การออกแบบกระบวนการผลิตกล้วยผง
Design of Banana Powder Manufacturing Process

นาย สุกฤษฎิ์ เจริญไทย

Sukrit Charoenthai

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Minor Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of

Master of Engineering in Industrial Management

Prince of Songkla University

2562

ชื่อสารนิพนธ์ การออกแบบกระบวนการผลิตกล้วยผง

ผู้เขียน นายสุกฤษฎิ์ เจริญไทย

สาขาวิชา การจัดการอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

.....

(รองศาสตราจารย์วนิดา รัตนมณี)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์.ดร.รัญชนา สินธวาลัย)

.....กรรมการ

(ดร.สุริยา จิรสถิตสิน)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์วนิดา รัตนมณี)

.....

(รองศาสตราจารย์สมชาย ชูโฉม)

ประธานกรรมการคณะบริหารหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม

ชื่อสารนิพนธ์ การออกแบบกระบวนการผลิตกล้วยผง

ผู้เขียน นายสุกฤษฎิ์ เจริญไทย

สาขาวิชา การจัดการอุตสาหกรรม

ปีการศึกษา 2561

บทคัดย่อ

สารนิพนธ์นี้เป็นการวิจัยการออกแบบกระบวนการผลิตกล้วยผง โดยทำการแปรรูปจากกล้วยน้ำว้าดิบ ซึ่งถือว่าเป็นการนำกล้วยน้ำว้า หนึ่งในพืชผลทางการเกษตร ที่มีการปลูกกันมากในประเทศ แต่มีราคาต่ำ นำมาเพิ่มมูลค่าให้มีมูลค่าสูงขึ้น ผู้วิจัยต้องการเพิ่มมูลค่าของกล้วยน้ำว้าให้มีมูลค่าสูงขึ้น ราคากล้วยน้ำว้ากิโลกรัมละ 12 บาท เมื่อแปรรูปเป็นกล้วยผงแล้วจะขายได้กิโลกรัมละ 800 บาท ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบโรงงานผลิตกล้วยผงที่สามารถแปรรูปกล้วยน้ำว้าดิบได้วันละ 80 หวี และทำการออกแบบเครื่องหั่น ตู้อบ เครื่องบดเพื่อใช้แปรรูปกล้วยน้ำว้าดิบโดยมีราคาต้นทุนต่ำกว่าท้องตลาด ผู้วิจัยทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลของกล้วยน้ำว้า กระบวนการแปรรูปกล้วยผง สภาพแวดล้อมในด้านต่างๆ ของฟาร์มที่ทำการวิจัย แล้วจึงนำข้อมูลมาออกแบบกระบวนการแปรรูป ออกแบบและสร้างรวมถึงจัดหาเครื่องจักรที่จะใช้ เครื่องจักรที่สร้างคือเครื่องหั่น สามารถหั่นกล้วยได้ 117 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตู้อบลมร้อน สามารถทำการอบกล้วยน้ำว้าดิบหั่น 80 กิโลกรัมต่อการอบหนึ่งครั้ง โดยทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบ 7 ชั่วโมง และจัดหาเครื่องบด สามารถบดกล้วยอบแห้งได้ 61.6 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ออกแบบผังกระบวนการทำงานให้สอดคล้องกับการทำงาน กระบวนการผลิตกล้วยผงเมื่อทำการแปรรูปกล้วยน้ำว้าดิบ 80 หวีจะได้เนื้อกล้วยน้ำว้าประมาณ 80 กิโลกรัม และเมื่อทำการอบแห้งและบดจะเหลือประมาณ 27 กิโลกรัม ผลจากการวิจัยนี้ สามารถออกแบบกระบวนการผลิตกล้วยผงได้ และกล้วยผงมีคุณภาพตามที่ต้องการ

Minor Thesis Title Design of Banana powder Manufacturing process

Author Mr. Sukrit Charoenthai

Major Program Industrial Management

Academic Year 2018

ABSTRACT

This Minor thesis is research about Design of Banana powder Manufacturing process. The choosen banana type is cultivated banana cause of widespreadation of growing and high gap of commercial value increasing (Low capital cost and High sale price). We set cost target to increase commercial value from 12 baht per kilogram of raw fruit bananas to be 800 baht per kilogram of transformed product as Powder banana. This research is include Powder banana production designing platform which production capacity is 80 clusters per one day and detail of Slice machine, Hot air oven and grinder machine which cost is lower than market price. We researched any information of Cultivated banana raw fruit characteristic, raw fruit powder transformation process, Farm Environment detail. Then, we planed and designed for transformation process and machine 3 parts as below. Slice machine (Self-producing) Production capacity is 117 kilogram per hour , Hot air oven (Self-producing) Production capacity is 80 Kilogram per 1 time and oven at 70 celsius by 7 hour. Grinder machine (Outsource-supply) Production capacity is 61.6 kilogram per hour. At the last, This Powder banana transformation process can transform raw fruit banana 80 clusters, around 80 kilogram, to be powder 27 kilogram. Results from this research can design banana powder production process and powder banana have the desired quality.

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์นี้สำเร็จไปได้ด้วยดี ผู้เขียนรู้สึกขอบคุณผู้เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้เป็นอย่างยิ่ง

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์วนิดา รัตนมณี ที่ค่อยชี้แนะแนวทางการวิจัย ทั้งยังคอยช่วยเหลือในงานวิจัยมาตลอดตั้งแต่ต้น ผู้เขียนได้รับคำแนะนำในหลายๆอย่างที่สามารถนำไปต่อยอดการทำงานได้ และขอขอบคุณอาจารย์สุริยา จิรสถิตสิน ที่ร่วมในงานวิจัยของผู้เขียน

พี่สิริชัย บัวมาก ที่ปรึกษา แนะนำแนวคิดที่ดี และช่วยเหลือผู้เขียนมาตลอดการทำงานวิจัยชิ้นนี้ ตั้งแต่ไปดูฟาร์มที่จะทำงานวิจัย จนให้คำแนะนำการเขียนรายงาน

คุณศุภมาส บุญชัด เจ้าของฟาร์มซาไกที่ผู้เขียนทำการวิจัย ให้ข้อมูลที่ดี เสนอแนวคิด รวมออกแบบเครื่องจักรให้เหมาะสม และการต้อนรับที่ดีทุกครั้งที่ไปพบ

แม่ ภรรยาและลูกชาย สนับสนุนการตัดสินใจ ให้กำลังใจ ผลักดันให้สามารถดำเนินงานวิจัยจนแล้วเสร็จ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
ABSTRACT	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
สารบัญตาราง	(8)
สารบัญรูปภาพ	(9)
ตัวย่อและสัญลักษณ์	(12)
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	4
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.4 ขอบเขต	4
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	4
บทที่ 2 งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.2 ทฤษฎีและหลักการ	8
บทที่ 3 ข้อมูลเบื้องต้นและการออกแบบ	
3.1 ข้อมูลเบื้องต้น	29
3.2 การออกแบบขั้นตอนการผลิตและกำหนดทรัพยากร	31
3.3 การออกแบบเครื่องจักร	34
3.4 การออกแบบผังการทำงาน และการไหลวัสดุที่เหมาะสม	45
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลด้านเศรษฐศาสตร์	46
บทที่ 4 การสร้างและทดลองเครื่องจักร	
4.1 การสร้างเครื่องจักร	49
4.2 การวิเคราะห์ผลการใช้งานเครื่องจักร	75
4.3 การจัดวางผังกระบวนการทำงานและการไหลวัสดุ	82
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย	84
5.2 ข้อเสนอแนะ	85
บรรณานุกรม	86

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก แบบ Drawing เครื่องหั่นกล้วย 88
ภาคผนวก ข แบบ Drawing ตู้อบลมร้อน 94
ภาคผนวก ค แบบ Drawing เครื่องบดโรเตอร์ 100
ภาคผนวก ง ตารางค่าใช้จ่ายการสร้าง/จัดหา/ติดตั้งเครื่องจักร 107
ภาคผนวก จ รายละเอียดการทดสอบการใช้งานเครื่องหั่นกล้วย 111

ประวัติผู้เขียน 113

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	ผลผลิตและจำหน่ายตามแต่ละชนิดของผลไม้ของฟาร์มซาไก	3
3.1	ทรัพยากรที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนการผลิตกล้วยผง	34
4.1	รายละเอียดเครื่องหั่นกล้วย	52
4.2	รายละเอียดตู้อบลมร้อน	53
4.3	รายละเอียดของเครื่องบดผง	71
4.4	สรุปผลการทดสอบการใช้งานเครื่องหั่นกล้วย	75
4.5	เวลาการหั่นกล้วยของเครื่องหั่นใน 1 นาที	76
4.6	สถานีงานและรายละเอียดงานย่อย	82
ง.1	รายการค่าใช้จ่ายเครื่องหั่นกล้วย	108
ง.2	รายการค่าใช้จ่ายเครื่องบด	109
ง.3	รายการค่าใช้จ่ายตู้อบลมร้อน	110
จ.1	รายละเอียดการทดสอบการใช้งานเครื่องหั่นกล้วย	112

สารบัญรูปภาพ

รูปที่		หน้า
1.1	สัดส่วนพื้นที่การเพาะปลูกพืชของซาไกฟาร์ม	3
2.1	ขั้นตอนการแปรรูปกล้วยผง	9
2.2	เครื่องหมายของงานและความร้อน	15
2.3	เครื่องสไลด์เนื้อแบบมือ	19
2.4	เครื่องหั่นผลไม้และสมุนไพรแบบแนวตั้ง	19
2.5	เครื่องหั่นเนื้อ	20
2.6	ตู้อบลมร้อนแบบใช้แก๊ส	21
2.7	ตู้อบลมร้อนแบบใช้ไฟฟ้า	22
2.8	ตู้อบลมร้อนใช้พลังงานแสงอาทิตย์	22
3.1	ขนาดพื้นที่ที่ถูกจัดสรรในการสร้างโรงงานผลิตกล้วยผง	30
3.2	การดำเนินงานลงสำรวจพื้นที่จริงในการสร้างโรงงาน	30
3.3	ลักษณะกล้วยปอกเปลือกโดยการต้มและแช่น้ำเย็น	32
3.4	ลักษณะกล้วยปอกเปลือกโดยการไม่ต้มและแช่น้ำเย็น	32
3.5	กล้วยที่ทำการหั่นแล้วจัดเก็บลงถาดพักก่อนจะคลุมแผ่นพลาสติก	33
3.6	เปรียบเทียบลักษณะชิ้นกล้วยหั่นยาว และขวาง อบแห้ง	35
3.7	แบบ (Drawing) ชุดแกนใบมีดเครื่องหั่นกล้วย	35
3.8	แบบ (Drawing) ชุดใบมีดประกอบสำเร็จ	36
3.9	แบบ (Drawing) เครื่องหั่นกล้วย	37
3.10	แบบ (Drawing) ชั้นวางถาดอบ	38
3.11	แบบ (Drawing) ชุดใบพัดทิศทางลมและคอยด์ฮีตตเตอร์	38
3.12	แบบ (Drawing) ตู้อบลมร้อนให้ความร้อน	39
3.13	แบบ (Drawing) ชุดใบมีดวิ่งเครื่องบด	43
3.14	แบบ (Drawing) ชุดมีดนิ่งและแผ่นกรอง	44
3.15	แบบ (Drawing) แบบเครื่องบดผงโรเตอร์	45
4.1	โครงสร้างเครื่องหั่น	49
4.2	ชุดใบมีดหั่น	50
4.3	ประกอบชุดใบมีดและมอเตอร์เกียร์เข้ากับโครงสร้าง	50
4.4	เครื่องหั่นประกอบเสร็จ	51
4.5	ชุดสวิตซ์ควบคุมการทำงาน	51
4.6	อุปกรณ์สวิตซ์ตัดต่อวงจรไฟฟ้า (Magnetic Contactor)	52
4.7	เครื่องหั่นกล้วย (ภาพรวม)	53
4.8	แผนควบคุมเครื่องหั่นกล้วย	53
4.9	ช่องใส่กล้วยเครื่องหั่นกล้วย	54

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.10	ฝาครอบชั้นบนเครื่องหั่นกล้วย	54
4.11	ฝาครอบชั้นล่างเครื่องหั่นกล้วย	55
4.12	ชุดใบมีดหั่นกล้วย เครื่องหั่นกล้วย	55
4.13	โครงสร้างและผนังด้านในตู้อบ	56
4.14	โครงประตูตู้อบ	56
4.15	การหุ้มฉนวนใยแก้วรอบตู้อบ	57
4.16	โครงชั้นวางถาดอบ	57
4.17	ถาดอบแบบลวดตะแกรง	58
4.18	ชุดมอเตอร์เกียร์และแกนเพลาขับชั้นวางถาดในตู้อบ	59
4.19	ชุดฮีตเตอร์และใบพัดปรับทิศทางลม	59
4.20	ตู้อบลมร้อน (ภาพรวม)	60
4.21	แผงควบคุมการทำงาน ตู้อบลมร้อน	61
4.22	แผงควบคุมการทำงานระบบไฟฟ้า ตู้อบลมร้อน	62
4.23	ด้านหน้าตู้อบลมร้อน	62
4.24	ถาดวางกล้วย ตู้อบลมร้อน	63
4.25	มอเตอร์เกียร์ด้านบนตู้อบลมร้อน	63
4.26	แกนมอเตอร์ ตู้อบลมร้อน	64
4.27	ลูกล้อรับน้ำหนัก ตู้อบลมร้อน	64
4.28	ชุดกำเนิดพลังงานความร้อน ตู้อบลมร้อน	65
4.29	ใบพัดปรับทิศทางลม ตู้อบลมร้อน	65
4.30	ตะแกรงกันเศษชิ้นกล้วย ตู้อบลมร้อน	66
4.31	พัดลมดูดและเป่าลม ส่วนด้านนอกตู้อบลมร้อน	66
4.32	ช่องระบายไอลม ตู้อบลมร้อน	67
4.33	ช่องระบายน้ำด้านล่างตู้อบลมร้อน	67
4.34	ด้านนอกของตู้อบลมร้อน	68
4.35	อุปกรณ์ไฟฟ้าเพิ่มเติมของเครื่องบด	69
4.36	มอเตอร์ที่ติดตั้งมากับเครื่องบด	70
4.37	มอเตอร์ที่ได้เปลี่ยนใหม่	70
4.38	เครื่องบดแบบ cutter	71
4.39	ช่องรับชิ้นกล้วย เครื่องบด	72
4.40	ภายในห้องบด เครื่องบด	72
4.41	ชุดใบมีดตั้งตั้ง เครื่องบด	73

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.42	แผงควบคุมการทำงานเครื่องบด	73
4.43	มอเตอร์เครื่องบด	74
4.44	แผงระบบควบคุมไฟฟ้าเครื่องบด	74
4.45	ทดสอบการใช้งานเครื่องหั่นกล้วย	75
4.46	ขนาดชิ้นกล้วยที่ได้จากการหั่นของเครื่องหั่นกล้วย	76
4.47	พื้นภายในตู้อบเป็นรอยจากการขูดของล้อ	77
4.48	ล้อของชั้นวางถาด ชุดล้อลูกปืนคู่	78
4.49	ลักษณะชิ้นกล้วยหลังผ่านการอบ 1	78
4.50	ลักษณะชิ้นกล้วยหลังผ่านการอบ 2	79
4.51	กล้วยที่จัดเรียงใส่ถาด	79
4.52	การทดสอบการใช้งานเครื่องบด	80
4.53	ผงกล้วยบดสำเร็จรูป	81
4.54	ชิ้นกล้วยติดช่องป้อนเครื่องบด	81
4.55	สายการผลิตกล้วยผง	82

