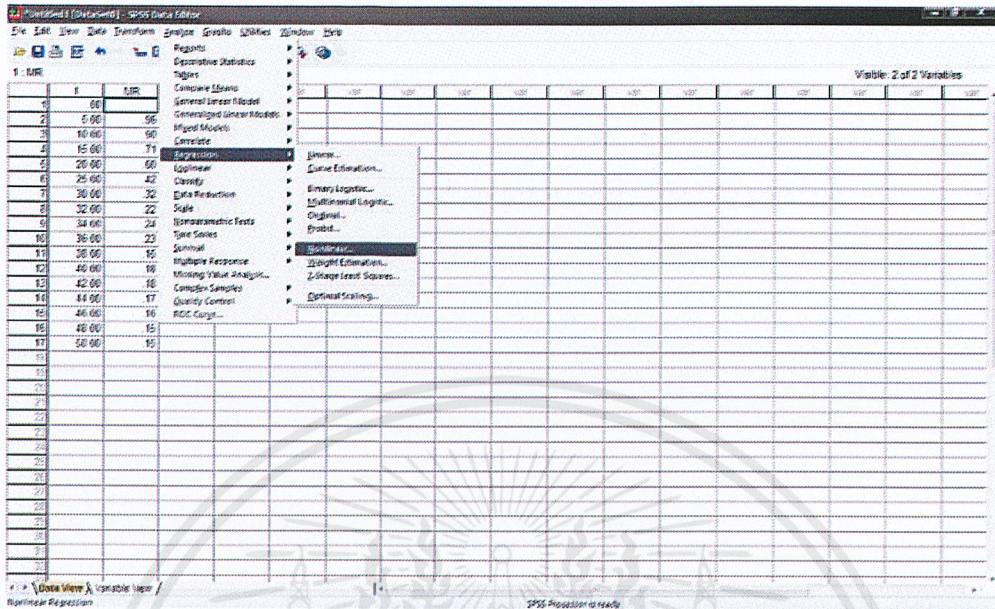
3. เลือก variable view เพื่อเปลี่ยนชื่อตัวแปร โดย เปลี่ยนจาก VAR00001 เป็น t ซึ่งกำหนดให้แทนเวลาและเปลี่ยน VAR00002 เป็น MR ให้แทนอัตราส่วนความชื้น ดังรูปที่ ก.3

Name	Type	Width	Decimals	Label	Values	Missing	Columns	Align	Measure
t	Numeric	8	2		None	None	3	Right	Scale
MR	Numeric	8	2		None	None	3	Right	Scale

รูปที่ ก.3 การเปลี่ยนชื่อตัวแปร

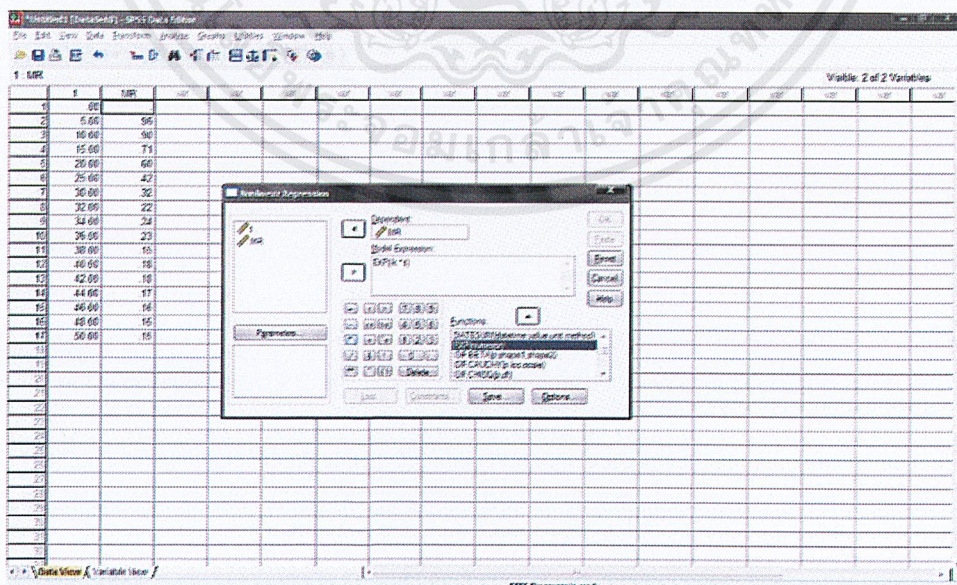
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เลือก Analyze เลือก Regression และเลือก Nonlinear ตามลำดับ



