



การพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบมัสท์โฟลว์สำหรับเมล็ดพันธุ์ข้าว
DEVELOPMENT OF MUST FLOW DRYER FOR RICE SEED



ภูวนัย ปาลคะเชนทร์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2564

การพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบมัลติไฟลว์สำหรับเมล็ดพันธุ์ข้าว



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปีการศึกษา 2564

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

DEVELOPMENT OF MUST FLOW DRYER FOR RICE SEED



PHUWANAI PALAKACHEN

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of MASTER OF ENGINEERING
(Mechanical Engineering)

Faculty of Engineering, Srinakharinwirot University

2021

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบมัลติโฟลว์สำหรับเมล็ดพันธุ์ข้าว

ของ

ภูวนัย ปาลคะเชนทร์

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.ประชา นุณยวานิชกุล)

..... ประธาน
(อาจารย์ ดร.พัทตรีวิภา สุทธิวารี)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สงกรานต์ วิริยะ
ศาสตร์)

ชื่อเรื่อง	การพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบมัลติไฟเบอร์สำหรับเมล็ดพันธุ์ข้าว
ผู้วิจัย	ภุณย ปาลคะเซนทร์
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2564
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. ประชา บุญยวานิชกุล

งานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบมัลติไฟเบอร์สำหรับอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าว เป็นการการอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ กข 87 ด้วยเครื่องอบแห้งแบบมัลติไฟเบอร์ ผู้วิจัยได้พัฒนาอุปกรณ์ป้อนเมล็ดพืช ห้องอบแห้ง ชุดบังคับการลอยตัวของเมล็ดพืช และชุดสร้างอากาศร้อน ขึ้นมาใหม่เพื่อให้เหมาะสมกับการอบแห้งเมล็ดพันธุ์แล้วทำการทดสอบประสิทธิภาพ โดยมีเงื่อนไขดังนี้ ใช้ทดสอบคือ เมล็ดพันธุ์ข้าว กข87 เป็นข้าวใหม่หลังการเก็บเกี่ยวไม่เกิน 3 วัน ที่ความชื้น 22-27 %wb อุณหภูมิการอบที่ 80 °C, 100 °C, และ 120 °C กระแสความเร็วของอากาศร้อนตั้งแต่ 0.2 m³/s, 0.3 m³/s, และ 0.4 m³/s ความเร็วรอบของระยะยกห้องอบแห้งที่ 100 และ 120 rpm อัตราการป้อนไม่น้อยกว่า 350 kg/hr. และความชื้นสุดท้ายหลังการอบไม่เกิน 14 %wb จากการทดลองพบว่าค่าที่เหมาะสมที่สุดในการอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าวให้ได้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุดคือ อุณหภูมิ 100 °C รอบการยกที่ 100 rpm กระแสความเร็วของอากาศร้อนตั้งแต่ 0.2 m³/s ให้เปอร์เซ็นต์การงอกสูงและความชื้นที่ต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด ทำให้สามารถเก็บเมล็ดพันธุ์ข้าวได้นาน 2-3 เดือน

คำสำคัญ : เครื่องอบแห้งแบบมัลติไฟเบอร์, เปอร์เซ็นต์การงอก, เมล็ดพันธุ์ข้าว

Title DEVELOPMENT OF MUST FLOW DRYER FOR RICE SEED
Author PHUWANAI PALAKACHEN
Degree MASTER OF ENGINEERING
Academic Year 2021
Thesis Advisor Associate Professor Pracha Bunyawanichakul , Ph.D.

The research aims to develop a must flow dryer for drying rice seeds. It was used for drying RD87 rice seeds by the must-flow technique. In this research, a grain feeding device drying, chamber grain, flotation unit and hot air units have been developed to be suitable for drying seeds and then testing their efficiency under the following conditions: the testing of fresh harvested RD87 rice seed that was no more than three days old and at a humidity of 22-27 % wb was dried at the temperature of 80 °C, 100 °C and 120 °C. There was an air flow rate of 0.2 m³/s, 0.3 m³/s and 0.4 m³/s, with a lifting frequency in the drying chamber of 100 and 120 rpm and the controlled feed rate of not less than 350 kg/hr to obtain the final moisture content after drying of not more than 14 % wb. The experiment found that the optimum condition for drying rice seed with the most efficient was a temperature of 100°C. The lifting frequency of the drying chamber was at 100 rpm with an air flow of 0.2 m³/s. It provides a high percentage of germination and humidity that is lower than the specified standard. This makes it possible to store rice seeds for 2-3 months.

Keyword : Must flow dryer, Germination percentage, Rice seed

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับมหาบัณฑิตในหัวข้อเรื่องการพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบมัลติเฟลด์สำหรับเมล็ดพันธุ์ข้าว

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ประชาบุญยานิชกุล อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ ที่ให้โอกาสในการทำวิจัยพร้อมทั้งให้คำแนะนำคำปรึกษาให้แนวคิดและช่วยแก้ปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นในการทำปริญญาานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการควบคุมปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ที่ให้คำแนะนำ คำปรึกษา อันเป็นประโยชน์ในระหว่างการดำเนินงานวิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณบุคลากรจากภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒทุกท่านที่อำนวยความสะดวกให้ความช่วยเหลือในการใช้อุปกรณ์และสถานที่ในการทำวิจัยจนสำเร็จ

ท้ายสุดผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่อบรมสั่งสอนให้กำลังใจตลอดจนสนับสนุนทุนการศึกษา และคำแนะนำต่างๆ และขอขอบคุณเพื่อนๆที่ให้ความช่วยเหลือในการทำปริญญาานิพนธ์จนสำเร็จ

ภูวนัย ปาลคะเซนทร์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูปภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ที่มาและความสำคัญ.....	1
วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	3
ขอบเขตของงานวิจัย.....	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 โครงสร้างของเมล็ดข้าวเปลือก.....	4
2.2 ความชื้นของเมล็ดพืช.....	5
2.3 การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของปริมาณความชื้น.....	5
2.4 การลดความชื้นในข้าวเปลือก.....	6
2.5 หลักการอบแห้ง.....	8
2.6 เครื่องอบแห้งที่นิยมใช้ในปัจจุบัน.....	10
2.7 เครื่องอบแห้งแบบมัสทีโฟล.....	12
2.8 การวิเคราะห์คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าว.....	14
2.9 วิธีมาตรฐานที่ใช้ในการตรวจสอบเมล็ดพันธุ์ข้าว.....	14

2.10 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	15
2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	18
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	24
3.1 ข้อมูลเฉพาะของเครื่องอบแห้งแบบมัลติโฟลว์สำหรับเมล็ดพันธุ์ข้าว	24
3.2 การปรับปรุงชุดอุปกรณ์ของเครื่องอบแห้งแบบมัลติโฟลว์สำหรับเมล็ดพันธุ์ข้าว	25
3.3 การทดสอบเครื่องอบแห้ง	29
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย	39
4.1 ผลประสิทธิภาพการลดความชื้น	39
4.2 ผลของอุณหภูมิในเมล็ดขณะออกจากห้องอบแห้ง	40
4.3 คุณภาพความงอกของเมล็ดหลังการอบแห้ง	43
4.4 ผลของอุณหภูมิของเมล็ดขณะออกจากห้องอบแห้งที่ส่งผลต่อคุณภาพความงอกของเมล็ดและ ประสิทธิภาพการลดความชื้น	45
บทที่ 5 สรุปผล	46
5.1 สรุปผลการวิจัย	46
5.2 อภิปรายผลการวิจัย	47
5.3 ข้อเสนอแนะ	48
บรรณานุกรม	49
ภาคผนวก	51
ภาคผนวก ก ผลการทดลองจากเครื่องต้นแบบ	52
ภาคผนวก ข ตัวอย่างการคำนวณ	56
ภาคผนวก ค การจำลองการไหลของอากาศด้วยโปรแกรม Solidworks Flow Simulation	59
ภาคผนวก ง ผลการบันทึกอุณหภูมิขณะทดสอบเครื่องอบแห้งแบบมัลติโฟลว์สำหรับการอบแห้งเมล็ด พันธุ์ข้าว	64
ประวัติผู้เขียน	75



สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1 มาตรฐานเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผ่านการปรับปรุง	1
ตาราง 2 ตารางแสดงมาตรฐานเมล็ดพันธุ์ข้าวชั้นพันธุ์จำหน่าย	14
ตาราง 3 เปรียบเทียบเครื่องอบแห้งแบบมัลติโฟลว์สำหรับเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ได้มีการพัฒนามกับเครื่อง อบแห้งแบบมัลติโฟลว์เดิม	25



สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพประกอบ 1 แสดงส่วนประกอบของข้าวเปลือก.....	4
ภาพประกอบ 2 แสดงชั้นฟิล์มอากาศบริเวณรอบข้าวเปลือก	8
ภาพประกอบ 3 Drying curve	9
ภาพประกอบ 4 เครื่องอบแห้งแบบเมล็ดไหลคูลูกเกล้า (Louisiana State University)	11
ภาพประกอบ 5 เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidized bed)	12
ภาพประกอบ 6 ส่วนประกอบหลักของเครื่องอบแห้งแบบมัสทิโพล	13
ภาพประกอบ 7 เครื่องอบแห้งแบบมัสทิโพล ที่ได้พัฒนา	24
ภาพประกอบ 8 ชุดปรับอัตราการป้อนเมล็ดพืช (rotary feed valve set).....	26
ภาพประกอบ 9 ห้องอบแห้ง.....	27
ภาพประกอบ 10 ชุดปรับการไหลของอากาศร้อน	27
ภาพประกอบ 11 ชุดบังคับการเคลื่อนตัวของเมล็ดพืช	28
ภาพประกอบ 12 ชุดสร้างอากาศร้อน.....	29
ภาพประกอบ 13 เมล็ดข้าวพันธุ์ กข 87.....	30
ภาพประกอบ 14 เครื่องคัดข้าว รุ่น MS 25 SM.....	30
ภาพประกอบ 15 เครื่องวัดความชื้นเมล็ดข้าวเปลือก Kett รุ่น Riceter f999	31
ภาพประกอบ 16 เครื่องวัดความชื้นเมล็ดข้าวเปลือก Kett รุ่น pm-450	31
ภาพประกอบ 17 Yokogawa Emission Thermometer 530.....	32
ภาพประกอบ 18 เครื่องบันทึกข้อมูล Graphtec รุ่น MT100.....	32
ภาพประกอบ 19 เทอร์โมคัปเปิลชนิด เค (Thermo Couple Type K).....	33
ภาพประกอบ 20 แสดงตำแหน่งเทอร์โมคัปเปิ้ล	33
ภาพประกอบ 21 เครื่องวัดความเร็วลม Tenmars รุ่น TM-4001	34

ภาพประกอบ 22 เครื่องวัดความเร็วรอบรุ่น DIGICON DT 250TP	34
ภาพประกอบ 23 เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล YAOHUA รุ่น T7	35
ภาพประกอบ 24 กระดาษเพาเมิลด์พันธุ์ข้าว	35
ภาพประกอบ 25 กระดาษทิชชู.....	36
ภาพประกอบ 26 ทำความสะอาดเมิลด์พันธุ์ข้าว	36
ภาพประกอบ 27 การปรับตั้งอุณหภูมิและกระแสดความเร็วของกาศ	37
ภาพประกอบ 28 การวัดอุณหภูมิและการวัดความชื้นเมิลด์พันธุ์ข้าว.....	38
ภาพประกอบ 29 การทดสอบคุณภาพความงอกของเมิลด์พันธุ์ข้าว	38
ภาพประกอบ 30 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลม อุณหภูมิการอบ ที่ความเร็วรอบของ ระยะยกห้องอบแห้ง 100 rpm ที่ส่งผลต่อการการลดความชื้น	39
ภาพประกอบ 31 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลม อุณหภูมิการอบ ที่ความเร็วรอบของ ระยะยกห้องอบแห้ง 120 rpm ที่ส่งผลต่อการการลดความชื้น	40
ภาพประกอบ 32 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลม อุณหภูมิในการอบ ที่ความเร็วรอบของ ระยะยกห้องอบแห้ง 100 rpm ที่ผลต่ออุณหภูมิของเมิลด์ขณะออกจากห้องอบแห้ง	41
ภาพประกอบ 33 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลม อุณหภูมิในการอบ ที่ความเร็วรอบของ ระยะยกห้องอบแห้ง 120 rpm ที่มีผลต่ออุณหภูมิของเมิลด์ขณะออกจากห้องอบแห้ง.....	42
ภาพประกอบ 34 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลม อุณหภูมิการอบ ที่ความเร็วรอบของ ระยะยกห้องอบแห้ง 100 rpm ที่ส่งผลต่อคุณภาพความงอกของเมิลด์หลังการอบแห้ง	43
ภาพประกอบ 35 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลม อุณหภูมิการอบ ที่ความเร็วรอบของ ระยะยกห้องอบแห้ง 120 rpm ที่ส่งผลต่อคุณภาพความงอกของเมิลด์หลังการอบแห้ง	44
ภาพประกอบ 36 ผลของอุณหภูมิของเมิลด์ขณะออกจากห้องอบแห้งที่ส่งผลต่อคุณภาพความงอก ของเมิลด์และประสิทธิภาพการลดความชื้น	45

บทที่ 1

บทนำ

ที่มาและความสำคัญ

ข้าวเป็นพืชอาหารหลักของโลก และเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความผูกพันกับวิถีชีวิตของคนไทยมาช้านาน ปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าวสองแบบคือ ข้าวนาปีประมาณ 59 ล้านไร่ ได้ผลผลิตประมาณ 26 ล้านตัน และข้าวนาปรังประมาณ 13 ล้านไร่ ได้ผลผลิตประมาณ 8 ล้านตัน ในจำนวนผลผลิตคิดเป็นปริมาณข้าวส่งออกประมาณ 10 ล้านตัน ซึ่งถือได้ว่าไทยเป็นประเทศที่ส่งออกข้าวรายใหญ่อันดับต้นของโลก แต่เมื่อเทียบปริมาณการผลิตต่อไร่แล้วจะเห็นว่ามีความผลิตต่อไร่ที่ต่ำกว่าประเทศผู้ผลิตอื่นๆอย่างเห็นได้ชัด ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากปัจจัยหลายๆอย่างที่มีผลต่อปริมาณผลผลิตข้าว เช่น การเลือกพันธุ์ข้าวที่เหมาะสม การดูแลรักษาทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว

การใช้เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพดี เป็นต้น การเลือกใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวที่มีคุณภาพดี นับว่าเป็นก้าวแรกที่สำคัญของการปลูกข้าว มาตรฐานเมล็ดพันธุ์ข้าว ตามระเบียบกรมการข้าวว่าด้วยมาตรฐานคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าว (กรมการข้าว, 2557) มีข้อกำหนดต่างๆ สำหรับเป็นเกณฑ์ที่ใช้ในการซื้อขายเมล็ดพันธุ์ ดังนี้

ตาราง 1 มาตรฐานเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผ่านการปรับปรุง

ชั้นเมล็ดพันธุ์	% เมล็ดพันธุ์สุทธิ	% สิ่งเจือปน	จำนวนเมล็ดข้าวพันธุ์อื่น	จำนวนเมล็ดข้าวแดง	% ความงอก	% ความงอก
ชั้นพันธุ์คัด	≥ 98	≤ 2	0	0	≥ 80	≤ 14
ชั้นพันธุ์หลัก	≥ 98	≤ 2	≤ 1 เมล็ดใน 1,000 กรัม	0 เมล็ดใน 500 กรัม	≥ 80	≤ 14
ชั้นพันธุ์ขยาย	≥ 98	≤ 2	≤ 15 เมล็ดใน 500 กรัม	≤ 5 เมล็ดใน 500 กรัม	≥ 80	≤ 14
ชั้นพันธุ์จำหน่าย	≥ 98	≤ 2	≤ 20 เมล็ดใน 500 กรัม	≤ 10 เมล็ดใน 500 กรัม	≥ 80	≤ 14

จากข้อมูลของกรมการข้าว ปัจจุบันเกษตรกรมีปริมาณความต้องการใช้เมล็ดพันธุ์ข้าว ภาพรวมทั้งประเทศ (ชัยฤทธิ ดำรงเกียรติ, 2556) ปีละ 1.1 ล้านตัน ขณะที่การผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว ในปัจจุบันมีกำลังการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวได้เพียง 3.4 แสนตันเท่านั้น ซึ่งแหล่งผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวที่สำคัญประกอบด้วย กรมการข้าว 8 หมื่นตัน ศูนย์ข้าวชุมชน 7.3 หมื่นตัน สหกรณ์การเกษตร 3.7 หมื่นตัน และผู้ประกอบการภาคเอกชน 1.5 แสนตัน ซึ่งเมล็ดพันธุ์ที่ผลิตได้ในปัจจุบันยังมีปริมาณ ไม่เพียงพอกับความต้องการซื้อขายในตลาด กรมการข้าวจึงเร่งส่งเสริมการผลิตและกระจายเมล็ดพันธุ์ข้าวคุณภาพดี หวังสร้างความมั่นคงระยะยาวให้ชาวนา พร้อมทั้งจะเร่งยกระดับคุณภาพ เมล็ดพันธุ์ให้ได้มาตรฐาน ทั้งในส่วนของผู้ประกอบการผู้ผลิต/จำหน่ายเมล็ดพันธุ์ข้าวและศูนย์ข้าว ชุมชน เพื่อให้ผลิตเมล็ดพันธุ์ที่เพียงพอและมีคุณภาพ

อีกทั้งปัจจุบันเมล็ดพันธุ์ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวมักมี ความชื้นในเมล็ดสูง ซึ่งส่งผลต่ออายุ การเก็บรักษา อัตราการเสื่อมคุณภาพ การเข้าทำลายของแมลงศัตรู และเชื้อรา ดังนั้นจึงต้องลด ความชื้นเมล็ดพันธุ์ให้แห้ง เร็วที่สุด เพื่อลดอัตราการหายใจ และการเกิดเชื้อรา โดยความชื้น เมล็ดพันธุ์ที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษา อยู่ในช่วง 11-8% มาตรฐานเปียก สำหรับการเก็บรักษาที่ มากกว่าครึ่งปี (สำนักงานวิจัยและพัฒนากรมการข้าว, 2561)ปัจจุบันการลดความชื้นเมล็ด พันธุ์ ด้วยเครื่องอบแห้งมีการใช้งานอย่างกว้างขวาง มากกว่าในอดีต เนื่องจากสามารถควบคุมการ อบแห้งได้โดยไม่ขึ้นกับสภาพภูมิอากาศแต่มีข้อเสียคือ ค่าใช้จ่ายสูง ซึ่งเครื่องอบข้าวในปัจจุบัน แบ่งได้หลักๆ 2 ชนิด แบ่งได้เป็น เครื่องอบแห้งเมล็ดข้าวเปลือกไม่เคลื่อนที่ อาทิเช่น แบบเป็นวงด แบบเป็นชั้น และแบบถังเก็บ เป็นต้น และเครื่องอบแห้งเมล็ดข้าวเปลือกเคลื่อนที่ อาทิเช่น แบบ เป็นช่อง (ไหลขวาง ไหลสวน แบบไหลตาม แบบไหลผสม) แบบฟลูอิดไคซ์เบด, แบบสเปาเต็ดเบด และระบบแบบ LSU ซึ่งกำลังเป็นที่สนใจ เนื่องจากสามารถอบข้าวได้อย่างรวดเร็วและคุณภาพ ของข้าวที่ได้จากหลังการอบเป็นที่ยอมรับได้ในอุตสาหกรรม แต่การอบแห้งข้าวโดยใช้ลมร้อนเป่า ผ่านข้าวอย่างรวดเร็ว เพื่อให้เกิดการถ่ายเทความร้อน ช่วงเวลาที่ลมร้อนสัมผัสกับข้าวสั้น จึงทำให้ เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานอย่างมาก หากใช้ความเร็วลมสูงเกินไปจะทำให้เกิดการไหลของ ข้าวเปลือกเป็นกระจุก และหลุดออกมานอกเครื่องอบแห้งได้ แต่เครื่องอบแห้งแบบมัสท์โฟลเป็น เครื่องที่มีลักษณะอบแห้งเมล็ดข้าวอย่างเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่องในแนวราบ โดยมีลมร้อนไหล ตัดขวางแนวตั้งและมีการดูดอากาศออกโดยพัดลมดูดอากาศ ในส่วนด้านตัวเครื่องอบแห้งจะมี การขยับขึ้น-ลงเป็นจังหวะ เพื่อให้ข้าวเปลือกมีการเคลื่อนที่และเกิดช่องว่างระหว่างเมล็ดข้าว ทำให้มีความร้อนไหลผ่านข้าวได้อย่างดี ทำให้พลังงานที่ใช้ในกระบวนการอบน้อยลง และอีกทั้งข้าวที่ ได้ผ่านกระบวนการมีคุณภาพมากขึ้น

จากข้อมูลดังกล่าวมาทั้งหมดผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวคุณภาพ โดยการปรับปรุงเครื่องอบแห้งแบบมัลติโพลที่ออกแบบเพื่อการอบแห้งข้าวเปลือกสำหรับการบริโภคที่มีประสิทธิภาพการทำงานและกำลังการผลิตที่สูง ให้สามารถลดความชื้นเพื่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวได้อย่างมีคุณภาพ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อปรับปรุงและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบมัลติโพลสำหรับการอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าว
2. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าวของเครื่องอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าวแบบมัลติโพล

ขอบเขตของงานวิจัย

1. พัฒนาและทดสอบเครื่องอบแห้งแบบมัลติโพลโดยใช้เมล็ดพันธุ์ข้าว มีกำลังการผลิตไม่น้อยกว่า 350 kg/hr. และความชื้นสุดท้ายหลังการอบไม่เกิน 14 %wb.
2. ศึกษาประสิทธิภาพการลดความชื้นที่อุณหภูมิการอบแห้งในช่วง อุณหภูมิการอบที่ 80 °C, 100 °C, และ 120 °C โดยการตรวจวัดอุณหภูมิในการอบแห้ง
3. ศึกษาประสิทธิภาพการลดความชื้นความเร็วรอบของระยะยกห้องอบแห้งที่ 100 และ 120 rpm
4. ศึกษาประสิทธิภาพการลดความชื้นโดยใช้กระแสความเร็วของอากาศร้อนตั้งแต่ 0.2 m³/s, 0.3 m³/s, และ 0.4 m³/s
5. เมล็ดพันธุ์ข้าวที่ใช้ทดสอบคือ เมล็ดพันธุ์ข้าว กข87 เป็นข้าวใหม่หลังการเก็บเกี่ยวไม่เกิน 3 วัน ที่ความชื้น 22-27 %wb.
6. ทดสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์หลังการอบแห้ง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เครื่องอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าวแบบมัลติโพล เพื่อใช้ในกลุ่มเกษตรกร สหกรณ์ หรือกลุ่มชุมชนผู้ปลูกข้าว สำหรับการอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าวและข้าวเปลือก
2. ส่งเสริมให้มีการร่วมกลุ่มเกษตรกร สหกรณ์ หรือกลุ่มชุมชนผู้ปลูกข้าวให้ดำเนินการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ข้าว เพื่อผลิตพันธุ์ข้าวที่มีคุณภาพ ที่มีมูลค่ามากกว่าการขายข้าวเปลือก

2. เปลือกเมล็ด (tegmen หรือ seed coat) อยู่ถัดจากเยื่อหุ้มผลเข้าไป ประกอบด้วยเนื้อเยื่อสองชั้นเรียงกันและมีสารประเภทไขมันอยู่

3. ชั้นออลูโรน (aleurone layer) อยู่ถัดจากเยื่อหุ้มเมล็ดเป็นส่วนที่ห่อหุ้มเนื้อเมล็ดคัพภะส่วนนี้จะมีโปรตีนสูงนอกจากนี้ยังมีน้ำมันเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสอยู่ด้วย

4. ส่วนที่เป็นแป้ง (starchy endosperm) หรือส่วนที่เป็นข้าวสารอยู่ชั้นในสุดของเมล็ดประกอบด้วยแป้งเป็นส่วนใหญ่และมีโปรตีนอยู่บ้างแป้งในเมล็ดข้าวมีสองชนิดคืออะมิโลสเพกติน (amylopectin) ซึ่งเป็นโพลิเมอร์ของ D-glucose ที่ต่อกันแบบ branched chain และอะมิโลส (amylase) ซึ่งต่อกันเป็นแบบ linear chain ส่วนประกอบของแป้งทั้งสองชนิดนี้มักมีสัดส่วนแตกต่างกันตามชนิดข้าวในข้าวเหนียวจะมีอะมิโลสอยู่ประมาณ 0-2 % ส่วนที่เหลือเป็นอะมิโลเพกติน ข้าวเจ้ามีอะมิโลสมากกว่าคือประมาณ 7-33 % ของน้ำหนักข้าวสาร

5. คัพภะ (Embryo) อยู่ติดกับเนื้อเมล็ดทางด้านเปลือกหุ้มเป็นส่วนที่เจริญไปเป็นต้นอ่อน คัพภะประกอบด้วยต้นอ่อน (plumule) รากอ่อน (radicle) เยื่อหุ้มต้นอ่อน (coleoptile) เยื่อหุ้มรากอ่อน (coleorhiza) ท่อน้ำและอาหาร (epiblast) และใบเลี้ยง (scutellum) คัพภะเป็นส่วนที่มีโปรตีนและไขมันสูง

2.2 ความชื้นของเมล็ดพืช

ความชื้นของเมล็ดพืชสามารถแยกออกได้เป็น 3 ชนิด ดังนี้ (กองเกษตรวิศวกรรม, 2544)

2.2.1 ความชื้นเกาะที่ผิวของเมล็ด เป็นความชื้นที่เกาะที่ผิวของเมล็ดที่มีการดูดซับไว้ในเมล็ด (มากกว่า 24 %wb ซึ่งสามารถระเหยออกไปได้ง่าย การคายความชื้นจะอยู่ในระดับคงที่เช่นเดียวกับการระเหยของน้ำจากเมล็ดทราย

2.2.2 ความชื้นภายในเมล็ด เป็นความชื้นในระดับที่เมล็ดสามารถดูดซับไว้ภายในซึ่งระเหยออกไปได้ยาก อัตราการระเหยหรือการคายความชื้นจะขึ้นอยู่กับระดับความชื้นภายในของเมล็ด ลักษณะหรือชนิดของเมล็ด อุณหภูมิ และปริมาณลมร้อนที่ใช้

2.2.3 ความชื้นซึ่งไม่สามารถทำให้ระเหยออกได้ เป็นความชื้นในเมล็ด โดยโมเลกุลของน้ำมีการยึดติดแน่นกับโมเลกุลของแป้งและโปรตีน ซึ่งเป็นส่วนประกอบของเมล็ด

2.3 การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของปริมาณความชื้น

ปริมาณความชื้นของเมล็ดพืชมีสองลักษณะด้วยกันคือ ความชื้นภายนอกเมล็ดและความชื้นภายในเมล็ด การหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นหาได้จากปริมาณน้ำหนักที่หายไปจากการย่อยเมล็ดพืชให้มีขนาดเล็กและทำการลดปริมาณความชื้นด้วยความร้อนจนเมล็ดแห้ง เปอร์เซ็นต์

ความชื้นมี 2 แบบคือ เปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานเปียก (%wb) และเปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานแห้ง (%db)

2.3.1 เปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานเปียก (%wb.) เป็นค่าที่ใช้บ่งชี้ความชื้นโดยทั่วไปมักใช้ในทางการค้า