ตัวย่อและสัญลักษณ์

^{o}C	=	องศาเซลเซียส
kJ	=	กิโลจูล
kN	=	กิโลนิวตัน
Q_{12} หรือ Q	=	ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทขณะเกิดกระบวนการจากสภาวะที่ 1 ไปสู่สภาวะที่ 2
q	=	ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทต่อหน่วยมวล
s	=	วินาที
kW	=	กิโลวัตต์
Q_{in}	=	ความร้อนที่ถ่ายเทสู่ระบบ
Q_{out}	=	ความร้อนที่ถ่ายเทออกจากระบบ
W_{in}	=	งานที่เข้าระบบ
W_{out}	=	งานที่ได้ออกจากระบบ
kg	=	กิโลกรัม
^{o}K	=	องศาเคลวิน
m	=	เมตร
Pa	=	พาสคาล
cm	=	เซนติเมตร
hr	=	ชั่วโมง
HP	=	แรงม้า

บทที่ 1

บทนำ

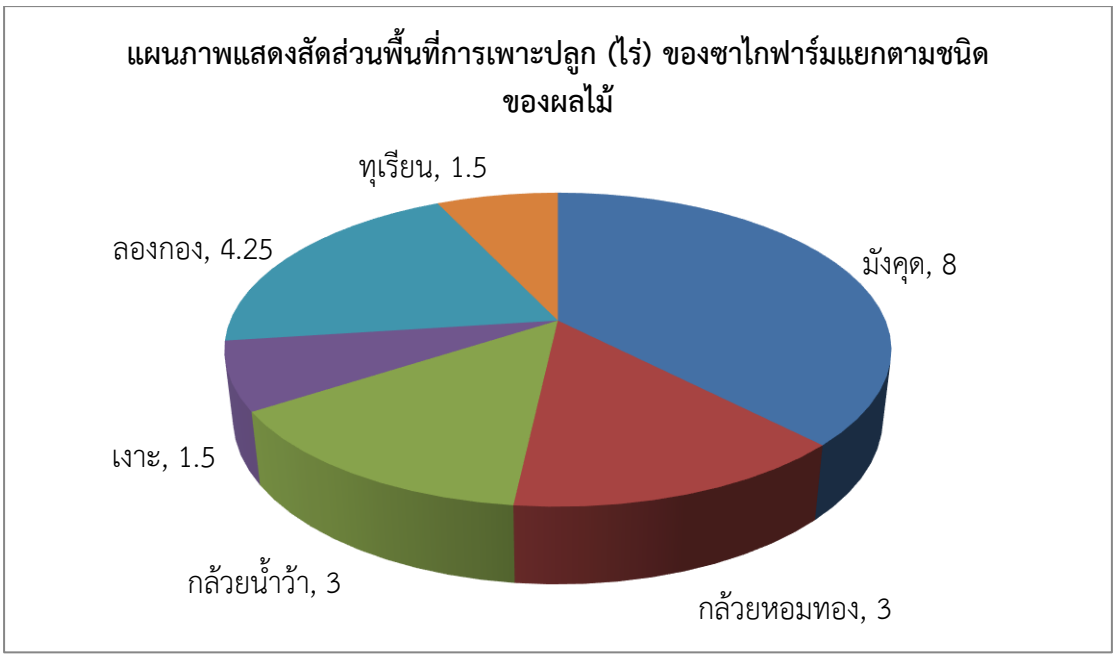
1.1 ที่มาของปัญหา

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีผลผลิตทางการเกษตรมากมาย สามารถสร้างรายได้ให้แก่ประเทศชาติในแต่ละปีเป็นมูลค่าที่สูง ทั้งจากการจำหน่ายภายในประเทศ และส่งออกไปจำหน่ายในต่างประเทศ กล้วยจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ เนื่องจากมีการใช้ประโยชน์จากส่วนต่างๆของกล้วยในปริมาณมาก อาทิ การรับประทานผล การใช้ประโยชน์จากใบตอง และลำต้น มีการเพาะปลูกและบริโภคกล้วยมาอย่างยาวนานในประเทศไทย สามารถหารับประทานได้ทั่วทั้งประเทศ ในการเพาะปลูกกล้วยสามารถทำได้ง่าย จึงทำให้มีการปลูกกันอย่างแพร่หลาย ผลผลิตกล้วยสดจึงมีปริมาณที่มากในตลาด ปริมาณการผลิตภายในประเทศปี 2559 แยกตามประเภทของกล้วย พบว่า ประเทศไทยมีการปลูกกล้วยประเภท กล้วยหอมจำนวน 117,427 ตัน กล้วยไข่จำนวน 129,658 ตัน และกล้วยน้ำว้าจำนวน 918,539.97 ตัน (ศูนย์ปฏิบัติการเศรษฐกิจการเกษตร , 2560) กล้วยมีอายุค่อนข้างสั้นเมื่อทำการเก็บเกี่ยวแล้ว จะอยู่ได้ไม่นาน จะต้องทำการจำหน่ายให้รวดเร็วหลังจากที่ทำการเก็บเกี่ยวแล้ว ส่งผลให้ตลาดที่จะทำการจัดจำหน่ายได้เพียงภายในประเทศ หรือต่างประเทศก็จะไม่สามารถไปได้ไกล ส่งผลให้ราคาของกล้วยราคาค่อนข้างต่ำ เมื่อเทียบกับผลไม้ชนิดอื่น จึงเกิดแนวคิดที่จะแปรรูปกล้วยสด เพื่อเพิ่มมูลค่าของผลผลิตจะได้แก้ปัญหาช่วงสินค้าล้นตลาด และทำการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์แปรรูปจากกล้วยไปได้ไกลในต่างประเทศ

ปัจจุบันการแปรรูปกล้วยเพื่อถนอมอาหารมีในหลายรูปแบบ เช่น การแปรรูปโดยการตากแห้ง เชื่อม ทอดกรอบ อบกรอบ หรือกวน เพิ่มมูลค่าของการแปรรูปด้วยการเพิ่มรสชาติต่างๆเข้ามา และการออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่แปลกใหม่ แต่ก็มีคู่แข่งที่มาก จึงต้องทำการแปรรูปในรูปแบบใหม่ๆ เพื่อให้เกิดความแตกต่าง สร้างมูลค่าเพิ่มขึ้นกระแสความสนใจในการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพโดยเฉพาะอย่างยิ่งอาหารกลุ่มเกษตรแปรรูป เริ่มมีการขยายตัวมากขึ้น และในขณะเดียวกันจะต้องตอบรับกับความสะดวกรวดเร็วในการบริโภค ซึ่งสอดคล้องกับแนวโน้มที่ประชากรไทยหันมารับประทานกล้วยประเภทต่างๆ ในลักษณะต่างๆ มากขึ้น เพราะสรรพคุณของกล้วยมีอยู่มากมาย เช่น ลดไขมันในเส้นเลือด รักษาโรคกระเพาะเพราะมีสารเทนนินช่วยในการเคลือบกระเพาะและลำไส้ บรรเทาอาการกรดไหลย้อน เป็นต้น รวมถึงกล้วยมีราคาค่อนข้างถูก หารับประทานได้ง่าย

ผลไม้ในประเทศไทยมีความหลากหลาย และปริมาณที่มาก สามารถบริโภคและส่งออกไปยังต่างประเทศ สร้างรายได้ให้เกษตรกรผู้ปลูกเป็นอย่างมาก แต่ก็มีปัญหาที่ตามมาเพราะผลไม้ในประเทศ ผลผลิตส่วนใหญ่จะออกเป็นฤดูกาล ออกมาสู่ตลาดในเวลาพร้อม ๆ กัน ปริมาณของผลไม้ที่เกินกว่าความต้องการของตลาด ทำให้ราคาของผลไม้ต่ำกว่าที่ควรจะเป็น สร้างปัญหาให้แก่เกษตรกรผู้ปลูก ไม่สามารถเก็บผลไม้ไว้เพื่อรอจำหน่าย เพราะผลไม้อายุสั้น ไม่สามารถเก็บไว้ได้นาน จะต้องรีบทำการขนส่งไปยังผู้บริโภคให้เร็วที่สุด และยังไม่รวมระยะเวลาที่สินค้าอยู่ที่ผู้ขาย แนวคิดที่จะแปรรูปผลไม้ จึงเป็นสิ่งที่เหมาะที่จะนำมาแก้ปัญหา เกษตรกรเมื่อหันมาแปรรูปผลไม้ที่มีอยู่เพื่อเพิ่มมูลค่าของผลไม้ ก็จะทำกันในรูปแบบครัวเรือน ปริมาณผลผลิตจึงไม่ได้มากมายนัก เนื่องมาจากแรงงานที่มาจากการรวมกลุ่มกันมาทำมีจำกัด และเครื่องมือที่ใช้ก็จะยังไม่ได้มีความเฉพาะสำหรับการผลิต เมื่อเกษตรกรต้องการทำการผลิตในปริมาณมาก จึงอาจจะต้องใช้เวลา และกำลังคน การออกแบบเครื่องจักรที่เฉพาะกับการเตรียมผลผลิตสำหรับแปรรูปจะเหมาะสมที่สุด แต่ด้วยความต้องการในกลุ่มบริโภคที่มากขึ้นและหลากหลาย จึงมีการพัฒนาการแปรรูปกล้วยในลักษณะต่างๆ มากขึ้น เพื่อตอบสนองความต้องการด้านต่างๆ ได้ดีขึ้น เช่น ยืดอายุการเก็บรักษามากขึ้น การสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับกล้วย โดยหนึ่งในนั้นคือแนวคิดที่จะแปรรูปกล้วยให้เป็นผงแป้ง วิธีนำไปบริโภคสามารถนำผงแป้งนี้ไปประยุกต์บริโภคในหลายๆวิธี ทั้งการบริโภคโดยตรง สามารถนำมาชงกับน้ำร้อนทาน หรือเป็นส่วนผสมของอาหาร ขนม รวมทั้งผลิตภัณฑ์กลุ่มเครื่องสำอาง ซึ่งสำหรับกล้วยผงมีกระแสตอบรับและความนิยมเพิ่มสูงขึ้น ได้รับความสนใจจากกลุ่มลูกค้าสถานพยาบาล และผู้บริโภคสินค้าเพื่อสุขภาพ มุ่งเน้นบริโภคเป็นอาหารเสริมสำหรับผู้ที่มีอาการทางระบบทางเดินอาหาร แต่กล้วยผงยังมีผู้แปรรูปผลิตภัณฑ์นี้อยู่น้อย และในปริมาณที่ไม่มากเป็นเพียงการแปรรูปในครัวเรือน

ผู้วิจัยได้เริ่มศึกษาจากกรณีศึกษา ซาไกฟาร์ม (SAKAI FARM) ก่อตั้งในปลายปีพ.ศ. 2558 ดำเนินธุรกิจด้านเกษตรกรรม พืชผลทางการเกษตร ตั้งแต่การเพาะปลูก การเก็บเกี่ยวผลผลิต และการจัดวางจำหน่าย โดยพื้นที่ในการเพาะปลูกและดำเนินกิจการตั้งอยู่ที่ ตำบลนาโยงเหนือ อำเภอนาโยง จังหวัดตรัง พืชผลทางการเกษตรที่ทำการเพาะปลูกเป็นผลไม้ตามฤดูกาล มีเนื้อที่รวมกว่า 20 ไร่ โดยขนาดของพื้นที่เพาะปลูกแบ่งตามชนิดของผลไม้ แสดงดังรูปที่ 1 โดยบริษัทมีเนื้อที่ในการเพาะปลูกมังคุดมากที่สุด คือ 8 ไร่ รองลงมา เป็นกล้วย และลองกอง ทุเรียน และเงาะ ตามลำดับ ซึ่งในทุกแปลงเพาะจะเป็นการปลูกแบบออร์แกนิค และได้รับรองมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (Good Agricultural Practice : GAP) ผลผลิตทางเกษตรในแต่ละชนิดผลไม้ส่วนใหญ่จะจัดจำหน่ายในรูปแบบผลไม้สด ส่งจำหน่ายต่อไปยังกลุ่มลูกค้าต่างๆ ทั้งในกลุ่มพ่อค้าตลาด ร้านค้าส่ง ห้างสรรพสินค้า ในจังหวัดและพื้นที่โดยรอบ รวมทั้งกลุ่มลูกค้าสถานพยาบาล ได้แก่ โรงพยาบาลตรัง โรงพยาบาลนาโยง อีกด้วย



รูปที่ 1.1 สัดส่วนพื้นที่การเพาะปลูกพืชของซาไกฟาร์ม

จากสัดส่วนพื้นที่ในการเพาะปลูกของซาไกฟาร์ม สรุปปริมาณผลผลิตทางเกษตรแยกตามชนิดของผลไม้ แสดงดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ผลผลิตและจำหน่ายตามแต่ละชนิดของผลไม้ของฟาร์มซาไก

ชนิดของผลไม้	ผลผลิตและจำหน่ายต่อปี (กิโลกรัมต่อปี)	ช่วงเดือนผลิต
กล้วยน้ำว้า	15,000	ตลอดทั้งปี
กล้วยหอมทอง	9,000	ตลอดทั้งปี
มังคุด	7,500	สิงหาคมถึงตุลาคม
ลองกอง	3,000	สิงหาคมถึงตุลาคม
เงาะ	1,000	สิงหาคมถึงตุลาคม
ทุเรียน	250	สิงหาคมถึงตุลาคม

จากตารางที่ 1.1 ข้อมูลผลผลิตและจำหน่ายของแต่ละชนิดของผลไม้ในซาไก ฟาร์ม พบว่า ปริมาณผลผลิตของกล้วยน้ำว้าต่อปีเท่ากับ 10,000 หวีต่อปี หรือประมาณ 15,000 กิโลกรัมต่อปี ซึ่งเป็นปริมาณมากกว่าปริมาณผลผลิตของผลไม้ชนิดอื่นๆ อย่างไรก็ดี เมื่อพิจารณาราคาต่อหน่วยของกล้วยน้ำว้ามีราคาค่อนข้างต่ำ อีกทั้งในปัจจุบันพบว่า ฟาร์มไม่สามารถจัดจำหน่ายกล้วยน้ำว้า ได้ทันตามระยะการเก็บเกี่ยวผลผลิต ทำให้มีปริมาณกล้วยน้ำว้าคงค้างส่งจำหน่ายไม่ทันไม่ได้มาตรฐาน ส่งผลกระทบทำให้จำหน่ายได้ราคาที่ต่ำกว่าราคากลาง โดยราคาตลาดของกล้วยน้ำว้าคือ 14 บาทต่อ

กิโลกรัม (ข้อมูลราคากลางปี 2560 ของพื้นที่ปลูกในภาคใต้จากศูนย์ปฏิบัติการเศรษฐกิจการเกษตร , 2560) แต่ทางฟาร์มขายได้เพียง 10-12 บาทต่อกิโลกรัมเท่านั้น ซึ่งส่งผลให้เสียโอกาสทางการค้าที่ควรจะเป็น

ด้วยเหตุนี้เอง จึงทำให้เจ้าของฟาร์มซาไกมีความต้องการแปรรูปกล้วยน้ำว้า ให้มีมูลค่าสูงขึ้นและสามารถนำกล้วยน้ำว้าที่ไม่ได้มาตรฐานด้านขนาดมาใช้แปรรูป ซึ่งจากการประเมินสภาพทางการตลาดและความต้องการของกลุ่มลูกค้าเบื้องต้นของฟาร์ม พบว่า ปัจจุบันกล้วยผง (banana powder) กำลังเป็นที่สนใจและนิยมของกลุ่มผู้บริโภค โดยเฉพาะกลุ่มผู้รักสุขภาพ อีกทั้งราคาของกล้วยผงที่ขายในตลาดค่อนข้างสูงกว่าการแปรรูปแบบอื่น ราคาที่จำหน่ายกล้วยผงในร้านขายสินค้าสุขภาพ 1,000 บาทต่อกิโลกรัม 1,000 บาท ซึ่งสูงกว่า ราคาของกล้วยน้ำว้าดิบถึงประมาณ 70 เท่า ทำให้เจ้าของฟาร์มกรณีศึกษามีความสนใจและหันมาทำการแปรรูปกล้วยน้ำว้าให้เป็นกล้วยผง เพื่อสร้างมูลค่าและลดปัญหาดังที่กล่าวมาข้างต้น จึงเป็นที่มาของการทำสารนิพนธ์ในครั้งนี้ คือ การออกแบบกระบวนการผลิตกล้วยผง จัดผังการทำงานให้ได้สายการผลิตที่มีกำลังการผลิตตามที่โรงงานต้องการ ในเนื้อที่ ทรัพยากรและสาธารณูปโภคของฟาร์มที่จัดสรรให้