รูปที่ ก.4 การเลือก Analyze

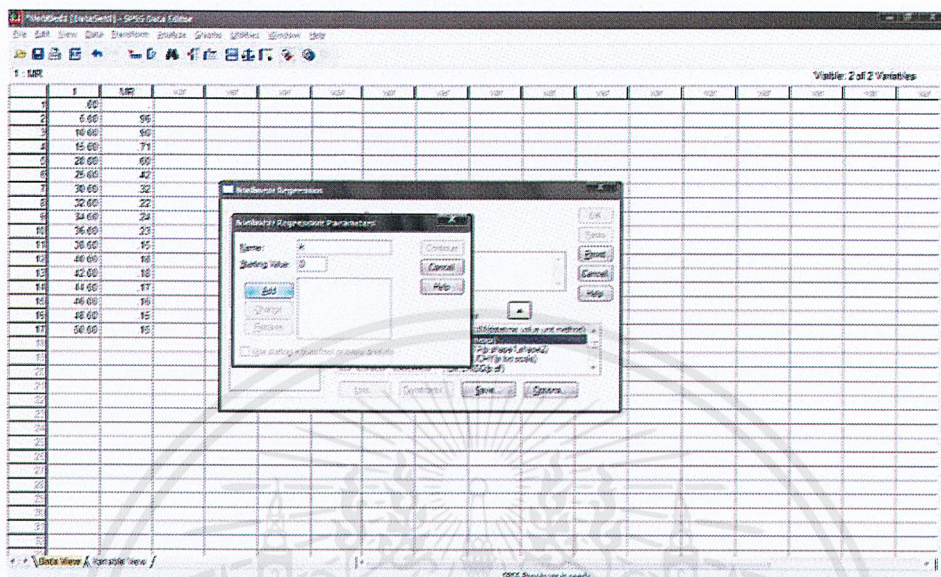
5. จากนั้นจะปรากฏหน้าต่างดังรูปที่ ก.5 ให้เลือก MR เป็น Dependent ในส่วนของ Model Expression ให้ใส่สมการแบบจำลอง เช่น สมการของ Lewis >> $MR = \exp(-kt)$ ให้ใส่ $\exp(-k*t)$ ตรงส่วนของ Model Expression โดยสามารถเลือก Function เป็น exp. ได้



รูปที่ ก.5 การเลือก MR เป็น Dependent

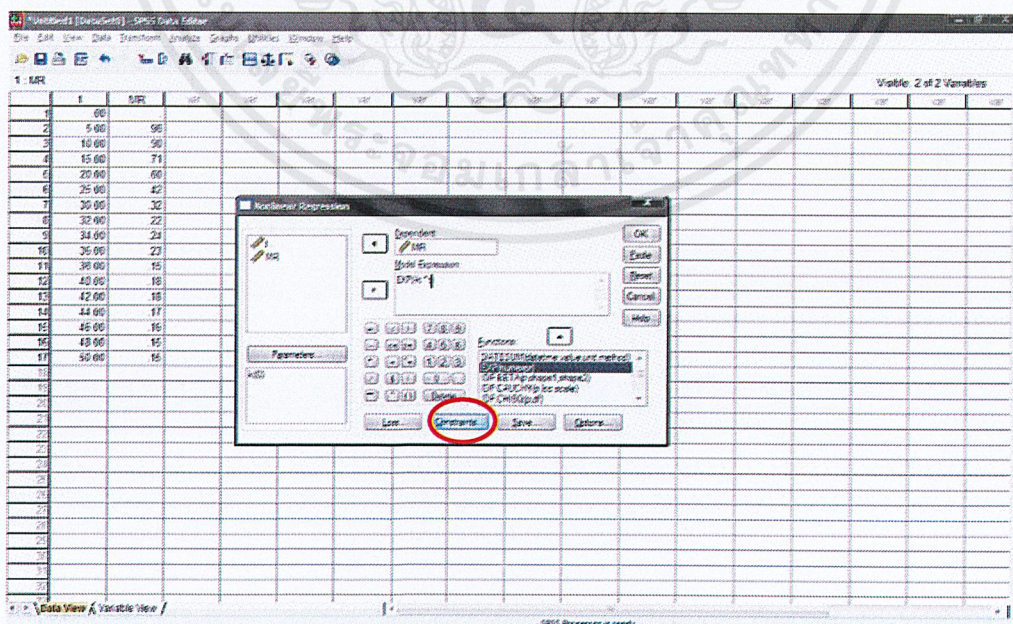
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. คลิกเลือก Parameters แสดงหน้าต่างดังรูปที่ ก.6 จากนั้นกรอก Name เป็น k และ Starting Value เป็น 0 (ในที่นี้ใช้สมการของ Lewis) แล้วเลือก Add และเลือก Continue ตามลำดับ



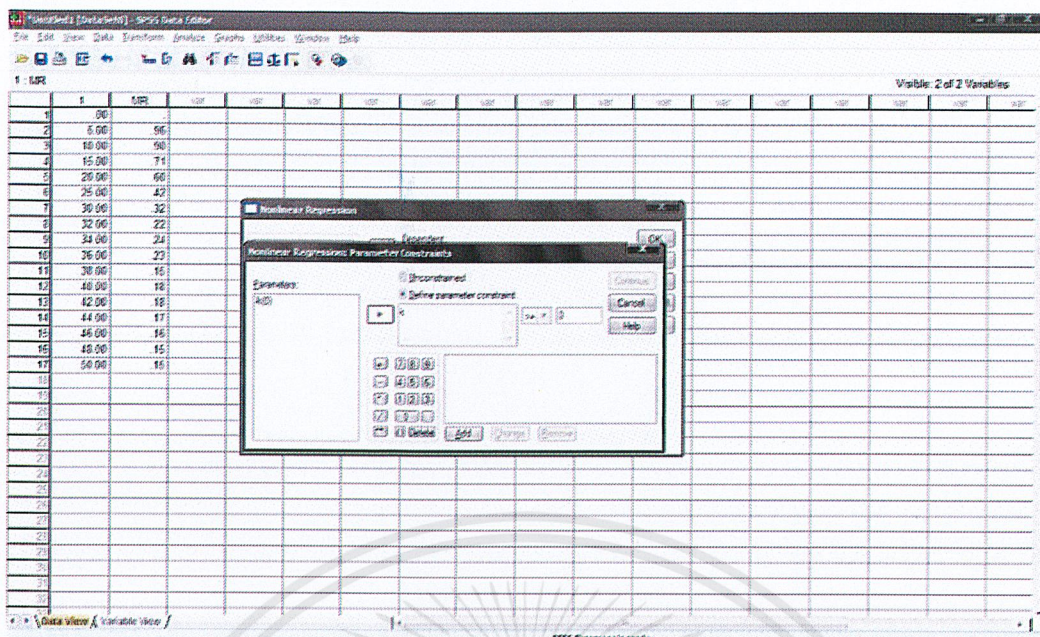
รูปที่ ก.6 หน้าต่างหลังจากเลือก Parameters