2.3.2 เปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานแห้ง (%db) เป็นค่าที่นิยมใช้กันในการวิเคราะห์กระบวนการอบแห้ง เนื่องจากน้ำหนักแห้งของอาหารจะคงที่

$$M_w = \frac{w - d}{w} (100\%) (\%wb) \quad (2.1)$$

$$M_d = \frac{w - d}{w} (100\%) (\%db) \quad (2.2)$$

เมื่อ w = น้ำหนักเปียก, %wb

d = น้ำหนักแห้ง, %db

M_w = ปริมาณความชื้น, %

2.4 การลดความชื้นในข้าวเปลือก

การอบแห้งเป็นกระบวนการหนึ่งในงานด้านเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเนื่องจากผลิตผลทางการเกษตรส่วนใหญ่จะมีปริมาณความชื้นค่อนข้างสูงขณะทำการเก็บเกี่ยว ทำให้เกิดปัญหาเรื่องการเก็บรักษา เช่น เกิดเชื้อรา ดังนั้นการอบแห้งผลิตผลทางการเกษตรจึงเป็นกระบวนการหนึ่งที่สามารถรักษาคุณภาพ ลดการสูญเสียและยืดเวลาการเก็บรักษาของผลิตผลได้ การอบแห้งข้าวเปลือกเป็นกระบวนการที่เอาน้ำออกจากข้าวเปลือก โดยส่วนใหญ่ใช้วิธีการระเหยน้ำออกจากข้าวเปลือกโดยใช้ความร้อนแฝงของการระเหย ทำให้การอบแห้งเป็นกระบวนการที่ใช้พลังงานค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการอื่น ๆ ในเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวซึ่งพลังงานที่ใช้แบ่งได้สองชนิดคือ พลังงานความร้อนที่ใช้ในการอุ่นอากาศร้อนซึ่งได้จาก น้ำมันเชื้อเพลิงประเภทต่าง ๆ หรือสิ่งเหลือใช้จากการเกษตรและพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการขับเคลื่อนพัดลม

ข้าวเปลือกเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีโครงสร้างภายในมีลักษณะเป็นรูพรุน เมื่อนำมาอบแห้งภายใต้สภาวะอากาศคงที่ (อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วของอากาศร้อนที่ไหลผ่านข้าวเปลือกมีค่าคงที่) น้ำที่บริเวณผิวของข้าวเปลือกจะระเหยออกไปจากเมล็ดการอบแห้ง

ข้าวเปลือกโดยใช้ความร้อน เป็นตัวกลางในการเพิ่มอุณหภูมิให้กับข้าวเปลือกเพื่อให้ข้าวเปลือกมีปริมาณความชื้นลดลง การอบแห้งข้าวเปลือกโดยใช้ความร้อนสามารถแบ่งออกเป็น 2 วิธี ดังนี้

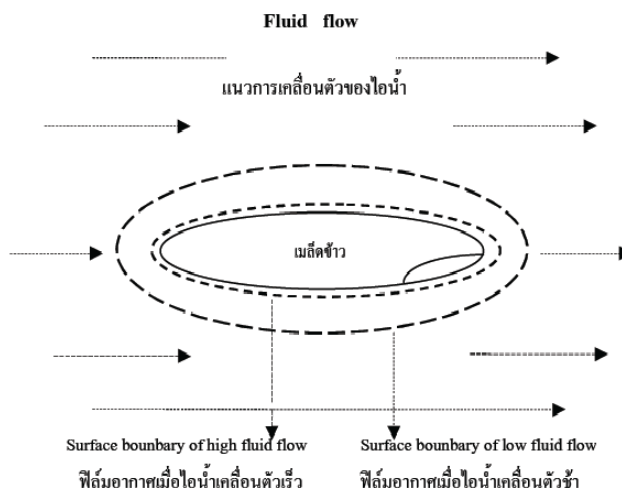
2.4.1 การใช้อากาศร้อนไหลผ่านเมล็ดแบบบังคับ เป็นวิธีการลดปริมาณความชื้นของข้าวเปลือกโดยใช้เครื่องอบแห้งซึ่งสามารถกระทำได้ในทุกโอกาสและทุกสภาวะไม่เหมือนการตากแดดซึ่งจำเป็นต้องอาศัยแสงแดดทำให้เกิดปัญหามากในช่วงฤดูฝน การใช้เครื่องอบแห้งนอกจากจะช่วยลดปัญหาจากการตากแดดในฤดูฝนแล้วยังมีความสำคัญในกระบวนการผลิตเมล็ดพันธุ์ ซึ่งถ้าอุณหภูมิของเมล็ดสูงเกินกว่า 43°C มีผลทำให้ต้นอ่อนของข้าวเปลือกสูญเสียความงอก (ถ้าเอาข้าวเปลือกตากแดดในลานตาก อุณหภูมิของข้าวเปลือกอาจสูงเกินกว่า 50°C ในขณะที่มีแดดดี) การใช้เครื่องลดปริมาณความชื้นสามารถควบคุมอุณหภูมิของข้าวเปลือกในกระบวนการอบแห้งได้อย่างใกล้ชิดสรุปหลักการอบแห้งโดยใช้อากาศร้อน

1. อากาศร้อนที่พัดผ่านข้าวเปลือกจะไปเพิ่มอุณหภูมิของข้าวเปลือกให้สูงขึ้นเป็นผลให้แรงดันไอของข้าวเปลือกสูงกว่าบรรยากาศรอบ ๆ นอกของข้าวเปลือก
2. อากาศร้อนที่พัดผ่านข้าวเปลือกจะดูดซับความชื้นหรือไอน้ำที่ข้าวเปลือกคายออกมา
3. ความเร็วของอากาศร้อนที่พัดผ่านผิวของข้าวเปลือกจะช่วยเพิ่มอัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนและความชื้นระหว่างข้าวเปลือกกับอากาศร้อน
4. อุณหภูมิและความสามารถในการดูดซับความชื้นของอากาศร้อน จะลดลงไปตามความหนาของชั้นข้าวเปลือกที่อากาศร้อนพัดผ่าน

ตามที่กล่าวมานี้จะเห็นได้ว่า อัตราการลดปริมาณความชื้นของข้าวเปลือกขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ 4 อย่างคือ

1. อุณหภูมิของอากาศร้อน
2. ความสามารถในการดูดซับความชื้นของอากาศร้อน
3. ความเร็วของอากาศร้อนที่พัดผ่านผิวของข้าวเปลือก
4. อัตราการเคลื่อนตัวของไอน้ำภายในข้าวเปลือกมาที่ผิว ซึ่งคุณสมบัติของข้าวเปลือกแตกต่างกันออกไป (Drying Characteristics)

2.4.2 การทำให้เมล็ดเกิดความร้อน การนำข้าวเปลือกมาตากแดดให้แห้ง เป็นวิธีที่ง่ายและประหยัดที่สุด ขณะตากแดดข้าวเปลือกได้รับพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ ทำให้อุณหภูมิภายในข้าวเปลือกสูงขึ้นภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 แสดงชั้นฟิล์มอากาศบริเวณรอบข้าวเปลือก

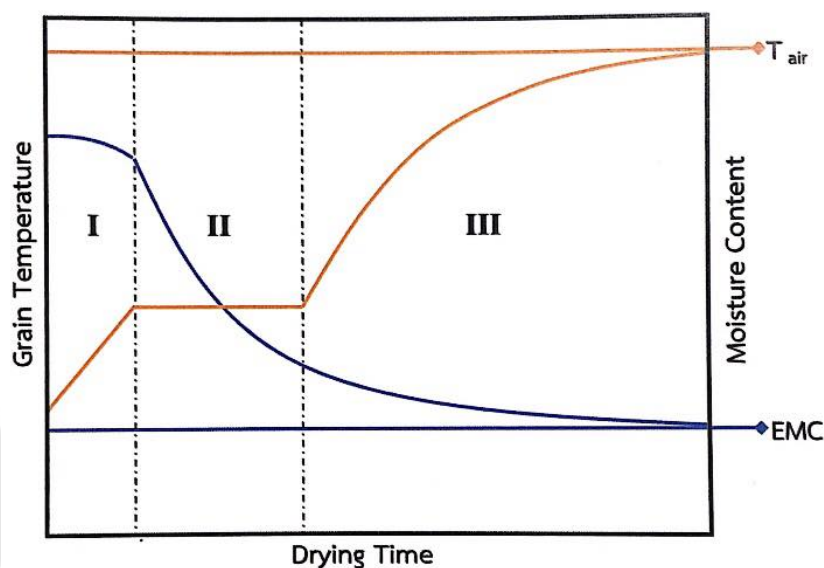
ที่มา: กองเกษตรวิศวกรรม (2544)

ฟิล์มอากาศที่ห่อหุ้มเมสสิฟลาวจะทำหน้าที่เป็นฉนวน ซึ่งเป็นผลทำให้แรงดันไอน้ำภายในข้าวเปลือกสูงกว่าแรงดันไอน้ำของบรรยากาศและไอน้ำจะเคลื่อนที่จากภายในมาสู่ภายนอก ผิวของข้าวเปลือกจะมีฟิล์มของอากาศซึ่งไม่เคลื่อนไหว (ไม่อาจมองเห็นได้) ดังรูปฟิล์มที่ผิวของข้าวเปลือกนี้จะเป็นตัวกั้นการแลกเปลี่ยนไอน้ำจากข้าวเปลือกสู่บรรยากาศเกิดความสมดุลของแรงดันไอน้ำภายในข้าวเปลือกและฟิล์ม ฟิล์มนี้จะบางลงเมื่อมีลมเป่าผ่าน หรือตามธรรมชาติที่ว่าอากาศร้อนจะลอยตัวขึ้นและอากาศเย็นจะเข้ามาแทนที่ อากาศเหนือลานตากจะมีความร้อนมากกว่า บรรยากาศซึ่งลอยตัวขึ้น ทำให้เกิดการถ่ายเทอากาศบริเวณลานตาก ฟิล์มสมดุลที่ผิวของข้าวเปลือกจึงบางลงทำให้เกิดการเคลื่อนตัวของไอน้ำจากข้าวเปลือกสู่บรรยากาศง่ายขึ้นและจะง่ายมากขึ้นถ้ามีลมพัดผ่าน การตากข้าวเปลือกในลานตากไม่ควรจะให้เวลานานเกินไป ความหนาของข้าวเปลือกในลานตากควรอยู่ประมาณ 3-5 cm และควรพลิกกลับอยู่เสมอเพื่อให้ปริมาณความชื้นในข้าวเปลือกชั้นล่างๆ สามารถถ่ายเทสู่บรรยากาศได้ง่ายขึ้น

2.5 หลักการอบแห้ง

การอบแห้ง คือ กระบวนการนำน้ำหรือความชื้นออกจากวัสดุ ซึ่งในการนำน้ำออกจากผิววัสดุอย่างรวดเร็ว ต้องอาศัยอัตราการถ่ายเทความร้อน และมวล รวมถึงเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง (พงศ์สถิตย์ ศรภักดี, ชูรัตน์ ธารารักษ์, ธเนศ ไชยชนะ, และ ญัฐวุฒิ ดุษฎี, 2559)

2.5.1 กราฟการอบแห้ง เส้นกราฟของการอบแห้ง ดังภาพประกอบ 3 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงความชื้นของเมล็ดตลอดช่วงเวลาของการอบแห้ง และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเมล็ดเป็นอย่างไร จากรูปจะเห็นได้ว่าช่วงของการอบแห้งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ช่วง ดังนี้



ภาพประกอบ 3 Drying curve

(เส้นสีแดงแสดงการกระจายของอุณหภูมิของเมล็ด

และเส้นสีน้ำเงินแสดงการกระจายของเส้นความชื้น)

ที่มา : Engineering Agricultural. 2560

2.5.1.1 ช่วงการให้ความร้อนเบื้องต้นแก่เมล็ดข้าวเปลือก (Preheating period) เมื่อเมล็ดที่ชื้นได้สัมผัสกับอากาศร้อนที่ใช้ในการอบแห้ง สังเกตว่าความชื้นจะเปลี่ยนแปลงน้อยมาก เนื่องจากความร้อนทั้งหมดจากอากาศร้อนที่ใช้ในการอบแห้งจะนำไปใช้เพื่อเพิ่มความร้อนให้กับเมล็ด จนกระทั่งอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิของอากาศร้อน

2.5.1.2 ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ (Constant-rate period) เมื่ออุณหภูมิเมล็ดเท่ากับอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง น้ำก็จะเริ่มระเหยจากพื้นผิว ในระหว่างนี้ความร้อนทั้งหมดจากอากาศที่ใช้ในการอบแห้งจะใช้ในการระเหยความชื้นจากผิวของเมล็ดข้าวเปลือก และปริมาณ

ความชื้นที่ปล่อยออกไปจะมีค่าคงที่ในช่วงเวลานี้ และตัวแปรที่มีผลต่ออัตราการอบแห้ง คือ อุณหภูมิของอากาศร้อน ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วของอากาศร้อน ในช่วงนี้อุณหภูมิของเมล็ดข้าวเปลือกจะมีค่าคงที่

2.5.1.3 ช่วงอัตราการอบแห้งลดลง (Falling-rate period) การระเหยของน้ำในช่วงนี้เกิดขึ้นเมื่อปริมาณความชื้นของเมล็ดน้อยกว่า หรือเท่ากับปริมาณความชื้นวิกฤต ปฏิกิริยาการที่เกิดขึ้นในช่วงนี้พบว่า การระเหยของน้ำจะเกิดจากกระบวนการแพร่ของน้ำที่อยู่ภายในเมล็ดไปสู่พื้นผิวของเมล็ดก่อนที่จะเกิดการระเหยที่พื้นผิวของเมล็ด การระเหยของน้ำในช่วงนี้เกิดขึ้นได้ยากกว่ากรณีแรกมาก จึงพบว่าอัตราการอบแห้งในช่วงนี้มีค่าลดลงอย่างช้าๆ จนมีค่าคงที่เนื่องจากปริมาณความชื้นของเมล็ดสมดุลกับปริมาณความชื้นของอากาศที่ใช้ในการอบแห้ง กลไกที่ควบคุมการเกิดกระบวนการอบแห้งในขั้นตอนนี้คือค่าความต้านทานต่อการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของน้ำในเมล็ด ซึ่งพบว่าอุณหภูมิของเมล็ดมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิกะเปาะเปียก

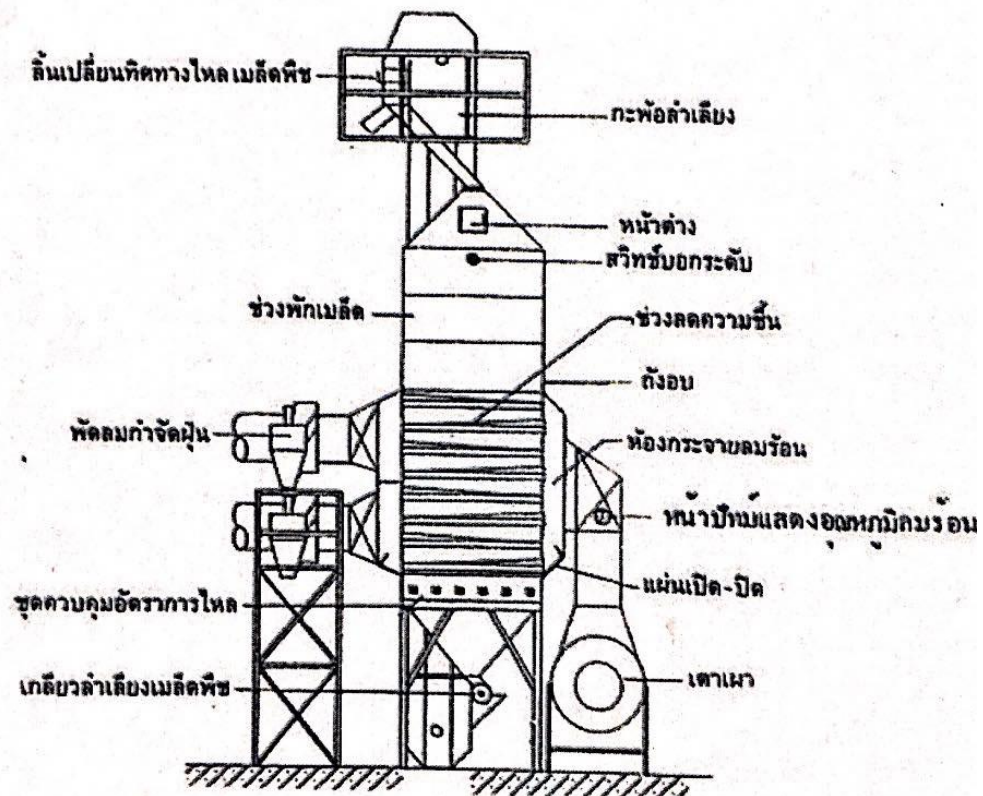
2.5.2 ความชื้นสมดุล เมื่อนำวัสดุที่มีโครงสร้างภายในเป็นรูพรุน เช่น นำเมล็ดพืชไปวางไว้ในอากาศที่มีสภาวะคงที่ คือ มีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์คงที่ วัสดุนั้นอาจจะคายความชื้นให้กับอากาศ (Desorption) หรือดูดซับความชื้นจากอากาศ (Adsorption) และเมื่อวางไว้เป็นเวลานาน วัสดุนี้จะมีค่าความชื้นคงที่ค่าหนึ่งเรียกว่า ความชื้นสมดุล (Equilibrium Moisture Content, EMC) ในขณะที่วัสดุอยู่ในสภาวะสมดุลนั้นอัตราการสูญเสียความชื้นจากวัสดุไปยังอากาศรอบๆ มีค่าเท่ากับอัตราการได้รับความชื้นจากอากาศรอบๆ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า ในขณะที่วัสดุอยู่ในสภาวะสมดุลนั้นความดันไอที่ผิวของวัสดุจะมีค่าเท่ากับความดันไอของอากาศรอบๆ ค่าความชื้นสมดุลนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ชนิดของเมล็ดพืช ชนิดของเมล็ดพืช และความแก่ของเมล็ดพืช

2.6 เครื่องอบแห้งที่นิยมใช้ในปัจจุบัน

จากการศึกษาพัฒนาการของเครื่องอบแห้งแบบต่างๆ (พิริลลิตี ทวยนาค, ชูโชษาค มณฑล, ยะภา มุสตาฟา, และ บุญยวานิชกุล ประชา, 2014) นั้นพบว่าในปัจจุบันเครื่องอบแห้งที่นิยมใช้กันมาก คือเครื่องอบแห้งแบบเมล็ดไหลคลุกเคล้า (Louisiana State University) และเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidized bed)

2.6.1 เครื่องอบแห้งแบบเมล็ดไหลคลุกเคล้า (Louisiana Stat University) โดยทั่วไปเรียกว่าแบบ LSU (Louisiana State University) เครื่องอบแห้งแบบนี้ทำให้เกิดการไหลข้าวเปลือกแบบไหลกลับไปกลับมา และทำให้ข้าวเปลือกมีโอกาสสัมผัสกับลมร้อนที่ไหลเข้า และ

เกิดการถ่ายเทความร้อนขึ้นกับลมที่ไหลออก ทำให้เกิดการลดความร้อนที่สม่ำเสมอเท่ากันตลอดทั้งถังบรรจุ อุณหภูมิลมร้อนที่ใช้คือ 66°C โดยใช้การอบแบบเป็นครั้ง หรือเป็นงวด และใช้ออบแบบไหลต่อเนื่อง

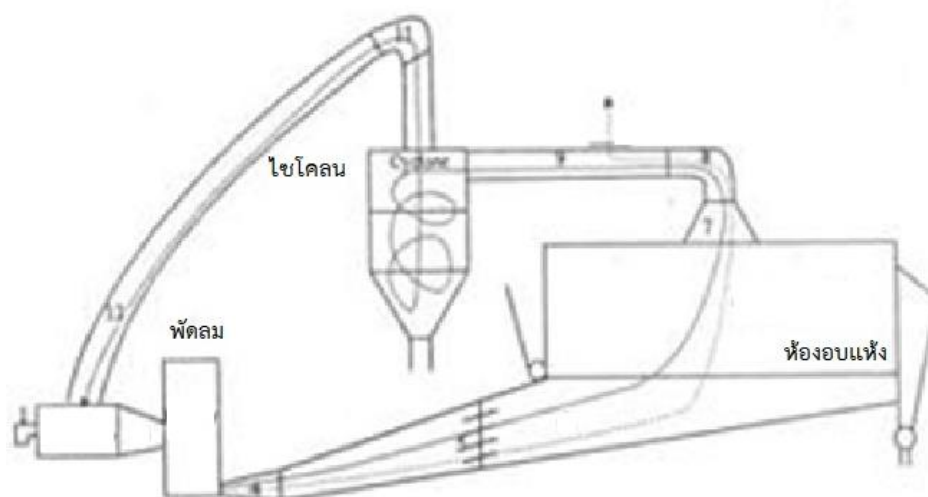


ภาพประกอบ 4 เครื่องอบแห้งแบบเม็ดไหลคลุกเคล้า (Louisiana State University)

ที่มา : มุสตาฟา ยะกา. 2537

2.6.2 เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidized bed) เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดใช้งานในลักษณะไหลต่อเนื่องและใช้ปริมาณลมสูง ลมร้อนเป่าผ่านชั้นเม็ดพืชที่วางอยู่บนตะแกรงโดยมีความหนาไม่เกิน 10 cm ด้วยความเร็วของอากาศร้อนประมาณ 1.9 m/s เพื่อให้ข้าวเปลือกลอยตัว อุณหภูมิลมร้อนที่จะใช้มากกว่า 100°C และช่วงระยะเวลาที่เม็ดผสมผิวลมร้อนเป็นเวลา 3-5 นาที เหมาะสำหรับการใช้ลดความชื้นข้าวเปลือกที่มีความชื้นสูงมากกว่า 20% wb. เนื่องจากใช้ปริมาณลมและความร้อนสูงเป่าผ่านข้าวเปลือก เพื่อเป็นการเพิ่ม

ประสิทธิภาพในการใช้พลังงานจึงมีการนำเอาความร้อนที่ผ่านข้าวเปลือกแล้วหมุนเวียนกลับมาประมาณ 80% และเป่าทิ้งไป 20% สามารถทำให้ความชื้นลดลง 5-10 %wb.



ภาพประกอบ 5 เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidized bed)

ที่มา : มุสตาฟา ยะกา. 2537

2.7 เครื่องอบแห้งแบบมีสทิฟเฟิล

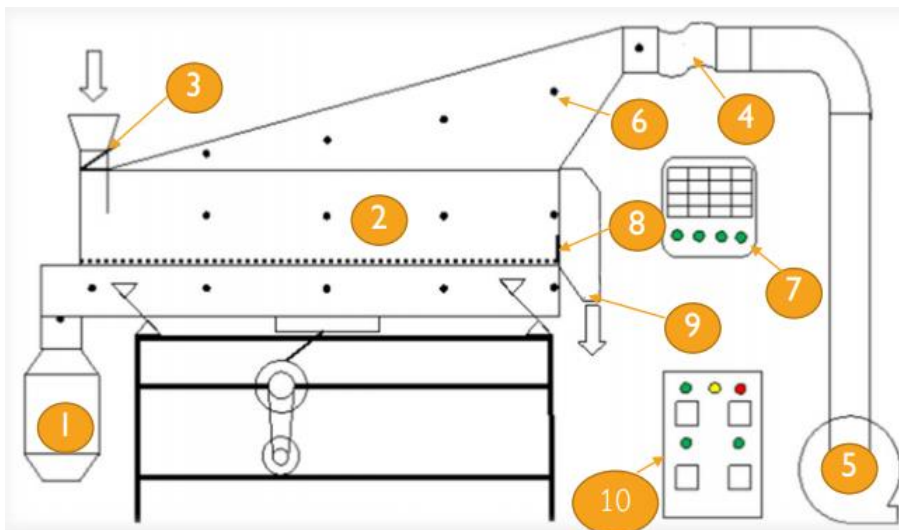
เครื่องอบแห้งมีสทิฟเฟิลเป็นเครื่องอบแห้งที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาใหม่ โดยใช้วิธีอบแห้งด้วยการถ่ายเทความร้อนและมวลความชื้นในห้องอบแห้งบนแผ่นตะแกรงแนวระนาบระหว่างลมร้อนและข้าวเปลือกด้วยการนำความร้อนและการพาแบบบังคับ โดยควบคุมความชื้นสุดท้ายของข้าวเปลือกด้วยความสูงของชั้นข้าวเปลือก (พิริลลิตี ทวยนาค, 2557)

2.7.1 ส่วนประกอบหลักของเครื่องอบแห้งแบบมีสทิฟเฟิล

1. แหล่งกำเนิดความร้อน (Heat Source)
2. ห้องอบแห้ง (Drying Chamber)
3. วาล์วควบคุมการป้อนข้าวเปลือก (Paddy Feed Port)
4. ข้อต่ออ่อน (Flexible Tube)
5. พัดลมดูดอากาศ (Suction Blower)
6. ตัววัดอุณหภูมิ (Thermocouple)
7. เครื่องบันทึกอุณหภูมิ (Data Logger)
8. ตัวควบคุมความหนาของชั้นข้าวเปลือก (Weir)

9. วาล์วควบคุมทางออกข้าวเปลือก (Paddy Discharge Port)

10. ตู้ควบคุมไฟฟ้า (Electrical Control Switch)



ภาพประกอบ 6 ส่วนประกอบหลักของเครื่องอบแห้งแบบมัสทีโฟล

2.7.2 หลักการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบมัสทีโฟล

การทำงานเริ่มจากการเผาแก๊สแอลพีจีเพื่อให้ความร้อนกับอากาศ และบังคับให้อากาศร้อนนั้นไหลสู่ช่องทางเข้าของอากาศร้อน (Heat Source), ห้องผสม (Hot Air Chamber) และแผ่นกระจายอากาศ (Distributer Plane) เข้าไปทำการสัมผัสคลุกเคล้าเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนและถ่ายเทมวลสารกับข้าวเปลือกที่อยู่ในห้องอบแห้ง (Drying Chamber) อากาศร้อนหลังทำการสัมผัสและถ่ายเทความร้อนแล้วจะถูกดูดออกจากห้องอบแห้งผ่านช่องทางออกของอากาศร้อน (Cover Chamber) โดยชุดดูดอากาศออกจากห้องอบแห้ง และชุดกรองฝุ่นจากกระบวนการอบแห้งชุดพัดลมดูดอากาศ (Suction blower) เพื่อให้อากาศสะอาดก่อนปล่อยออกจากเครื่องอบแห้งสู่บรรยากาศภายนอก ข้าวเปลือกที่อยู่ในห้องอบแห้งนั้นจะถูกป้อนเข้าทางถึงพักข้าวเปลือก (Hopper) โดยสามารถปรับปริมาณข้าวเปลือกได้โดยใช้ลิ้นปรับปริมาณข้าวเปลือก (Valve) ข้าวเปลือกที่อยู่ภายในห้องอบแห้ง และทำการสัมผัสและถ่ายเทความร้อนกับอากาศร้อนจะถูกบังคับให้เคลื่อนที่ตามกลไกของเครื่องอบแห้งไหลผ่านแผ่นกั้น (Weir) ที่ใช้รับความหนาของชั้นข้าวเปลือกภายในห้องอบแห้งและไหลออกทางช่องทางออกของข้าว (Paddy port) (พิรสิทธิ์ ทวยนาค, 2558)

2.8 การวิเคราะห์คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าว

เมล็ดพันธุ์ข้าวที่มีคุณภาพสามารถวิเคราะห์ได้จากลักษณะต่างๆ ดังนี้ (กรมการข้าว, 2557)

2.8.1 ตรวจสอบความชื้นของเมล็ดพันธุ์ข้าว

2.8.2 ตรวจสอบความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์ข้าวและสิ่งเจือปน