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อออกแบบกระบวนการผลิตกล้วยผงภายใต้กำลังการผลิตอย่างน้อย 80 หวีต่อวัน
2. เพื่อออกแบบเครื่องหั่น อบแห้ง และบด ที่รองรับกำลังการผลิตและต้นทุนต่ำกว่าท้องตลาด

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สร้างมูลค่าเพิ่มกับผลิตภัณฑ์แปรรูปทางการเกษตร เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น
2. เป็นแนวทางให้เกิดอุตสาหกรรมการแปรรูปสินค้าอื่นๆ ได้

1.4 ขอบเขตการวิจัย

ออกแบบกระบวนการผลิตกล้วยผง โดยการสร้างเครื่องจักรใช้ในการแต่ละขั้นตอนการผลิตกล้วยผง ได้แก่ ขั้นตอนการหั่น ขั้นตอนการอบแห้ง และขั้นตอนการบดเพื่อให้สามารถทำการแปรรูปกล้วยดิบได้ไม่ต่ำกว่า 80 หวีต่อวัน บนพื้นที่ของกรณีศึกษากำหนดให้ ซึ่งในการวิจัยจะใช้ซาไกฟาร์ม (SAKAI FARM) เป็นฟาร์มกรณีศึกษา

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ในงานวิจัยการออกแบบกระบวนการผลิตกล้วยผง เพื่อให้ได้ตามเป้าหมายกำลังการผลิตตามที่ต้องการ ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย มีรายละเอียดดังนี้

1. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ได้แก่ ข้อมูลคุณสมบัติของด้านต่างๆ กล้วยน้ำว้า ข้อมูลการบริหารงานและทรัพยากรหลักของฟาร์ม ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อกระบวนการผลิตกล้วยผง หลักการออกแบบเครื่องจักร

2. ออกแบบขั้นตอนกระบวนการผลิตกล้วยผง นำข้อมูลที่ศึกษารวบรวมได้ มาทำออกแบบขั้นตอนกระบวนการผลิต ทรัพยากรต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตกล้วยผง

3. ออกแบบเครื่องจักร เครื่องจักรที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนการผลิต โดยสร้างเป็นแบบ Drawing ของเครื่องจักร และการคำนวณค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องของเครื่องจักร เพื่อให้ตรงตามความต้องการในการใช้งาน

4. ออกแบบผังการทำงานและการไหลวัสดุที่เหมาะสม ออกแบบพื้นที่การทำงานในแต่ละขั้นตอนอย่างเหมาะสม

5. วิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ ประกอบด้วย การประเมินราคาเครื่องจักร ประเมินรายได้ที่คาดว่าจะได้รับ จากการผลิตกล้วยผง รวมทั้งการคำนวณความคุ้มทุนในการดำเนินการผลิตกล้วยผง

6. สร้างและจัดหาเครื่องจักรตามที่ได้ออกแบบ เพื่อให้เครื่องจักรมีคุณสมบัติ การใช้งาน และความสามารถตรงตามความต้องการใช้งานในแต่ละขั้นตอน

7. ทดสอบผล วิเคราะห์การใช้งานของเครื่องจักรในแต่ละขั้นตอนการผลิตกล้วยผง เพื่อให้ประสิทธิภาพเป็นเป็นตามเป้าประสงค์ของงานวิจัย

8. จัดวางผังกระบวนการทำงานและการไหลวัสดุที่เหมาะสม โดยการนำแต่ขั้นตอนการผลิตมากำหนดเป็นสถานีงาน รวมทั้งการทดสอบเส้นทางการเคลื่อนที่ของชิ้นงานในระหว่างการผลิต

9. สรุปผลงานวิจัย รวมทั้งนำเสนอข้อเสนอแนะ แนวทางการปรับปรุง สำหรับการดำเนินงานวิจัยต่อไป

บทที่ 2

งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เรื่องการออกแบบกระบวนการผลิตกล้วยผง เพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจและเป็นพื้นฐานสำคัญในการวิจัย สำหรับเป็นแนวทางในการดำเนินงานให้เป็นไปตามเป้าประสงค์ งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องต่างๆ มีรายละเอียดดังนี้

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า มีหลายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบกระบวนการผลิตกล้วยผงในแง่ต่างๆ โดยผู้วิจัยได้สรุปงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ตามขั้นตอนหลักในการแปรรูปที่เกี่ยวข้อง ความต้องการใช้เครื่องจักร และองค์ประกอบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนของการหั่น งานวิจัยของ นายขวัญ สุขโชติ [2] ออกแบบและสร้างช่องป้อนกล้วยในแนวตั้ง เพื่อส่งกล้วยลงไปที่จานใบมีดซึ่งหมุนโดยกำลังมอเตอร์ ทำการหั่นกล้วยออกเป็นชิ้นตามการตั้งระดับใบมีด งานวิจัยมีการเก็บข้อมูลการกำหนดรอบการการหมุนของจานใบมีดและข้อมูลน้ำหนักของกล้วย ก่อน-หลังหั่น เพื่อหารอบการหมุนที่เหมาะสม ที่จะทำให้กล้วยสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด งานวิจัยของนายรุ่งเรือง ทารักษ์ [3] ได้ออกแบบเครื่องแยกออกเป็น 3 ส่วน คือ ชุดใบมีด ชุดสายพานลำเลียง และชุดโครงสร้าง โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลัง ลำเลียงต้นหอมด้วยสายพานแบบคู่ เพื่อเข้าผ่านการตัดด้วยใบมีดแบบหั่นเฉือน ทั้ง 2 ส่วนทำงานสัมพันธ์กัน เป็นแนวคิดในการส่งผ่านวัตถุดิบ

ขั้นตอนกระบวนการการอบ เมื่อพิจารณารูปแบบการอบที่จะนำมาใช้กับกล้วยนั้น จะเป็นการอบไล่ความชื้นที่เลียนแบบการตากแห้งกับแสงแดด ในอุณหภูมิที่ไม่สูงมาก อุณหภูมิจะอยู่ที่ 50 – 60 องศาเซลเซียส โดยงานวิจัยที่นำมาศึกษามีความหลากหลายในการใช้แหล่งความร้อน นายรักชาติ ท่าโพธิ์ [4] ใช้พลังงานแสงอาทิตย์มาเป็นแหล่งพลังงานในการอบ ส่งความร้อนให้ปลาที่ตากอยู่ภายในตู้อบ ให้พลังงานที่สูงกว่าการตากแดดนอกตู้ ใช้เวลาอบเร็วกว่า เช่นเดียวกับนายเสริฐ เขียนนอก [5] ยังเป็นการใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์มาให้ความร้อนภายในตู้ นำมาอบแห้งหมูแดดเดียว และปลาแดดเดียวสามารถลดเวลาในการตากแดด ใช้เวลาในการอบหมูแดดเดียว เพียง 30 – 45 นาที และปลาแดดเดียว 2.38 ชั่วโมง แต่ในงานวิจัยของนายกฤษฎา เดชา และคณะ [6] นอกจากการใช้พลังงานแสงอาทิตย์แล้ว ยังนำเอาก๊าซ LPG มาร่วมเป็นแหล่งให้พลังงานความร้อน ช่วยแก้ปัญหาความไม่สม่ำเสมอของแสงอาทิตย์ ในช่วงที่มีเมฆมาก หรือฝนตก และวัตถุดิบที่นำมาตาก เช่น หมูแดดเดียว มีสีที่ดูน่ารับประทานเป็นอย่างมาก เมื่อเทียบกับการตากแดดอย่างแต่ก่อน แต่การ

นำเอาก๊าซ LPG เข้ามาใช้ร่วม ก็จะทำให้ต้นทุนด้านค่าก๊าซเกิดขึ้น เช่นเดียวกับงานวิจัยของนายจำนง นุกูลคาม และคณะ [7] นำเอาพลังงานไฟฟ้ามาเปลี่ยนรูปเป็นความร้อนผ่านแท่งฮีตเตอร์มาร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อพัฒนาให้กระบวนการการอบมีความต่อเนื่องมากยิ่งขึ้น เพราะการอบเป็นกระบวนการแปรรูปที่ใช้เวลานาน หากอบไม่ต่อเนื่องจะส่งผลให้วัตถุดิบเสียได้ ซึ่งนางสายชล ปัญจมาตย์ และคณะ [8] ได้ทำการออกแบบตู้อบลมร้อนโดยใช้แหล่งความร้อนจากฮีตเตอร์ไฟฟ้าอย่างเดียว ในการอบข้าวแตนน้ำแตงโม อบที่อุณหภูมิ 60 – 80 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบ 7 ชั่วโมง เหตุผลที่ใช้ไฟฟ้าอย่างเดียวในการอบเพราะแก้ปัญหาการอบด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ที่ไม่มีความต่อเนื่อง เมื่อเข้าฤดูฝน จะไม่สามารถอบได้เลย แต่ด้วยการทำงานของไฟฟ้าจะสามารถทำงานได้ไม่มีปัญหา โดยงานวิจัยนี้มีการประเมินผลการสร้างโดยผู้เชี่ยวชาญเพื่อนำไปปรับปรุงการสร้างตู้อบ โดยงานวิจัยการออกแบบและสร้างการอบในตู้อบมีความมุ่งหวังที่จะลดเวลาในการอบแบบเดิม ที่เปิดโล่งไม่มีการปิด อาจจะปนเปื้อน และลดปริมาณของจุลินทรีย์ ยีสต์ และรา ที่เป็นสาเหตุให้อายุของผลิตภัณฑ์สั้นหลังแปรรูป

กระบวนการสุดท้ายที่ใช้เครื่องจักร คือ การบด นายมณฑล หมายเคียงกลาง [9] ได้ทำการเปรียบเทียบ การบดพริกด้วยเครื่องบดแบบต่างๆ คือ แบบล้อบดในถังปิด แบบเกลียวอัด แบบชุดใบตีหมุน แบบซี่ และแบบใช้คนบด โดยผลที่ได้ การใช้คนบดจะบดได้หยาบที่สุด และแบบเกลียวอัดจะบดได้ละเอียดสุด นายอนันต์ เต็มเปี่ยม และคณะ [10] ทำการทดลองนำถั่วเหลืองมาบด โดยผ่านเครื่องบด 2 แบบ แบบหยาบ ผ่านเครื่องบดแบบจานหมุน และแบบละเอียด ผ่านเครื่องบดแบบลูกกลิ้ง ทำการบดเพื่อหาความเร็วรอบการหมุนที่เหมาะสมที่สุดและคำนวณหาจุดคุ้มทุนของเครื่องจักร

ศึกษาการจัดสมดุลสายการผลิตโดย นางเมธิศา จุ้งลก [11] ทำการแก้ปัญหาและเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตสินค้าเกษตรแปรรูป วางแนวทางแก้ไขไว้ 3 แนวทาง คือ 1. ลดกระบวนการผลิตในขั้นตอนการทำงาน 2. สร้าง Layout ของกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น 3. เพิ่มผลิตภัณฑ์สินค้าเกษตรแปรรูปของกรณีศึกษา การลดขั้นตอนในกระบวนการผลิต และวาง Layout ที่เหมาะสมของงานวิจัยนี้ สร้างการทำงานที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เช่น เดียวกับงานวิจัยของ นายนิเวศน์ จีนะบุญเรือง และคณะ [12] ที่ทำการออกแบบและปรับปรุงผังการผลิตใหม่เพื่อรองรับการผลิตที่มากขึ้น ทำให้สามารถลดระยะเวลาในการทำงาน ลดระยะทางการไหลของวัตถุดิบ ผู้วิจัยนำการสมดุลสายการผลิตมาใช้ เก็บข้อมูลขบวนการผลิต ปริมาณวัตถุดิบ และเวลาในแต่ละขบวนการผลิต เกิดข้อมูลที่นำมาปรับปรุง จัดวางผังเครื่องจักรใหม่เพราะเครื่องจักรอยู่ห่างกันเกินไป และ ในงานวิจัยของ นายสุวิชาญ เตียวสกุล [13] ทำการศึกษากรณีศึกษากระบวนการผลิตแปรรูปปลาทูน่านึ่งสุกแช่เย็น ค้นพบความไม่สมดุลของกระบวนการผลิต เกิดคอขวดส่งผลลดปริมาณการผลิตไม่เป็นไปตามที่ตั้งไว้ ในกระบวนการทำเย็นปลา จึงมุ่งเน้นมาแก้โดยวางแนวทางแก้ไข คือ

การปรับปรุงโปรแกรมการทำเย็นปลาใหม่ให้เหมาะสมกับขนาดของปลาแต่ละวัน เมื่อแก้ไขจุดคอขวดจะทำให้สามารถผลิตได้ตรงตามเป้าหมายการผลิตที่ตั้งไว้ได้

2.2 ทฤษฎีและหลักการ

สำหรับการทำงานวิจัยครั้งนี้จะต้องมีการศึกษาและกล่าวถึงข้อมูล และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและมีประโยชน์ต่อการวิจัย ดังนี้คือ

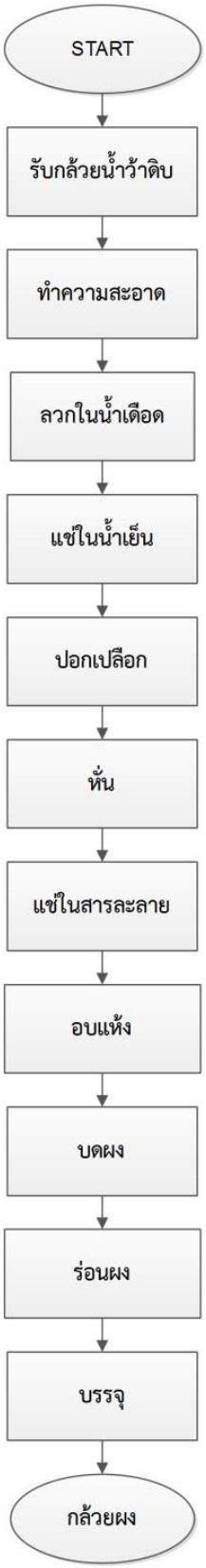
2.2.1 คุณลักษณะของกล้วยน้ำว้า

กล้วยน้ำว้า [14] เป็นพืชล้มลุก ลำต้นใต้ดินอวบน้ำ สูงประมาณ 2 –5 เมตร ใบเป็นใบเดี่ยว การเกาะติดของใบบนลำต้นแบบเวียนถี่ชิดอัดแน่นที่ลำต้น ใบรูปขอบขนาน ขนาดใหญ่ประมาณ 40x200 เซนติเมตร ปลายและโคนใบมน ขอบใบเรียบ แผ่นใบเรียบ ผิวใบด้านบนสีเขียวเข้มด้านใต้สีอ่อนกว่าและมีสิ่งเกาะติดคล้ายผงแป้งสีขาว ก้านใบ แบ่งเป็นสองส่วน ส่วนแรกเกาะติดกับลำต้นมีลักษณะแบนโค้งอวบน้ำสีเขียวบนน้ำตาลแดง (ส่วนนี้เห็นคล้ายลำต้น) ส่วนที่สองทรงกลมส่วนกลางเป็นร่องโค้งลึกตามทรงก้านสีเขียวอ่อนยาวเรียวไปจน สุดปลายแผ่นใบ ดอก ออกเป็นช่อ ที่ปลายยอดปลายช่อโค้งห้อยลง มีกาบประดับขนาดใหญ่ที่โคนกลุ่มดอกย่อยทุกๆ กลุ่ม กาบมีเนื้อหนาสีแดงเข้ม เมื่อรังไข่เจริญเป็นผลกาบประดับจะหลุดร่วงไป ผล เป็นผลสด รูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 5 ซม. ยาว 10 ซม. เมล็ด ทรงกลมสีดำผิวเป็นคลื่น ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.50 ซม.