7. เลือก Constraints จะแสดงหน้าต่างดังรูปที่ ก.7 แล้วเลือก Define parameter constraints จากนั้นกำหนดเงื่อนไข $k \geq 0$ ใส่ลงในช่องที่แสดงดังรูปที่ ก.7 เลือก Add และเลือก Continue ตามลำดับ



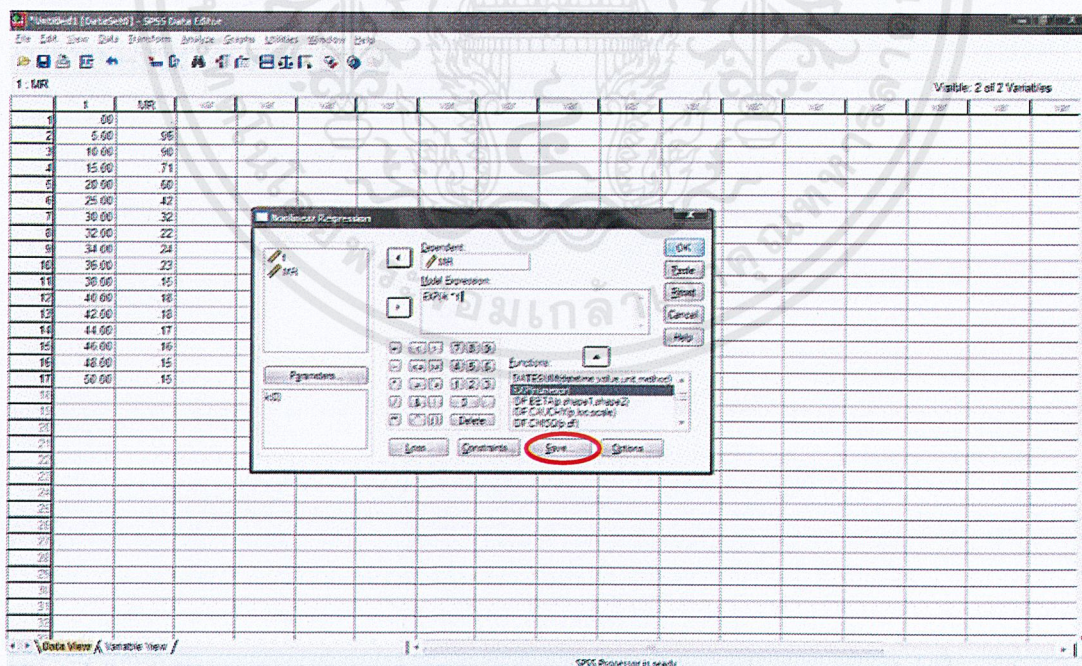
รูปที่ ก.7 การเลือก Constraints

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



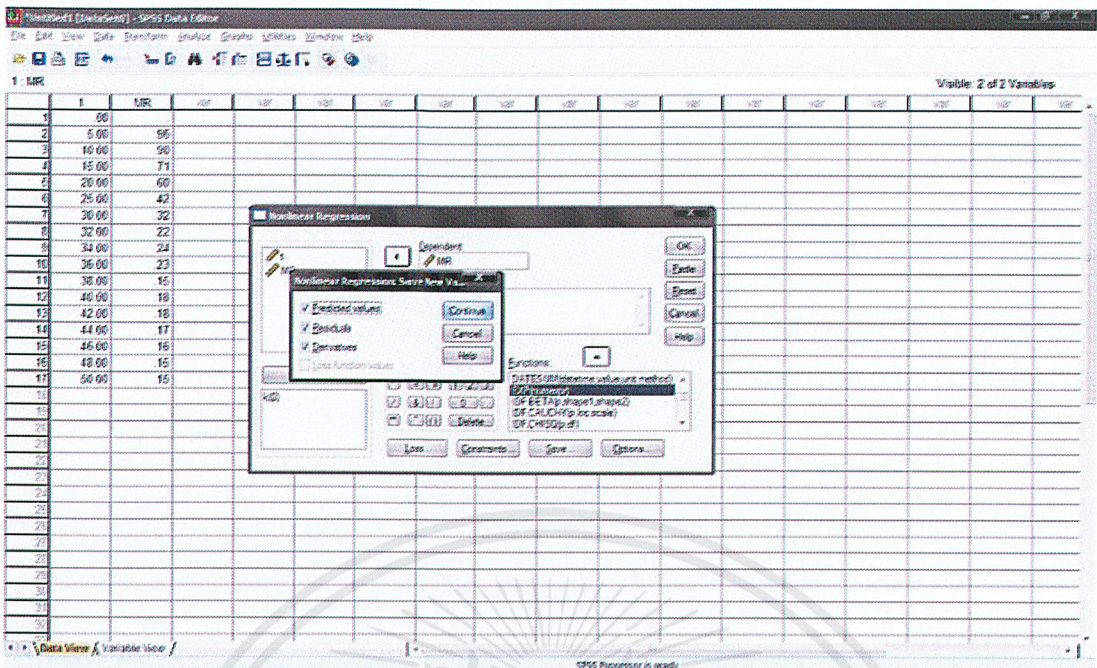
รูปที่ ก.8 การเลือก Constraints(ต่อ)