2.8.3 ตรวจสอบปริมาณข้าวแดง และข้าวเหนียวปนในข้าวเจ้าหรือข้าวเจ้าปนในข้าวเหนียว

2.8.4 ตรวจสอบความบริสุทธิ์ของพันธุ์ข้าว ข้าวปนหรือเมล็ดพืชอื่นปน

2.8.5 ตรวจสอบปริมาณเมล็ดเป็นโรคและแมลงที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าว

2.8.6 ตรวจสอบความงอกหรือความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ข้าว

ตาราง 2 ตารางแสดงมาตรฐานเมล็ดพันธุ์ข้าวชั้นพันธุ์จำหน่าย

คุณภาพ	ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าว	สหกรณ์การเกษตร
เมล็ดพันธุ์บริสุทธิ์ ต่ำสุด (%)	98	98
สิ่งเจือปน สูงสุด (%)	2	2
เมล็ดพืชอื่น สูงสุด (%)	0.2	0.5
ข้าวแดง สูงสุด (%)	0.1	0.2
ความชื้นสูงสุด (%)	14	14
ความงอก ต่ำสุด (%)	80	80

2.9 วิธีมาตรฐานที่ใช้ในการตรวจสอบเมล็ดพันธุ์ข้าว

ในการตรวจสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์มีหลายวิธี (ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวสุรินทร์) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดพืชและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ วิธีการทั่วไป มีดังนี้

2.9.1 Standard germination test คือ การทดสอบความงอกของเมล็ดโดยการปรับสภาพแวดล้อม ต่างๆ ให้เหมาะสมที่สุดสำหรับการงอกตลอดเวลาของการเพาะเมล็ด

2.9.1.1 TP (Top of paper) หมายถึง การเพาะเมล็ดโดยจัดวางเมล็ดอยู่บนกระดาษทิชชู

2.9.1.2 BP (Between paper) หมายถึง การเพาะเมล็ดโดยการจัดให้เมล็ดอยู่ระหว่างกระดาษทิชชูที่ประกบกัน แล้วทำการม้วนหรือพับไว้

2.9.2 Field test คือ การทดสอบความงอกของเมล็ดโดยการเพาะเมล็ดลงในดินที่จะปลูกพืชในฤดูกาลที่จะปลูกพืชนั้น ๆ ส่วนในห้องปฏิบัติการโดยทั่วไปมักจะไม่ใช้ดินเป็นวัสดุเพาะสำหรับตรวจสอบความงอก เพราะมาตรฐานของดินไม่แน่นอน และอาจเป็นเหตุให้ผลการทดสอบแตกต่างกันอย่างกว้างขวางได้

2.10 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.10.1 หลักการถ่ายเทความร้อน

การถ่ายเทความร้อนเราไม่สามารถวัดได้โดยตรง แต่สามารถวัดปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความร้อนได้ โดยพลังงานความร้อนจะถ่ายเทได้เมื่อเกิดความแตกต่างของอุณหภูมิซึ่งอุณหภูมิจะถ่ายเทจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า การถ่ายเทความร้อนประกอบด้วย

1 การนำความร้อน (Heat Conduction)

จากการทดลองของ Joseph Fourier ที่พบว่าอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำในทิศทางที่เรากำลังพิจารณาแปรผันตรงกับพื้นที่ตั้งฉากกับทิศทางของการถ่ายเทความร้อน และผลต่างของอุณหภูมิระหว่างจุดสองจุด และจะแปรผกผันกับระยะห่างระหว่างจุดสองจุด ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้(ไพศาล, 2558)

$$Q = -kA \frac{dT}{dx} \quad (2.3)$$

เมื่อ Q คือ อัตราการถ่ายเทความร้อน, W

k คือ สภาวะการนำความร้อนของของไหล, W/m°C

A คือ พื้นที่ผิวของขั้วเปลือก

T คือ อุณหภูมิของของไหล, °C

การถ่ายเทความร้อนที่เป็นการถ่ายเทแบบบังคับระหว่างขอบเขตจำกัดกับกระแสของไหลมักเขียนเป็นสมการทั่วไปของระบบที่ความร้อนจากของแข็งถูกพาไปในกระแสของไหลได้ว่า

$$q = -hA(T_{\infty} - T_s) \quad (2.4)$$

เมื่อ q คือ อัตราการถ่ายเทความร้อน, W

h คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อน, W/m°C

A คือ พื้นที่ผิวของข้าวเปลือก

T_{∞} คือ อุณหภูมิที่ผิวของเมล็ดของแข็ง, °C

T_s คือ อุณหภูมิกระแสดของไหล, °C

2. การพาความร้อน (Heat convection)

เมื่อของไหลเคลื่อนผ่านวัตถุ โดยที่อุณหภูมิของของไหลและวัตถุแตกต่างกันจะเกิดการถ่ายเทความร้อนขึ้น ลักษณะการถ่ายเทความร้อนแบบนี้เรียกว่า การพาความร้อน ถ้าของไหลเคลื่อนที่โดยอาศัยแรงภายนอกเรียกว่า การพาความร้อนแบบบังคับ แต่ถ้าของไหลเคลื่อนที่โดยไม่อาศัยแรงจากภายนอกซึ่งหมายถึงการเคลื่อนที่เนื่องจากความแตกต่างกันของความหนาแน่นของไหลที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน ลักษณะการถ่ายเทความร้อนแบบนี้เรียกว่า การพาความร้อนแบบอิสระ ลักษณะการเคลื่อนที่ของไหลจะมีผลกระทบต่อการกระจายตัวของอุณหภูมิ ซึ่งการกระจายตัวของอุณหภูมิสามารถนำไปวิเคราะห์หาอัตราการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นได้ โดยทั่วไปในทางวิศวกรรม สามารถหาการถ่ายเทความร้อนจากแผ่นวัตถุที่มีอุณหภูมิ T_w และของไหลมีอุณหภูมิ T_f สัมประสิทธิ์การพาความร้อนระหว่างผิววัตถุกับอากาศมีค่าเท่ากับ h ดังนั้นจะได้สมการการถ่ายเทความร้อน ซึ่งสมการนั้นขึ้นอยู่กับว่าอุณหภูมิของของไหลสูงกว่าหรือต่ำกว่าของแผ่นวัตถุ

$$q = h(T_w - T_f) \quad (2.5)$$

$$q = h(T_f - T_w) \quad (2.6)$$

เมื่อ q คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่จากผิววัตถุไปสู่ของเหลวหรือจากของเหลวไปที่ผิววัตถุมีหน่วยเป็น, w/m^2

h คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนระหว่างผิววัตถุและของไหล, $w/m^2 \cdot ^\circ C$

สำหรับค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนนั้นแปรตามชนิดของไหล (ราบเรียบ หรือปั่นป่วน) ลักษณะผิววัตถุที่ของเหลวไหลผ่าน สมบัติทางกายภาพของของเหลว อุณหภูมิเฉลี่ย การถ่ายเทความร้อนเป็นแบบบังคับหรือการถ่ายเทความร้อนอิสระ และตำแหน่งต่าง ๆ ตามผิวของแข็ง (ไพศาล, 2558)

3 การแผ่รังสี (Heat Radiation)

วัตถุทุกชนิดสามารถปลดปล่อยพลังงานออกจากตัวเองได้เพราะว่าวัตถุแต่ละชนิดมีอุณหภูมิในตัวเอง พลังงานที่ปลดปล่อยมาเรียกว่า รังสีความร้อน พลังงานการแผ่รังสีที่ปลดปล่อยออกมาอยู่ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหรืออนุภาคโฟตอน ซึ่งกระบวนการเปลี่ยนแปลงพลังงานการแผ่รังสีที่ปลดปล่อยหรือดูดกลืนนั้นจะเกิดขึ้นทั่วทั้งเนื้อวัตถุ

การแผ่รังสี ความเข้มของรังสีสูงสุดที่ปลดปล่อยออกมาจากผิววัตถุที่มีอุณหภูมิ T ตามสมการ Stefan – Boltzmann ดังสมการที่ 2.7

$$E_b = \sigma T^4 \quad (2.7)$$

โดยที่ T อุณหภูมิสัมบูรณ์ (K)

σ ค่า Stefan – Boltzmann constant $= (5.6697 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}^4))$

E_b ค่าปริมาณพลังงานที่ปล่อยของวัตถุดำ

แต่ในความเป็นจริงวัตถุไม่สามารถปลดปล่อยพลังงานได้ตามสมการที่ 2.7 ซึ่งเป็นในอุดมคติ การปลดปล่อยพลังงานจริง ๆ นั้นมีค่าน้อยกว่าซึ่งสามารถหาได้จากสมการที่ 2.8

$$q = \epsilon \sigma T^4 \quad (2.8)$$

ค่า ϵ คือ ค่าสภาพเปล่งรังสี (Emissivity) มีค่าอยู่ระหว่างศูนย์ถึงหนึ่ง

2.10.2 ทฤษฎีการถ่ายเทมวล

ปริมาณการถ่ายเทมวลนั้นขึ้นอยู่กับความเข้มข้นที่ต่างกัน ที่ใดมีมวลมากกว่าก็จะกระจายไปหรือเดินทางไปยังความเข้มข้นน้อยกว่าซึ่งจากกฎของการอนุรักษ์มวลสารสามารถเขียนได้ตามสมการที่ ดังนี้ (Brooker, Bakker-Arkema, และ Hall, 1992)

$$\dot{m}_p = \frac{dM}{dL} = \dot{m}_f \frac{d(RH)}{dL} m \quad (2.9)$$

เมื่อ \dot{m}_p คือ อัตราการไหลของมวลต่อพื้นที่ของข้าวเปลือก

\dot{m}_f คือ อัตราการไหลของมวลต่อพื้นที่ของอากาศชื้น

M คือ ปริมาณความชื้น, %wb

RH คือ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ, %

L คือ ความยาวของห้องอบแห้ง, m

2.10.3 การวิเคราะห์การใช้พลังงาน

เครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบมีสทิฟเฟอ แบ่งพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งเป็น 2 ส่วน คือ พลังงานไฟฟ้ามอเตอร์ที่ใช้ในการยกห้องอบแห้ง และมอเตอร์ที่ใช้ดูดอากาศออกจากห้องอบแห้ง อีกส่วนหนึ่งคือพลังงานจากการใช้แก๊สแอลพีจีเป็นตัวกำเนิดความร้อน ซึ่งในการวัดว่าเครื่องอบแห้งแบบใดดีหรือไม่ดีนั้น นอกจากจะพิจารณาที่ความสามารถในการลดความชื้นและคุณภาพข้าวแล้ว ยังต้องพิจารณาเรื่องการใช้พลังงานด้วย โดยพารามิเตอร์ที่ใช้เป็นเกณฑ์วัด คือ ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption, SEC) ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก (Wachiraphansakul และ Devahastin, 2007)

$$SEC = \frac{E_{electric} + E_{thermal}}{m_w} \quad (2.8)$$

เมื่อ $E_{electric}$ คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้า, MJ

$E_{thermal}$ คือ ปริมาณพลังงานความร้อน, MJ

m_w คือ ปริมาณน้ำที่ระเหย, kg

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กรมวิชาการเกษตร กองเกษตรวิศวกรรม (กองเกษตรวิศวกรรม, 2544) กล่าวว่าข้าวที่เก็บเกี่ยวในระยะที่เหมาะสม เมล็ดมีความชื้นประมาณ 20-25% เมื่อนำข้าวเปลือกมากองรวมกันเนื่องจากเมล็ดมีการหายใจ จะทำให้กองข้าวมีอุณหภูมิสูงขึ้น เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ต่างๆ มีผลทำให้ข้าวเสื่อมคุณภาพ เช่น เกิดข้าวเน่า ข้าวบูด ข้าวเหลือง ข้าวมีคุณภาพการสีต่ำ เมล็ดพันธุ์เสื่อมความงอกเร็ว จึงต้องทำการลดความชื้นของเมล็ดข้าวให้เหลือประมาณ 14% สำหรับการเก็บข้าวไว้นาน 2-3 เดือน แต่ถ้าเก็บนานเกินกว่า 3 เดือน ควรลดความชื้นเมล็ดให้เหลือต่ำกว่า 12%

กิตติคุณ ปิตุพรหมพันธุ์, ณัฐพล ภูมิสะอาด และละมุล วิเศษ (2555) (กิตติคุณ ปิตุพรหมพันธุ์, ณัฐพล ภูมิสะอาด, และ ละมุล วิเศษ, 2015) ศึกษาวิจัยผลกระทบของเมล็ดพันธุ์หลังการอบแห้ง และสมรรถนะของเครื่องอบแห้งชนิดบ่มความร้อน อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง คือ 45 50 และ 55 °C ที่ความเร็วลม 0.5 เมตรต่อวินาที การอบแห้งใช้ข้าวเปลือกพันธุ์ กข6 ความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 23 %wb. อบแห้งจนกระทั่งความชื้นของข้าวเปลือกเหลือร้อยละ 10 %wb. แล้วสุ่มตัวอย่างไปทดสอบร้อยละการงอก จากผลการศึกษารองออกของเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือกหลังจากผ่านกระบวนการอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบบ่มความร้อนที่อุณหภูมิ 45 50 และ 55 °C พบว่าอุณหภูมิในการอบแห้งที่สูงขึ้นมีผลทำให้ร้อยละการงอกของเมล็ดพันธุ์ลดลง และอุณหภูมิอบแห้งมีอิทธิพลต่อความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (SEC) โดยการอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าวที่อุณหภูมิ 45 °C มีค่าสูงกว่าที่อุณหภูมิอบแห้ง 50 และ 55 °C

จุฑาศินี พรพุทธศร และศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์ (จุฑาศินี พรพุทธศร และ ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์, 2555) ได้การออกแบบและทดสอบเครื่องอบแห้งเมล็ดพันธุ์ฝักโดยใช้บ่มความร้อน งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและทดสอบเครื่องอบแห้งเมล็ดพันธุ์โดยใช้ระบบบ่มความร้อนขนาด 24,000 บีทียู ทดสอบอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานครั้งละ 200 กิโลกรัม แบบระบบปิด จากความชื้นเริ่มต้น 30.5 %มาตรฐานเปียก ความชื้นสุดท้าย 8%wb. โดยใช้สภาวะอากาศอบแห้งอุณหภูมิและ

ความชื้นสัมพัทธ์ 40°C, 53.1%, 45°C, 44.8%, 50°C, 44.5% ใช้เวลา 32, 24, 20 ชั่วโมง ตามลำดับ อัตราการระเหยน้ำจำเพาะ(SMER) มีค่า 2.34, 2.91 และ 2.94 kg water/kw-h ตามลำดับ อัตราการควบแน่นของน้ำที่อุณหภูมิต่ำ(MER) มีค่า 0.46, 0.64 และ 1.01 kg water/h ตามลำดับ และค่าความสิ้นเปลืองพลังงานของพลังงานจำเพาะ(SEC) มีค่า 0.42, 0.34 และ 0.33 kw/kg water ตามลำดับ การทดลองพบว่าสภาวะอากาศอบแห้ง 50°C มีความสามารถในการระเหยน้ำได้ดีที่สุด มีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานต่ำ และจากการวิเคราะห์ความแตกต่างคุณภาพด้านการงอกของเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple's Range Test (DMRT) พบว่าอุณหภูมิอากาศอบแห้ง 40 °C ให้เปอร์เซ็นต์ความงอกเฉลี่ย 98.45% มีความแตกต่างกันในทางสถิติกับอุณหภูมิ 45°C และ 50°C ที่มีความงอกเฉลี่ย 96.53% และ 95.33% ตามลำดับ ที่ช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สมชาติ ไสภณรณฤทธิ์และคณะ(Somchart Soponronarit, Somboon Wetchacama, และ Kanphukdee, 2000) ได้ทำการออกแบบสร้าง และทดสอบเครื่องอบแห้งแบบใช้ปั๊มความร้อนสำหรับเมล็ดข้าวเปลือกที่ใช้เครื่องผสมแบบผสม (LSU type) ในการศึกษาเมล็ดข้าวเปลือกแห้งในอากาศเปิดโล่ง จากความชื้นเริ่มต้น 13.5% wb. เป็น 22.2% wb. ต่อความชื้นสุดท้ายที่ประมาณ 12% wb. อุณหภูมิของอากาศที่ไหลเข้าคือ 43°C อัตราการไหลของอากาศที่เฉพาะเจาะจงคือ 9 มิลลิเมตรต่อลูกบาศก์เมตร และอัตราการไหลเวียนอากาศเป็น 0%, 30% และ 50% การศึกษาผลกระทบของอัตราส่วนการระเหยของอากาศแบบระเหยต่อการใช้พลังงานเฉพาะ ได้แก่ COPhp, SMER และ MER ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า COPhp และ SMER มีอัตราการเพิ่มขึ้นของอากาศระเหยเป็น 0% และลดลงเมื่อเพิ่มอัตราส่วนอากาศผ่านทางอากาศ คุณภาพเมล็ดพันธุ์ดีมากโดยมีความงอกเฉลี่ยของการอบแห้งด้วยความร้อนและความร้อน 98% และ 97% และความแข็งแรงเฉลี่ยของการอบแห้งด้วยความร้อนและความร้อนเท่ากับ 96% และ 95% ตามลำดับ

วิไล ปาละวิสุทธิ และคณะ (วิไล ปาละวิสุทธิ, ดวงอร อริยพฤษ, พรสุรี กาญจนาล, และ สมบูรณ์ ทองเสน, 2552) ศึกษาหาอุณหภูมิที่เหมาะสมของเครื่องอบลดความชื้นแบบกระสอบ (Sack Drier) โดยใช้อุณหภูมิคงที่ตลอดคือ 40 45 และ 50 °C และอุณหภูมิที่ค่อยๆสูงขึ้นในตอนท้าย คือ 40 ตามด้วย 45 °C 40 ตามด้วย 50 °C และ 40 ตามด้วย 45 และ 50 °C. ในการอบลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ข้าวที่มีความชื้นเริ่มต้นแตกต่างกัน เพื่อหาอัตราเร็วในการลดความชื้น ความงอก และอายุการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ข้าวหลังลดความชื้น ผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิที่ใช้ต่างกัน 6 วิธีดังกล่าว สามารถลดความชื้นของเมล็ดพันธุ์ด้วยความเร็วเฉลี่ย 0.96

1.19 1.55 1.15 1.29 และ 1.43 %ต่อชม.ตามลำดับ โดยลดความชื้นจาก 20% ลงเหลือ 12% ในเวลาประมาณ 8 7 5 7 6 และ 6 ชม.ตามลำดับ ความมอกและอายุการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ข้าวที่อบลดความชื้นด้วยอุณหภูมิดังกล่าวไม่แตกต่างกันมากและใกล้เคียงกับเมล็ดที่ตากแดดจนแห้ง โดยมีอายุการเก็บรักษานานประมาณ 10 เดือน

พิริลทิธิ ทวยนาค และคณะ (พิริลทิธิ ทวยนาค และคนอื่น ๆ, 2014) ได้ศึกษาการพัฒนาการลดความชื้นของข้าวเปลือกในอุตสาหกรรม การลดความชื้นแบ่งเป็น 2 ประเภท คือการลดความชื้นข้าวแบบธรรมชาติ และการลดความชื้นแบบใช้เครื่องอบแห้ง ซึ่งจะเห็นว่า จากทั้ง 2 แบบนี้ในการลดความชื้นของข้าวเปลือกนั้น จะมีตัวแปรที่สำคัญต่อการลดความชื้นที่ใกล้เคียงกัน เช่น ความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือก ความชื้นสัมพัทธ์ ของอากาศแวดล้อมอุณหภูมิของอากาศที่ใช้ลดความชื้นเป็นต้นซึ่งจะเห็นได้ว่าการศึกษาการอบแห้งข้าวเปลือกนั้นมีการพัฒนามาโดยตลอด โดยมีการศึกษาสร้างเครื่องอบแห้งในรูปแบบต่างๆ เพื่อให้การอบแห้งนั้นมีประสิทธิภาพสูงสุด และกำลังการผลิตตามที่ผู้บริโภคต้องการ ได้ศึกษาพัฒนาการของเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบต่างๆ เพื่อให้การอบแห้งนั้นมีประสิทธิภาพสูงสุดและกำลังการผลิตตามผู้บริโภคต้องการ ได้ศึกษาผ่านมาการของเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบต่างๆนั้นสามารถสรุปได้ว่าในปัจจุบันเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกที่นิยมใช้กันมากคือเครื่องอบแห้งแบบLSU และแบบฟลูอิโดสเบด เครื่องลดความชื้นแบบนี้ทำให้การไหลของข้าวเปลือกแบบหลายกลับไป

ณัฐพล มณีโชติ และคณะ (ณัฐพล มณีโชติ, 2559; ณัฐพล มณีโชติ , มณฑล ชูโชนาค, มุสตาฟา ยะภา, และ ประชา บุญยวานิชกุล, 2556) ได้ศึกษาอิทธิพลของความหนาของชั้นข้าวเปลือกต่อความดันและความเร็วของกระแสอากาศ และผลกระทบของขนาดรูเปิดของแผ่นกระจายอากาศและความหนาของชั้นข้าวเปลือกต่อคุณลักษณะการทำงานของเครื่องอบแห้ง พบว่าการเพิ่มความหนาของชั้นข้าวเปลือกตั้งแต่ 1-10 cm ทำให้ความดันภายในห้องอบแห้งลดลงไอน้ำที่ผิวของข้าวเปลือกสามารถระเหยสู่อากาศได้มากขึ้นแต่กระแสอากาศไหลได้น้อยลง ทั้งนี้จะส่งผลต่อความชื้นสุดท้ายของข้าวเปลือกภายหลังการดำเนินการอบแห้ง นอกจากนี้ยังพบว่าข้าวเปลือกภายหลังการอบแห้งมีการกระจายตัวของความชื้นอย่างสม่ำเสมออีกด้วย

พิริลทิธิ ทวยนาค และคณะ (พิริลทิธิ ทวยนาค, 2557, 2558) ได้ศึกษาพฤติกรรมการทำงานและผลกระทบของอัตราการไหลและอุณหภูมิของอากาศร้อนต่อการลดความชื้นข้าวเปลือก รวมถึงผลกระทบของกระแสความเร็วของอากาศร้อนต่อการลดความชื้นกรณีศึกษาของเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบมัสทิโพล ที่มีพื้นที่อบแห้ง พบว่าอุณหภูมิอากาศร้อน 150 °C สามารถดำเนินการอบแห้งข้าวเปลือกที่มีความชื้นเริ่มต้น 22%wb ความชื้นฐานเปียก จนมีความชื้น

สุดท้ายเป็น 16%wb นอกจากนี้ยังพบว่ากระแสความเร็วของอากาศร้อนที่ความเร็ว 1.5, 1.8, 2.0 และ 2.3 m/s ส่งผลต่อค่าความชื้นสุดท้ายไม่มากนัก โดยการดำเนินการอบแห้งใช้ข้าวเปลือกที่มีความชื้นเริ่มต้นเป็น 22%wb ความชื้นฐานเปียก อุณหภูมิของอากาศร้อน 100 °C ภายหลังจากการอบแห้งข้าวเปลือกมีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ย 18%wb และสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (SEC) เป็น 2.78 MJ/kg-water

พงศ์สถิตย์ ศรีภักดีและคณะ(พงศ์สถิตย์ ศรีภักดี และคนอื่น ๆ, 2559) ศึกษาเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบมัลติโฟลขนาด 2 ton/hr. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการอบแห้งข้าวเปลือกแบบมัลติโฟล โดยพารามิเตอร์ที่ศึกษามีดังนี้ อัตราการไหลของอากาศ ความเร็วรอบของระยะยกห้องอบแห้ง และความสูงของเบด โดยทดสอบที่อัตราการไหลของอากาศ 0, 0.05 , 0.10 , 0.15 , 0.20 , 0.25 และ 0.3 m³/s ความเร็วรอบของระยะยกห้องอบแห้ง 100 , 120 และ 140 RPM ความสูงของเบด 1 , 2 และ 3 cm และระยะยกห้องอบแห้ง 4.6 cm จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าอัตราการไหลของอากาศเพิ่มขึ้นทำให้เมล็ดข้าวเปลือกเคลื่อนที่เร็วขึ้น ซึ่งที่อัตราการไหลของอากาศ 0 – 0.10 m³/s การเคลื่อนที่ของเมล็ดข้าวเปลือกภายในห้องอบแห้งจะมีค่าลดลงตามลำดับ แต่ที่อัตราการไหลของอากาศ 0.1-0.3 m³/s มีค่าใกล้เคียงกัน และอัตราการไหลของอากาศเพิ่มขึ้นทำให้ความหนาแน่นของข้าวเปลือกในห้องอบแห้งจะลดลงแต่ความพรุนของข้าวเปลือกในห้องอบแห้งจะมีค่าเพิ่มขึ้น และพบว่าความสูงของเบด 3 cm และความเร็วนรอบของระยะยกห้องอบแห้ง 120 RPM เมล็ดข้าวเปลือกจะใช้เวลาในการเคลื่อนที่ภายในห้องอบแห้งช้าที่สุด และกำลังการผลิตของเครื่องอบแห้งแบบมัลติโฟลประมาณ 1,000 – 4,000 kg/hr. แต่ที่ความสูงของเบด 1 , 2 และ 3 cm ของความเร็วรอบของระยะยกห้องอบแห้ง 100 RPM สภาวะนี้ไม่สามารถอบแห้งข้าวเปลือกแบบมัลติโฟลได้ โดยจะนำสภาวะที่ความสูงของเบด 3 cm และความเร็วนรอบของระยะยกห้องอบแห้ง 120 RPM เพื่อใช้ในการอบแห้งข้าวเปลือก

วีระ ศรีอริยะกุล และวุฒิกภรณ์ จริยตันติเวทย์ (วีระ ศรีอริยะกุล และ วุฒิกภรณ์ จริยตันติเวทย์, 2550) ได้ศึกษาการออกแบบเครื่องอบแห้งด้วยเทคนิคแบบขั้นบันได โดยพิจารณาผลของความเร็วมลและอากาศร้อนที่ใช้ในการอบแห้งข้าวเปลือก โดยความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือก 25% w.b. หลังจากนั้นนำข้าวเปลือกมาผ่านการอบแห้งโดยใช้อากาศร้อนมาเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน โดยให้ความเร็วอากาศร้อนก่อนเข้าห้องอบเท่ากับ 0.1- 0.3 m/s ความสูงของเบดข้าวเปลือก 2 cm อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งข้าวเปลือก 100 °C เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง 60 นาที โดยมีความเร็วมล 0.1-0.3 m/s ทำให้คุณภาพข้าวเปลือกอยู่ในเกณฑ์ที่ต้องการ