คุณประโยชน์ทางยาของกล้วยน้ำว้า [15] ใช้รักษาอาการท้องเดิน โดยใช้กล้วยน้ำว้าดิบฝานบางๆ ทำให้แห้ง หรือทำให้เป็นผง รับประทานครั้งละ 1/2-1 ผลกล้วยห่าม ใช้รักษาโรคกระเพาะ ใช้กล้วยหักมุกที่แก่จัด ฝานบางๆ ทำให้แห้ง บดเป็นผง รับประทานครั้งละ 2-4 ช้อนชา วันละ 4 ครั้ง ก่อนอาหารและก่อนนอน ติดต่อกันอย่างน้อย 2 สัปดาห์จึงจะเห็นผล รับประทานจนกว่าจะหายเป็นปกติ สำหรับการใช้กล้วยรักษาอาการท้องเดินได้ผลดีนั้น เนื่องจากในเนื้อกล้วยดิบมีสารแทนนินอยู่ประมาณ 1.52 - 1.66 % จึงสามารถระงับอาการท้องเดินได้ เนื้อกล้วยนอกจากมีสารแทนนิน แล้วยังมีธาตุโปแตสเซียมสูง ซึ่งจะไปช่วยชดเชยสารโปแตสเซียมในผู้ป่วยที่ได้สูญเสียไปในขณะที่ท้องเดิน ทำให้เกิดความสมดุลของโปแตสเซียมและโซเดียมในร่างกาย ผู้ป่วยบางคนเมื่อรับประทานกล้วยน้ำว้าดิบแล้ว จะมีอาการท้องอืดเฟ้อ ให้รับประทานยาขับลมร่วมด้วย เช่น น้ำขิง จะช่วยทำให้อาการข้างเคียงหมดไป

2.2.2 กระบวนการแปรรูปกล้วยผง

ในส่วนของขั้นตอนการแปรรูปกล้วยผง แสดงขั้นตอนการแปรรูปได้ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการแปรรูปกล้วยผง

ขั้นตอนการแปรรูปกล้วยผง เริ่มต้นด้วยรับกล้วยน้ำว้าดิบที่มีระดับความสุกประมาณ 70 – 80% คือ มีอายุระหว่าง 14 - 16 สัปดาห์ นับจากวันที่กล้วยแทงช่อดอก หรือจะสังเกตจากเหลี่ยมของกล้วย นำกล้วยน้ำว้าดิบมาทำความสะอาดล้างฝุ่นผงและสิ่งสกปรกออก นำกล้วยลวกในน้ำร้อนประมาณ 45 วินาที และแช่น้ำเย็นเพื่อให้สามารถแกะเปลือกได้ง่าย เนื่องจากในกล้วยดิบมียางมากยึดเกาะระหว่างเนื้อกับเปลือก จากนั้นทำการปอกเปลือก หั่นบาง เพื่อช่วยให้ตอนอบกล้วยแห้งได้เร็วขึ้น ตอนหั่นเสร็จจะต้องแช่กล้วยในน้ำผสมสารละลายโซเดียมไบตาซัลไฟต์เพื่อรักษาผิวของเนื้อกล้วยไม่ให้คล้ำดำ ก่อนจะนำไปตากแห้งหรืออบในตู้อบที่อุณหภูมิสูงไม่เกิน 55°C เนื่องจากกล้วยดิบจะสูญเสียสารอาหารบางอย่างไปหากได้รับอุณหภูมิสูงระยะเวลาหนึ่ง แล้วจึงนำมาบดละเอียดโดยเครื่องบดก่อนจะร่อนเพื่อคัดขนาดที่ขนาด 80 รูต่อตารางนิ้ว ก็จะได้ผงแป้งกล้วย ขั้นตอนการแปรรูปอาจจะเพิ่มจากการแปรรูปกล้วยตากหรือทอดมาเล็กน้อย ด้วยกระบวนการแปรรูปที่ได้กล่าวมานี้ เป็นกระบวนการแปรรูปที่ใช้จำนวนคนและเป็นรูปแบบในครัวเรือน เครื่องมือที่ใช้ในการแปรรูปเป็นเครื่องมือที่แปรรูปได้ปริมาณไม่มากในคราวเดียว

2.2.3 ทฤษฎีการออกแบบเครื่องจักร

การออกแบบเครื่องจักร [16] เป็นกระบวนการที่สำคัญ มีขั้นตอนในการออกแบบเครื่องจักรดังนี้

1. รับรู้ความต้องการ จะเริ่มจากวิศวกรผู้ออกแบบรับความต้องการจากลูกค้าที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ คุณภาพ ความแข็งแรง โดยในบางครั้งข้อมูลที่ได้รับอาจจะไม่สมบูรณ์ที่จะออกแบบ อาจจะต้องใช้ประสบการณ์ของวิศวกรด้วย

2. กำหนดลักษณะจำเพาะและศึกษารายละเอียด รวบรวมรายละเอียดของสิ่งที่ต้องการออกแบบให้ได้มากที่สุด เช่น คุณลักษณะ ขนาด อายุการใช้งาน จำนวนที่ผลิต ราคาและสิ่งที่คาดว่าสามารถเปลี่ยนแปลงได้บ้างอันเนื่องมาจากการออกแบบ เมื่อได้ข้อมูลจำเพาะหลังจากวิเคราะห์อาจจะต้องเอาข้อมูลมากำหนดวัสดุ วิธีทำการผลิตกับลูกค้าอีกครั้งเพื่อความสำเร็จ

3. สังเคราะห์ความคิดในการออกแบบ หลังจากการศึกษารายละเอียดของสิ่งของออกแบบแล้ว ก็จะเป็นการสังเคราะห์ความคิดสำหรับการออกแบบ โดยอาศัยสิ่งเก่าและใหม่เพื่อการออกแบบที่ดีและเหมาะสมยิ่งขึ้น

4. วิเคราะห์ ออกแบบและปรับปรุง หลังจากการศึกษาตามทั้ง3ขั้นตอน ก็จะสามารถเลือกวิธีการผลิต วัสดุ ที่จะสามารถช่วยให้การผลิตได้ในปริมาณที่มาก ใช้เวลาในการผลิตน้อย และมีต้นทุนต่ำ ในส่วนขั้นตอนการออกแบบ จะแบ่งเป็นการออกแบบเบื้องต้น และการออกแบบรายละเอียด คือการกำหนดรายละเอียด ขนาดจริงของชิ้นส่วน ส่วนประกอบต่างๆที่เราจะ

ผลิตขึ้น หรืออาศัยส่วนประกอบมาตรฐาน มีการแสดงรายละเอียดด้วยแบบ (Drawing) ซึ่งมีทั้งแบบแยกชิ้น (Detail Drawing) และแบบประกอบ (Assembly Drawing) แสดงรายละเอียดต่างๆ โดยละเอียดของชิ้นงาน จึงสร้างต้นแบบตามรายละเอียดที่ได้กำหนดขึ้น

5. ทดสอบและประเมิน เมื่อสร้างต้นแบบแล้วเสร็จก็จะทำการทดสอบ ซึ่งจะต้องมีการเก็บข้อมูลต่างๆ ระหว่างทดสอบและหลังทดสอบ อาจจะต้องทำให้มีการปรับปรุงแบบเบื้องต้น เพื่อการทำงานที่มีสมรรถนะ สามารถทำงานได้ตามต้องการ

6. นำเสนอผลงานการออกแบบแก่ลูกค้า ซึ่งจะเป็นสิ่งประดิษฐ์หรือผลิตภัณฑ์โดยอาศัยสื่อต่างๆ

ในการออกแบบเครื่องจักรมีการนำทฤษฎีการออกแบบ [17] ซึ่งเกี่ยวข้องกับส่วนต่างๆ ของเครื่องจักรดังต่อไปนี้

1. การเลือกใช้ตลับลูกปืนและการออกแบบ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการพิจารณา มีดังนี้

1.1 อายุของตลับลูกปืน คือ อายุการใช้งานของตลับลูกปืน ปกติวัดเป็นจำนวนรอบทั้งหมดที่ตลับลูกปืนหมุน ตั้งแต่เริ่มใช้ตลับลูกปืนจนกระทั่งตลับลูกปืนเกิดการวิบัติ

1.2 อัตรารับภาระแบบพลวัตของตลับลูกปืน คือ ความสามารถรองรับภาระของตลับลูกปืนในขณะที่ลูกปืนหมุนด้วยความเร็วคงที่ และมีอายุการใช้งาน 1,000,000 รอบ

1.3 อายุความล้าของตลับลูกปืน คือ อายุการใช้งานของตลับลูกปืนที่สามารถใช้งานได้จริง หน่วยเป็นล้านรอบ

1.4 ภาระสมมูลหรือภาระกระทำคงที่ เป็นภาระที่กระทำกับตลับลูกปืนในขณะนั่น

1.5 อัตรารับภาระสถิต คือ ความสามารถในการรับภาระสถิตของตลับลูกปืน โดยกำหนดว่าภาระที่กระทำก่อให้เกิดการหดตัวถาวรในบริเวณวงแหวนที่สัมผัสกับลูกกลิ้งภายในตลับลูกปืน มีค่าเท่ากับ 0.0001 ของเส้นผ่าศูนย์กลางเพลาหมุนที่ยึดกับตลับลูกปืน ค่านี้สามารถดูได้จากแคตตาล็อกของบริษัทผู้ผลิตตลับลูกปืน

สำหรับตลับลูกปืนที่ได้รับภาระจากแนวแกนและรัศมีพร้อมๆกัน จะเกิดภาระที่เรียกว่า ภาระสมมูล สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.1

$$P=XF_r+YF_a \tag{2.1}$$

เมื่อ P คือ ภาระสมมูล

F_r คือ ค่าภาระคงที่ประยุกต์ตามแนวรัศมี

F_a คือ ค่าภาระคงที่ประยุกต์ตามแนวแกน

X คือ ตัวประกอบภาระในแนวรัศมี (หาได้จากตารางในเอกสารแคตตาล็อก)

Y คือ ตัวประกอบภาระในแนวรัศมี (หาได้จากตารางในเอกสารแคตตาล็อก)

ในการคำนวณหาอายุการใช้งานของตลับลูกปืน จะใช้สมการ $L=(\frac{C}{P})^3$ หรือ $L=(\frac{C}{P})^{\frac{10}{3}}$ จะขึ้นอยู่กับตลับลูกปืนมี่ใช้ และภาระที่กระทำต่อตลับลูกปืน เพื่อใช้หาค่า X Y มาใช้คำนวณหาค่า P ต่อไป และขึ้นอยู่กับการเลือกใช้ตลับลูกปืนที่จะใช้งานจากตารางแคตตาล็อกเพื่อใช้หาค่า C C_0 สำหรับมาใช้คาดการณ์หาอายุการใช้งานของตลับลูกปืน ส่วนการคำนวณเพื่อใช้สำหรับการเลือกใช้ตลับลูกปืนที่เหมาะสม จะคำนวณจากสมการที่ 2.2

$$C=P(L)^{\frac{1}{a}}, C_D=P_D(L_D)^{\frac{1}{a}}, L=\frac{60L_hS_D}{1{,}000{,}000} \quad (2.2)$$

กำหนดให้ C_D คือ ค่าภาระที่ต้องการให้ตลับลูกปืนสามารถขับได้

P_D คือ ค่าภาระสมมูลที่ต้องการให้กระทำต่อตลับลูกปืน

L_D คือ ค่าอายุใช้งานที่ต้องการของตลับลูกปืน (ล้านรอบ)

L_h คือ ค่าอายุใช้งานที่ต้องการของตลับลูกปืน (คิดเป็นชั่วโมงใช้งาน)

S_D คือ ค่าความเร็วรอบที่ต้องการใช้ในการหมุนของตลับลูกปืน (หน่วยเป็นรอบต่อนาที)

ดังนั้นงานของผู้ออกแบบในการเลือกใช้ชนิดของตลับลูกปืน คือ ต้องคำนวณหาค่า C_D แล้วทำการเปิดแคตตาล็อก เปิดหาค่า C ของตลับลูกปืนแต่ละชนิด โดยต้องเลือกตลับลูกปืนชนิดที่มีค่า $C \geq C_D$ เสมอ จึงจะถือว่าเป็นตลับลูกปืนที่สามารถใช้งานได้

2. การออกแบบเพลาในสภาวะที่เพลารับภาระสถิตแบบดัดและบิด เพลาถือว่าเป็นชิ้นส่วนสำคัญในการเชื่อมต่อ เพื่อส่งถ่ายกำลังจากแหล่งต้นกำเนิดกำลังของเครื่องจักรผ่านชุดอุปกรณ์ต่างๆ ที่ติดตั้งอยู่บนเพลา ได้แก่ มูเล่ ชุดเฟือง เฟืองโซ่ เรามักพบการใช้เพลาอยู่ในเครื่องจักรเกือบทุกชนิด แต่อาจมีชื่อเรียกที่แตกต่างกัน เพลาอาจรับแรงดึง แรงกด แรงบิด แรงดัด หรือแรงหลายกระทำรวมกันก็ได้ ดังนั้นในการคำนวณจึงต้องความเค้นผสมเข้าช่วย แรงเหล่านี้อาจมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาเป็นผลให้เพลาเกิดความเสียหายจากความล้าได้ ดังนั้นจึงต้องแบบเพลาให้มี

ความแข็งแรงเพียงพอสำหรับการใช้งานในลักษณะนี้ นอกจากนี้เพลายังต้องมีความแข็งแกร่งเพียงพอเพื่อลดมุมบิดภายในให้อยู่ในขีดจำกัดที่พอเหมาะ ระยะโก่ง (Deflection) ของเพลาก็เป็นสิ่งสำคัญในการกำหนดขนาดเพลาเช่นกัน เพราะถ้าเพลาโก่งมากจะเกิดการแกว่งขณะหมุนมีผลให้ความเร็ววิกฤติของเพลาลดลง เป็นผลให้เกิดอาการสั่นอย่างรุนแรงขณะที่เพลาเข้าใกล้ความเร็ววิกฤตินี้ได้ นอกจากนี้ระยะโก่งเองก็มีผลต่อการเลือกชนิดของอุปกรณ์หรือชิ้นส่วนรองรับเพลาอีกด้วย เช่น ตลับลูกปืนต้องเลือกชนิดที่สามารถปรับระยะเยื้องศูนย์ขณะใช้งานให้ได้ระยะพอเหมาะกับเพลาอีกด้วย เพลาในสภาวะรับภาระสถิตแบบดัดและบิดเป็นเพลาที่รับภาระ 2 แบบพร้อมๆ กันคือ รับแรงดึงหรือแรงกดภายนอกที่กระทำบริเวณขอบนอกของเพลาและเกิดการบิดบนเพลาไปพร้อมๆ กัน แต่ไม่มีแรงดึงหรือแรงกดที่กระทำในแนวแกนเพลาหรือมีเพียงเล็กน้อยจนสามารถคิดได้ว่า F=0

ดังนั้นสามารถหาค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลากลางได้ ดังนี้

ถ้าใช้ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด คำนวณหาเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็กได้ดังสมการที่ 2.3

$$d = \left[\frac{32n}{\pi S_y}(M^2+T^2)^{\frac{1}{2}}\right]^{\frac{1}{3}} \qquad (2.3)$$

ถ้าใช้ทฤษฎีพลังงานบิดเบี้ยว คำนวณหาเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็กได้ดังสมการที่ 2.4

$$d = \left[\frac{16n}{\pi S_y}(4M^2+3T^2)^{\frac{1}{2}}\right]^{\frac{1}{3}} \qquad (2.4)$$

โดย n คือ ค่าตัวประกอบความปลอดภัย

S_y คือ ค่ากำลังที่เกิดจากความแตกต่างระหว่างความเค้นหลักสูงสุดและต่ำสุด ณ จุดที่วัสดุเกิดการคราก

M คือ มวล หน่วย กิโลกรัม

T คือ เวลา หน่วย วินาที

2.2.4 ทฤษฎีการอบแห้งและถ่ายเทความร้อน

การอบแห้ง [18] คือ กระบวนการลดความชื้น ซึ่งส่วนใหญ่ใช้กระบวนการถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุที่ชื้นเพื่อไล่ความชื้นออกโดยการระเหย โดยใช้ความร้อนที่ได้รับเป็นความร้อนแฝงของการระเหย วัสดุอบแห้งมีมากมายหลายชนิด ความชื้นเป็นตัวบอกปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในวัสดุเมื่อเทียบกับมวลของวัสดุชื้นหรือแห้ง ความชื้นในวัสดุสามารถแสดงได้เป็น 2 แบบ คือ