8. เลือก Save จากนั้นคลิกเลือก Predicted Values, Residuals และ Derivative ตามลำดับ แล้วเลือก Continue



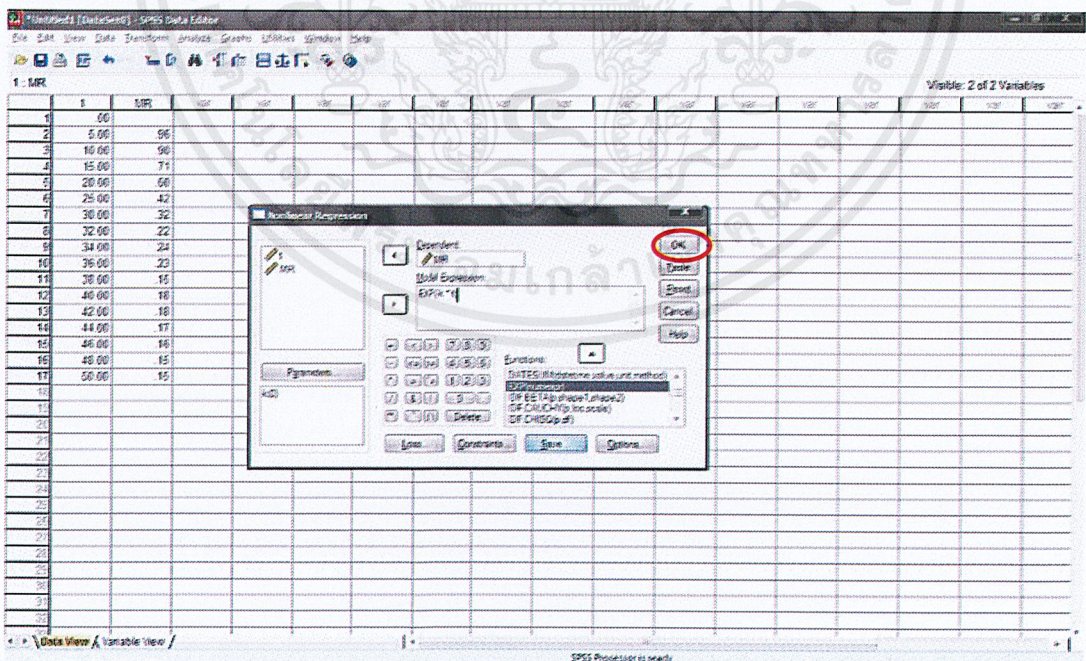
รูปที่ ก.9 การ save โปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



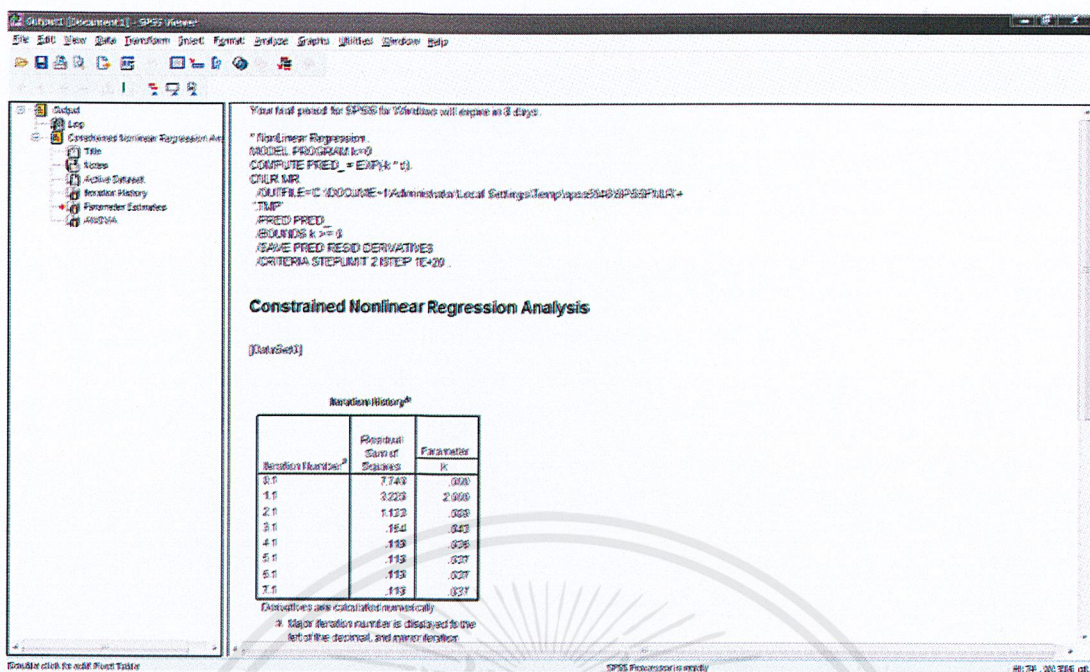
รูปที่ ก.10 การ save โปรแกรม(ต่อ)