มุสตาฟา ยะภา (มุสตาฟา ยะภา, 2559) ศึกษาผลของการลดความชื้นในเปลือกข้าวสาคูด้วยเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบมัลติโฟล โดยออกแบบสร้างและทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้ง ซึ่งมีมิติพื้นที่เบดการอบแห้งข้าวเปลือกขนาด กว้าง 2400 mm x ยาว 7000 mm โดยกำหนดให้ความสูงของระยะจากศูนย์กลางจากบนจนถึงศูนย์กลางตาล่างมีค่าเป็น 50 mm ขับเคลื่อนผ่าน Gear speed reducer, Ratio 5.2 โดยใช้อุณหภูมิของกระแสลมร้อน 130 140 150 160 และ 170 °C ความเร็วลมของฐานตะแกรงคงที่ 1.53 m/s ที่ไหลตัดผ่านกองชั้นข้าวเปลือกจากด้านล่างสู่ด้านบนของเบดการอบแห้งพบว่า ความพรุนของข้าวเปลือกภายใน Hold up drying bed จะมีค่าคงที่สม่ำเสมอทั่วทั้ง เบดการอบแห้งทำให้การไหลของกระแสลมร้อนมีประสิทธิภาพ และยังพบว่าที่ระยะยกของห้องอบข้าวเปลือกลักษณะมัลติโฟลจะทำให้เกิดพฤติกรรมของเมล็ดข้าวเปลือกยับตัวเป็นอิสระเคลื่อนที่ไปข้างหน้าอย่างเป็นระเบียบซึ่งจะมีน้ำหนักข้าวเปลือกสดในสภาวะ Hold up 1,033.32 kg ที่ต้องมีอัตราการป้อน 333.33 kg/min เป็นการก่อเกิดสภาวะของการอบแห้งข้าวเปลือกแบบมัลติโฟลภายในห้องอบแห้งมีประสิทธิภาพมากที่สุดได้ค่าความชื้นสุดท้ายที่สม่ำเสมอเกือบเท่ากับทุกเมล็ดเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบมัลติโฟลที่มีกำลังการผลิต 20 ton/hr. ในยุคที่พลังงานมีราคาแพงเหมาะแก่อุตสาหกรรมการสีข้าวมากที่สุด

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าเครื่องอบแห้งแบบมัลติโฟลนั้นสามารถลดความชื้นข้าวเปลือกได้อย่างรวดเร็วและมีกำลังการทำงานที่สูง นอกจากนี้ยังสามารถลดความชื้นข้าวเปลือกให้มีความชื้นสุดท้ายในระดับที่ค่อนข้างสม่ำเสมอ โดยตัวแปรในการปรับตั้งเครื่องต่างๆ ที่เหมาะสมดังรายงานวิจัยที่ได้กล่าวข้างต้นเช่นอุณหภูมิอากาศร้อนเป็น 160 °C ที่ความสูงของเบด 1, 2 และ 3 cm ความเร็วรอบการหมุนของชุดเขย่าห้องอบแห้งเป็น 110 rpm อัตราการผลิต 4 ตัน/วัน และมีขนาดพื้นที่อบแห้ง 0.2 m² พบว่าที่อัตราการไหลของอากาศ 0.2 m³/s ความสูงของชั้นเบด 1 cm สามารถลดความชื้นของข้าวเปลือกจากความชื้นเริ่มต้น 28-29 %wb ความชื้นฐานเปียก เหลือความชื้นสุดท้ายประมาณ 18.2 %wb โดยใช้เวลาที่ข้าวเปลือกอยู่ในห้องอบแห้ง 148-150 วินาที และสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (SEC) เท่ากับ 1.94 MJ/kg-water removed สามารถระเหยน้ำออกประมาณ 70 kg/h รวมถึงมีรายงานวิจัยของ (มุสตาฟา ยะภา, 2559) ที่ขยายการผลิตที่สูงขึ้นเป็น 400 ton/day ที่ ใช้อุณหภูมิอากาศร้อน 130 °C และมีพื้นที่อบแห้ง 16.8 m² ผลการทดสอบสามารถลดความชื้นของข้าวเปลือกจากความชื้นเริ่มต้น 36.30 %wb จนมีความชื้นสุดท้ายเป็น 15.11 %wb สิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (SEC) เป็น 3.89 MJ/kg-water removed และอัตราการผลิตเชิงพาณิชย์ที่ 700 ton/day

จากข้อดีที่กล่าวมาจึงมีแนวคิดที่พัฒนาเครื่องอบแห้งแบบมัลติโฟลให้เหมาะแก่การอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าว เพื่อเป็นการลดระยะเวลาในการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์แบบเดิมๆ และลดความสูญเสียที่เกิดจากการลดความชื้น อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่ข้าวเปลือกที่จากเดิมเป็นเพียงการผลิตข้าวเพื่อการบริโภคเป็นการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวที่มีมูลค่าสูงกว่าหลายเท่า



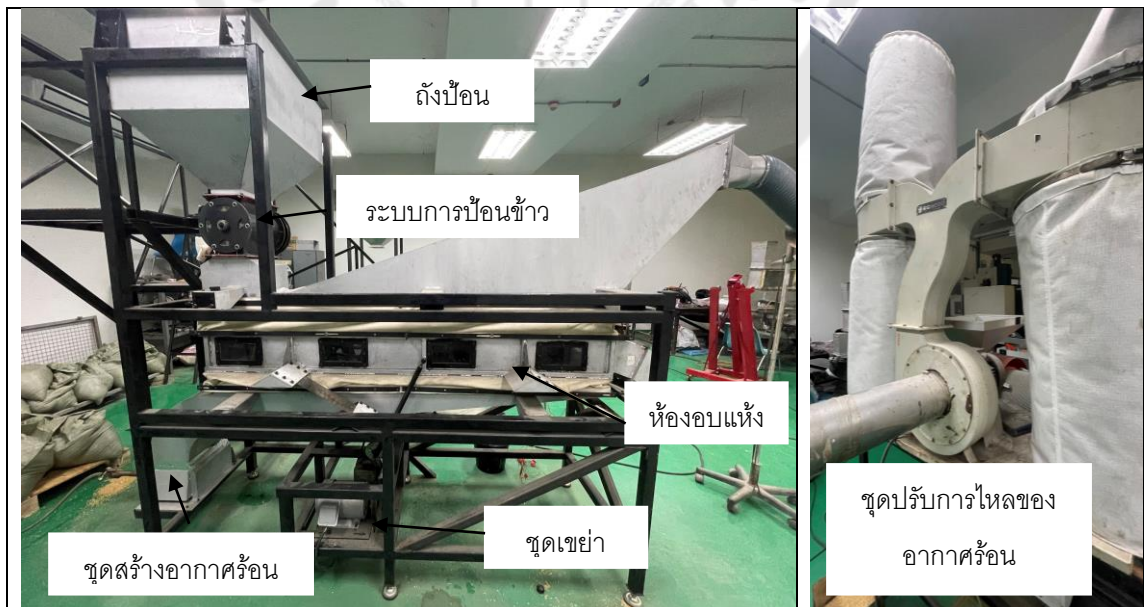
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย

เนื่องจากการดำเนินการการพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบมัสทิโฟลว์สำหรับเมล็ดพันธุ์ข้าว เป็นการพัฒนาจากเครื่องอบแห้งแบบมัสทิโฟลว์เดิมเพื่อให้สามารถลดความชื้นของเมล็ดพันธุ์ให้มีความชื้นตามที่เกษตรกรต้องการ ดังนั้นผู้วิจัยมีความสนใจที่จะปรับปรุงและพัฒนาห้องอบแห้งและระบบการป้อนเมล็ดข้าวของเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบมัสทิโฟล โดยมีส่วนตอนการดำเนินการวิจัยดังนี้

1. ข้อมูลเฉพาะของเครื่องอบแห้งแบบมัสทิโฟลว์สำหรับเมล็ดพันธุ์ข้าว
2. การปรับปรุงชุดอุปกรณ์ของเครื่องอบแห้งแบบมัสทิโฟลว์สำหรับเมล็ดพันธุ์ข้าว
3. การทดสอบเครื่องอบแห้ง

3.1 ข้อมูลเฉพาะของเครื่องอบแห้งแบบมัสทิโฟลว์สำหรับเมล็ดพันธุ์ข้าว

งานวิจัยนี้ใช้เครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบมัสทิโฟล โดยโครงสร้างของเครื่องอบแห้งสร้างจากเหล็กกล่องขนาด 2 x 2 นิ้ว ดังภาพประกอบ 7 แสดงภาพด้านหน้าและด้านข้างของเครื่องอบแห้ง โดยมีขนาดของเครื่อง (กว้าง x ยาว) 1,500 x 3,200 มิลลิเมตร และมีพื้นที่ห้องอบแห้งมีขนาดเป็น 300 x 2,000 มิลลิเมตร



ภาพประกอบ 7 เครื่องอบแห้งแบบมัสทิโฟล ที่ได้พัฒนา

โดยข้อมูลเฉพาะของเครื่องอบแห้งแบบมัสทิโฟลว์สำหรับเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ได้มีการพัฒนาจากเครื่องอบแห้งแบบมัสทิโฟลว์เดิมซึ่งมีการจำลองด้วยโปรแกรม Solidworks Flow Simulation (ภาคผนวก ค.) เพื่อหาขนาดและรูปร่างของห้องอบแห้งที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าวตามขอบเขตปริมาณพันธ์ แสดงดังตาราง

ตาราง 3 เปรียบเทียบเครื่องอบแห้งแบบมัสทิโฟลว์สำหรับเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ได้มีการพัฒนากับเครื่องอบแห้งแบบมัสทิโฟลว์เดิม

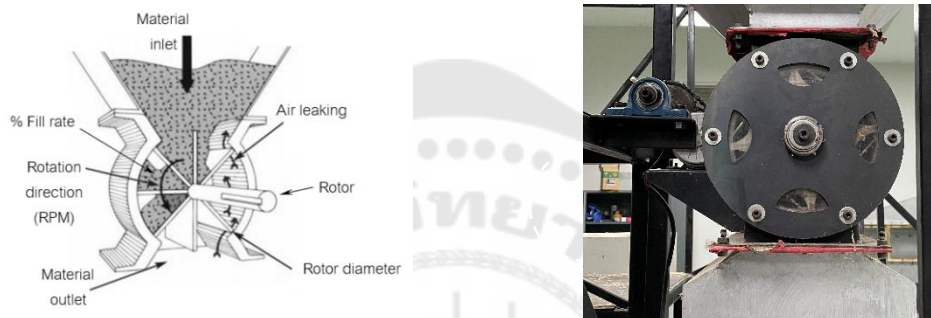
	เครื่องอบแห้งแบบมัสทิโฟลว์เดิม	เครื่องอบแห้งแบบมัสทิโฟลว์สำหรับเมล็ดพันธุ์ข้าว
ขนาดเครื่อง	1,000 × 1,200 มิลลิเมตร	1,500 × 3,200 มิลลิเมตร
ขนาดห้องอบแห้ง	200 × 1,000 มิลลิเมตร	300 × 2,000 มิลลิเมตร
ระบบการป้อนข้าว	วาล์วแบบแผ่นเปิดปิดด้วยสกรู	โรตารีวาล์ว
ชุดสร้างอากาศร้อน	หัวเตาแก๊สฟู KB-10 หน้ากว้าง 10 นิ้ว	
ชุดบังคับการเคลื่อนตัวของเมล็ดข้าว หรือ ชุดเขย่า	2 แรงม้า (1.5 กิโลวัตต์) 220/380 โวลต์ ความเร็วรอบ 1,450 รอบต่อนาที	
ชุดปรับการไหลของอากาศร้อน	โบลเวอร์ 2,300 CFM 220v 50hz 3hp	
ถังป้อน (Hopper)	90 ลิตร	200 ลิตร
ตะแกรง	1.5 มิลลิเมตร	
ระยะยก	40 มิลลิเมตร	

3.2 การปรับปรุงชุดอุปกรณ์ของเครื่องอบแห้งแบบมัสทิโฟลว์สำหรับเมล็ดพันธุ์ข้าว

การปรับปรุงและพัฒนาให้เครื่องอบแห้งแบบมัสทิโฟลว์สำหรับเมล็ดพันธุ์ข้าวมีระบบการป้อนเมล็ดด้วยข้าวด้วยโรตารีวาล์วควบคุมด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าแบบกระแสตรง (DC-motor) ผ่านสวิตช์ขั้วลุ่ม และการออกแบบขนาดห้องอบแห้งที่มีขนาดใหญ่ขึ้นโดยมีอัตราการไหลของอากาศดีขึ้น มีรายละเอียดดังนี้

3.2.1. อุปกรณ์ป้อนเมล็ดพืช (rotary feed valve)

ทำหน้าที่ลำเลียงเมล็ดข้าวเปลือกเข้าสู่ห้องอบแห้ง ดังภาพประกอบ 8 การทำงานของอุปกรณ์ป้อนเมล็ดพืช ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ โรตารีวาล์ว (rotary valve) และมอเตอร์ไฟฟ้าแบบกระแสตรง (DC-motor) ซึ่งแกนหมุนของโรตารีวาล์ว หรือแกนโรเตอร์ (rotor) จะถูกขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าแบบกระแสตรงผ่านการส่งถ่ายกำลังการหมุนด้วยโซ่ (รายละเอียดการใช้งานดังภาคผนวก ข) ซึ่งสามารถหาอัตราการเชิงมวลผ่านอุปกรณ์ป้อนเมล็ดพืชได้ดังสมการที่ 3.1



ภาพประกอบ 8 ชุดปรับอัตราการป้อนเมล็ดพืช (rotary feed valve set)

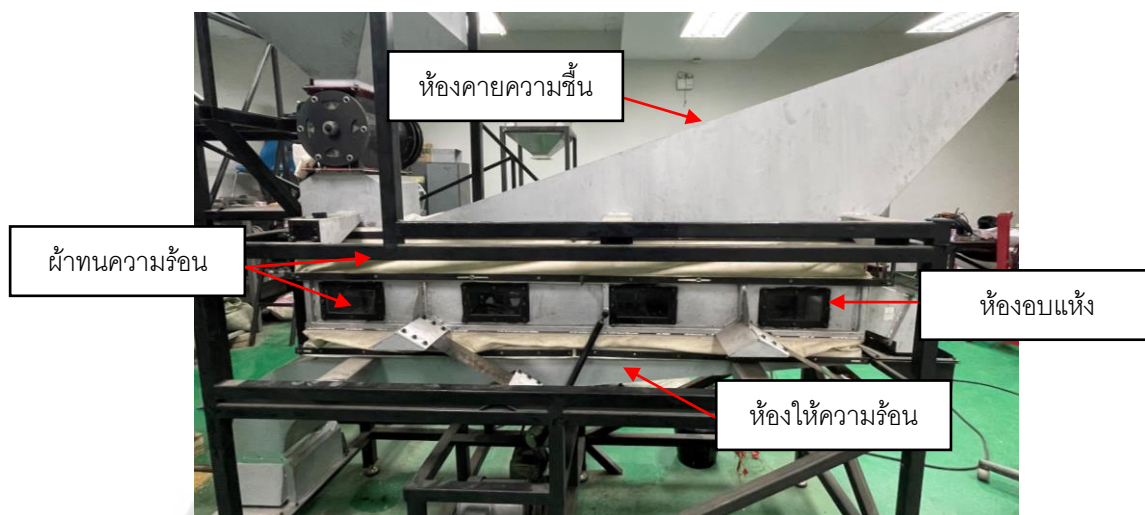
อัตราการป้อนเมล็ดพืชเชิงมวล

$$\dot{m}_s = \rho_p V n N \eta \times 60 \quad (3.1)$$

- เมื่อ \dot{m}_s คือ อัตราการป้อนเมล็ดพืช, kg/h
 ρ_p คือ ความหนาแน่นของเมล็ดพืช, kg/m³
 V คือ ปริมาตรของหนึ่งช่องโรตารีวาล์ว, m³
 n คือ จำนวนของช่องของโรตารี, (8 ช่อง)
 N คือ ความเร็วรอบการหมุนของโรตารีวาล์ว, rpm
 η คือ ประสิทธิภาพการเติมลงช่องโรตารีวาล์ว, decimal

3.2.2. ห้องอบแห้ง

ทำหน้าที่เป็นพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างเมล็ดข้าวและลมร้อนการ มีตะแกรงที่มีรูพรุนขนาด 1.5 มิลลิเมตรเป็นตัวคั่นกลาง และแยกการทำงานขึ้นลงของห้องอบแห้งจากเดิมที่ยกขึ้นพร้อมกันทั้ง 3 ห้อง เหลือเพียงการยกห้องอบแห้งแค่ห้องเดียว



ภาพประกอบ 9 ห้องอบแห้ง

3.2.3 ชุดปรับการไหลของอากาศร้อน

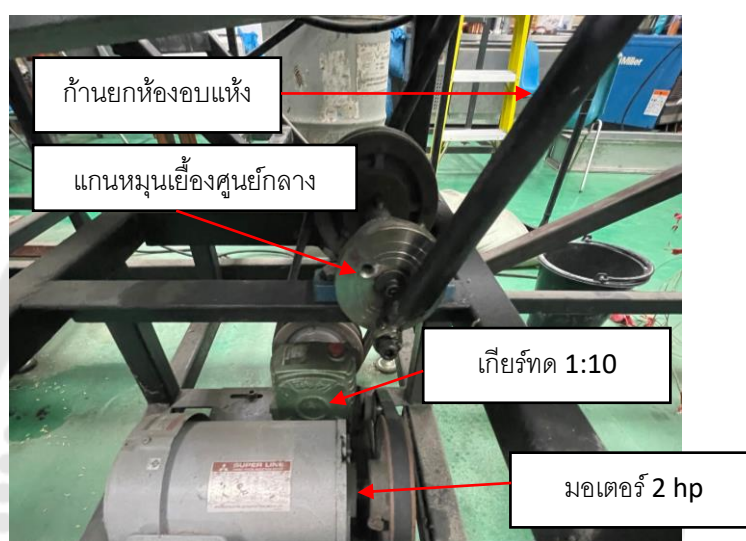
ทำหน้าที่บังคับให้อากาศร้อนจากห้องอากาศร้อน ไหลผ่านชั้นข้าวเปลือกที่มีความชื้นบนตะแกรง ที่มีรูพรุนขนาด 1.5 มิลลิเมตร ภายในห้องอบแห้งและดูดอากาศร้อนออกทางช่องทางออก (air outlet) ขนาด 4 นิ้ว ด้วยโบลเวอร์ขนาด 2,300 CFM ดังภาพประกอบ 10



ภาพประกอบ 10ชุดปรับการไหลของอากาศร้อน

3.2.4 ชุดบังคับการลอยตัวของเมล็ดพืช

ทำหน้าที่บังคับให้เมล็ดข้าวเปลือกจากทางเข้าเคลื่อนที่ผ่านห้องอบแห้งบนแผ่นตะแกรงตามความยาวของห้องอบแห้ง โดยการยกห้องอบแห้งขึ้นลงที่รองรับด้วยสปริงแบบแผ่นด้วยชุดก้านส่งกำลังต่อเข้ากับแกนหมุนเยื้องศูนย์กลาง ทั้งนี้การหมุนของแกนหมุนเยื้องศูนย์กลางมีอัตราทดเป็น 10:1 ที่ต่อกับต้นกำลังเป็นมอเตอร์ขนาด 2 แรงม้า รายละเอียดดังภาพประกอบ 11



ภาพประกอบ 11 ชุดบังคับการเคลื่อนตัวของเมล็ดพืช

3.2.5 ชุดสร้างอากาศร้อน

ทำหน้าที่สร้างอากาศร้อนจากการสันดาประหว่างก๊าซปิโตรเลียมเหลว (liquefied petroleum gas: LPG) กับอากาศด้วยหัวเตาแก๊สฟู้ KB-10 หน้ากว้าง 10 นิ้ว ที่ความดัน 2-4 บาร์ (bar) ดังภาพประกอบ 12



ภาพประกอบ 12 ชุดสร้างอากาศร้อน

3.3 การทดสอบเครื่องอบแห้ง

เนื่องจากการดำเนินการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งนั้นต้องอาศัยความรู้และประสบการณ์และความชำนาญของผู้ควบคุมในการปรับตั้งการทำงานของเครื่อง เพื่อให้ผลของการอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าวเป็นไปตามความต้องการ ดังนั้นผู้วิจัยจึงพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบมัลติโพลวิสำหรับเมล็ดพันธุ์ข้าว จะช่วยส่งเสริมให้เกษตรกรผู้ปลูกข้าวได้เมล็ดพันธุ์ข้าวที่ได้มาตรฐานตามกรมการข้าว ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบตามรายละเอียดในหัวข้อต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

3.3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือวัด (equipment and measuring Instrument)

การพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบมัลติโพลวิในด้านการดำเนินการอบแห้งจำเป็นต้องทราบข้อมูลสภาวะต่าง ๆ ต้องอาศัยเครื่องมือวัดดังภาพประกอบ

1 เมล็ดพันธุ์ข้าว กข.87 มีลักษณะเป็น พีชล้มลุก วงศ์หญ้า เป็นข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง มีอายุเก็บเกี่ยว 114 วัน ต้นมีความสูง 125 เซนติเมตร คอรวงยาว รวงค่อนข้างแน่น ระบายถี่ใบสีเขียว ทรงกอตั้ง ใบธงยาว 38.0 เซนติเมตร กว้าง 1.5 เซนติเมตร มุมใบธงตั้งตรงถึงปานกลาง ดอก/ช่อดอกรวงยาว 30.5 เซนติเมตร รวงแน่นปานกลาง คอรวงยาว จำนวนเมล็ดดีต่อรวง 177 เมล็ด เมล็ดรวงปานกลาง มีเมล็ดดีต่อรวงจำนวน 151 เมล็ด น้ำหนัก 1,000 เมล็ดเท่ากับ 26.9 กรัม มีปริมาณอมิโลสต่ำ (16.87เปอร์เซ็นต์) มีความคงตัวของแป้งสุกอยู่ในระดับแป้งสุกอ่อน โดยมีระยะทางการไหลของแป้งสุก 80 มิลลิเมตร มีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ ข้าวสุกนุ่มและค่อนข้างเหนียว ให้ผลผลิตเฉลี่ย 734 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าผลผลิตของพันธุ์ กข31 (703 กิโลกรัมต่อไร่) ร้อยละ

4 และมีศักยภาพการให้ผลผลิตสูงสุด ถึง 1,053 กิโลกรัมต่อไร่อ่อนแอต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เพลี้ยกระโดดหลังขาว โรคขอบใบแห้ง และโรคไหม้ ลักษณะเด่นพิเศษ ข้าวสุกนุ่ม ค่อนข้างเหนียว คุณภาพเมล็ดทางกายภาพดี ท้องไข่น้อย คุณภาพการสีดีมากเหมาะสำหรับปลูกในพื้นที่นาชลประทานภาคกลางและภาคเหนือตอนล่าง



ภาพประกอบ 13 เมล็ดข้าวพันธุ์ กข 87

2 เครื่องตัดข้าวเปลือก รุ่น MS 25 SM ใช้สำหรับทำความสะอาดข้าวเปลือก กำจัดเศษต้นข้าว ก่อนนำไปอบในเครื่องอบแห้งมัลติฟีด



ภาพประกอบ 14 เครื่องตัดข้าว รุ่น MS 25 SM

3. เครื่องวัดความชื้นข้าวเปลือกแบบทำลายเมล็ด Kett รุ่น Riceter f999 ใช้สำหรับวัดความชื้นในเมล็ดพันธุ์ข้าวก่อน และหลังการอบแห้ง โดยจะทำการวัดความชื้นในเมล็ดพันธุ์ข้าวจากเมล็ดข้าว 3-5 เม็ด ของข้าวแต่ละค่า ก่อนบันทึกค่าเฉลี่ยของความชื้นในเมล็ดพันธุ์ข้าวลงตารางบันทึกผลการทดลอง



ภาพประกอบ 15 เครื่องวัดความชื้นเมล็ดข้าวเปลือก Kett รุ่น Riceter f999

4. เครื่องวัดความชื้นข้าวเปลือกแบบไม่ทำลายเมล็ด Kett รุ่น pm-450 ใช้สำหรับวัดความชื้นในเมล็ดพันธุ์ข้าวก่อน และหลังการอบแห้ง โดยจะทำการวัดความชื้นในเมล็ดพันธุ์ข้าว 3 ครั้ง ก่อนบันทึกค่าเฉลี่ยของความชื้นในเมล็ดพันธุ์ข้าวลงตารางบันทึกผลการทดลอง



ภาพประกอบ 16 เครื่องวัดความชื้นเมล็ดข้าวเปลือก Kett รุ่น pm-450

5. เครื่องวัดอุณหภูมิโดยใช้แสง Yokogawa Emission Thermometer 530 ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิภายในห้องผสมอากาศ (Hot Air Chamber) เพื่อตรวจสอบอุณหภูมิในห้องอบและวัดอุณหภูมิซ้ำในกระสอบ เพื่อบันทึกค่าความร้อนของข้าวก่อนและหลังการพักข้าว



ภาพประกอบ 17 Yokogawa Emission Thermometer 530

6 ชุดบันทึกข้อมูลสภาวะการทำงานของอุปกรณ์แบบอัตโนมัติ (Data Logger) เครื่องบันทึกข้อมูล Graphtec รุ่น MT100 ใช้สำหรับเก็บค่าอุณหภูมิ ณ จุดต่างๆ ที่ได้ติดตั้งเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิไว้ โดยในการทดลองจะบันทึกข้อมูลอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งทั้งทางเข้า-ออกลมร้อน และห้องอบแห้ง เพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์และพัฒนาขั้นตอนการอบแห้งให้ดียิ่งขึ้น



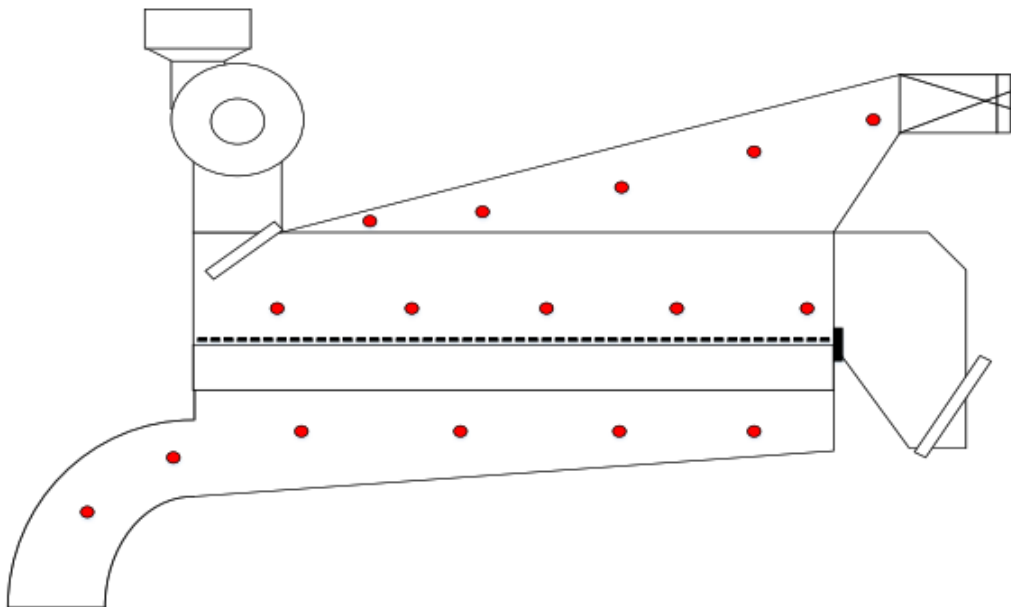
ภาพประกอบ 18 เครื่องบันทึกข้อมูล Graphtec รุ่น MT100

7 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) เทอร์โมคัปเปิลชนิด เค (Thermo Couple Type K) Operating Temperature: -100 -1200°C ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิภายในห้องผสมอากาศ (Hot Air Chamber) โดยใช้ โดยมีการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิล ณ จุดต่างๆ

ภายในห้องอบแห้งจำนวน 16 ตำแหน่งเพื่อวัดอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ภายในเครื่องอบแห้งซึ่งแสดง ดังภาพประกอบ 21



ภาพประกอบ 19 เทอร์โมคัปเปิลชนิด เค (Thermo Couple Type K)