1) ความชื้นมาตรฐานเปียก สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 2.5

$$M_w = \frac{(w-d)}{w} \qquad (2.5)$$

เมื่อ M_w คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก, เศษส่วน

w คือ มวลของวัสดุ, กิโลกรัม

d คือ มวลของวัสดุแห้ง (ไม่มีความชื้น), กิโลกรัม

ความชื้นแบบนี้นิยมใช้กันในวงการค้า โดยทั่วๆ ไปจะอ้างถึงในรูปของเปอร์เซ็นต์

2) ความชื้นมาตรฐานแห้ง สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 2.6

$$M_d = \frac{(w-d)}{d} \qquad (2.6)$$

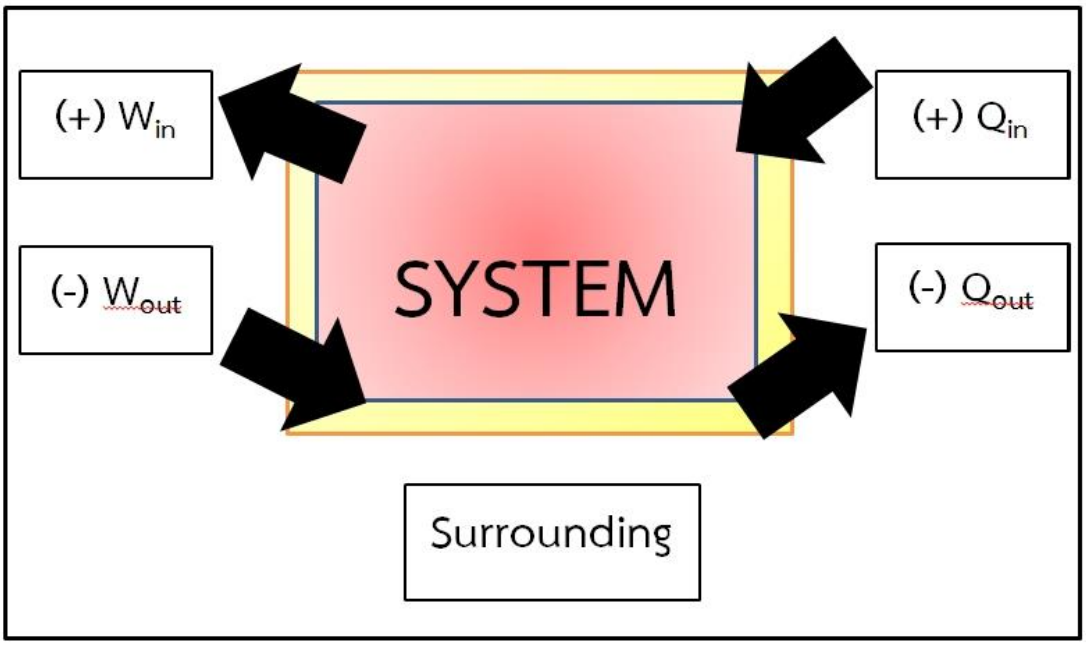
ความชื้นแบบนี้นิยมใช้กันในการวิเคราะห์กระบวนการอบแห้งทางทฤษฎี เพราะช่วยในการคำนวณสะดวกขึ้น ซึ่งเป็นเพราะมวลวัสดุแห้งจะมีค่าคงที่ หรือเกือบคงที่ระหว่างการอบแห้ง ความร้อนเป็นพลังงานรูปแบบหนึ่งที่ถ่ายเทระหว่างระบบกับระบบอื่น หรือระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อม การถ่ายเทความร้อนระหว่างวัตถุสองชิ้นใดๆ จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อวัตถุทั้งสองนั้นมีอุณหภูมิแตกต่างกัน ดังนั้นพลังงานที่ถือว่าเป็นพลังงานความร้อนทางเทอร์โมไดนามิกส์จะหมายถึงพลังงานที่ถ่ายเทระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อมโดยมีสาเหตุมาจากความแตกต่างของอุณหภูมิ นอกจากนี่พลังงานที่เรียกว่าความร้อนนั้นจะหมายถึงเฉพาะในขณะที่พลังงานนั้นกำลังเดินทางข้ามขอบเขตของระบบเท่านั้น และเมื่อพลังงานนั้นเดินทางข้ามขอบเขตไปแล้วไม่ว่าจะอยู่ในระบบ หรือสิ่งแวดล้อมก็จะถือว่าพลังงานนั้นได้เปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานรูปอื่นไม่ใช่ความร้อนอีกต่อไป กล่าวอย่างง่ายๆก็คือความร้อนเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นที่ขอบเขต (boundary phenomena) เท่านั้น นอกจากนี้แล้วในเมื่อความร้อนเกิดขึ้นที่ขอบเขต แล้วเปลี่ยนรูปไปทันทีเมื่อข้ามขอบเขตไปแล้ว ความร้อนจึงไม่สามารถกำหนดสภาวะของระบบได้ หรือกล่าวอีกอย่างก็คือ ความร้อนไม่เป็นคุณสมบัติของระบบ สำหรับกระบวนการใดๆที่เกิดขึ้นโดยที่ไม่มีการถ่ายเทความร้อนเลยจะเรียกว่า กระบวนการอะเดียแบติก (adiabatic process) โดยวิธีที่จะทำให้เกิดกระบวนการนี้มีอยู่สองวิธี วิธีการแรกคือการหุ้มฉนวนระบบอย่างดี เพื่อทำให้ไม่สามารถเกิดการถ่ายเทความร้อนในรูปแบบต่างๆ ได้ ดังนั้นในปัญหาที่จะได้พบต่อไปหากได้มีการกำหนดว่าระบบได้รับการหุ้มฉนวนอย่างดี หมายความว่า จะไม่เกิดการถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้นระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อม ส่วนวิธีที่สองคือการทำให้ระบบและสิ่งแวดล้อมมีอุณหภูมิเท่ากัน เพราะเนื่องจากว่าการถ่ายเทความร้อนจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อมีความ

แตกต่างของอุณหภูมิเท่านั้น เนื่องจากความร้อนเป็นพลังงานรูปแบบหนึ่ง ดังนั้นความร้อนจึงมีมิติเป็นมิติของพลังงาน (หรืองาน) นั่นคือมีมิติเป็นมิติของแรงคูณกับมิติของระยะทาง สำหรับหน่วยนั้นในระบบหน่วย SI จะมีหน่วยเป็น kJ (โดย 1 kJ = 1 kN-m) และนิยมใช้สัญลักษณ์ Q_{12} หรือ Q แทนปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทขณะเกิดกระบวนการจากสภาวะที่ 1 ไปสู่สภาวะที่ 2 สำหรับปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทต่อหน่วยมวลจะใช้สัญลักษณ์ q ดังสมการที่ 2.7

$$q = \frac{Q}{m} \qquad (2.7)$$

ส่วนอัตราการถ่ายเทความร้อน (rate of heat transfer) ก็คือปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทต่อหนึ่งหน่วยเวลาหรือ $Q = \frac{Q}{t}$ และมีหน่วยเป็นระบบหน่วย SI เป็น kJ/s หรือ kW

ความร้อนนั่นเป็นค่าที่บอกถึงปริมาณ (quantity) เพียงอย่างเดียวเท่านั้น เช่นหากกล่าวว่าเกิดการถ่ายเทความร้อนระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อมปริมาณ 5 kJ จะไม่สามารถรู้ได้เลยว่าเกิดการถ่ายเทจากแหล่งใดสู่แหล่งใด แต่ทิศทางของการถ่ายเทความร้อนนั้นมีความสำคัญเพราะเป็นเครื่องบ่งชี้ว่าแหล่งนั้นมีพลังงานเพิ่มขึ้นหรือลดลง ดังนั้นเพื่อให้เกิดเข้าใจในทางเดียวกัน จึงมีการกำหนดข้อตกลงเครื่องหมายของความร้อนขึ้น โดยกำหนดว่า ความร้อนที่ถ่ายเทสู่ระบบมีเครื่องหมายเป็นบวก และความร้อนถ่ายเทออกจากระบบมีเครื่องหมายเป็นลบดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 เครื่องหมายของงานและความร้อน

ที่มา : http://www.sut.ac.th/e-texts/Eng/thermo/index4-1.html

นอกจากนี้ ในกระบวนการอบแห้งและถ่ายเทความร้อน [19] ยังมีรายละเอียดการคำนวณที่สำคัญ ดังนี้

1. การคำนวณปริมาณความร้อนสำหรับอบแห้งผลิตภัณฑ์ ปริมาณความร้อนส่วนใหญ่ของการอบแห้งมักจะมาจากปริมาณความร้อนที่ต้องใช้ไปในการทำให้ผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิสูงขึ้น จากอุณหภูมิบรรยากาศไปยังอุณหภูมิที่ใช้สำหรับอบแห้งซึ่งได้หาค่าเอาไว้แล้วในหัวข้อและการทดลองขั้นต้น โดยสมการสำหรับหาปริมาณความร้อนสำหรับอบแห้งผลิตภัณฑ์ได้ดังนี้

กรณีอบแห้งแบบกะ คำนวณปริมาณความร้อนได้ดังสมการที่ 2.8

$$Q_{PRODUCT} = m_{PRODUCT} \times C_P \times (T_{DRYING} - T_{AMB}) \qquad (2.8)$$

เมื่อ

$Q_{PRODUCT}$ = ปริมาณความร้อนสำหรับการอบแห้งผลิตภัณฑ์ กรณีอบแห้งแบบกะ (kg)

$m_{PRODUCT}$ = มวลของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการอบแห้ง กรณีอบแห้งแบบกะ (kW)

C_P = ค่าความจุความร้อนของผลิตภัณฑ์ $\frac{kJ}{kg \cdot K}$

T_{DRYING} = อุณหภูมิของลมร้อนที่ใช้ในการอบแห้ง (K)

T_{AMB} = อุณหภูมิของอากาศ (K)

2. การคำนวณปริมาณความร้อนสำหรับระเหยความชื้นที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ จากค่าปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ซึ่งบอกด้วยค่าร้อยละหรือเปอร์เซ็นต์ โดยจะต้องทราบทั้งปริมาณความชื้นก่อนอบแห้งและหลังอบแห้งนำมาหาว่าจะต้องระเหยน้ำระหว่างการอบแห้งปริมาณเท่าใด ปริมาณความร้อนสำหรับระเหยความชื้นที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์สามารถหาได้ด้วยสมการต่อไปนี้

กรณีอบแห้งแบบกะ คำนวณปริมาณความร้อนได้ดังสมการที่ 2.9

$$Q_{EVAP} = m_{MOISTURE} \times h_{fg} \qquad (2.9)$$

เมื่อ Q_{EVAP} = ปริมาณความร้อนสำหรับระเหยความชื้น กรณีอบแห้งแบบกะ (kJ)

$m_{MOISTURE}$ = ปริมาณความชื้นที่ต้องการระเหย กรณีอบแห้งแบบกะ kg

h_{fg} = ค่าเอนทัลปีของน้ำที่อุณหภูมิเฉลี่ย $\frac{T_{DRYING} - T_{AMB}}{2}$ ซึ่งหาได้จากตารางไอน้ำในหนังสือเทอร์โมไดนามิกส์ทั่วๆไป

3. การคำนวณปริมาณความร้อนที่ทำให้วัสดุต่างๆ ภายในอุปกรณ์อบแห้งที่อุณหภูมิสูง ความร้อนในส่วนอื่นนอกเหนือจากผลิตภัณฑ์ที่ต้องการทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น เช่น รถเข็นถาดสำหรับบรรจุผลิตภัณฑ์ วัสดุที่ทำให้อุปกรณ์อบแห้ง โดยสามารถหาปริมาณความร้อนในส่วนนี้ได้จากสมการ

กรณีอบแห้งแบบกะ คำนวณปริมาณความร้อนได้ดังสมการที่ 2.10

$$Q_{OTHER}=m_{OTHER}\times C_P\times\left(T_{DRYING}-T_{AMB}\right) \quad (2.10)$$

เมื่อ Q_{OTHER} = ปริมาณความร้อนที่สูญเสียให้กับวัสดุต่างๆ กรณีอบแห้งแบบกะ (kJ)

m_{OTHER} = มวลของวัสดุส่วนต่างๆ (kg)

C_P = ค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุส่วนต่างๆ $\frac{kJ}{kg\cdot K}$

T_{DRYING} = อุณหภูมิขิงลมร้อนที่ใช้ในการอบแห้ง (K)

T_{AMB} = อุณหภูมิของอากาศ (K)

4. การคำนวณความร้อนที่สูญเสียให้กับบรรยากาศโดยรอบ เมื่ออุปกรณ์อบแห้งผ่านการทำงานมาระยะหนึ่ง พื้นผิวนอกก็จะมีอุณหภูมิสูงขึ้น แต่จะสูงขึ้นเท่าใด จะเท่ากับหรือใกล้เคียงอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งหรือไม่ ก็ขึ้นอยู่กับการหุ้มฉนวนของอุปกรณ์อบแห้งว่าใช้ชนิดที่เหมาะสมกับการใช้งานหรือไม่ มีประสิทธิภาพอย่างไร

ซึ่งหากเราทราบว่าพื้นผิวของอุปกรณ์อบแห้งมีอุณหภูมิสูงขึ้น สิ่งที่ตามมาก็คือจะเกิดความร้อนสูญเสียให้กับบรรยากาศโดยรอบ ด้วยกระบวนการถ่ายโอนความร้อนในสองรูปแบบคือการพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน แต่อย่างไรก็ตามการคำนวณค่าการสูญเสียของความร้อนในสองรูปแบบนี้จะมีความแตกต่างกันในการคำนวณขึ้นอยู่กับรูปลักษณะของอุปกรณ์อบแห้งเป็นสำคัญ ในนี้จึงใช้ตัวเลขประมาณดังสมการที่ 2.11

$$Q_{LOSS}=0.2(Q_{PRODUCT}+Q_{EVAP}+Q_{OTHER}) \quad (2.11)$$

5. การคำนวณปริมาณความร้อนรวม ปริมาณความร้อนทั้งหมดที่จำเป็นต้องใช้ในการอบแห้งจะมาจากปริมาณความร้อนที่ได้พิจารณาแยกเป็นส่วนดังกล่าวข้างต้นซึ่งสามารถจะเขียนเป็นสมการสำหรับหาปริมาณความร้อนรวมได้ดังสมการที่ 2.12

$$Q_{TOTAL}=Q_{PRODUCT}+Q_{EVAP}+Q_{OTHER}+Q_{LOSS} \quad (2.12)$$

6. การคำนวณปริมาณลมร้อนสำหรับอบแห้ง ปริมาณลมร้อนที่ใช้สำหรับอบแห้งผลิตภัณฑ์สามารถที่จะพิจารณาได้จากแนวคิดที่ว่าปริมาณความร้อนรวมที่ใช้ในการอบจะต้องได้รับจากลมร้อนเท่านั้นทำให้สามารถเขียน สมการสำหรับคำนวณปริมาณลมร้อนที่ใช้ในการอบ ได้จาก

<u>กรณีอบแห้งแบบกะ</u> คำนวณปริมาณความร้อนได้ดังสมการที่ 2.13

$$Q_{TOTAL} = m_{AIR} \times C_P \times (T_{DRYING} - T_{AMB}) \quad (2.13)$$

เมื่อ Q_{TOTAL} ปริมาณความร้อนรวม กรณีอบแห้งแบบกะ kJ

m_{AIR} ปริมาณความร้อนที่ต้องการสำหรับการอบแห้ง kg

C_P ความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ $\frac{kJ}{kg \cdot K}$

T_{DRYING} อุณหภูมิของลมร้อนที่ใช้ในการอบแห้ง (K)

T_{AMB} อุณหภูมิของอากาศ (K)

การหาค่าความร้อนจำเพาะ

$C_P = 1.675 + 0.025W$ (กรณีที่ค่า $w > 50\%$)