9. คลิก OK เพื่อให้แสดงผลค่า k และ R^2 ในหน้าต่าง Output ดังรูปที่ ก.11 โดยค่า k ที่ได้จากการ Estimate มีค่าเท่ากับ 0.037 และ R^2 เท่ากับ 0.923 ดังรูปที่ ก.13

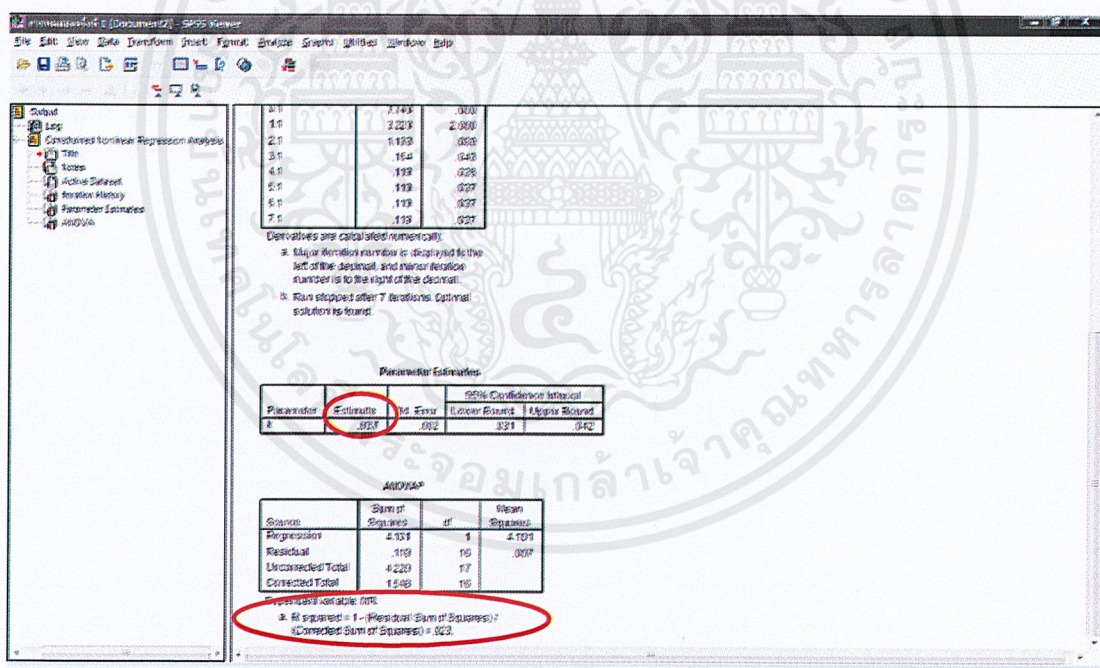


รูปที่ ก.11 เลือก OK เพื่อแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.12 ผลการคำนวณ



รูปที่ ก.13 ผลการคำนวณ(ต่อ)

หมายเหตุ โปรแกรม SPSS แสดงให้เพียงค่า R² ถ้าต้องการค่าอื่นๆมาอธิบาย เช่น RMSE (Root

Mean Square Error) ให้ใช้สูตร $RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (MR_{exp,i} - MR_{pre,i})^2}$ สามารถนำไปคำนวณ

ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย ค่า MR_{exp} คือ อัตราส่วนความชื้นที่ได้จากการทดลอง

ค่า MR_{pre} คือ อัตราส่วนความชื้นที่ได้จากแบบจำลอง (ซึ่งสามารถเอาข้อมูลมาจากโปรแกรม SPSS ได้ ดังแสดงในรูปที่ ก.14)

ค่า N คือ จำนวนข้อมูลการทดลอง

I	MR	PRED	RESID	Dk											
1	00		1.00		00										
2	5.00	95	83	13	-4.17										
3	10.00	90	69	21	-6.04										
4	15.00	71	58	13	-8.67										
5	20.00	59	48	12	-9.63										
6	25.00	42	40	02	-10.03										
7	30.00	32	33	-01	-10.03										
8	32.00	22	31	-09	-9.94										
9	34.00	24	29	-06	-9.62										
10	36.00	23	27	-04	-9.67										
11	38.00	19	25	-10	-9.49										
12	40.00	18	23	-06	-9.28										
13	42.00	18	22	-04	-9.66										
14	44.00	17	20	-03	-9.92										
15	46.00	16	19	-03	-8.57										
16	48.00	15	17	-02	-8.32										
17	50.00	15	16	-01	-8.00										

รูปที่ ก.14 ค่าที่ได้จากการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ผลการทดลอง