ภาพประกอบ 20 แสดงตำแหน่งเทอร์โมคัปเปิ้ล

8. เครื่องวัดความเร็วลม (Hot-Wire Air Velocity Meter) Tenmars TM-4001 สามารถวัดความเร็วลม อุณหภูมิ และ อัตราการไหลของลม สามารถแสดงหน่วยการวัด เมตร/วินาที, ฟุต/นาที, กิโลเมตร/ชม, นอต และไมล์/ชม ใช้สำหรับวัดความเร็วลมของห้องผสมอากาศ และ ทางออกลม โดยกำหนดให้ความเร็วลม คือ 40 Hz



ภาพประกอบ 21 เครื่องวัดความเร็วลม Tenmars รุ่น TM-4001

9 เครื่องวัดความเร็วรอบ เครื่องวัดความเร็วรอบรุ่น DIGICON DT 250TP ($\pm 0.05\% + 1$ หลัก) ใช้วัดความเร็วรอบของชุดยกห้องอบแห้ง



ภาพประกอบ 22 เครื่องวัดความเร็วรอบรุ่น DIGICON DT 250TP

10 เครื่องชั่งน้ำหนัก ดิจิตอล รุ่น T7 ยี่ห้อ YAOHUA (ความละเอียด ± 0.01) ใช้สำหรับชั่งน้ำหนักของแก๊สแอลพีจี ที่ใช้ในการทดลอง และชั่งน้ำหนักของข้าวเปลือกที่ใช้ในการทดลอง เพื่อให้ทุกการทดลองมีปริมาณข้าวที่เท่ากัน



ภาพประกอบ 23 เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล YAOHUA รุ่น T7

11 กล่องเหลียมใสทรงสี่เหลี่ยมยาว ใช้สำหรับเพาะเมล็ดพันธุ์ข้าวขนาด 13x21x6 เซนติเมตร



ภาพประกอบ 24 กระบะเพาะเมล็ดพันธุ์ข้าว

12 กระดาษทิชชู ใช้ทิชชูแผ่นใหญ่ เพื่อใช้ในการรองเมล็ดพันธุ์ข้าว



ภาพประกอบ 25 กระดาษทิชชู

3.3.2 การเตรียมตัวอย่างก่อนการทดสอบ

การทดสอบใช้เมล็ดพันธุ์ข้าว กข 87 นำข้าวเปลือกที่ได้จากการเก็บเกี่ยวไม่เกิน 3 วัน มาทำความสะอาด คัดแยกสิ่งเจือปน ด้วยเครื่องคัดข้าวเปลือก รุ่น MS 25 SM จากนั้นทำการวัด ปริมาณความชื้นในเมล็ดข้าวเปลือกด้วยเครื่องวัดความชื้นข้าวเปลือกแบบไม่ทำลายเมล็ด



ภาพประกอบ 26 ทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าว

3.3.3 การทดสอบการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบมัสท์โฟล

การทดสอบการอบแห้งตามขอบเขตของปริญญาโทมีขั้นตอนในการทดสอบการอบแห้งด้วยการปรับตั้งการทำงานของเครื่องตามเงื่อนไขการทดลองที่กำหนด โดยกำหนดตัวแปรควบคุม, ตัวแปรต้น และตัวแปรตามดังต่อไปนี้

ตัวแปรควบคุม คือ การดำเนินการอบแห้งปริมาณความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือก (initial moisture content, IMC) ช่วง 22-27 % (ความชื้นฐานเปียก) อัตราการป้อนเมล็ดพันธุ์ข้าวเฉลี่ย 350 kg/h ในแต่ละรอบการทดสอบใช้ข้าวเปลือกจำนวน 50 กิโลกรัม

ตัวแปรต้น คือ การปรับตั้งการทำงาน ใน 6 กรณี ดังนี้

- 1) กรณี ปรับตั้งกระแสความเร็วของอากาศร้อนตั้งแต่ 0.2 m³/s, 0.3m³/s, และ 0.4m³/s อุณหภูมิห้องอบแห้ง เฉลี่ย 80°C ความเร็วรอบของระยะยกห้องอบแห้งที่ 100 rpm
- 2) กรณี ปรับตั้งกระแสความเร็วของอากาศร้อนตั้งแต่ 0.2 m³/s, 0.3m³/s, และ 0.4m³/s อุณหภูมิห้องอบแห้ง เฉลี่ย 80°C ความเร็วรอบของระยะยกห้องอบแห้งที่ 120 rpm
- 3) กรณี ปรับตั้งกระแสความเร็วของอากาศร้อนตั้งแต่ 0.2 m³/s, 0.3m³/s, และ 0.4m³/s อุณหภูมิห้องอบแห้ง เฉลี่ย 100°C ความเร็วรอบของระยะยกห้องอบแห้งที่ 100 rpm
- 4) กรณี ปรับตั้งกระแสความเร็วของอากาศร้อนตั้งแต่ 0.2 m³/s, 0.3m³/s, และ 0.4m³/s อุณหภูมิห้องอบแห้ง เฉลี่ย 100°C ความเร็วรอบของระยะยกห้องอบแห้งที่ 120 rpm
- 5) กรณี ปรับตั้งกระแสความเร็วของอากาศร้อนตั้งแต่ 0.2 m³/s, 0.3m³/s, และ 0.4m³/s อุณหภูมิห้องอบแห้ง เฉลี่ย 120°C ความเร็วรอบของระยะยกห้องอบแห้งที่ 100 rpm
- 6) กรณี ปรับตั้งกระแสความเร็วของอากาศร้อนตั้งแต่ 0.2 m³/s, 0.3m³/s, และ 0.4m³/s อุณหภูมิห้องอบแห้ง เฉลี่ย 120°C ความเร็วรอบของระยะยกห้องอบแห้งที่ 120 rpm



ก. การปรับตั้งอุณหภูมิ



ข. การปรับตั้งกระแสความเร็วของอากาศ

ภาพประกอบ 27 การปรับตั้งอุณหภูมิและกระแสความเร็วของอากาศ



ก. การวัดอุณหภูมิขณะออกจากห้องอบ

ข. การวัดความชื้นเมล็ดพันธุ์ข้าว

ภาพประกอบ 28 การวัดอุณหภูมิและการวัดความชื้นเมล็ดพันธุ์ข้าว

ตัวแปรตาม คือ ผลที่เกิดจากการปรับตั้งการทำงาน โดยแยกเป็นกรณีศึกษา ดังนี้

- 1) ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิ ความเร็วลมและความเร็วรอบของระยะยกห้องอบแห้ง ที่มีผลต่อการลดความชื้น
- 2) ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิ ความเร็วลมและความเร็วรอบของระยะยกห้องอบแห้ง ที่มีผลต่ออุณหภูมิในเมล็ดขณะออกจากห้องอบแห้ง
- 3) ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิ ความเร็วลมและความเร็วรอบของระยะยกห้องอบแห้ง ที่มีผลต่อคุณภาพความงอกของเมล็ดหลังการอบแห้ง โดยการทดสอบเพาะเมล็ดหลังจากทดลอง 14 วัน



ก การแช่ข้าว 1 คืนก่อนเพาะเมล็ด



ข. ต้นข้าวหลังเพาะ 14 วัน

ภาพประกอบ 29 การทดสอบคุณภาพความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าว

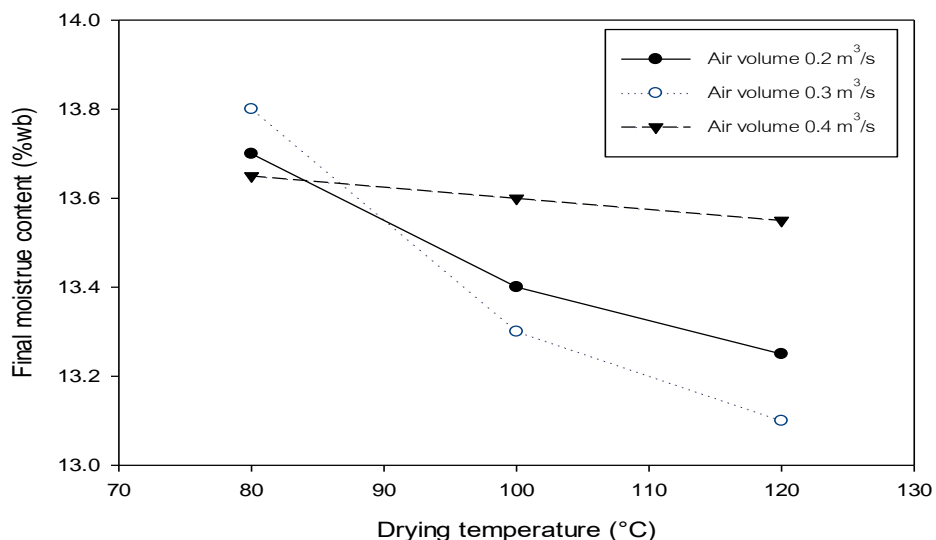
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย

บทนี้จะนำเสนอผลการดำเนินงานวิจัยที่ได้จากการวิธีดำเนินการวิจัยทั้งหมด มาแสดงในรูปแบบกราฟ โดยมีขบวนการศึกษาจนกระทั่งประเมินประสิทธิภาพของการทดลอง ดังนี้

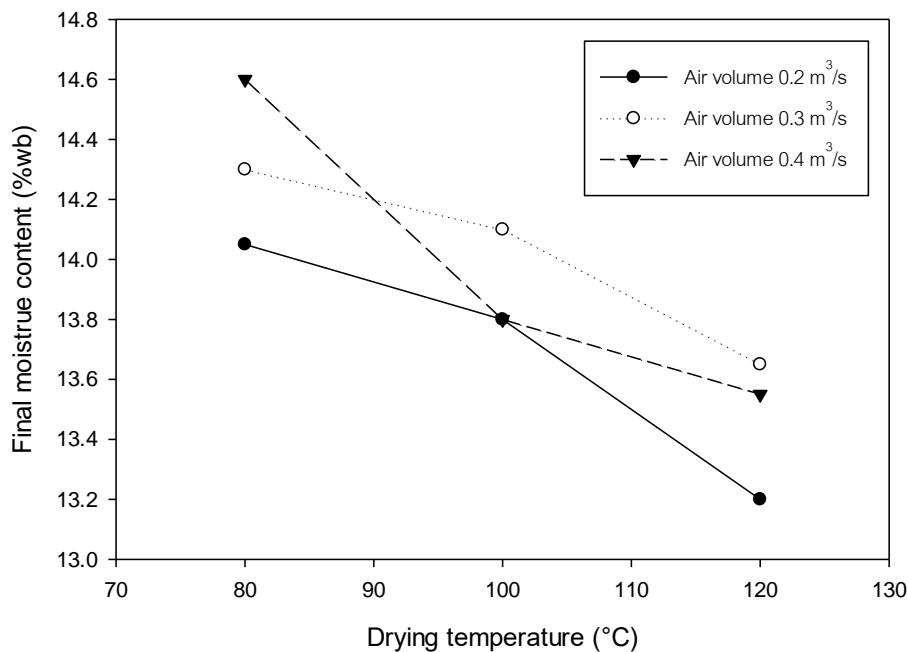
1. ผลประสิทธิภาพการลดความชื้น
2. ผลของอุณหภูมิของเมล็ดพันธุ์ข้าวขณะออกจากห้องอบแห้ง
3. คุณภาพความงอกของเมล็ดหลังการอบแห้ง
งอกของเมล็ดและประสิทธิภาพการลดความชื้น

4.1 ผลประสิทธิภาพการลดความชื้น

เนื่องจากอุณหภูมิความเร็วลมและความเร็วรอบของระยะยกห้องอบแห้งส่งผลต่อการลดความชื้น ดังนั้นการทดลองจึงทำการปรับตั้ง อุณหภูมิการอบที่ 80 °C, 100 °C, และ 120 °C ความเร็วลม ที่ 0.2 m³/s, 0.3 m³/s, และ 0.4 m³/s ความเร็วรอบของระยะยกห้องอบแห้งที่ 100 rpm และ 120 rpm โดยใช้ข้าวเปลือก 50 kg มีความชื้น 22-24 %wb ที่สภาพแวดล้อมอุณหภูมิ 32 °C และมีอัตราการป้อนเมล็ดเฉลี่ยเป็น 350 kg/h ผลประสิทธิภาพการลดความชื้นที่ สามารถวิเคราะห์ผลการทดลองได้ดังนี้



ภาพประกอบ 30 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลม อุณหภูมิการอบ ที่ความเร็วรอบของระยะยกห้องอบแห้ง 100 rpm ที่ส่งผลต่อการการลดความชื้น

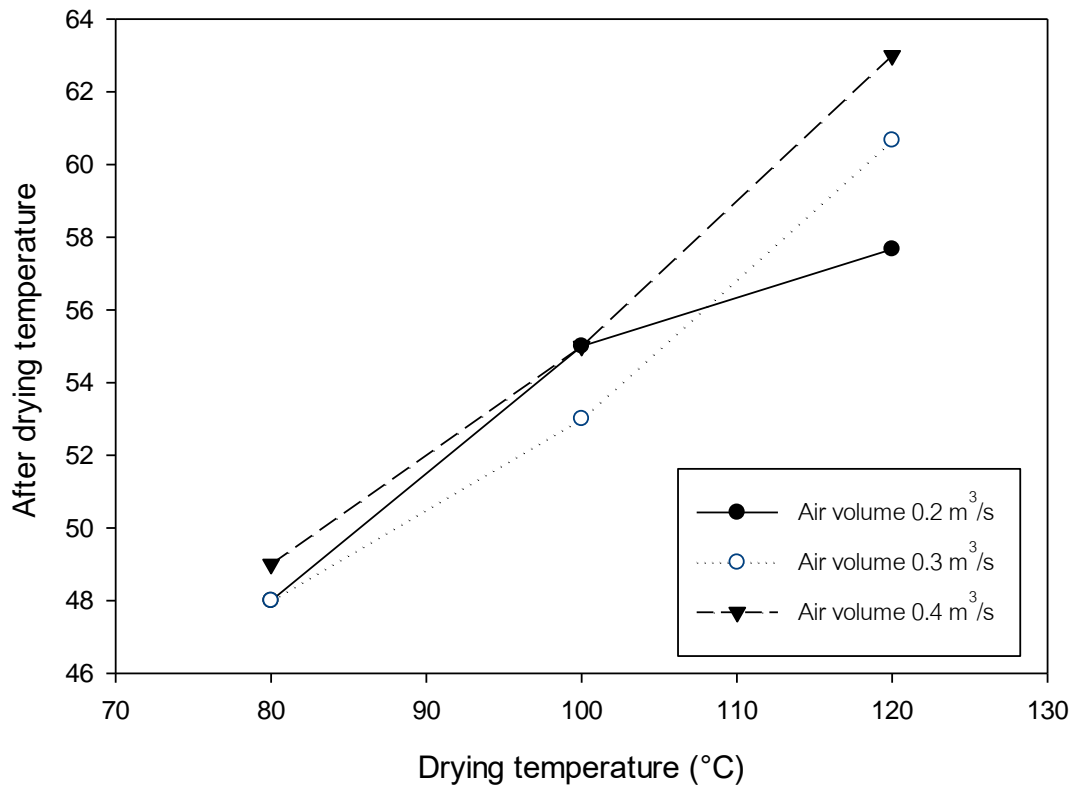


ภาพประกอบ 31 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลม อุณหภูมิการอบ ที่ความเร็วรอบของ ระยะเวลาห้องอบแห้ง 120 rpm ที่ส่งผลต่อการการลดความชื้น

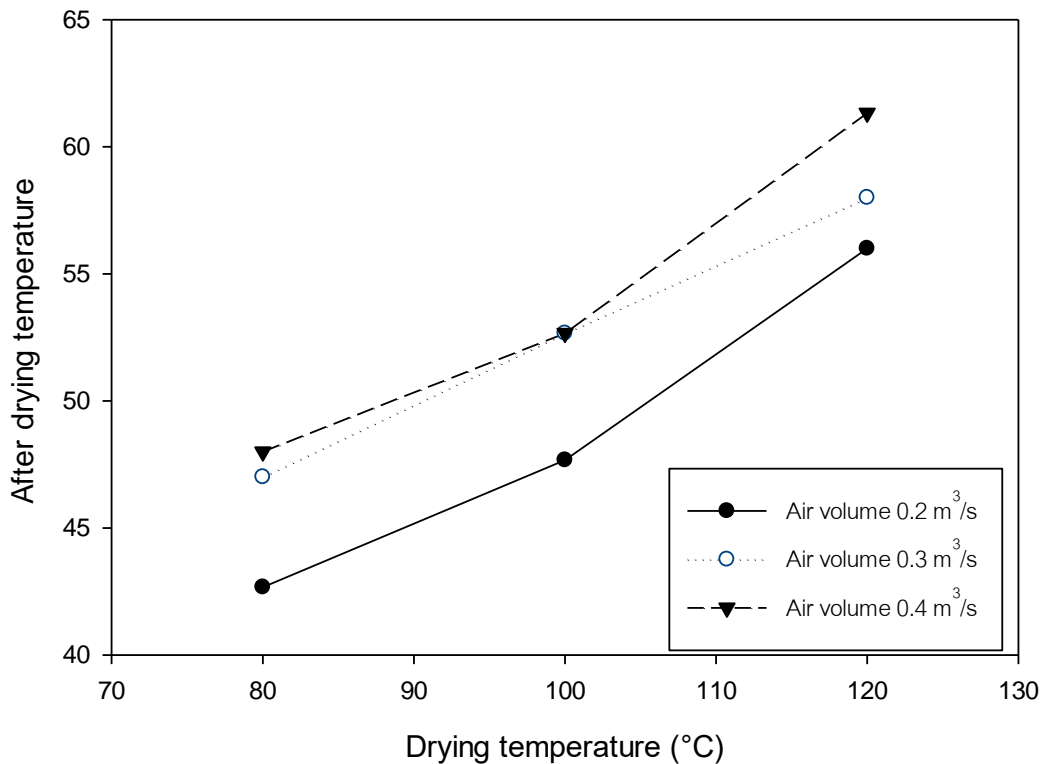
จากภาพประกอบ 30 และ 31 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมที่ 0.2 m³/s, 0.3 m³/s, และ 0.4 m³/s ที่อุณหภูมิการอบ 80 °C, 100 °C, และ 120 °C ความเร็วรอบของระยะเวลาห้องอบแห้งที่ 100 rpm และ 120 rpm ตามลำดับ พบว่าเมื่ออุณหภูมิการอบแห้งสูงขึ้นความชื้นของ เมล็ดพันธุ์ข้าวจะลดลงตามลำดับ

4.2 ผลของอุณหภูมิในเมล็ดขณะออกจากห้องอบแห้ง

เนื่องจากอุณหภูมิ ความเร็วลม และความเร็วรอบของระยะเวลาห้องอบแห้งส่งผลต่อการลดความชื้น ดังนั้นการทดลองจึงทำการปรับตั้ง อุณหภูมิการอบที่ 80 °C, 100 °C, และ 120 °C ความเร็วลม ที่ 0.2 m³/s, 0.3 m³/s, และ 0.4 m³/s ความเร็วรอบของระยะเวลาห้องอบแห้งที่ 100 rpm และ 120 rpm โดยใช้ข้าวเปลือก 50 kg มีความชื้น 22-24 %wb ที่สภาพแวดล้อมอุณหภูมิ 32 °C และมีอัตราการป้อนเมล็ดเฉลี่ยเป็น 350 kg/h ผลที่ได้จากการทดลองที่สภาวะต่าง ๆ สามารถวิเคราะห์ผลการทดลองได้ดังนี้



ภาพประกอบ 32 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลม อุณหภูมิในการอบ ที่ความเร็วรอบของ
ระยะยกห้องอบแห้ง 100 rpm ที่ผลต่ออุณหภูมิของเมล็ดขณะออกจากห้องอบแห้ง

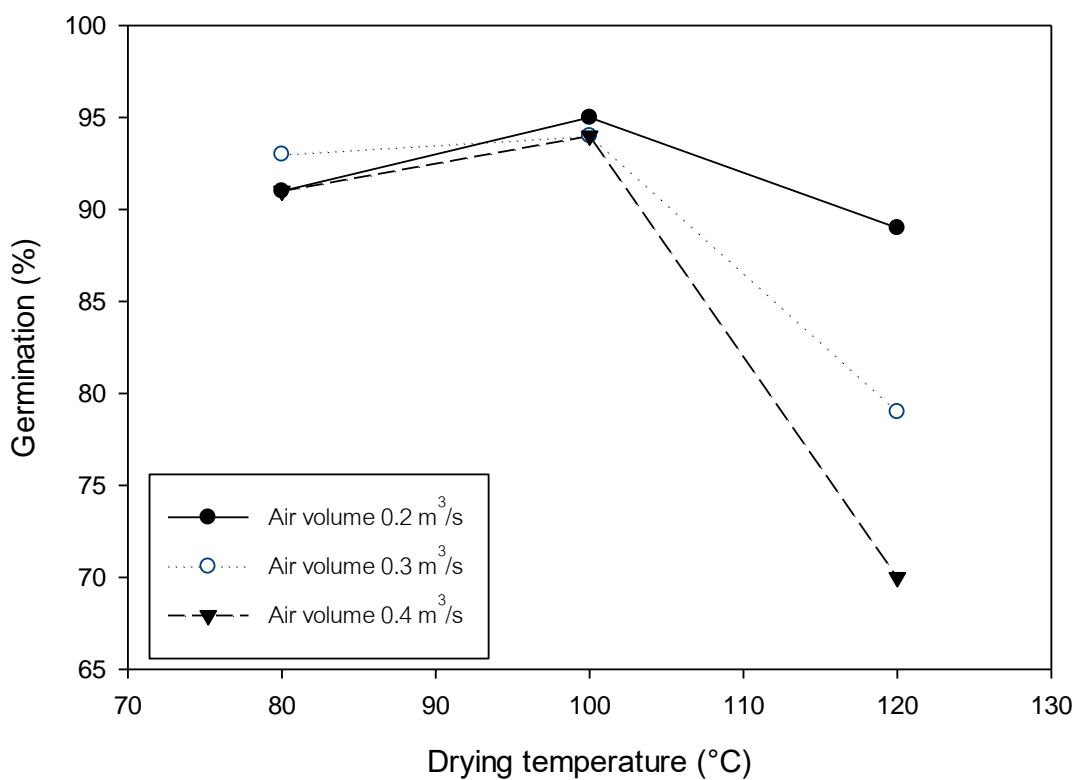


ภาพประกอบ 33 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลม อุณหภูมิในการอบ ที่ความเร็วรอบของ
 ระยะเวลาห้องอบแห้ง 120 rpm ที่มีผลต่ออุณหภูมิของเมล็ดขณะออกจากห้องอบแห้ง

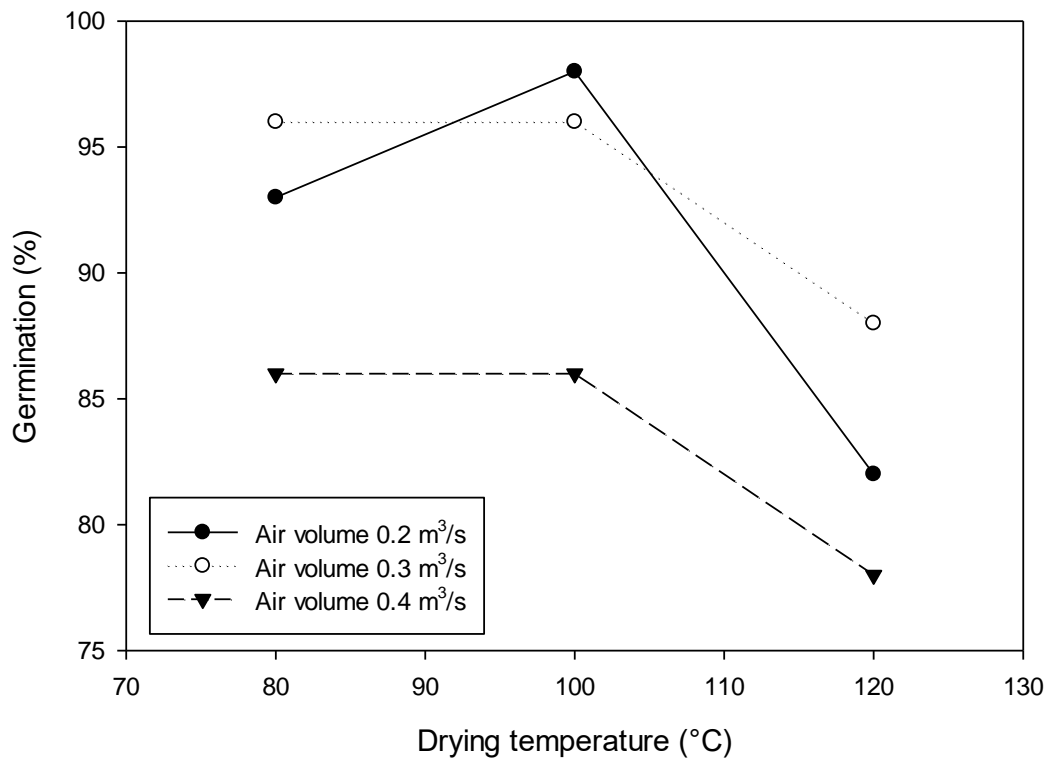
จากภาพประกอบ 32 และ 33 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมที่ 0.2 m³/s, 0.3
 m³/s, และ 0.4 m³/s ที่อุณหภูมิการอบ 80 °C, 100 °C, และ 120 °C ความเร็วรอบของระยะยก
 ห้องอบแห้งที่ 100 rpm และ 120 rpm ตามลำดับ พบว่าเมื่ออุณหภูมิการอบแห้งสูงขึ้นอุณหภูมิของ
 เมล็ดจะสูงขึ้นตามลำดับ

4.3 คุณภาพความงอกของเมล็ดหลังการอบแห้ง

เนื่องจากอุณหภูมิ ความเร็วลม และความเร็วรอบของระยะยกห้องอบแห้งส่งผลต่อการลดความชื้น ดังนั้นการทดลองจึงทำการปรับตั้ง อุณหภูมิการอบที่ 80 °C, 100 °C, และ 120 °C ความเร็วลมที่ 0.2 m³/s, 0.3m³/s, และ 0.4m³/s ความเร็วรอบของระยะยกห้องอบแห้งที่ 100 rpm และ 120 rpm โดยใช้ข้าวเปลือก 50 kg มีความชื้น 22-24 %wb ที่สภาพแวดล้อมอุณหภูมิ 32 °C และมีอัตราการป้อนเมล็ดเฉลี่ยเป็น 350 kg/h ผลที่ได้จากการทดลองที่สภาวะต่าง ๆ สามารถวิเคราะห์ผลการทดลองได้ดังนี้



ภาพประกอบ 34 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลม อุณหภูมิการอบ ที่ความเร็วรอบของระยะยกห้องอบแห้ง 100 rpm ที่ส่งผลต่อคุณภาพความงอกของเมล็ดหลังการอบแห้ง