2.2.5 เครื่องหั่น

เครื่องหั่น เป็นเครื่องจักรที่ทำหน้าที่ในการหั่นชิ้นงาน หรือวัสดุ ให้เป็นชิ้นเล็กๆ โดยทั่วไปประเภทของเครื่องตามลักษณะการใช้งานแบ่งได้ ดังนี้

1. เครื่องสไลด์เนื้อแบบมือ เครื่องมือช่วยในการหั่น รักษาความหนาในการหั่น หลักการทำงานของเครื่องมือนี้คือผลิตภัณฑ์ที่เราจะทำการหั่นวางลงในช่องตรงกลาง และโยกด้ามมีดขึ้นลง ผลิตภัณฑ์ที่ทำการหั่นจะขาดและผ่านช่องว่างระหว่างด้ามมีดและมีด ความหนาของผลิตภัณฑ์ที่ทำการหั่นสามารถปรับตั้งด้วยสกรูจับใบมีด เป็นเครื่องมือที่ต้องใช้แรงงานคนเป็นอย่างมาก ความหนาปรับได้ไม่มาก แสดงดังรูปที่ 2.3

2. เครื่องหั่นผลไม้และสมุนไพรแบบแนวตั้ง เป็นเครื่องหั่นที่ได้รับความนิยมการใช้งานสำหรับทุนแรงในการหั่นผัก เช่น ตระไคร้ เป็นต้น เครื่องมีราคาไม่สูงปัจจุบันจำหน่ายตามร้านขายอุปกรณ์แปรรูปอาหารทั่วไป แสดงดังรูปที่ 2.4

รูปที่ 2.3 เครื่องสไลด์เนื้อแบบมือ

รูปที่ 2.4 เครื่องหั่นผลไม้และสมุนไพรแบบแนวตั้ง

หลักการทำงานของเครื่องหั่นผลไม้และสมุนไพรแบบแนวตั้ง ผู้ใช้ใส่ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการหั่นเข้าไปในช่องด้านหน้า ด้านในเครื่องจะมีมีด 2 หรือ 4 ชุด (แล้วแต่การออกแบบของโรงงานผลิต) มีดหั่นยึดติดกับแผ่นจานหมุน ซึ่งต่อกับมู่เล่ตัวตาม ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ส่งกำลังผ่านสายพาน ใบมีดหมุนวนและหั่น ผลิตภัณฑ์จะถูกหั่นขนาดความหนาตามการตั้งความห่างของใบมีด

และตกลงสู่ด้านล่าง เครื่องหั่นชนิดนี้สามารถใส่ผลิตภัณฑ์ได้เพียงช่องทางเดียว ใส่ได้เพียงทีละชิ้น และผู้ใช้งานจะต้องค่อยจับผลิตภัณฑ์ขณะหั่นตลอดเวลา

3. เครื่องหั่นเนื้อ เครื่องชนิดนี้ออกแบบมาเพื่อการหั่นเนื้อสำหรับเตรียมวัตถุดิบในการปรุงอาหาร มีความรวดเร็วในการหั่น เหมาะกับการหั่นปริมาณมาก และสามารถหั่นต่อเนื่องได้เป็นเวลานาน

หลักการทำงานของเครื่อง จะทำการใส่ผลิตภัณฑ์ลงในช่องด้านบน ภายในมีแกนใบมีด 2 ชุด แต่ละแกนจะประกอบด้วยใบมีดกลมเรียงติดกัน ความห่างของใบมีดถูกตั้งตามความหนาที่ต้องการ แกนใบมีดทั้ง2แกนหมุนทวนกัน แกนฝั่งหนึ่งขับด้วยมอเตอร์ และขับเคลื่อนอีกแกนด้วยเฟืองที่ต่อพ่วงกันไว้ เมื่อผลิตภัณฑ์เจอกับใบมีดจะถูกดูดและหั่นลงสู่ด้านล่างด้วยความรวดเร็ว เครื่องหั่นชนิดนี้สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องและมีกำลังการผลิตสูง เพียงแต่ช่องที่ใส่ผลิตภัณฑ์เป็นช่องที่เตรียมไว้สำหรับเนื้อสัตว์เท่านั่น ลักษณะของเครื่องหั่นเนื้อแสดงดังรูปที่ 2.5

รูปที่ 2.5 เครื่องหั่นเนื้อ

2.2.5 ตู้อบลมร้อน

ตู้อบลมร้อน (Hot air dryer) หรือ เตาอบลมร้อน คือ เตาที่ใช้ทำหน้าที่ในการอบเพื่อไล่ความชื้นออกจาก อาหารหรือวัตถุดิบที่เราต้องการให้แห้ง ช่วยทำให้แห้งเร็วขึ้นทดแทนแทนการทำงานโดยการใช้แสงอาทิตย์ ซึ่งมีของเสียของพลังงานแสงคืออาจไม่มีแสงหรือฝนตก ฝุ่นละออง เป็นต้น ปราศจากนกหนูหรือแมลงรบกวน

ลักษณะของภายนอก ตู้อบลมร้อน มีลักษณะสี่เหลี่ยมผืนผ้า วัสดุนิยมใช้ สแตนเลสล้วน 100% เพื่อป้องกันไอระเหยสารเคมีเข้าไปปนเปื้อนอาหาร มีถาดสำหรับวางอาหาร ถาดสามารถดึงเข้าออกได้มีล้อเลื่อนใช้งานสะดวกสบาย โดยทั่วไปประเภทของเครื่องตามลักษณะการใช้งานแบ่งได้ ดังนี้

1. ตู้อบลมร้อนแบบใช้แก๊ส ตู้อบลมร้อนแบบใช้แก๊สให้อุณหภูมิที่สูง ประหยัดพื้นที่ในการติดตั้ง เหมาะสำหรับการอบขนม และอาหาร แสดงดังรูป 2.6 โดยหลักการทำงานของตู้อบ ใช้พลังงานความร้อนจากหัวแก๊สที่ติดตั้งอยู่ด้านล่าง เผาแผ่นเหล็กหรือลูกเหล็กในห้องเผาให้ร้อน มีพัดลมที่อยู่ด้านบนเป่าลมพาความร้อนให้กระจายตัวไปในตู้อบ ตู้อบลมร้อนแบบใช้แก๊สไม่เหมาะกับการอบสมุนไพร เพราะตู้อบชนิดนี้ให้พลังงานความร้อนที่สูงมาก ทำให้สมุนไพรสูญเสียคุณประโยชน์ และยังควบคุมอุณหภูมิยาก

รูปที่ 2.6 ตู้อบลมร้อนแบบใช้แก๊ส

2. ตู้อบลมร้อนแบบใช้ไฟฟ้า ตู้อบลมร้อนแบบใช้ไฟฟ้า เหมาะสำหรับการอบผลไม้ สมุนไพร ขนม และอาหาร สะดวกในการติดตั้งและใช้งาน สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ง่าย เพราะมีระบบวงจรไฟฟ้าควบคุมตามการปรับตั้งของผู้ใช้ ตู้อบลมร้อนแบบใช้ไฟฟ้าแสดงดังรูปที่ 2.7 หลักการทำงานของตู้อบนี้ แปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นความร้อนด้วยแท่งฮีตเตอร์ ที่อยู่ด้านข้างของตู้อบ พัดลมที่อยู่ด้านบนเป่าลมพาความร้อนกระจายตัวในตู้อบ ตู้อบชนิดนี้อาจจะเจอปัญหาความร้อนไม่

เท่ากันในตู้อบ เพราะแรงลมที่เป่าจะด้านบน จะอ่อนลงเมื่อลงถึงชั้นล่าง และผลิตภัณฑ์ที่ใกล้ผนังตู้จะสุกก่อนตรงกลางตู้

รูปที่ 2.7 ตู้อบลมร้อนแบบใช้ไฟฟ้า

3. ตู้อบลมร้อนใช้พลังงานแสงอาทิตย์ แสดงดังรูปที่ 2.8 ตู้อบแบบหน้ากระจกใสรับแสงอาทิตย์ ตัวตู้ปิดทึบรอบข้างและด้านล่าง มีช่องระบายลมต่อจากพัดลมรับพลังงานจากโซล่าเซลล์

รูปที่ 2.8 ตู้อบลมร้อนใช้พลังงานแสงอาทิตย์

ตู้อบลมร้อนใช้พลังงานแสงอาทิตย์นี้ประหยัดพลังงานเพราะใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ แต่มีข้อเสียที่จะใช้พื้นที่มากในการจัดวางถ้ามีปริมาณผลิตภัณฑ์ปริมาณมาก และถ้าหากวันที่ต้องการอบไม่มีแสงอาทิตย์จะไม่สามารถอบได้

2.2.6 การวางแผนผังสถานประกอบการ (Plant Layout)

การวางแผนผังสถานประกอบการ [20] หมายถึง การกำหนดตำแหนงของพื้นที่ปฏิบัติงาน การติดตั้งเครื่องจักร อุปกรณ์ การกำหนดทิศทางการไหลของทรัพยากร และผลิตภัณฑ์ เพื่อให้การผลิตสินค้าหรือการให้บริการเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยอยู่ภายใต้ข้อจำกัดองค์การ โดยการวางแผนผังสถานประกอบการมีวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. เพื่อให้การใช้พื้นที่เกิดประโยชน์อย่างเต็มที่
2. เพื่อลดระยะทางและเวลาการเคลื่อนย้ายทรัพยากรการดำเนินงาน
3. เพื่อสะดวกในการปฏิบัติงาน แบ่งพื้นที่ให้เหมาะสม
4. เพื่อให้เกิดสภาพแวดล้อมที่ดีและความปลอดภัยสูงสุด
5. เพื่อกำหนดขอบเขตความรับผิดชอบในการปฏิบัติงาน

หลักเกณฑ์ในการวางแผนผังสถานประกอบการ มีหลักเกณฑ์ ดังต่อไปนี้

1. ความคล่องตัวสูง (maximum flexibility)
2. การประสานงานที่ดีที่สุด (maximum co- ordination)
3. การใช้พื้นที่ให้มากที่สุด (maximum use of space)
4. การมองเห็นได้มากที่สุด (maximum visibility)
5. การเข้าถึงได้ง่ายที่สุด (maximum accessibility)
6. ระยะทางการเคลื่อนย้ายที่สั้นที่สุด (minimum distance)
7. การเคลื่อนย้ายน้อยที่สุด (minimum handling)
8. สภาพแวดล้อมการทำงานที่ดีที่สุด (maximum comfort)
9. ความปลอดภัย (inherent safety)
10. สิ่งบริการอื่นๆ (others service)

2.2.7 การจัดสมดุลสายงานการผลิต (Production Line Balancing)

การจัดสมดุลสายการผลิต [20] คือ การจัดงานให้กับสถานีงานต่างๆในโรงงานที่มีการผลิตต่อเนื่องกันไปตลอดสายการผลิต โดยพยายามให้ภาระงานในแต่ละสถานีงานมีความสมดุลกัน กล่าวคือ มีอัตราการทำงานและเวลาที่ใช้ในแต่ละสถานีงานเท่ากัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้จำนวนสถานีงานที่จำเป็นในสายการผลิตที่น้อยสุดหรือมีประสิทธิภาพของสายการผลิตสูงสุด ซึ่งวัตถุประสงค์ดังกล่าวจะสามารถบรรลุได้โดยการจัดงานเข้าสถานีงานที่สามารถทำให้เวลาว่างงานของสถานีงานน้อยที่สุดซึ่งส่งผลให้ต้นทุนการว่างงานต่ำสุด และทำให้สายการผลิตมีอัตราการผลิตสอดคล้องกับความต้องการ

ระบบการผลิต ระบบการผลิตโดยทั่วไป การผลิตสินค้าจากโรงงานต่างๆ อาจแบ่งตามลักษณะการผลิตได้ 2 ประเภท คือ

1. การผลิตแบบต่อเนื่อง (Continuous Manufacturing) กระบวนการผลิตสินค้าที่มีจำนวนมาก มีลักษณะคล้ายกัน มีกระบวนการผลิตที่ต่อเนื่องกันไปตลอด ขั้นตอนแน่นอน เครื่องจักรที่ใช้งานมีขนาดใหญ่ การผลิตจะเริ่มจากการป้อนวัตถุดิบไปในสายการผลิต ตำแหน่งการทำงานจะถูกกำหนดตามลำดับขั้น เป็นสายการผลิต (Production Line) ซึ่งในสายการผลิตจะแบ่งเป็นจุดทำงาน หรือสถานีงาน (Work Station) หลายๆ สถานีต่อเนื่องกันจนเป็นสินค้าสำเร็จรูป กระบวนการผลิตยังสามารถแบ่งออกได้ 3 แบบ คือ

1.1 กระบวนการผลิตแบบต่อเนื่องแบ่งตามชนิดของระบบการผลิต แบ่งเป็นสายการผลิตแบบส่งถ่าย (Transfer Line) เป็นการผลิตที่อาศัยการทำงานของเครื่องจักรอัตโนมัติ โดยส่งวัตถุดิบและงานระหว่างการผลิตผ่านขั้นตอนของเครื่องจักรต่างๆ โดยอัตโนมัติ และสายการผลิตแบบงานประกอบ (Assembly Line) โดยส่วนใหญ่จะได้แรงงานคนในการประกอบชิ้นส่วนต่างๆ เข้าด้วยกัน

1.2 กระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง แบ่งตามชนิดของสินค้า

1) สายการผลิตแบบสินค้าชนิดเดียว เป็นสายการผลิตที่จัดขึ้นสำหรับการผลิตสินค้าชนิดเดียวโดยเฉพาะ

2) สายการผลิตแบบสินค้าหลายชนิด สายการผลิตที่ผลิตสินค้าตั้งแต่สองชนิดขึ้นไป แต่สินค้าที่ผลิตมีกระบวนการผลิตที่ใกล้เคียงกัน

3) สายการผลิตแบบผสม

1.3 กระบวนการผลิตแบบต่อเนื่องแบ่งวิธีการเคลื่อนย้ายงานระหว่างสถานีงาน

1) การเคลื่อนย้ายงานด้วยมือ

2) การเคลื่อนย้ายงานโดยสายพาน

2. การผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Manufacturing) จะเกี่ยวข้องกับการผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทที่เป็นชิ้นเดี่ยวๆ สามารถแบ่งได้ 3 ประเภท

2.1 การผลิตปริมาณมาก (Mass Production) การผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลายน้อยแต่มีจำนวนในการผลิตสูง เครื่องจักรที่ใช้จะเป็นเครื่องที่ออกแบบเป็นพิเศษสำหรับงานผลิตลักษณะนี้โดยเฉพาะ

2.2 การผลิตแบบชุด (Batch Production) การผลิตที่มีจำนวนชิ้นงานในแต่ละชุดน้อยๆ และการดำเนินงานแต่ละชนิดที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานซึ่งจัดอยู่ในชุดเดียวกัน จะต้องถูกทำให้เสร็จสิ้นสมบูรณ์ก่อนที่การดำเนินงานชนิดต่อไปจะเริ่มขึ้นได้ ระบบการผลิตจะมีความยืดหยุ่นพอสมควร

2.3 การผลิตแบบตามงาน (Job Shop Production) การผลิตผลิตภัณฑ์จำนวนน้อยแต่มีความหลากหลายมาก ใช้เครื่องจักร เครื่องมือ อุปกรณ์ที่มีความยืดหยุ่นสูง อาศัยช่างผู้มีความชำนาญเป็นผู้ดำเนินการผลิต