ตารางที่ ข.1 การทดลองแบบไม่เป่าลม

เวลาค้าว (min)	น้ำหนักก่อนอบ				น้ำหนักหลังอบ			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
0	2.4397	2.3967	2.3786	2.4050	2.0912	2.0354	2.0104	2.0457
5	2.8605	2.8056	2.7064	2.7908	2.4566	2.4516	2.2916	2.3999
10	2.6540	2.3331	2.3473	2.4448	2.2762	2.0512	2.0160	2.1145
15	2.5689	2.3737	2.4469	2.4632	2.2243	2.1041	2.1363	2.1549
20	2.5362	2.5442	2.8655	2.6486	2.2672	2.2886	2.6149	2.3902
25	2.2379	2.7533	2.3604	2.4505	2.0990	2.5644	2.2195	2.2943
30	2.8754	2.3267	2.8659	2.6893	2.7161	2.2078	2.6966	2.5402
32	2.1087	2.1246	2.0493	2.0942	2.0264	2.0366	2.0019	2.0216
34	2.3200	2.9100	2.7578	2.6626	2.2414	2.8217	2.6831	2.5821
36	2.5711	2.5909	2.3746	2.5122	2.5052	2.5213	2.3027	2.4431
38	2.2153	2.0659	2.0504	2.1105	2.1596	2.0116	1.9897	2.0536
40	2.7347	2.3447	2.3305	2.4700	2.6627	2.2872	2.2602	2.4034
42	2.2785	2.3638	2.1690	2.2704	2.2202	2.3066	2.1175	2.2148
44	2.8422	2.9231	2.4318	2.7324	2.7740	2.8508	2.3677	2.6642
46	2.0917	2.1648	2.3003	2.1856	2.0454	2.1123	2.2536	2.1371
48	2.1493	2.0711	2.1161	2.1122	2.0963	2.0233	2.0681	2.0626
50	2.7452	2.8796	2.2865	2.6371	2.6774	2.8205	2.2180	2.5720

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 การทดลองแบบไม่เป่าลม

เวลาคั่งว้(min)	%ความชื้น			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
0	14.28	15.07	15.09	14.82
5	14.12	12.62	14.50	13.75
10	14.24	12.08	12.48	12.93
15	13.41	11.36	12.09	12.29
20	10.61	10.05	9.88	10.18
25	6.21	6.86	6.30	6.45
30	5.54	5.11	5.89	5.51
32	3.90	4.14	2.25	3.43
34	3.39	3.03	3.22	3.21
36	2.56	2.69	2.80	2.68
38	2.51	2.63	2.74	2.63
40	2.63	2.45	2.57	2.55
42	2.56	2.42	2.26	2.41
44	2.40	2.47	2.26	2.38
46	2.21	2.43	2.23	2.29
48	2.47	2.31	2.23	2.34
50	2.47	2.05	2.50	2.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 การทดลองแบบเป่าลมน้อย ($Q=0.219 \text{ m}^3/\text{min}$)

เวลาค้าว (min)	น้ำหนักก่อนอบ				น้ำหนักหลังอบ			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
0	2.7822	2.8272	2.7507	2.7867	2.3430	2.3849	2.3274	2.3518
5	2.6853	2.8553	2.3325	2.6244	2.2788	2.4395	2.0231	2.2471
10	2.6798	2.5383	2.8601	2.6927	2.3126	2.2089	2.4985	2.3400
15	2.6429	2.6447	2.7547	2.6808	2.2879	2.3188	2.4269	2.3445
20	2.5478	2.7895	2.4908	2.6094	2.2551	2.5033	2.2250	2.3278
25	2.5591	2.8633	2.6355	2.6860	2.3943	2.7051	2.5021	2.5335
30	2.1230	2.4530	2.2106	2.2622	2.0125	2.3339	2.1231	2.1565
35	2.8883	2.3898	2.9598	2.7460	2.7895	2.3157	2.8726	2.6593
40	2.7453	2.8743	2.9845	2.8680	2.6769	2.8243	2.9453	2.8155
45	2.6761	2.5498	2.4914	2.5724	2.6292	2.5151	2.4612	2.5352
50	2.5983	2.5673	2.5983	2.5880	2.5557	2.5348	2.5679	2.5528

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.4 การทดลองแบบเป่าลมน้อย ($Q=0.219 \text{ m}^3/\text{min}$)

เวลาคั่ว(min)	%ความชื้น			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
0	15.79	15.64	15.39	15.61
5	15.14	14.56	13.26	14.32
10	13.70	12.98	12.64	13.11
15	13.43	12.32	11.90	12.55
20	11.49	10.26	10.67	11.14
25	6.43	5.53	5.10	5.69
30	5.21	4.86	3.96	4.67
35	3.42	3.10	2.95	3.16
40	2.49	1.74	1.31	1.84
45	1.75	1.36	1.21	1.44
50	1.64	1.27	1.17	1.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.5 การทดลองแบบเป่าลมมาก ($Q=0.314\text{m}^3/\text{min}$)

เวลาค้าว (min)	น้ำหนักก่อนอบ				น้ำหนักหลังอบ			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
0	2.5031	2.3812	2.5808	2.4884	2.1286	2.0266	2.2041	2.1198
5	2.5409	2.8703	2.8782	2.7631	2.1638	2.4513	2.4503	2.3551
10	2.5925	2.5948	2.3683	2.5185	2.2520	2.2545	2.0352	2.1806
15	2.8260	2.7567	2.9322	2.8383	2.4706	2.4156	2.5807	2.4890
20	2.7325	2.4881	2.7355	2.6520	2.4289	2.2147	2.4125	2.3520
25	2.7217	2.8591	2.8031	2.7946	2.4874	2.5809	2.5091	2.5258
30	2.4421	2.4843	2.6536	2.5267	2.2667	2.2571	2.4238	2.3159
35	2.8244	2.6126	2.7509	2.7293	2.6776	2.4543	2.5782	2.5700
40	2.8381	2.7649	2.7746	2.7925	2.7445	2.6729	2.6593	2.6922
45	2.8832	2.8401	2.6474	2.7902	2.8208	2.7803	2.5933	2.7315
50	2.6864	2.2282	2.8781	2.5976	2.6345	2.1874	2.8201	2.5473