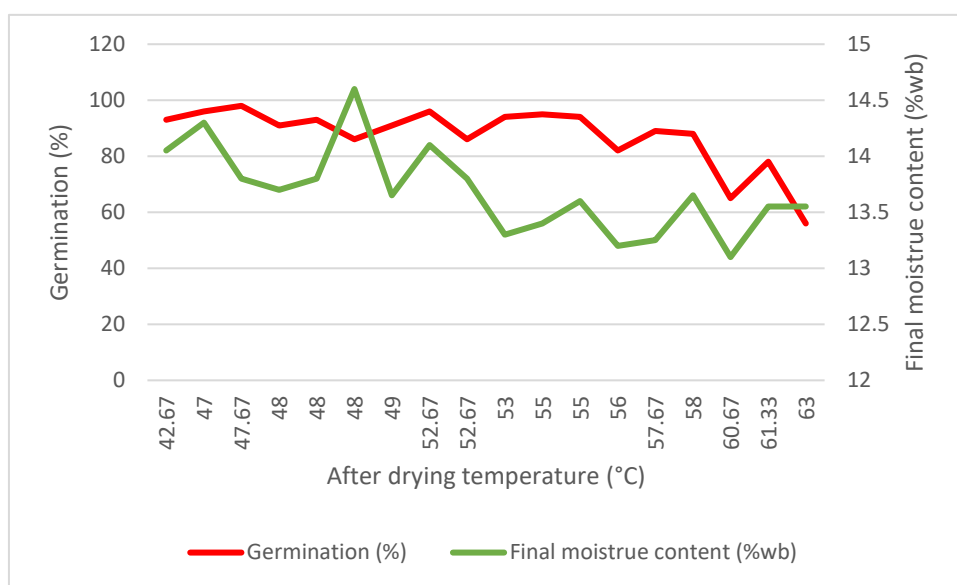


ภาพประกอบ 35 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลม อุณหภูมิการอบ ที่ความเร็วรอบของ
 ระยะเวลาห้องอบแห้ง 120 rpm ที่ส่งผลต่อคุณภาพความงอกของเมล็ดหลังการอบแห้ง

จากภาพประกอบ 34 และ 35 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมที่ 0.2 m³/s,
 0.3m³/s, และ 0.4m³/s ที่อุณหภูมิการอบ 80 °C, 100 °C, และ 120 °C ความเร็วรอบของระยะเวลา
 ห้องอบแห้งที่ 100 rpm และ 120 rpm ตามลำดับ พบว่าอุณหภูมิ 100 °C มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูง
 ที่สุดในทุกกรณีที่ความเร็วลม 0.2 m³/s มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงที่สุด และอุณหภูมิ 120 °C มี
 เปอร์เซ็นต์ความงอกต่ำที่สุด

4.4 ผลของอุณหภูมิของเมล็ดขณะออกจากห้องอบแห้งที่ส่งผลต่อคุณภาพความงอกของเมล็ดและประสิทธิภาพการลดความชื้น

จากข้อมูลผลประสิทธิภาพการลดความชื้น ผลของอุณหภูมิในเมล็ดขณะออกจากห้องอบแห้ง และคุณภาพความงอกของเมล็ดหลังการอบแห้ง นำผลการทดลองมาสร้างเป็นกราฟเพื่อดูผลของอุณหภูมิที่ส่งผลต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ดังนี้



ภาพประกอบ 36 ผลของอุณหภูมิของเมล็ดขณะออกจากห้องอบแห้งที่ส่งผลต่อคุณภาพความงอกของเมล็ดและประสิทธิภาพการลดความชื้น

จากภาพประกอบ 36 เมื่อนำข้อมูลผลประสิทธิภาพการลดความชื้น ผลของอุณหภูมิในเมล็ดขณะออกจากห้องอบแห้ง และคุณภาพความงอกของเมล็ดหลังการอบแห้ง มาสร้างสร้างเป็นกราฟจะพบว่าอุณหภูมิสะสมในเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ 50-60 °C สามารถลดความชื้นให้อยู่ในขอบเขตของการทดลอง คือต่ำกว่า 14%wb และอัตราความงอกสูงกว่า 80 %

บทที่ 5

สรุปผล

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยการพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบมัสทิโพลีสำหรับอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าว เป็นการอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ กข87 ด้วยเครื่องอบแห้งแบบมัสทิโพลี มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบมัสทิโพลีสำหรับการอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าว และเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าวของเครื่องอบแห้งที่เมล็ดพันธุ์ข้าวแบบมัสทิโพลี

หลักการการอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยเครื่องอบแห้งมัสทิโพลี ใช้หลักการของการถ่ายเทความร้อน โดยการพาความร้อนแบบบังคับ ยิงอุณหภูมิ และสัมประสิทธิ์การพาความร้อนสูง ก็จะทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนที่สูงขึ้น ทำให้ลดความชื้นในเมล็ดพันธุ์ข้าวได้ดี

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า จากขอบเขตที่กำหนดในการทดลองที่กล่าวมานั้นมีผลต่อเมล็ดพันธุ์ข้าว โดยตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อความชื้นมากที่สุดคืออุณหภูมิในการอบ และตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อความเสียหายของเมล็ดพันธุ์ข้าว คืออุณหภูมิสะสมของเมล็ดหลังการอบแห้งสูงกว่า 60 °C จะทำให้เปอร์เซ็นต์ความงอกก็จะต่ำกว่ามาตรฐาน

เมื่อพิจารณาจากการทดลองพบว่าค่าที่เหมาะสมที่สุดในการอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าวให้ได้คุณภาพที่สุด คือ อุณหภูมิ 100 °C รอบการยกที่ 100 rpm และความเร็วลม 0.2 m³/s ให้เปอร์เซ็นต์การงอกสูง ความชื้นที่ต่ำกว่า 14 %wb ทำให้เก็บเมล็ดพันธุ์ข้าวได้นาน 2-3 เดือน เพราะได้เมล็ดพันธุ์ข้าวที่มีเปอร์เซ็นต์ความงอกไม่ต่ำกว่ามาตรฐาน และได้เมล็ดพันธุ์ข้าวที่มีคุณภาพซึ่งกำหนดไว้เท่ากับ 80%

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบมัลติโฟลสำหรับการอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าว และทดสอบประสิทธิภาพการอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าวของเครื่องอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าวแบบมัลติโฟลที่ได้ โดยมีขอบเขตที่ศึกษาคืออุณหภูมิความเร็วลมและความเร็วรอบของระยะยกห้องอบแห้งส่งผลต่อการลดความชื้น ดังนั้นการทดลองจึงทำการปรับตั้ง อุณหภูมิการอบที่ 80 °C, 100 °C, และ 120 °C ความเร็วลม ที่ 0.2 m³/s, 0.3 m³/s, และ 0.4 m³/s ความเร็วรอบของระยะยกห้องอบแห้งที่ 100 rpm และ 120 rpm โดยใช้ข้าวเปลือก 50 kg มีความชื้น 22-24 %wb และมีอัตราการป้อนเมล็ดเฉลี่ยเป็น 350 kg/h

ในงานวิจัยนี้สามารถวิเคราะห์ผลการทดลองได้ 4 ผลการทดลองคือ ผลประสิทธิภาพการลดความชื้น ผลของอุณหภูมิในเมล็ดขณะออกจากห้องอบแห้ง คุณภาพความงอกของเมล็ดหลังการอบแห้ง และผลของอุณหภูมิของเมล็ดขณะออกจากห้องอบแห้งที่ส่งผลต่อคุณภาพความงอกของเมล็ดและประสิทธิภาพการลดความชื้นโดยมีรายละเอียดผลการวิจัยดังนี้

ผลประสิทธิภาพการลดความชื้น จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมที่ 0.2 m³/s, 0.3 m³/s, และ 0.4 m³/s ที่อุณหภูมิการอบ 80 °C, 100 °C, และ 120 °C ความเร็วรอบของระยะยกห้องอบแห้งที่ 100 rpm และ 120 rpm ตามลำดับ พบว่าเมื่ออุณหภูมิการอบแห้งสูงขึ้นความชื้นของเมล็ดพันธุ์ข้าวจะลดลงตามลำดับ 9k, ภาพประกอบ 30 และ 31

ผลของอุณหภูมิในเมล็ดขณะออกจากห้องอบแห้ง จาก กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมที่ 0.2 m³/s, 0.3 m³/s, และ 0.4 m³/s ที่อุณหภูมิการอบ 80 °C, 100 °C, และ 120 °C ความเร็วรอบของระยะยกห้องอบแห้งที่ 100 rpm และ 120 rpm ตามลำดับ พบว่าเมื่ออุณหภูมิการอบแห้งสูงขึ้นอุณหภูมิของเมล็ดจะสูงขึ้นตามลำดับ ตามภาพประกอบ 32 และ 33

คุณภาพความงอกของเมล็ดหลังการอบแห้ง จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมที่ 0.2 m³/s, 0.3 m³/s, และ 0.4 m³/s ที่อุณหภูมิการอบ 80 °C, 100 °C, และ 120 °C ความเร็วรอบของระยะยกห้องอบแห้งที่ 100 rpm และ 120 rpm ตามลำดับ ตามจากภาพประกอบ 34 และ 35 พบว่าอุณหภูมิ 100 °C มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงที่สุดในทุกกรณีที่มีความเร็วลม 0.2 m³/s มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงที่สุด และอุณหภูมิ 120 °C มีเปอร์เซ็นต์ความงอกต่ำที่สุด

ผลของอุณหภูมิของเมล็ดขณะออกจากห้องอบแห้งที่ส่งผลต่อคุณภาพความงอกของเมล็ดและประสิทธิภาพการลดความชื้น เมื่อนำข้อมูลผลประสิทธิภาพการลดความชื้น ผลของอุณหภูมิในเมล็ดขณะออกจากห้องอบแห้ง และคุณภาพความงอกของเมล็ดหลังการอบแห้ง มาสร้างสร้างเป็นกราฟจะพบว่าอุณหภูมิสะสมในเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ 50-60 °C สามารถลดความชื้นให้

อยู่ในขอบเขตของการทดลอง คือต่ำกว่า 14%wb และอัตราความงอกสูงกว่า 80 %ตามจากภาพประกอบ 36

5.3 ข้อเสนอแนะ

การพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบมัลติไฟลิวสำหรับอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าวนี้จัดทำขึ้นเพื่อนำหลักการอบแห้งแบบมัลติไฟลิวมาใช้ในการอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าว โดยเป็นการพัฒนาที่ยังใช้อุปกรณ์พื้นฐานเดิมที่มีอยู่มาจัดสร้างเพื่อลดต้นทุนในการทำวิจัย เช่นระบบควบคุมร้อน ระบบส่งกำลังและแหล่งกำเนิดความร้อน จากการทำวิจัยผู้วิจัยพบว่ายังมีส่วนที่สามารถพัฒนาต่อยอดได้อีกหลายส่วน เช่น

1. แหล่งกำเนิดความร้อนซึ่งปัจจุบันเป็นแก๊สแอลพีจี ที่มีขนาดใหญ่เกินความต้องการของเครื่องในปัจจุบัน และน่าจะมีการนำแหล่งกำเนิดความร้อนแบบอื่นมาใช้ในการศึกษาเพื่อลดต้นทุนได้ด้วย

2. ระบบการป้อน ปัจจุบันเป็นการเปิดปิดด้วยสวิตช์ปรับแรงดันไฟฟ้า 24 V. ควรมีการออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติเพื่อให้ง่ายในการควบคุม

เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการสร้างเครื่องอุปกรณ์อาจมีการทดลองการไม่ครอบคลุมพารามิเตอร์ที่น่าสนใจอีกมากแต่เพราะใช้ทุนสูง เช่นข้าวชนิดต่างๆ ความหนาที่ใช้ในการอบ อัตราการป้อน และพลังงานที่ใช้ เป็นต้น และควรมีการศึกษาและพิจารณาทางด้านเศรษฐศาสตร์ความคุ้มค่าเมื่อนำไปใช้จริง

บรรณานุกรม

- Brooker, D. B., Bakker-Arkema, F. W., และ Hall, C. W. (1992). *Drying and storage of grains and oilseeds*: Springer Science & Business Media.
- Somchart Soponronnarit, Somboon Wetchacama, และ Kanphukdee, T. (2000). Seed Drying Using a Heat Pump. *International Energy Journal: Vol. 1 .No. 2, December 2000*.
- Wachiraphansakul, S., และ Devahastin, S. (2007). Drying kinetics and quality of okara dried in a jet spouted bed of sorbent particles. *LWT-Food Science and Technology, 40(2)*, 207-219.
- กรมการข้าว. (2557). ระเบียบกรมการข้าวว่าด้วยมาตรฐานคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าว.
- กองเกษตรวิศวกรรม. (2544). หลักการและส่วนประกอบที่สำคัญของการลดความชื้นของเมล็ดพืช. กรมวิชาการเกษตร, ปีที่ 12. ฉบับที่ 2 เมษายน-มิถุนายน 2543
- กิตติคุณ ปิตุพรหมพันธุ์, ณัฐพล ภูมิสะอาด, และ ละมุล วิเศษ. (2015). การอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือกโดยเครื่องอบแห้งแบบบีบความร้อน. *Journal of Science and Technology Mahasarakham University*.
- จุฑาศินี พรพุทธศร, และ ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์. (2555). การออกแบบและทดสอบเครื่องอบแห้งเมล็ดพันธุ์ฝักโดยใช้บีบความร้อน. *วารสารการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย 2555; 13(1): 566-570*.
- ชัยฤทธิ์ ดำรงเกียรติ. (2556). เอกสารประกอบการบรรยายเรื่อง “คิดใหม่อนาคตข้าวไทย”. <http://tdri.or.th/wp-content/uploads/2013/08/คิดใหม่อนาคตข้าวไทย-ชัยฤทธิ์.pdf>
- ณัฐพล มณีโชติ. (2559). ผลกระทบของขนาดรูเปิดของแผ่นกระจายอากาศและความหนาของชั้นข้าวเปลือกต่อคุณลักษณะการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบมัสท์โฟล. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปีที่ 11, ฉบับที่ 1 (ม.ค.-มิ.ย. 2559), หน้า 61-69*.
- ณัฐพล มณีโชติ, มณฑล ชูโซนาค, มุस्ताฟา ยะกา, และ ประชา บุญยวานิชกุล. (2556). อิทธิพลของความหนาของชั้นข้าวเปลือกต่อความดันและความเร็วของกระแส อากาศในเครื่องอบแห้งแบบมัสท์โฟล. *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 27 16-18 ตุลาคม 2556. ชลบุรี : 251, (2556)*.
- พงศ์สถิตย์ ศรีภักดี, ชูรัตน์ ธารารักษ์, ธเนศ ไชยชนะ, และ ณัฐวุฒิ ดุษฎี. (2559). การศึกษาสมรรถนะเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบมัสท์โฟลขนาด 2 ตันต่อชั่วโมง. *การประชุมวิชาการเครือข่าย*

พลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 12 8-10 มิถุนายน 2559.

- พิรสิทธิ์ ทวยนาค, ชูโซนาค มณฑล, ยะภา มุस्ताฟา, และ บุญยวานิชกุล ประชา. (2014). การทบทวนพัฒนาการของการลดความชื้นข้าวเปลือกในทางอุตสาหกรรม.
- พิรสิทธิ์ ทวยนาค. (2557). ผลกระทบของกระแสความเร็วของอากาศร้อนต่อการลดความชื้นข้าวเปลือกในเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบมีสทิโฟล. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปีที่ 9, ฉบับที่ 1 (ม.ค.-มิ.ย. 2557), หน้า 28-35.
- พิรสิทธิ์ ทวยนาค. (2558). ผลกระทบของอัตราการไหลและอุณหภูมิของอากาศร้อนต่อการลดความชื้นข้าวเปลือก : กรณีศึกษาของเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบมีสทิโฟล. ปรียญานิพนธ์ (วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล)) -- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2558.
- ไพศาล, น. (2558). การถ่ายเทความร้อนและการระบายความร้อนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (พิมพ์ครั้งที่ 1..): กรุงเทพฯ : ทริปเพิล เอ็ดดูเคชั่น.
- มุस्ताฟา ยะภา. (2559). เครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบมีสทิโฟลขนาดอุตสาหกรรม. ปรียญานิพนธ์ (ปร.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล)) -- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2559.
- วิไล ปาละวิสุทธิ, ดวงอร อริยพฤษ, พรสุรี กาญจนาล, และ สมบูรณ์ ทองเสน. (2552). ผลของการใช้เครื่องอบลดความชื้นต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าว ผลงานวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ข้าวปี 2544-2551 (475). กรุงเทพฯ: กรมการข้าว สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว.
- วีระ ศรีอริยะกุล, และ วุฒิกรณ จริยตันติเวทย์. (2550). การออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งแบบชั้นบาง. In: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.
- ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวสุรินทร์. การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์. <http://sm-ricethailand.go.th/index.php/2016-04-22-07-52-30?showall=>
- สำนักงานวิจัยและพัฒนากรมการข้าว. (2561). องค์ความรู้เรื่องข้าว. <http://www.brrd.in.th/rkb/>





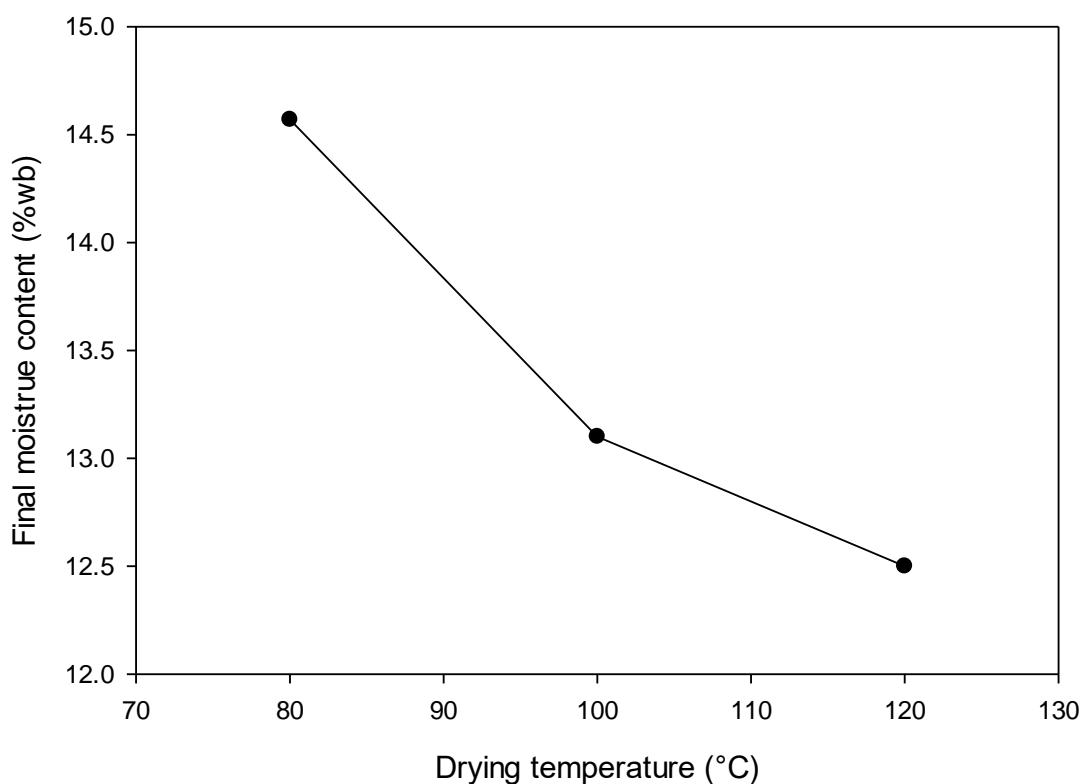
ภาคผนวก ก
ผลการทดลองจากเครื่องต้นแบบ

ผลการทดลองจากเครื่องเดิม

เนื่องจากการทดลองนี้เป็นการศึกษาและประเมินประสิทธิภาพเบื้องต้นเครื่องอบแห้งแบบมัลติไฟเบอร์ขนาด 1 เมตร ในการอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าว มาแสดงในรูปแบบกราฟ โดยใช้อุณหภูมิการอบที่ 80 °C, 100 °C, และ 120 °C ความเร็วลม ที่ 0.2 m³/s ความเร็วรอบของระยะยกห้องอบแห้งที่ 120rpm ใช้ข้าวเปลือก 50 kg มีความชื้น 22-24 %wb ที่สภาพแวดล้อมอุณหภูมิ 32 °C โดยเป็นการอบแบบวนซ้ำ 2 ครั้ง มีขบวนการศึกษาจนกระทั่งประเมินประสิทธิภาพของการทดลอง ดังนี้

1. ผลประสิทธิภาพการลดความชื้น
2. ผลของอุณหภูมิในเมล็ดขณะออกจากห้องอบแห้ง
3. คุณภาพความงอกของเมล็ดหลังการอบแห้ง

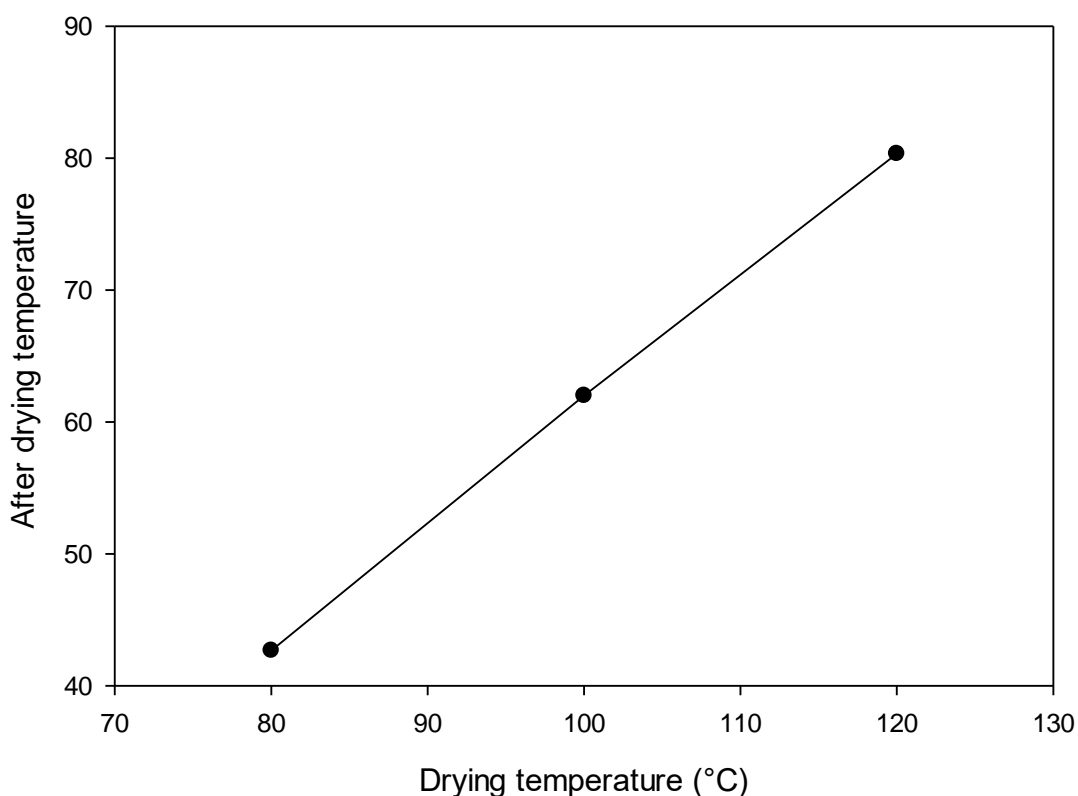
ผลประสิทธิภาพการลดความชื้น



ภาพประกอบ ก.1 กราฟความสัมพันธ์อุณหภูมิการอบ ที่ส่งผลต่อการการลดความชื้น

จากภาพประกอบ ก.1 กราฟความสัมพันธ์อุณหภูมิการอบ ที่ส่งผลต่อการการลดความชื้น อุณหภูมิการอบ 80 °C, 100 °C, และ 120 °C แสดงให้เห็นว่าการอบเมล็ดพันธุ์ข้าวแบบวนซ้ำ 2 ครั้ง ในอุณหภูมิที่สูงความชื้นในเมล็ดจะลดต่ำลงตามลำดับ

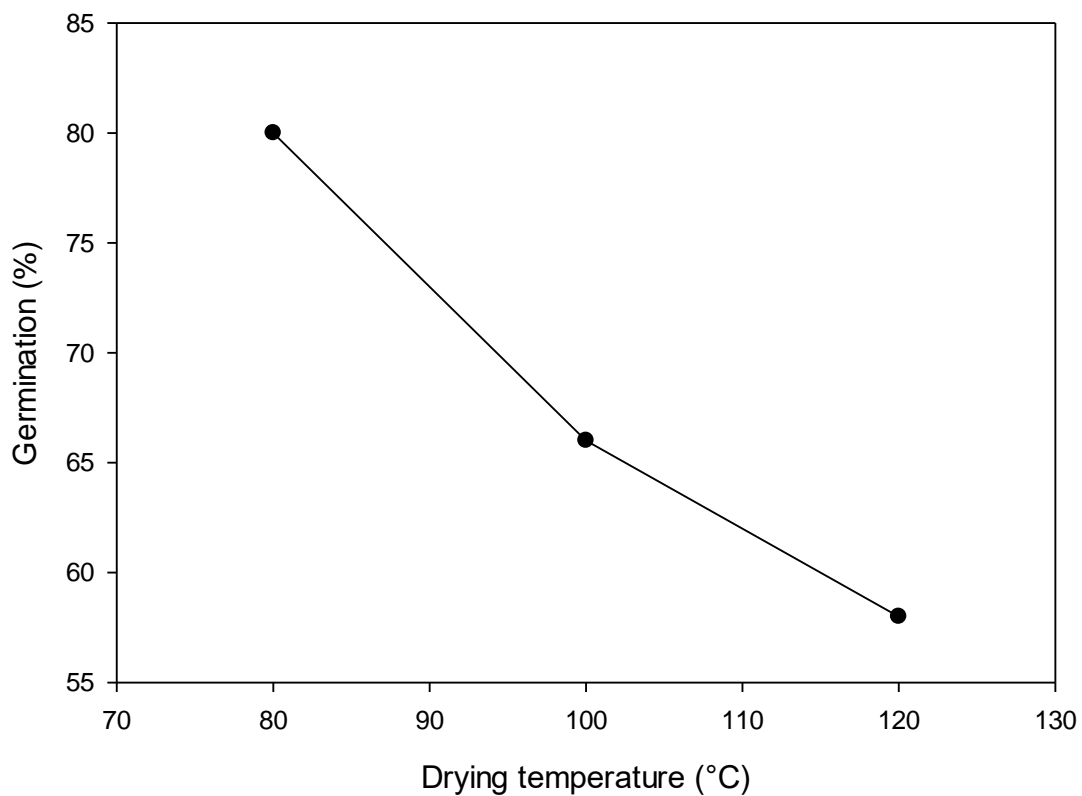
ผลของอุณหภูมิในเมล็ดขณะออกจากห้องอบแห้ง



ภาพประกอบ ก.2 กราฟความสัมพันธ์อุณหภูมิการอบ ที่ส่งผลต่ออุณหภูมิในเมล็ดขณะออกจากห้องอบแห้ง

จากภาพประกอบ ก.2 กราฟความสัมพันธ์อุณหภูมิการอบ ที่ส่งผลต่ออุณหภูมิในเมล็ดขณะออกจากห้องอบแห้ง อุณหภูมิการอบ 80 °C, 100 °C, และ 120 °C แสดงให้เห็นว่าการอบเมล็ดพันธุ์ข้าวแบบวนซ้ำ 2 ครั้ง ที่อุณหภูมิสูงอุณหภูมิในสะสมในเมล็ดก็จะสูงขึ้น

คุณภาพความงอกของเมล็ดหลังการอบแห้ง



ภาพประกอบ ก.3 กราฟความสัมพันธ์อุณหภูมิการ ที่ส่งผลต่อคุณภาพความงอกของเมล็ดหลังการอบแห้ง

จากภาพประกอบ ก.3 กราฟความสัมพันธ์อุณหภูมิการ ที่ส่งผลต่อคุณภาพความงอกของเมล็ดหลังการอบแห้ง อุณหภูมิการอบ 80 °C, 100 °C, และ 120 °C แสดงให้เห็นว่าการอบเมล็ดพันธุ์ข้าวแบบวนซ้ำ 2 ครั้ง ที่อุณหภูมิสูงขึ้นอุณหภูมิเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดจะลดลง



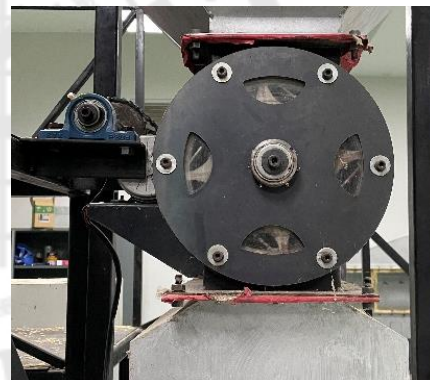
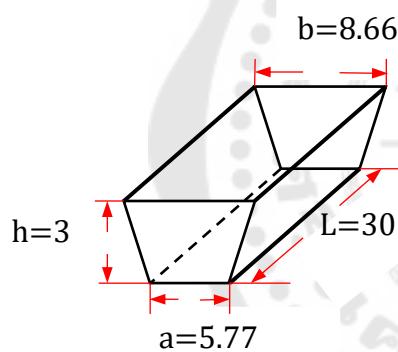
ภาคผนวก ข
ตัวอย่างการคำนวณ

การหาอัตราการไหลเชิงมวล

$$\dot{m}_{feed} = \rho \dot{v}$$

เมื่อ	\dot{m}_{feed}	คือ อัตราการไหลเชิงมวล, kg/h
	ρ	คือ ความหนาของเมล็ดพืช, kg/m ³
	\dot{v}	คือ อัตราการไหล, m ³ /h

การหาอัตราการป้อนของเมล็ดพืช



$$V = 0.5 \times (a+b) \times h \times L$$

$$V = 0.5 \times (5.77+8.66) \times 3 \times 30$$

$$V = 649.35 \text{ cm}^3$$

$$V = 649.35 \text{ cm}^3 \times \frac{1 \text{ m}^3}{(100)^3 \text{ cm}^3}$$

$$V = 0.00065 \text{ m}^3$$

V ทั้งหมด 7 ช่อง ต่อ 1 รอบของโรตารีวาล์ว

$$V_{total} = 7 \times V$$

$$V_{total} = 0.00065 \times 7$$

$$V_{total} = 0.00455 \text{ m}^3$$

อัตราการป้อนที่ 350 kg/h

$$\dot{m} = \rho V_{total}$$

$$V_{total} = \frac{\dot{m}}{\rho}$$

$$\dot{m} = 350 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \quad \rho_{paddy} = 748.8 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$V_{total} = \frac{350 \text{ kg}}{748.8 \text{ h}} \times \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$V_{total} = 0.467 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

รอบการหมุน ใน 1 นาที

$$\text{รอบการหมุน} = \frac{0.467 \text{ m}^3}{0.00455} \frac{1}{\text{h}} \times \frac{1}{\text{m}^3} \times \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}}$$

$$\text{รอบการหมุน} = 1.7 \text{ rpm}$$

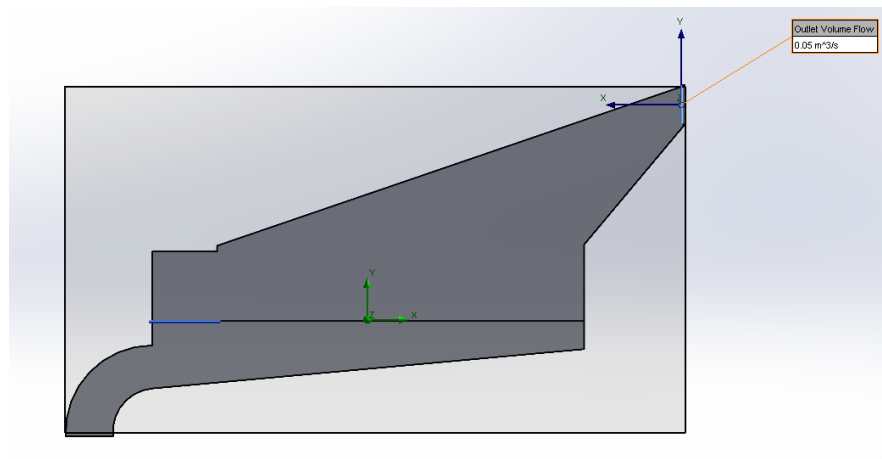


ภาคผนวก ค

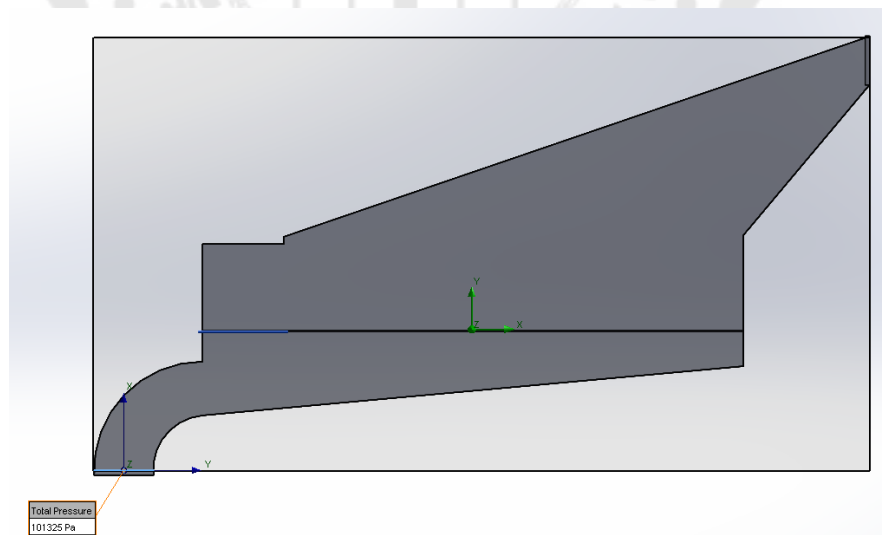
การจำลองการไหลของอากาศด้วยโปรแกรม Solidworks Flow Simulation

การใช้โปรแกรม Solidworks Flow Simulation ในการวิเคราะห์อัตราการไหลของอากาศ

กำหนดปริมาตรของไหลของอากาศที่ทางออกจากเครื่องอบเท่ากับ $0.05 \text{ m}^3/\text{s}$ และที่ทางเข้าเข้าสู่ห้องควบคุมอุณหภูมิเปิดสู่ความดันบรรยากาศจากฟิสิกส์ ทฤษฎี ทฤษฎี [5]

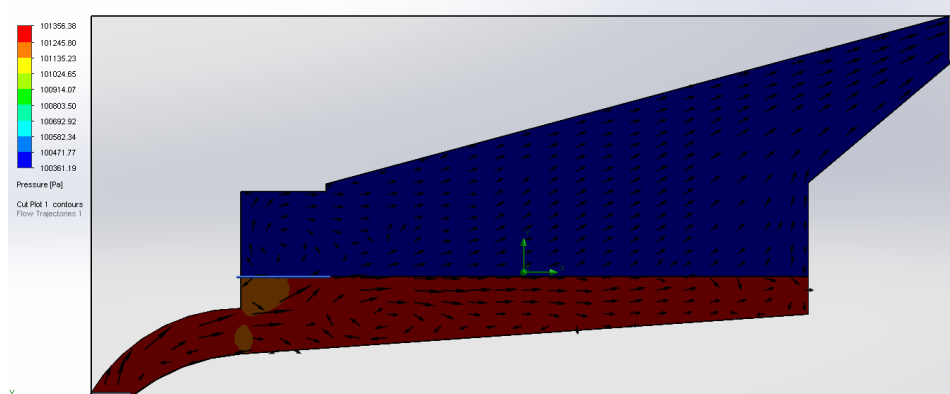


ภาพประกอบ ค.1 กำหนดขอบเขตปริมาตรการไหลของอากาศที่ออกจากเครื่องอบ

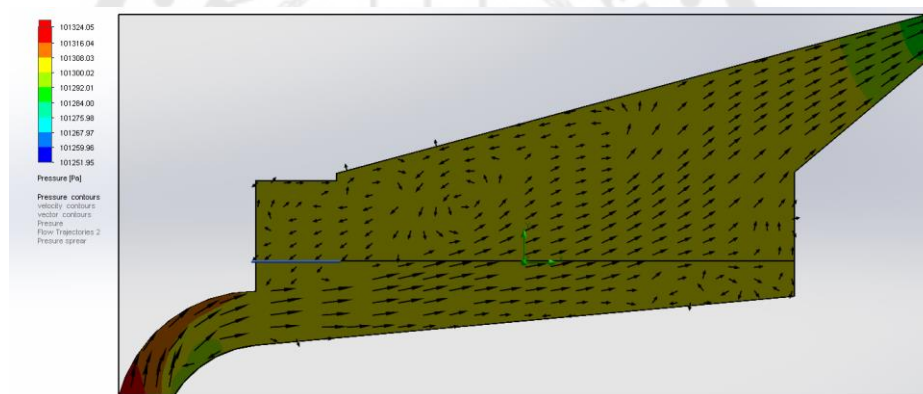


ภาพประกอบ ค.2 กำหนดขอบเขตทางเข้าห้องควบคุมอุณหภูมิ

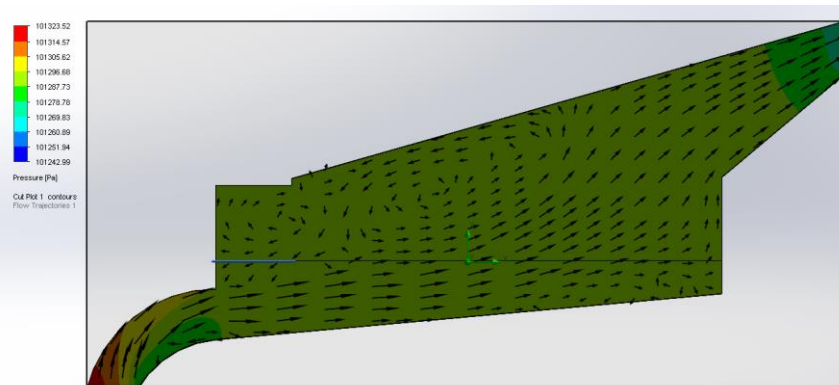
ผลการจำลอง



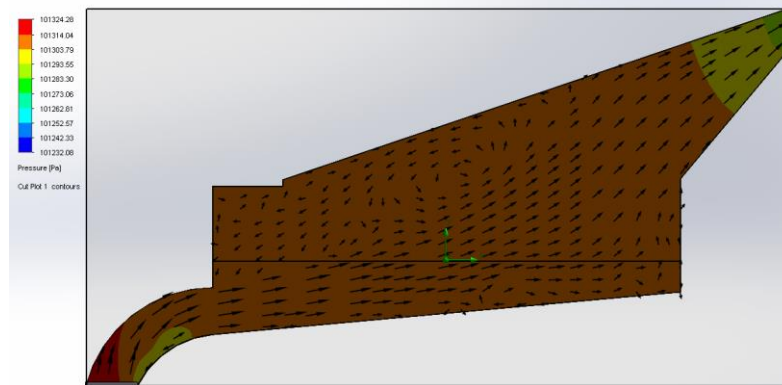
ภาพประกอบ ค.3 ผลการจำลองรูปแบบที่ 1



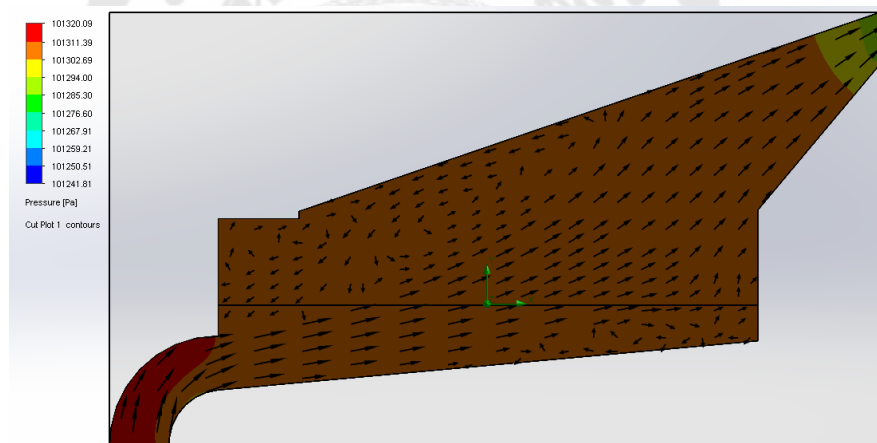
ภาพประกอบ ค.4 ผลการจำลองรูปแบบที่ 2



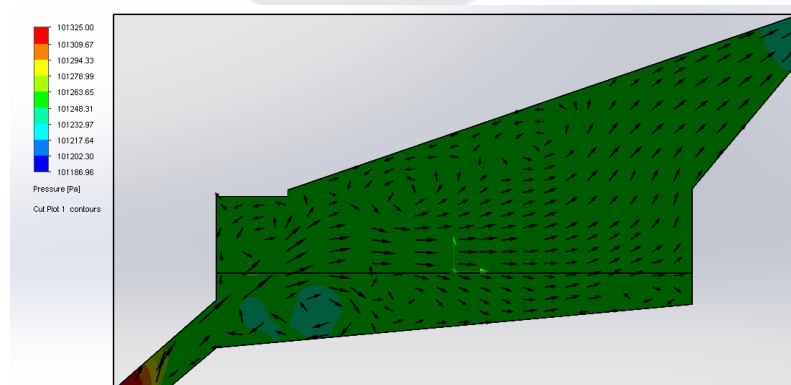
ภาพประกอบ ค.5 ผลการจำลองรูปแบบที่ 3



ภาพประกอบ ค.1 ผลการจำลองรูปแบบที่ 4



ภาพประกอบ ค.1 ผลการจำลองรูปแบบที่ 5



ภาพประกอบ ค.1 ผลการจำลองรูปแบบที่ 6

จากผลการจำลองทั้ง 6 รูปแบบสรุปได้ว่าแบบจำลองที่ 5 มีค่าความดันสูญเสียน้อยที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 18.74 Pa ซึ่งมีค่าน้อยกว่าแบบจำลองที่ 1, 2, 3, 4 และ 6 โดยมีความดันสูญเสียเท่ากับ 929.29 Pa, 22.89 Pa, 33.75 Pa, -21.77 Pa และ 61.76 Pa ตามลำดับ

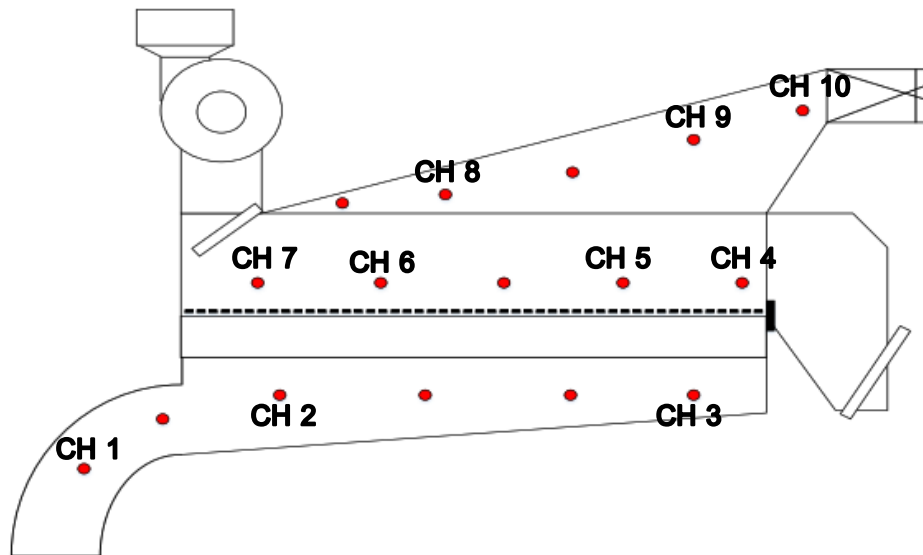




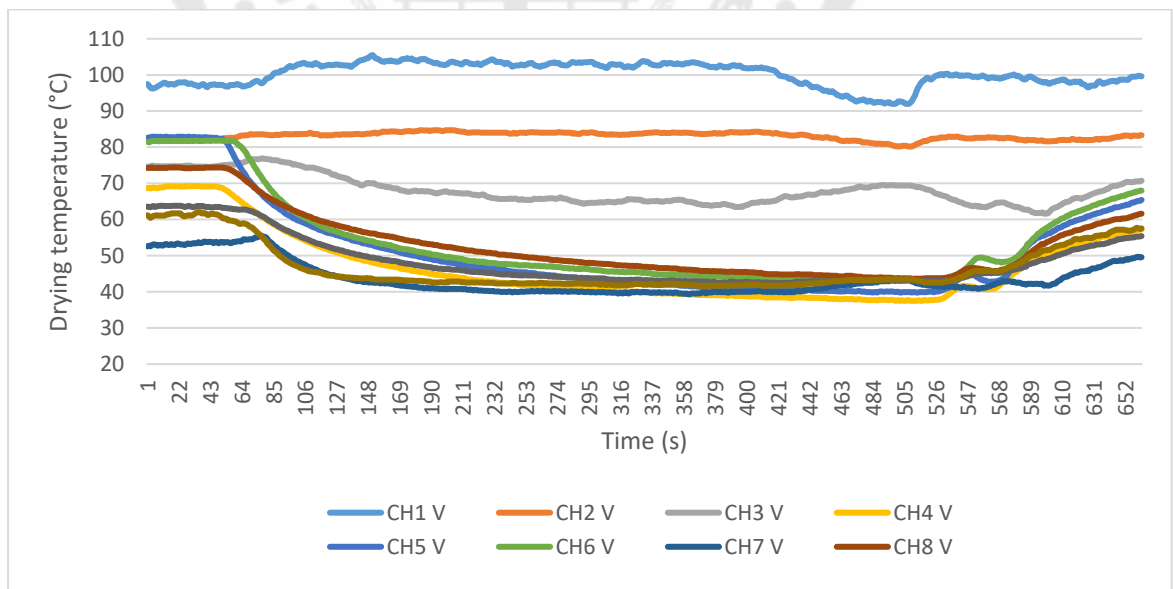
ภาคผนวก ง

ผลการบันทึกอุณหภูมิขณะทดสอบเครื่องอบแห้งแบบมัสทีไฟลสำหรับการ
อบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าว

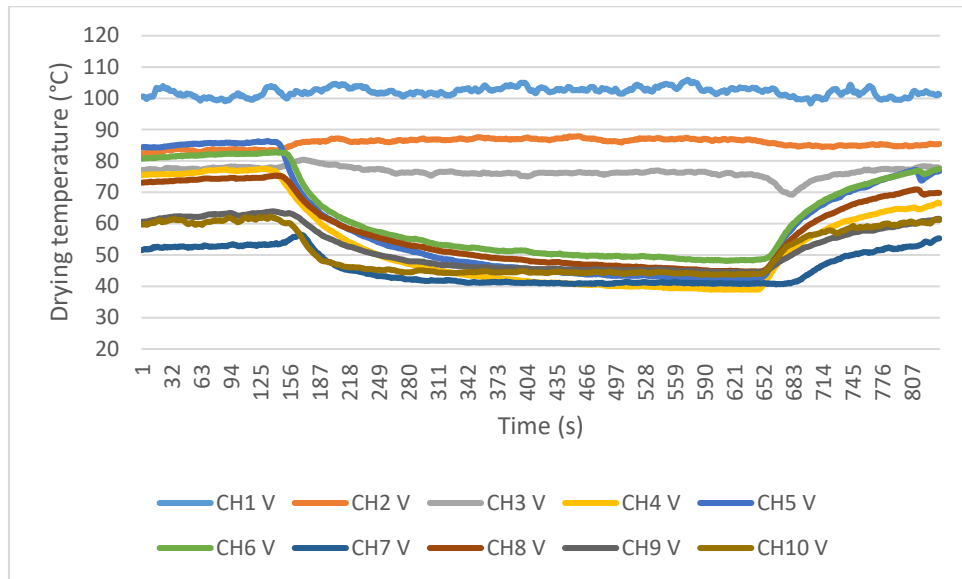
ผลการบันทึกอุณหภูมิขณะทดสอบเครื่องอบแห้งแบบมัสต์โฟลด์สำหรับการอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าว



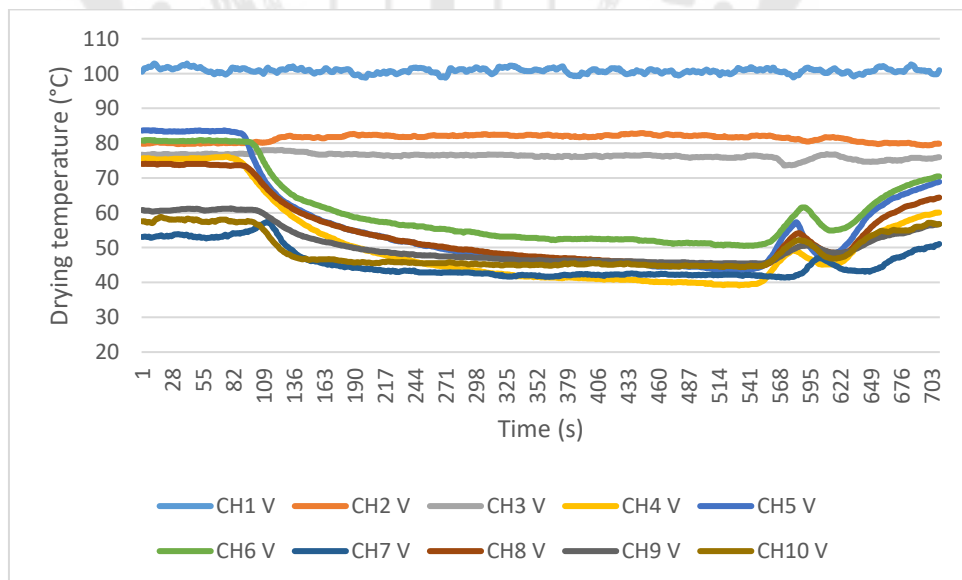
ภาพประกอบ ง.1 แสดงตำแหน่งติดตั้งเทอร์โมคัปเปิล



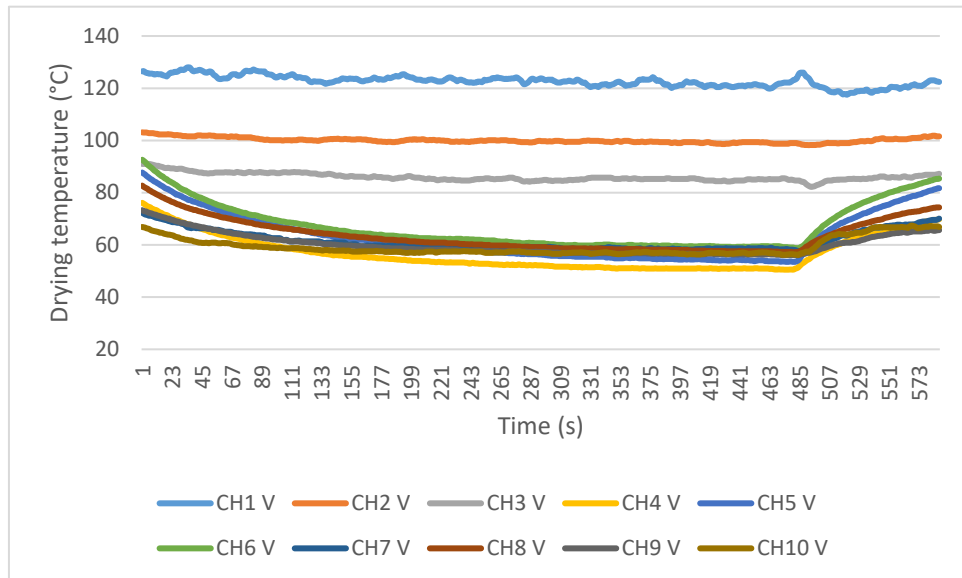
ภาพประกอบ ง.2 ผลการบันทึกอุณหภูมิขณะทดสอบเครื่องอบแห้งแบบมัสต์โฟลด์สำหรับการอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ อุณหภูมิการอบ 80 °C ความเร็วลม 0.2 m³/s และความเร็วรอบของระยะยกห้องอบแห้ง 100 rpm



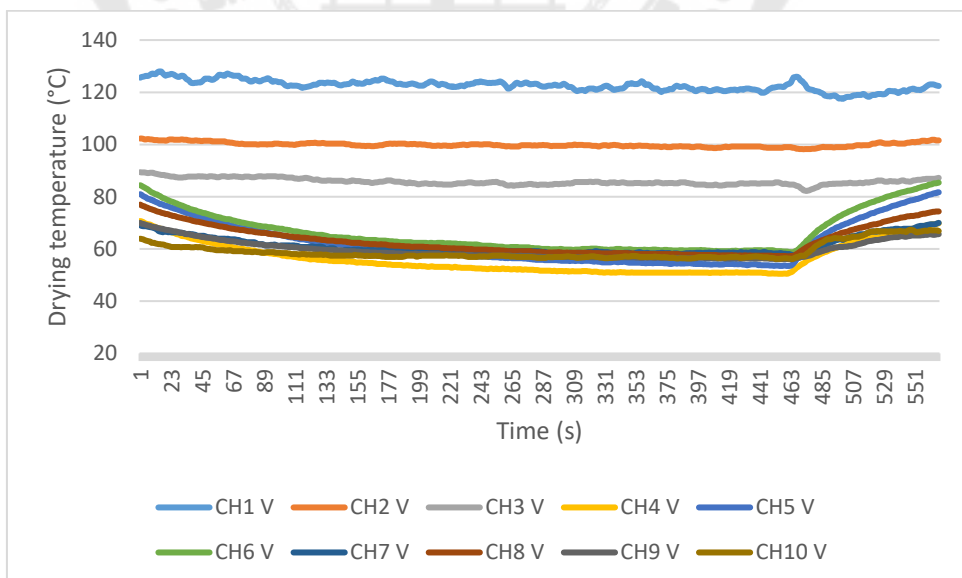
ภาพประกอบ ง.3 ผลการบันทึกอุณหภูมิขณะทดสอบเครื่องอบแห้งแบบมัลติฟีดสำหรับการอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ อุณหภูมิการอบ 80 °C ความเร็วลม 0.3 m³/s และความเร็วรอบของระยะยกห้องอบแห้ง 100 rpm



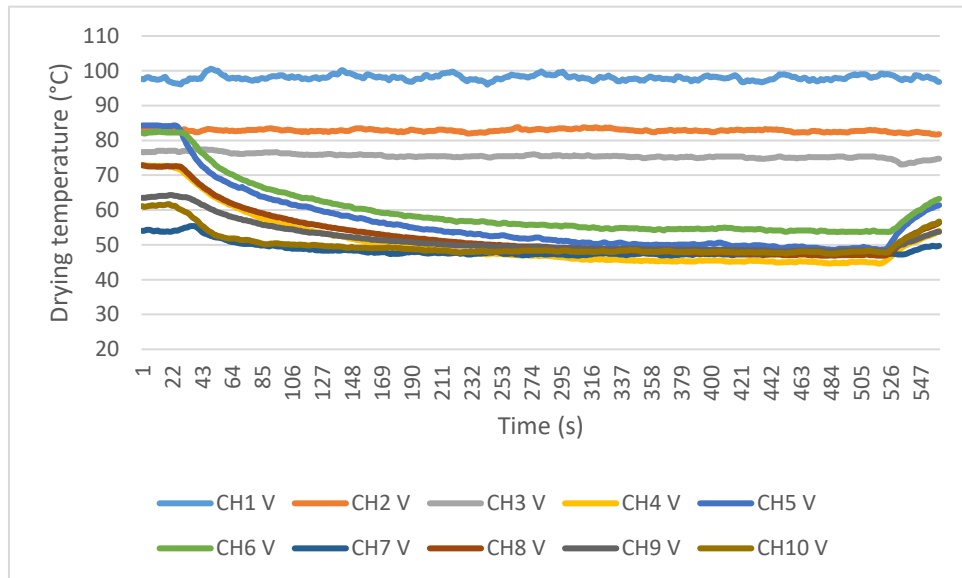
ภาพประกอบ ง.4 ผลการบันทึกอุณหภูมิขณะทดสอบเครื่องอบแห้งแบบมัลติฟีดสำหรับการอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ อุณหภูมิการอบ 80 °C ความเร็วลม 0.4 m³/s และความเร็วรอบของระยะยกห้องอบแห้ง 100 rpm