สายการผลิต (Production Line) ประกอบไปด้วยสถานีงาน (Work Station) และหน่วยงาน (Work Center) ที่ถูกจัดเรียงตามลำดับเป็นเส้นตรงหรือเส้นโค้ง หนึ่งสถานีงานหมายถึง พื้นที่ทางกายภาพที่มีพนักงาน 1 คนกับเครื่องมือ หรือพนักงาน 1 คนกับเครื่องจักรหนึ่งเครื่องหรือมากกกว่า หรือมีเครื่องจักรที่ไม่ต้องใช้คนดูแล เช่น หุ่นยนต์ที่ถูกออกแบบมาเพื่อการทำงานเฉพาะอย่างสำหรับหนึ่งหน่วยงาน หมายถึงกลุ่มย่อยที่มีสถานีงานที่เหมือนๆ กัน แต่ละสถานีงานในหน่วยงานจะมีชุดของงานที่ต้องปฏิบัติเหมือนๆ กัน เป้าหมายของการวิเคราะห์เพื่อจัดสมดุลสายการผลิตก็คือ การหาจำนวนสถานีงานที่เหมาะสมและการจัดงานเข้าแต่ละสถานีงานเพ่อจะทำให้มีจำนวนของคนงานที่ต้องใช้น้อยที่สุด และจำนวนของเครื่องจักรที่จำเป็นต้องใช้น้อยที่สุดเพื่อให้กำลังการผลิตตามต้องการ

คุณลักษณะของสายงานผลิต

1. การปฏิบัติงานจะถูกจัดไปตามลำดับขั้นของการผลิตผลิตภัณฑ์
2. ถูกใช้เมื่อระบบสายการผลิตควบคุมดูแลผลิตภัณฑ์น้อยชนิดแต่ปริมาณค่อนข้างมาก
3. การดำเนินงานและพนักงานจะมุ่งไปที่การผลิตภัณฑ์ชนิดเดียว
4. อุปกรณ์ที่ใช้เป็นจุดประสงค์เฉพาะงาน
5. งานด้านการวางแผน การจัดตารางการผลิต และการควบคุมค่อนข้างจะเป็นแบบเดินตรงไปข้างหน้า

ช่วงเวลาระหว่างที่ผลิตภัณฑ์ถูกทำเสร็จออกมาแต่ละหน่วยที่ปลายสายการผลิต เราจะเรียกว่าหนึ่งรอบเวลา (Cycle Time) เช่น ถ้าเราต้องการให้มีผลิตภัณฑ์ออกมาที่สายการผลิตทุกๆ 5 นาที สายการผลิตของเราก็คือ 5 นาที นั่นหมายความว่าจะต้องมีงานออกมาทุกๆสถานีงานในทุกๆ 5 นาที หรือน้อยกว่า แต่ถ้ามีงานที่สถานีหนึ่งต้องใช้เวลา 10 นาที ซึ่งมากกว่ารอบเวลาผลิตที่ต้องการก็ต้องใช้ 2 สถานีที่เหมือนกันมารวมกันในหนึ่งหน่วยงาน ซึ่งจะทำให้มีผลิตภัณฑ์ออกมาจากหน่วยงานดังกล่าว 2 หน่วยในทุกๆ 10 นาที หรือเทียบกับหนึ่งหน่วยในทุกๆ 5 นาที

เพื่อให้สามารถทำความเข้าใจกับเนื้องานที่จะกล่าวต่อไปได้ดียิ่งขึ้น จะขออธิบายความหมายของคำบางคำโดยสังเขป ดังนี้ งานย่อยหรืองาน (Task) หมายถึง องค์ประกอบของงานหลัก (Work) งานที่มาก่อน (Task Procedence) เป็นการจัดลำดับก่อนหลังว่างานใครควรจะทำก่อน โดยจะแสดงเป็นรายการที่ต้องอยู่ก่อนหน้าทันที (Immediately Procede) ของแต่ละงาน เวลางาน (Task Time) เป็นปริมาณเวลาที่ใช้ในการทำงานหนึ่งงานสำหรับพนักงานที่ได้รับการอบรมมาอย่างเหมาะสม หรือเครื่องจักรที่ไม่ใช้คน เวลางานโดยทั่วไปจะแสดงในรูปของนาทีหรือวินาที รอบเวลาการผลิต (Cycle Time) ช่วงเวลาที่ผลิตภัณฑ์จะออกมาที่ปลายสายการผลิตทีละหน่วย เช่น 10นาทีต่อหน่วย โดยทั่วไปรอบเวลาผลิตจะขึ้นอยู่กับอัตราการผลิตที่ต้องการ เช่น ถ้าอัตราการผลิตเท่ากับ 10 หน่วยต่อชั่วโมง หมายถึง รอบเวลาผลิตเท่ากับ 6 นาทีต่อหน่วย เวลาผลิตต่อชั่วโมง (Productive Time Per Hour) ปริมาณเวลาการทำงานโดยเฉลี่ยในแต่ละชั่วโมงของสถานีงาน เช่น 50 นาทีต่อชั่วโมง สำหรับ 10นาทีที่หายไปอาจจะเนื่องมาจากเครื่องจักรหรือคนงานไม่มีการทำงาน เช่น ช่วงเวลาทานอาหารกลางวัน ช่วงเวลาพักระหว่างทำงาน เวลาส่วนตัว เครื่องจักรเสีย ชิ้นงานไม่เข้า เป็นต้น สถานีงาน (Work Station) ตำแหน่งที่ตั้งสถานที่ทำงานที่ได้รับมอบหมายให้ทำงานกลุ่มหนึ่งเป็นการเฉพาะซึ่งงานกลุ่มดังกล่าว ซึ่งงานกลุ่มดังกล่าวอาจจะต้องการความชำนาญในลักษณะคล้ายๆ กัน ซึ่งสามารถทำงานให้เสร็จภายในรอบเวลาที่กำหนดด้วยพนักงานคนเดียว หรือเครื่องจักรอัตโนมัติชุดเดียว หน่วยผลิต (Work Center) ตำแหน่งที่ตั้งสถานที่ทำงานได้มีการจัดสถานีงานที่เหมือนกัน 2 สถานีหรือมากกว่าเอาไว้ด้วยกัน กรณีที่มีความจำเป็นจะต้องจัดสถานีงานมากกว่าหนึ่งสถานีเพื่อให้เพียงพอกับกำลังการผลิตตามที่ได้พิจารณาจากกรอบกรอบเวลาการผลิต จำนวนสถานีงานจริง (Actual Number of Work Stations) คือจำนวนสถานีงานทั้งหมดที่ต้องการตลอดสายการผลิต ซึ่งคำนวณจากผลรวมของจำนวนสถานีงานที่เปิดทำงานจริงจากการจัดเข้าสถานีงาน กระบวนการฮิวรีสติก (Heuristic Process) เป็นวิธีการในการพิจารณาคัดเลือกงานเพื่อกำหนดให้กับสถานีงานโดยใช้หลักเกณฑ์ง่ายๆ ที่ให้ผลเป็นไปได้ทางปฏิบัติหลายๆ เกณฑ์เปรียบเทียบกัน เพื่อหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด โดยทั่วไปกระบวนการฮิวรีสติกจะให้ผลลัพธ์ที่ค่อนข้างดีมาก (85 – 95%) แต่ไม่อาจรับประกันว่าดีที่สุด

วิธีจัดสมดุลสายการผลิตโดยวิธีฮิวรีสติกส์ (Heuristics) ซึ่งเป็นวิธีที่อยู่บนพื้นฐานของกฎเกณฑ์ง่ายๆ สามารถให้คำตอบที่ดีในการจัดสมดุลสายการผลิต มีรายละเอียดดังนี้

1. กำหนดงานย่อยต่างๆ (Tasks) ที่จำเป็นต่อการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์
2. กำหนดลำดับความสัมพันธ์ก่อนหลังความสัมพันธ์ของงานย่อยต่างๆ
3. เขียนแผนภาพความสัมพันธ์ลำดับก่อนหลังของงานย่อย
4. ประมาณการเวลาของงานย่อยต่างๆ
5. คำนวณรอบเวลาผลิต
6. คำนวณจำนวนสถานีงานที่น้อยที่สุด
7. ใช้วิธีฮิวรีสติกส์ ในการกำหนดงานย่อยให้กับแต่ละสถานีงานเพื่อให้สายงานผลิตสมดุล
8. คำนวณประสิทธิภาพของสายการผลิต
9. หากผลการจัดสมดุลไม่เป็นที่พอใจ จัดสมดุลใหม่โดยใช้เกณฑ์ใหม่

หลักการของการจัดสมดุลสายการผลิต การพยายามที่จัดให้สถานีงานต่างๆ มีอัตราการทำงาน หรือเวลาที่ใช้ในการผลิตแต่ละชิ้นเท่าๆ กัน การจัดสมดุลสายงานการผลิตจะเริ่มจากกำหนด รอบเวลาการผลิต (Cycle Time) ลำดับขั้นตอนงานต่างๆ และเวลามาตรฐานของการทำงานแต่ละชิ้นงานของงานนั้นๆ จากนั่นก็จะพยายามรวมขั้นตอนงานเข้าด้วยกันให้เป็นสถานีงาน โดยพยายามให้มีเวลาว่างทั้งหมดน้อยที่สุด

เป้าหมายของการจัดสมดุลสายการผลิต

1. ต้องการหาจำนวนตำแหน่งงานที่น้อยที่สุด โดยจำนวนการผลิตคงที่ (Fixed Production for Optimum Operators)
2. ต้องการผลผลิตที่มากที่สุด โดยใช้พนักงานเท่าเดิม (Fixed Operators for Maximum Production)

คำจำกัดความที่เกี่ยวข้องกับการจัดสมดุลสายการผลิต

1. การศึกษาเวลา (Time Study) เป็นการวัดผลการทำงาน หรือเพื่อหาเวลามาตรฐาน โดยผู้ที่ทำการศึกษาเวลาต้องไปดูการปฏิบัติงานของพนักงาน และทำการจับเวลาในการทำงานนั้นด้วยนาฬิกาจับเวลา ซึ่งในการศึกษาเวลาจะต้องจับเวลาของพนักงานที่ได้รับการฝึกงานมาดีแล้ว ทำงานนั้นด้วยวิธีการที่กำหนดในอัตราปกติ

งานที่ควรเลือกมาทำการศึกษาเวลา ควรมีลักษณะดังนี้

- งานใหม่ที่ไม่เคยศึกษาเวลามาก่อน
- งานที่มีการเปลี่ยนแปลงวัสดุ หรือวิธีการทำงานใหม่
- งานที่ทำให้เกิดปัญหาการติดขัดขึ้น (Bottle Neck) ในสายการผลิต
- งานที่ได้ผลผลิตต่ำหรือมีเวลาว่างของอุปกรณ์และเครื่องจักรมาก
- งานที่มีค่าใช้จ่ายในการผลิตสูง (พนักงาน เวลาผลิต ของเสียเครื่องจักร)

2. Takt Time (T/T) วงรอบของเวลาในการผลิตผลิตภัณฑ์ 1 หน่วย เพื่อให้ได้จำนวนผลิตภัณฑ์ตามเป้าหมายที่ฝ่ายวางแผนต้องการ

วิธีการ : ได้จากการนำเวลาในการผลิตทั้งหมดหารด้วยจำนวนที่ฝ่ายวางแผนต้องการซึ่งสามารถแสดงได้ดังสมการที่ 2.14

$$\text{Takt Time (T/T)} = \frac{Working_Time}{Planning_\text{Re}quirement} \qquad (2.14)$$

3. Cycle Time (C/T) วงรอบของเวลาในการผลิตผลิตภัณฑ์ดี 1 หน่วย โดยการจับเวลาที่หน้างาน

วิธีการ : ได้จากการจับเวลาจริงของรอบการทำงาน (จับจุดไหนก็ได้แต่ต้องกลับมาครบรอบที่จุดเดิม) เวลาการทำงานที่ผิดปกติ จะถูกตัดออก หน่วยที่ได้ คือ เวลาต่อหน่วย เช่น วินาที/ชิ้น , นาที/แผ่น เป็นต้น กรณีที่กระบวนการนั้นทำงานเหมือนกัน แต่มีเครื่องจักรงานหลายเครื่อง หรือจำนวนคนในกระบวนการนั้นๆด้วย ซึ่งสามารถแสดงได้ดังสมการที่ 2.15

$$\text{Cycle Time (C/T)} = \frac{Available_Time_Period}{Output_Units_\text{Re}quired/Period} \qquad (2.15)$$

4. Standard Time (S/T) เวลามาตรฐานที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ 1 หน่วย (ชิ้น ,แผ่น หรือล็อต) ตั้งแต่การ Input ที่กระบวนการแรกจนออกมาเป็น Output ที่กระบวนการสุดท้าย โดยใช้พนักงาน 1 คน

วิธีการ : ผลรวมของ Cycle Time ที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เพียง 1 หน่วย ที่ไหลผ่านตั้งแต่ Input ที่กระบวนการแรกจนออกมาเป็น Output ที่กระบวนการสุดท้าย ซึ่งสามารถแสดงได้ดังสมการที่ 2.16

$$\text{Standard Time (S/T)} = \sum \text{Cycle Time (C/T)} \qquad (2.16)$$

บทที่ 3
ข้อมูลเบื้องต้นและการออกแบบ

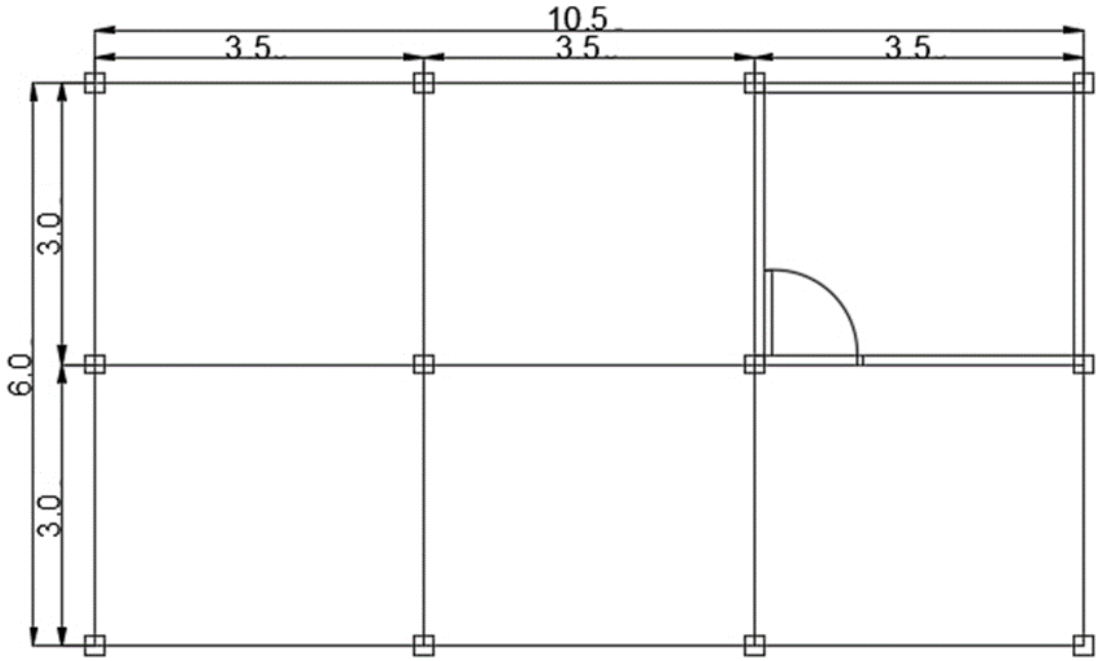
จากข้อมูลในบทที่ผ่านมาเป็นการกล่าวถึงงานวิจัยและทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบกระบวนการผลิตกล้วยผง ซึ่งทำให้ผู้วิจัยสามารถนำข้อมูลที่ได้มาเป็นแนวคิดในการออกแบบวิธีการดำเนินงานได้อย่างเหมาะสมและสอดคล้องกับทรัพยากรที่มีอยู่ของฟาร์ม โดยมีรายละเอียดแต่ละขั้นตอน ดังนี้