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

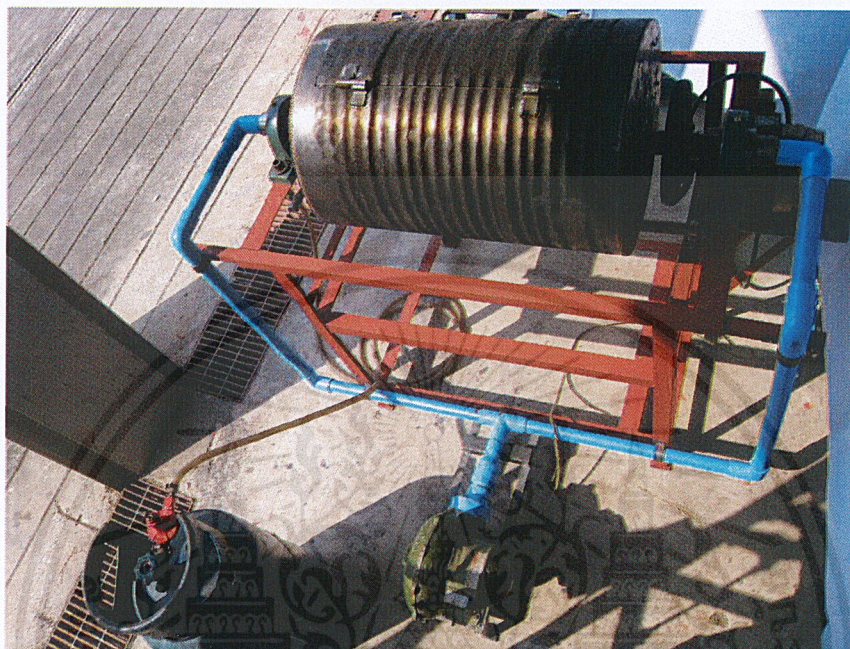
ตารางที่ ข.6 การทดลองแบบเป่าลมมาก ($Q=0.314\text{m}^3/\text{min}$)

เวลาคั่ว(min)	%ความชื้น			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
0	14.96	14.89	14.60	14.82
5	14.84	14.60	14.87	14.77
10	13.13	13.11	14.06	13.44
15	12.58	12.37	11.99	12.31
20	11.11	10.99	11.81	11.30
25	8.61	9.73	10.49	9.61
30	7.18	9.15	8.66	8.33
35	5.20	6.06	6.28	5.84
40	3.30	3.33	4.16	3.59
45	2.16	2.11	2.04	2.10
50	1.93	1.83	2.02	1.93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

ภาพแสดงส่วนประกอบต่างๆของเครื่องคั่วพริกแบบถังหมุน



รูปที่ ค.1 แสดงส่วนประกอบของเครื่องคั่วพริก



รูปที่ ค.2 ถังคั่วพริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.3 ลักษณะการเปิดฝาดังคั่ว



รูปที่ ค.4 ฝาดังคั่ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

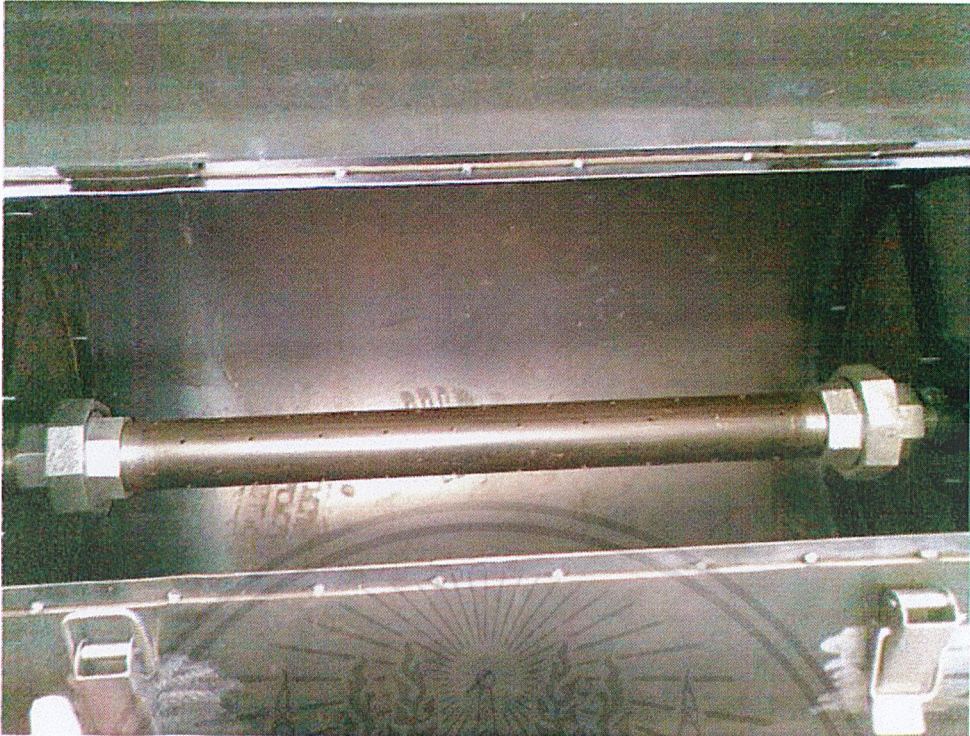


รูปที่ ค.5 ด้านข้างของตัวถัง



รูปที่ ค.6 ตะแกรงระบายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.7 ท่อระบายอากาศ