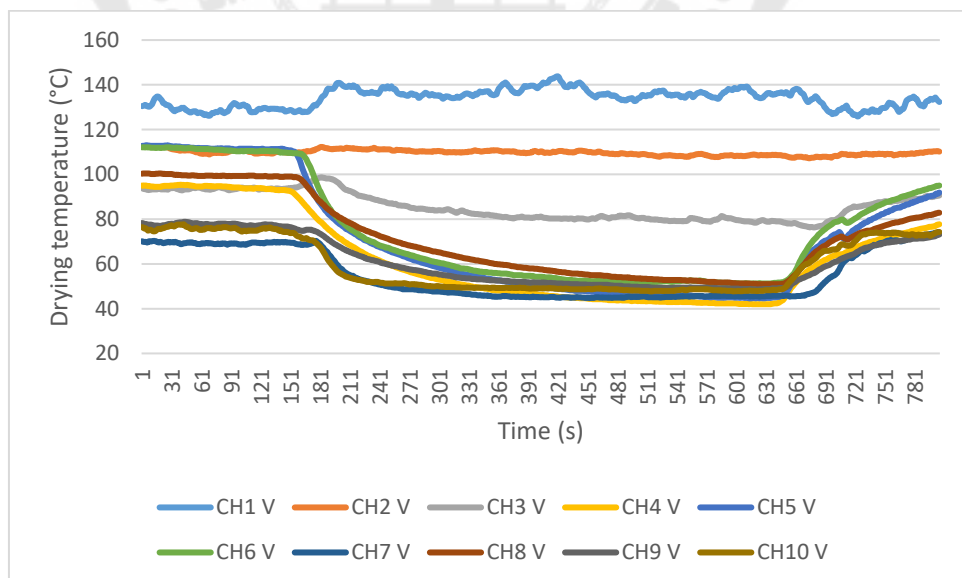
ภาพประกอบ ง.5 ผลการบันทึกอุณหภูมิขณะทดสอบเครื่องอบแห้งแบบมีสตีฟอลสำหรับการอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ อุณหภูมิการอบ 80 °C ความเร็วลม 0.2 m³/s และความเร็วรอบของระยะยกห้องอบแห้ง 120 rpm



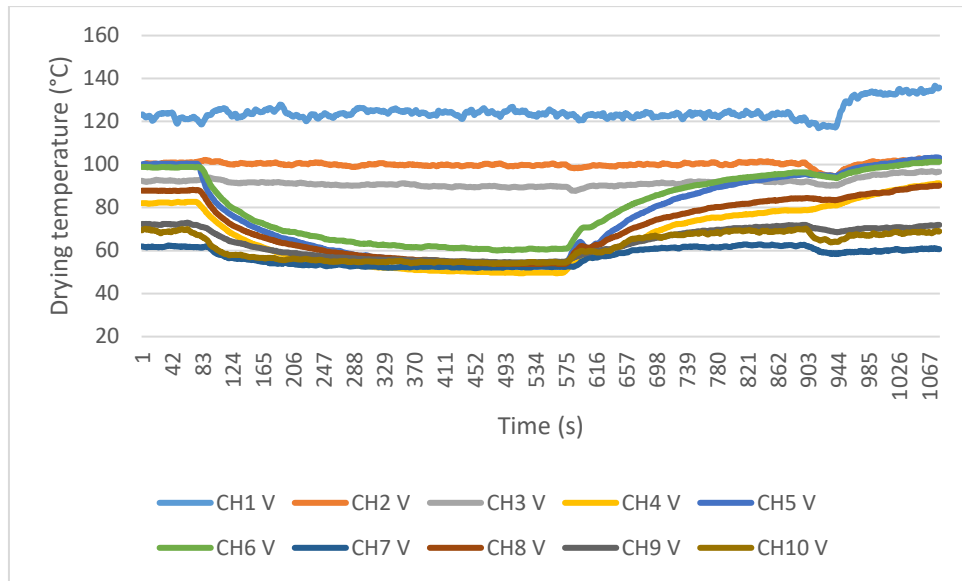
ภาพประกอบ ง.6 ผลการบันทึกอุณหภูมิขณะทดสอบเครื่องอบแห้งแบบมีสตีฟอลสำหรับการอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ อุณหภูมิการอบ 80 °C ความเร็วลม 0.3 m³/s และความเร็วรอบของระยะยกห้องอบแห้ง 120 rpm



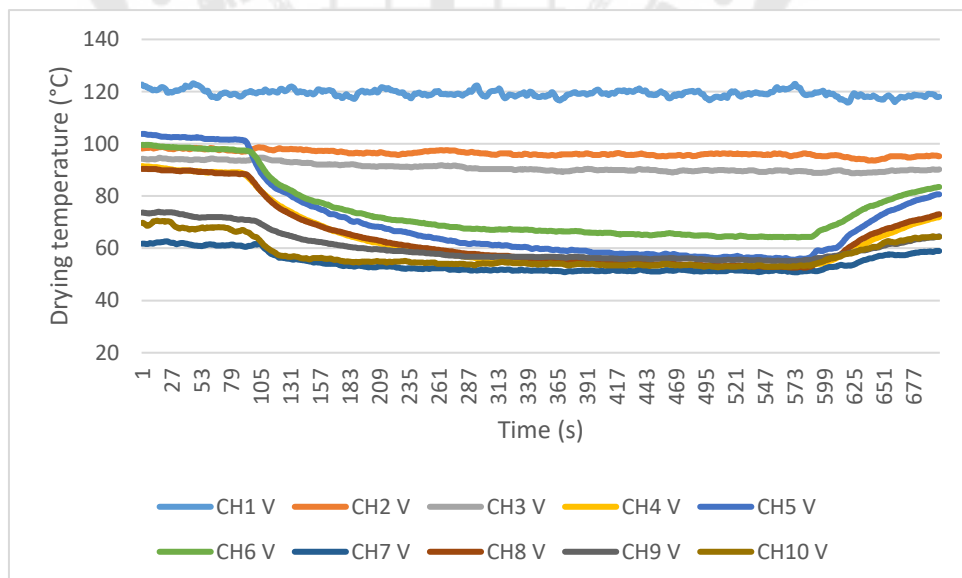
ภาพประกอบ ง.7 ผลการบันทึกอุณหภูมิขณะทดสอบเครื่องอบแห้งแบบมีสตีเฟิลสำหรับการอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ อุณหภูมิการอบ 80 °C ความเร็วลม 0.4 m³/s และความเร็วรอบของระยะยกห้องอบแห้ง 120 rpm



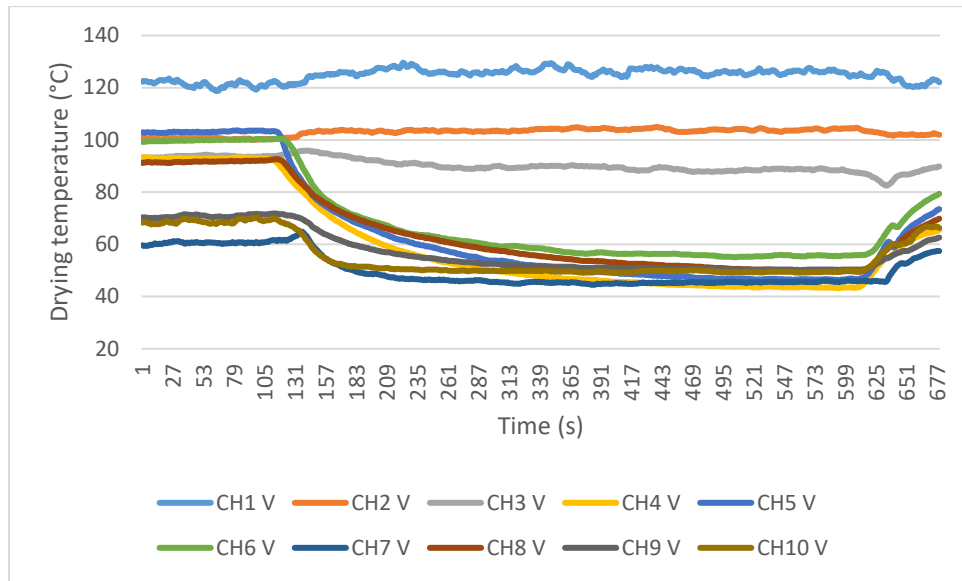
ภาพประกอบ ง.8 ผลการบันทึกอุณหภูมิขณะทดสอบเครื่องอบแห้งแบบมีสตีเฟิลสำหรับการอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ อุณหภูมิการอบ 100 °C ความเร็วลม 0.2 m³/s และความเร็วรอบของระยะยกห้องอบแห้ง 100 rpm



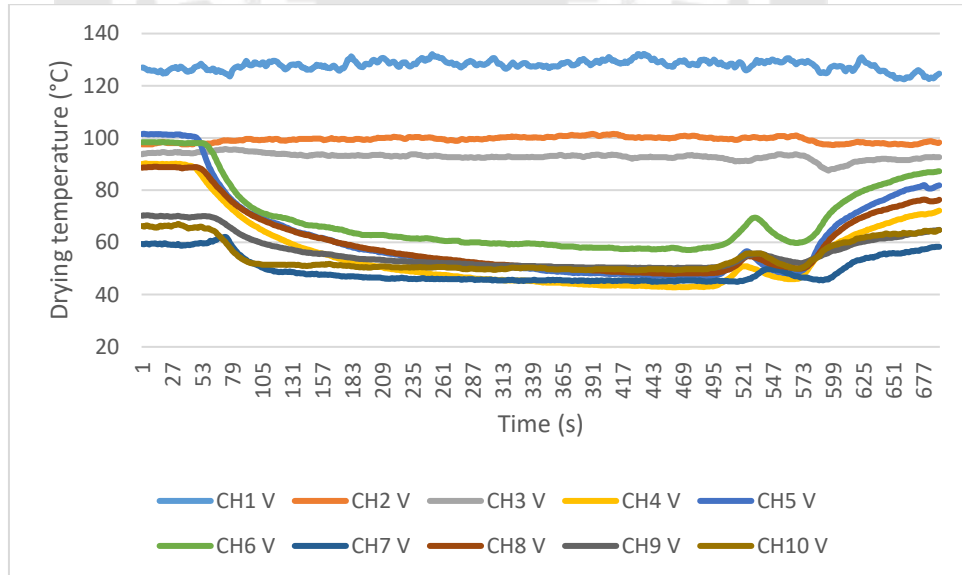
ภาพประกอบ ง.9 ผลการบันทึกอุณหภูมิขณะทดสอบเครื่องอบแห้งแบบมัลติโพลสำหรับการอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ อุณหภูมิการอบ 100 °C ความเร็วลม 0.3 m³/s และความเร็วรอบของ ระยะเวลาห้องอบแห้ง 100 rpm



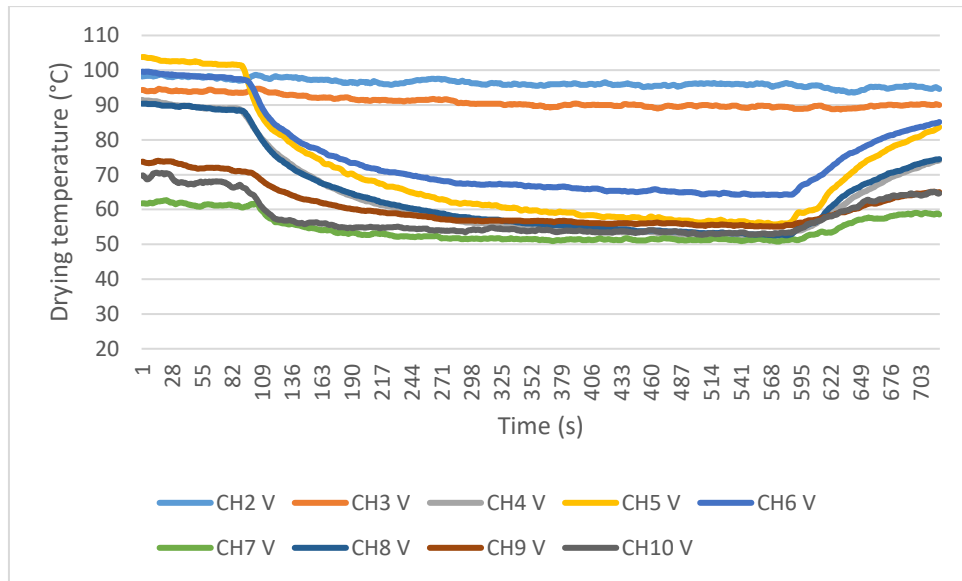
ภาพประกอบ ง.10 ผลการบันทึกอุณหภูมิขณะทดสอบเครื่องอบแห้งแบบมัลติโพลสำหรับการอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ อุณหภูมิการอบ 100 °C ความเร็วลม 0.4 m³/s และความเร็วรอบของ ระยะเวลาห้องอบแห้ง 100 rpm



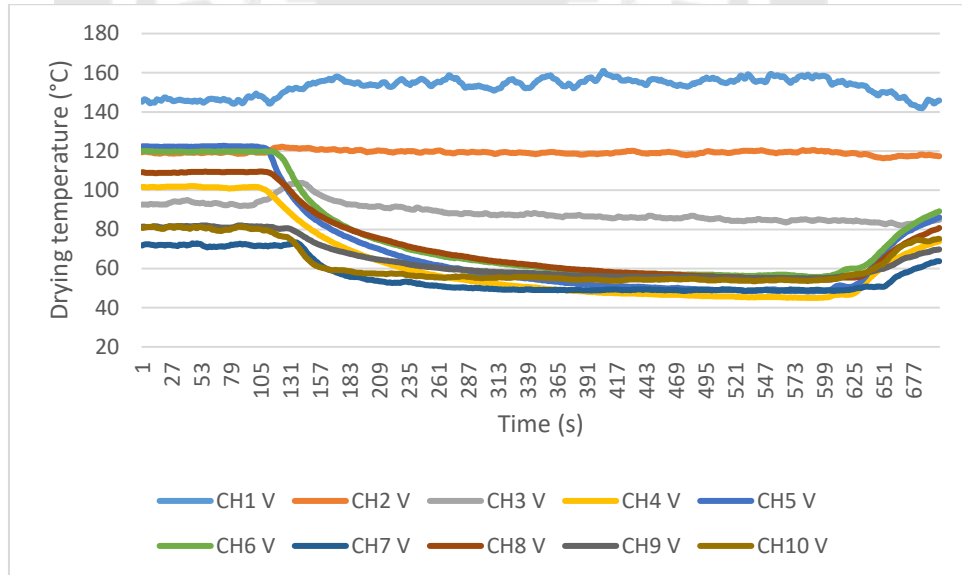
ภาพประกอบ ง.11 ผลการบันทึกอุณหภูมิขณะทดสอบเครื่องอบแห้งแบบมัสทิโพลสำหรับการอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ อุณหภูมิการอบ 100 °C ความเร็วลม 0.2 m³/s และความเร็วรอบของระยะยกห้องอบแห้ง 120 rpm



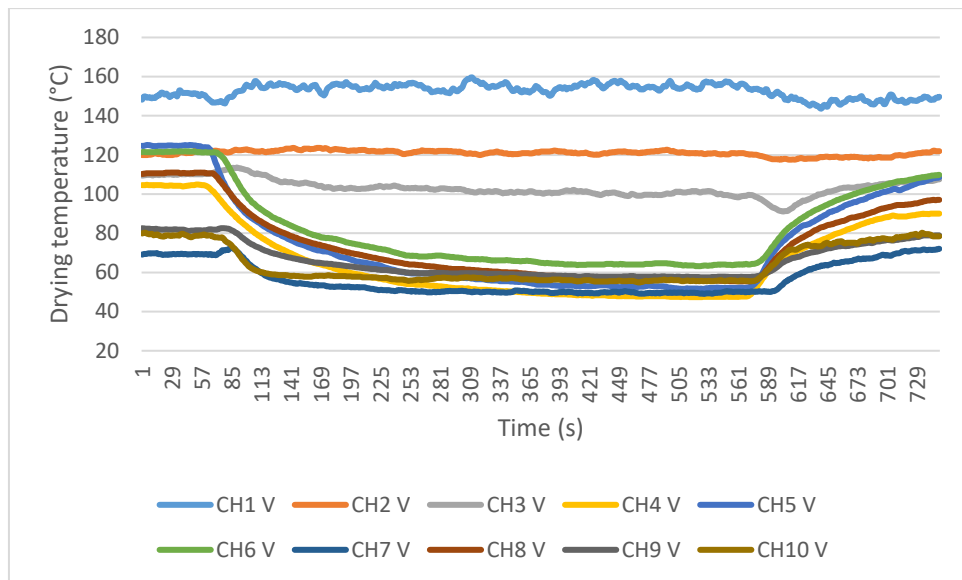
ภาพประกอบ ง.12 ผลการบันทึกอุณหภูมิขณะทดสอบเครื่องอบแห้งแบบมัสทิโพลสำหรับการอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ อุณหภูมิการอบ 100 °C ความเร็วลม 0.3 m³/s และความเร็วรอบของระยะยกห้องอบแห้ง 120 rpm



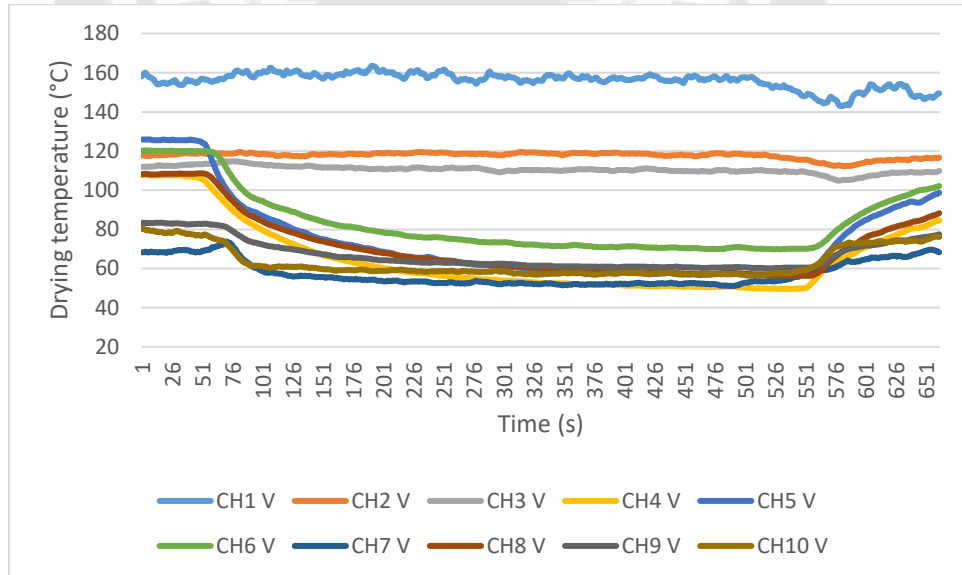
ภาพประกอบ ง.13 ผลการบันทึกอุณหภูมิขณะทดสอบเครื่องอบแห้งแบบมีสตีโฟลสำหรับการอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ อุณหภูมิการอบ 100 °C ความเร็วลม 0.4 m³/s และความเร็วรอบของระยะยกห้องอบแห้ง 120 rpm



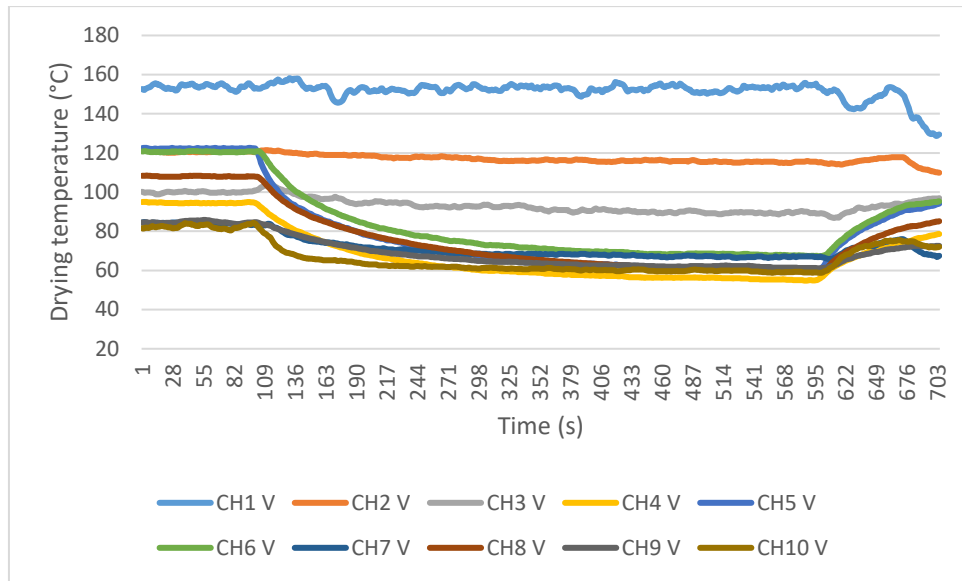
ภาพประกอบ ง.14 ผลการบันทึกอุณหภูมิขณะทดสอบเครื่องอบแห้งแบบมีสตีโฟลสำหรับการอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ อุณหภูมิการอบ 120 °C ความเร็วลม 0.2 m³/s และความเร็วรอบของระยะยกห้องอบแห้ง 100 rpm



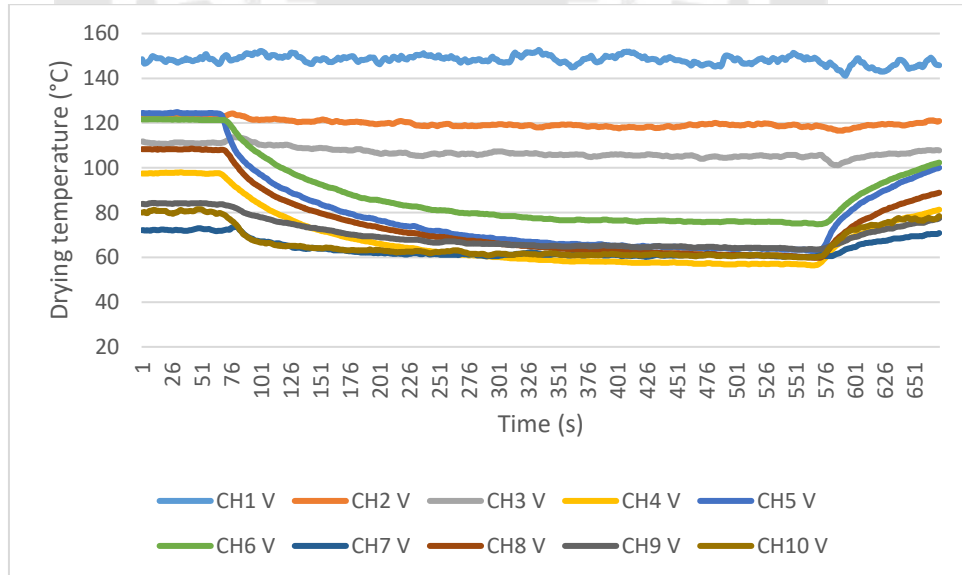
ภาพประกอบ ง.15 ผลการบันทึกอุณหภูมิขณะทดสอบเครื่องอบแห้งแบบมัลติโฟลสำหรับการอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ อุณหภูมิการอบ 120 °C ความเร็วลม 0.3 m³/s และความเร็วรอบของระยะยกห้องอบแห้ง 100 rpm



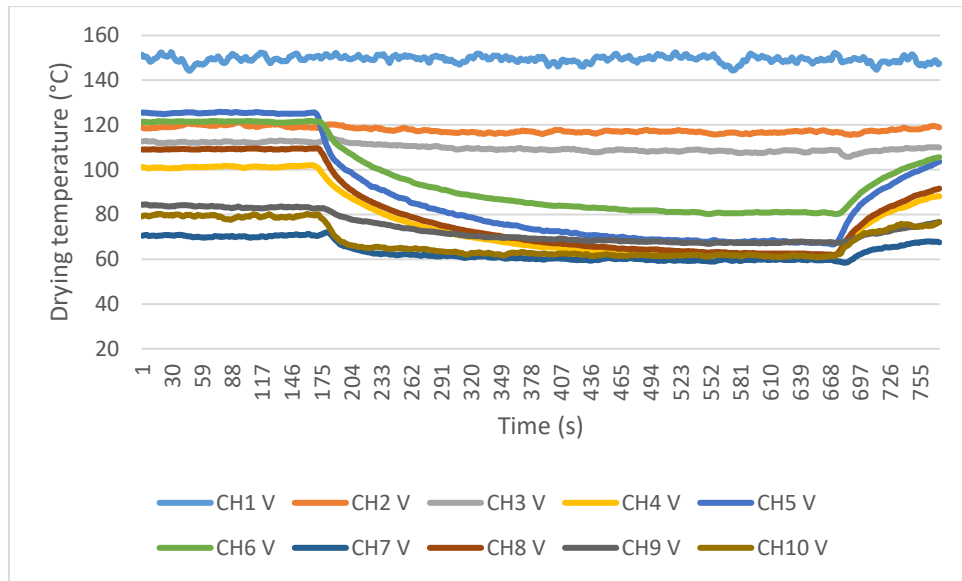
ภาพประกอบ ง.16 ผลการบันทึกอุณหภูมิขณะทดสอบเครื่องอบแห้งแบบมัลติโฟลสำหรับการอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ อุณหภูมิการอบ 120 °C ความเร็วลม 0.4 m³/s และความเร็วรอบของระยะยกห้องอบแห้ง 100 rpm



ภาพประกอบ ง.17 ผลการบันทึกอุณหภูมิขณะทดสอบเครื่องอบแห้งแบบมัสทิโพลสำหรับการอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ อุณหภูมิการอบ 120 °C ความเร็วลม 0.2 m³/s และความเร็วรอบของระยะยกห้องอบแห้ง 120 rpm



ภาพประกอบ ง.18 ผลการบันทึกอุณหภูมิขณะทดสอบเครื่องอบแห้งแบบมัสทิโพลสำหรับการอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ อุณหภูมิการอบ 120 °C ความเร็วลม 0.3 m³/s และความเร็วรอบของระยะยกห้องอบแห้ง 120 rpm



ภาพประกอบ ง.19 ผลการบันทึกอุณหภูมิขณะทดสอบเครื่องอบแห้งแบบมัสทไฟลสำหรับการอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ อุณหภูมิการอบ 120 °C ความเร็วลม 0.4 m³/s และความเร็วรอบของระยะยกห้องอบแห้ง 120 rpm

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ภุณย์ ปาลคะเชนทร์
วัน เดือน ปี เกิด	10 มิถุนายน 2535
สถานที่เกิด	สุราษฎร์ธานี
วุฒิการศึกษา	2558 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ที่อยู่ปัจจุบัน	167 หมู่ที่ 7 ตำบลต้นยวน อำเภอพนม จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84250