รูปที่ ค.8 รางไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

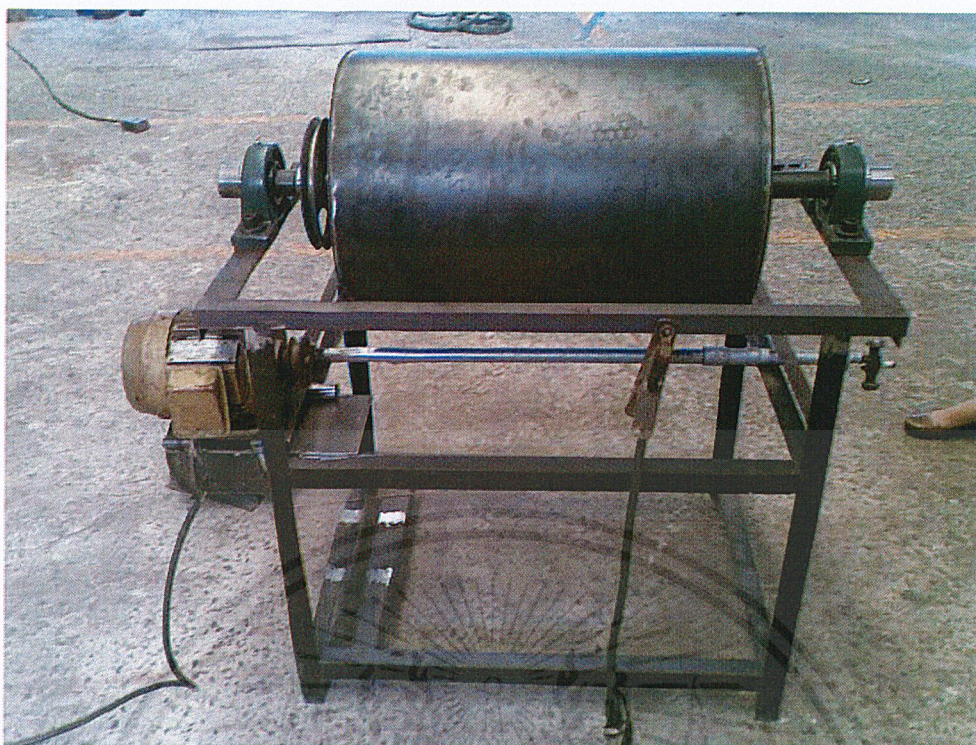


รูปที่ ค.9 โครงเหล็ก



รูปที่ ค.10 ฐานรองสำหรับติดตั้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

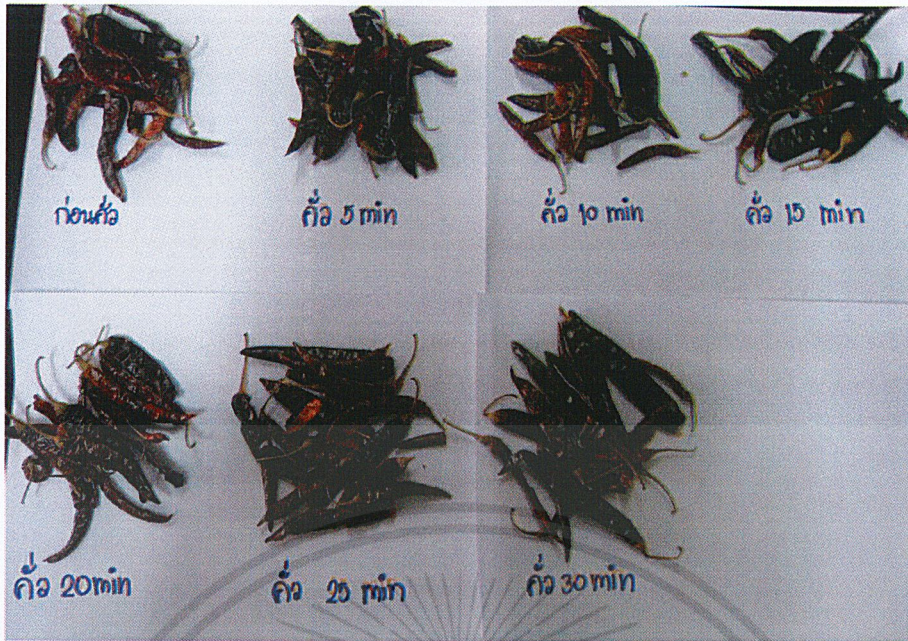


รูปที่ ๑.11 การติดตั้งมอเตอร์และรางไฟ



รูปที่ ๑.12 การติดตั้งฟู่ได้ สายพาน และมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.13 แสดงสีพริกของการทอดแบบไม่เป่าลม



รูปที่ ค.14 แสดงสีพริกของการทอดแบบเป่าลมน้อย($Q=0.219 \text{ m}^3/\text{min}$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.15 แสดงสีพริกของการทดลองแบบเป่าลมมาก($Q=0.314\text{m}^3/\text{min}$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้