3.1 ข้อมูลเบื้องต้น

3.1.1 ผลการศึกษาข้อมูลการบริหารงานและทรัพยากรหลักของฟาร์ม

ซาไก ฟาร์ม เป็นบริษัทดำเนินธุรกิจการเพาะปลูกพืชผลทางการเกษตร เช่น กล้วยน้ำว้า กล้วยหอม ทุเรียน มังคุด เป็นต้น ลักษณะการดำเนินงานอยู่ในรูปแบบการเก็บเกี่ยวผลผลิตและนำไปจำหน่ายต่อยังตลาดหรือพ่อค้าคนกลาง ซึ่งไม่ได้มีการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร โดยเริ่มปลูกผลิตผลทางการเกษตรตั้งแต่ปี 2558 บนเนื้อที่รวมประมาณ 20 ไร่ ในเขตจังหวัดตรัง กิจการได้ทำการจดทะเบียนรูปแบบบริษัทจำกัด ในปี 2560 ปัจจุบันกิจการมีผู้บริหาร 2 คน ในการบริหาร ดูแลการจัดการภายใน และพนักงานดูแลสวนประจำจำนวน 3 คน ที่เหลือเป็นพนักงานรายเหมาสำหรับช่วงการเก็บเกี่ยวและขนส่งจำนวน 8 คน โดยรูปแบบการจัดสรรหน้าที่ความรับผิดชอบภายในกิจการ จะให้ความสำคัญในการดำเนินงาน 2 ด้าน คือด้านการตลาด ตั้งแต่การจัดหา ติดต่อ ประสานงานและดูแลลูกค้า และการควบคุมคุณภาพผลผลิต ตั้งแต่การจัดเตรียมเมล็ดพันธ์และพื้นที่ดินเพาะปลูก จนถึงระยะการเก็บเกี่ยวของผลิตผลทางการเกษตร รวมทั้งการจัดหาคนงานสำหรับเก็บเกี่ยวและขนส่งผลผลิตอีกด้วย นอกจากนี้ในปี 2562-2565 กิจการมีแผนในการแปรรูปหรือเพิ่มมูลค่าผลิตผลทางการเกษตรเพื่อสร้างรายได้เพิ่มขึ้นให้กับกิจการ โดยมุ่งเน้นในรายพืชผลทางเกษตรหลักของฟาร์ม ได้แก่ กล้วยน้ำว้า

ผู้บริหารได้ทำการจัดสรรพื้นที่สำหรับการสร้างโรงงานผลิตกล้วยผง ซึ่งถือเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มโดยการแปรรูปกล้วยน้ำว้า ขนาดพื้นที่ที่ได้จัดสรรแสดงดังรูปที่ 4.1 พื้นที่มีหน้ากว้าง 6 เมตร และด้านยาว 10.5 เมตร โดยด้านหน้ากว้างจะติดกับเส้นทางถนนของในหมู่บ้าน และรอบๆ ของพื้นที่จะติดกับสวนผลไม้



รูปที่ 3.1 ขนาดพื้นที่ที่ถูกจัดสรรในการสร้างโรงงานผลิตกล้วยผง

รูปที่ 3.2 การดำเนินงานลงสำรวจพื้นที่จริงในการสร้างโรงงาน

3.1.2 ผลการศึกษาปัจจัยด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตกล้วยผง

เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ในกระบวนการผลิตกล้วยผง พบว่ามีปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่ต้องทำการประเมินความเป็นความเป็นไปได้และความสามารถในการดำเนินงานโดยสังเขป ซึ่งสามารถสรุปได้ 3 ด้านดังนี้

1. ด้านการลงทุน เมื่อพิจารณามูลค่าของการลงทุนในการดำเนินงานสำหรับการผลิตกล้วยผง ได้แก่ การสร้างโรงงานการผลิต และจัดสรรทรัพยากรที่ต้องใช้ในการผลิต ทั้งส่วนที่เป็นเครื่องจักร เครื่องมืออุปกณ์ และส่วนงานสนับสนุน ได้แก่ สำนักงานขาย สาธารณูปโภคที่เกี่ยวข้อง จากการประเมินมูลค่าเงินลงทุนแรกเริ่ม ประมาณ 2 ล้านบาท จากการสอบถามความพร้อมด้านเงินลงทุน พบว่า ผู้บริหารมีความพร้อมในการลงทุน

2. ด้านการตลาด เมื่อพิจารณาด้านการตลาด กลุ่มลูกค้าเป้าหมายโดยเฉพาะลูกค้าในกลุ่มแรก พบว่า ลูกค้าหลักเป็นสถานพยาบาล และร้านค้าในพื้นที่ ซึ่งต้องการสินค้าเพื่อสุขภาพ จำหน่ายเพื่อลูกค้ากลุ่มบริโภคโดยตรง ซึ่งกลุ่มลูกค้าเป้าหมายมีขนาดค่อนข้างใหญ่ มีความต้องการสินค้าในปริมาณมาก อีกทั้งผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพมีแนวโน้มในการบริโภคมากขึ้น จึงมีความเป็นไปได้ว่า มีตลาดรองรับและกำลังการซื้อกล้วยผงสูง

3. ด้านชุมชนและสิ่งแวดล้อม เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านชุมชนและสิ่งแวดล้อมในพื้นที่รอบบริเวณพื้นที่ผลิตกล้วยผง พบว่า ในกระบวนการผลิตกล้วยผง ไม่เกิดมลพิษด้านต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อพื้นชุมชนโดยรอบ

3.2 การออกแบบขั้นตอนการผลิตและกำหนดทรัพยากร

ออกแบบขั้นตอนการผลิตกล้วยผง โดยการนำข้อมูลขั้นตอนการผลิตดังกล่าว เพื่อนำมาวางแผนและออกแบบการดำเนินงาน รวมทั้งการใช้เครื่องจักร เครื่องมืออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง และพนักงาน ในแต่ละขั้นตอนอย่างเหมาะสม โดยสามารถสรุปผลการวางแผนการใช้ทรัพยากรในแต่ละขั้นตอน มีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 ออกแบบขั้นตอนการผลิต

จากการศึกษาขั้นตอนการผลิตในทฤษฎี จากทั้งงานวิจัย วารสาร และบทความในอินเตอร์เน็ต ได้ทำการทดลองตาม ในบางขั้นตอนของการแปรรูป ผู้วิจัยมีความเห็นว่าสามารถข้ามไม่ต้องทำในบางขั้นตอนได้ คือ 1.ขั้นตอนลวกในน้ำเดือดแล้วมาแช่ในน้ำเย็น จุดประสงค์เพื่อช่วยให้การปอกเปลือกได้ง่ายขึ้น ขั้นตอนนี้สามารถข้ามได้ โดยเราสามารถทำการปอกโดยไม่ต้องต้ม และแช่น้ำเย็น ผู้วิจัยมีความคิดเห็นว่าการปอกเปลือกกล้วยโดยไม่ต้ม และแช่น้ำเย็นก็สามารถทำได้ เพียงแต่จะต้องระวังในการปอกไม่ให้เนื้อกล้วยติดกับเปลือกในขณะปอก หากปอกเปลือกกล้วยแล้วนำไปต้มและแช่น้ำเย็น กล้วยจะมีลักษณะดำคล้ำแสดงดังรูปที่ 3.3 และกล้วยที่ปอกโดยไม่ทำการต้มและแช่น้ำเย็นก่อนปอกเปลือก ผิวของกล้วยจะขาว ไม่คล้ำแสดงดังรูปที่ 3.4

รูปที่ 3.3 ลักษณะกล้วยปอกเปลือกโดยการต้มและแช่น้ำเย็น

รูปที่ 3.4 ลักษณะกล้วยปอกเปลือกโดยการไม่ต้มและแช่น้ำเย็น

สีของกล้วยที่อบได้สีผิวของกล้วยที่ดี เมื่อบดจะได้กล้วยผงที่ไม่คล้ำ และความชื้นของกล้วยไม่สูงลดภาระในการอบไปได้ด้วย 2.การแช่สารละลายโซเดียมไบตาซัลไฟต์เพื่อป้องกันผิวของกล้วยคล้ำ ลดความชื้นที่กล้วยจะได้รับจากการแช่สารละลาย การป้องกันผิวของกล้วยคล้ำหลังจาก

การปอกเปลือกและหั่น คือ ผู้วิจัยจะนำกล้วยที่ปอกเปลือกและหั่นแล้วใส่ในถาดพักและนำผ้าหรือพลาสติกคลุมเพื่อลดการสัมผัสระหว่างกล้วยกับอากาศ ซึ่งส่งผลต่อการคล้ำของสีผิวแสดงดังรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 กล้วยที่ทำการหั่นแล้วจัดเก็บลงถาดพักก่อนจะคลุมแผ่นพลาสติก

งานวิจัยผลิตกล้วยผงจึงมีขั้นตอนการผลิตคือ การรับกล้วยน้ำว้า ทำความสะอาด ปอกเปลือก หั่น อบแห้ง และบดผง

3.2.2 การกำหนดทรัพยากรที่ต้องใช้ในแต่ละขั้นตอนการผลิต

การวิเคราะห์ข้อมูลการศึกษาขั้นตอนการผลิตกล้วยผง ใช้ข้อมูลที่ได้นำมาออกแบบกระบวนการผลิตกล้วยผงในกรณีศึกษา เพื่อให้ได้ตามเป้าหมายที่กำหนด กำหนดทรัพยากรที่สำคัญ ได้แก่ เครื่องจักร เครื่องมืออุปกรณ์หลักที่จำเป็นในแต่ละขั้นตอน และพนักงาน ซึ่งสามารถสรุปข้อมูลรายละเอียดการใช้ทรัพยากรในแต่ละขั้นตอนการผลิตกล้วยผง แสดงดังตารางที่ 3.1 ทรัพยากรที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนการผลิตกล้วยผง แบ่งเป็น 1. ส่วนเครื่องจักร ได้แก่ เครื่องหั่นกล้วย ตู้อบลมร้อน และเครื่องบดผงแบบโรเตอร์ ในลำดับขั้นตอนที่ 4, 5 และ 6 ตามลำดับ 2. ส่วนเครื่องมือและอุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้ และจำนวนพนักงาน โดยจากออกแบบขั้นตอนการผลิตจะต้องใช้พนักงานอย่างน้อยรวมทั้งสิ้น 5 คน ซึ่งในขอบเขตงานวิจัยนี้ จะมุ่งเน้นที่การสร้าง ออกแบบ และจัดหาเครื่องจักรเพื่อให้มีประสิทธิภาพการผลิตให้ได้เป้าหมายตามที่ต้องการ

ตารางที่ 3.1 ทรัพยากรที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนการผลิตกล้วยผง

ลำดับ	ขั้นตอน	รายละเอียดขั้นตอน	เครื่องจักร	เครื่องมืออุปกรณ์และอื่นๆ	พนักงาน (คน)
1	รับกล้วยน้ำว้า(หวี)	ตัดกล้วยให้เป็นลูก		โต๊ะรับวัตถุดิบ, มีด, เขียง	3
2	ทำความสะอาด	ทำความสะอาดผิวของกล้วย		อ่างล้าง, ถาดพัก	
3	ปอกเปลือก	ทำการปอกเปลือกและพักไว้ในถาด		มีด, ถาดพัก	
4	หั่น	ทำการป้อนกล้วยเข้าเครื่องหั่น	เครื่องหั่น	ถาดพัก	
5	อบแห้ง	ทำการเรียงกล้วยลงถาดและนำเข้าชั้นตู้อบ	ตู้อบลมร้อน	ถาดพัก	2
6	บดผง	นำกล้วยมาบดด้วยเครื่องบด	เครื่องบดผง	ถุงเก็บ	

3.3 การออกแบบเครื่องจักร

การออกแบบเครื่องจักร สำหรับกระบวนการผลิตกล้วยผง ในขอบเขตงานวิจัย จะครอบคลุมขั้นตอน 3 ขั้นตอน ได้แก่ เครื่องหั่นกล้วยสำหรับขั้นตอนการหั่นกล้วยให้เป็นชิ้น ตู้อบลมร้อนสำหรับขั้นตอนการอบแห้งกล้วยหลังจากการหั่น และเครื่องบดผงสำหรับขั้นตอนการบดกล้วยให้เป็นกล้วยผงก่อนทำการบรรจุ สำหรับการออกแบบเครื่องจักรมีข้อจำกัดในการออกแบบคือ กำลังไฟฟ้า โรงเรือนที่จะทำการติดตั้งเครื่องจักรและผลิตกล้วยผง ติดตั้งไฟฟ้าแบบ 1 เฟส แรงดันไฟฟ้า 220 กระแสไฟตรง ซึ่งจะต้องออกแบบให้เหมาะกับข้อจำกัดนี้ โดยรายละเอียดการออกแบบเครื่องจักรและความต้องการในแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

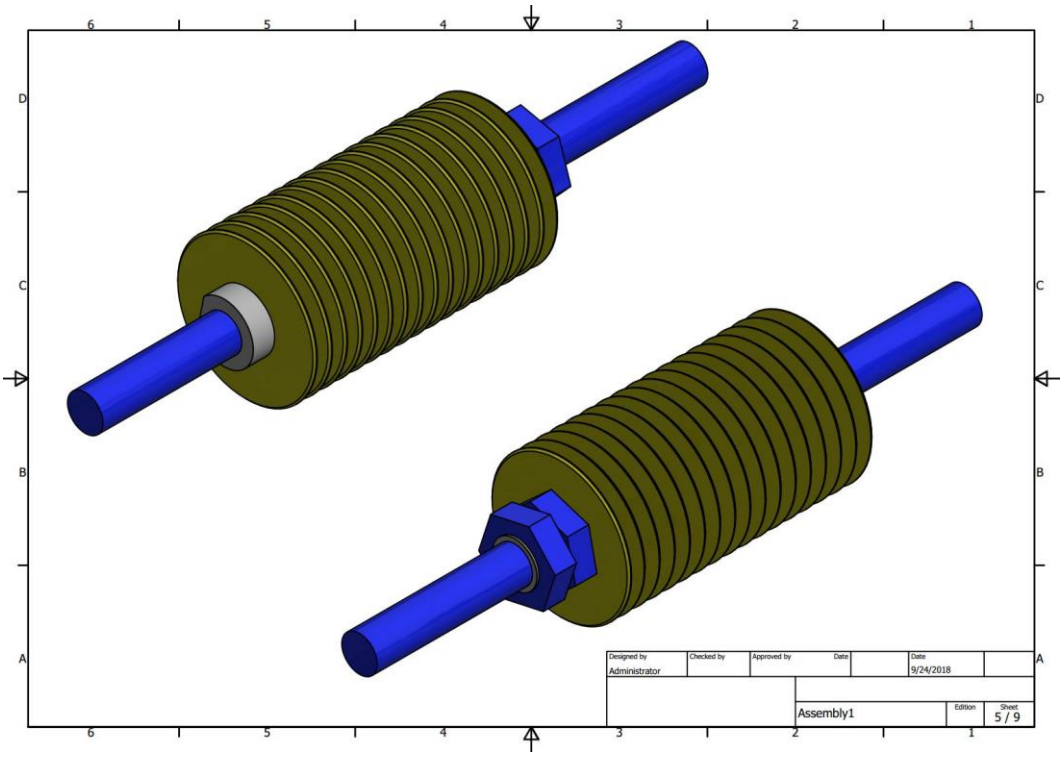
3.3.1 การออกแบบเครื่องหั่นกล้วย

เครื่องหั่นกล้วยสำหรับหั่นกล้วยให้เป็นชิ้นเล็กๆ ขนาดตามความต้องการหรือเหมาะสมสำหรับการนำไปอบ ขนาดของกล้วยที่ทางผู้วิจัยได้ทำการทดลอง ขนาดที่ผู้วิจัยเลือกมาจากการการทดลองที่หาว่าความหนา และทิศทางการหั่นของกล้วยที่สามารถอบให้แห้ง และนำมาบดละเอียดได้ ความหนาสำหรับหั่นนั้นคือ ความหนา 7 มิลลิเมตร หรือน้อยกว่า ความหนาของชิ้นกล้วยที่เลือกสามารถอบ และบดได้ ทิศทางการหั่นที่ทดลองคือ แบบหั่นขวาง (เป็นแว่นวงกลม) และแบบหั่นตามยาวผลกล้วย แสดงดังรูปที่ 3.6 ทดลองอบแห้งในเวลาเท่ากันจนแห้ง พบว่า ทิศทางการ

หั่นกล้วยไม่มีผลต่อการอบแห้ง ผู้วิจัยเลือกการหั่นแบบตามยาวของผลกล้วย ช่วยให้ตู้อบสามารถบรรจุกล้วยได้ปริมาณมากต่อการอบหนึ่งครั้ง

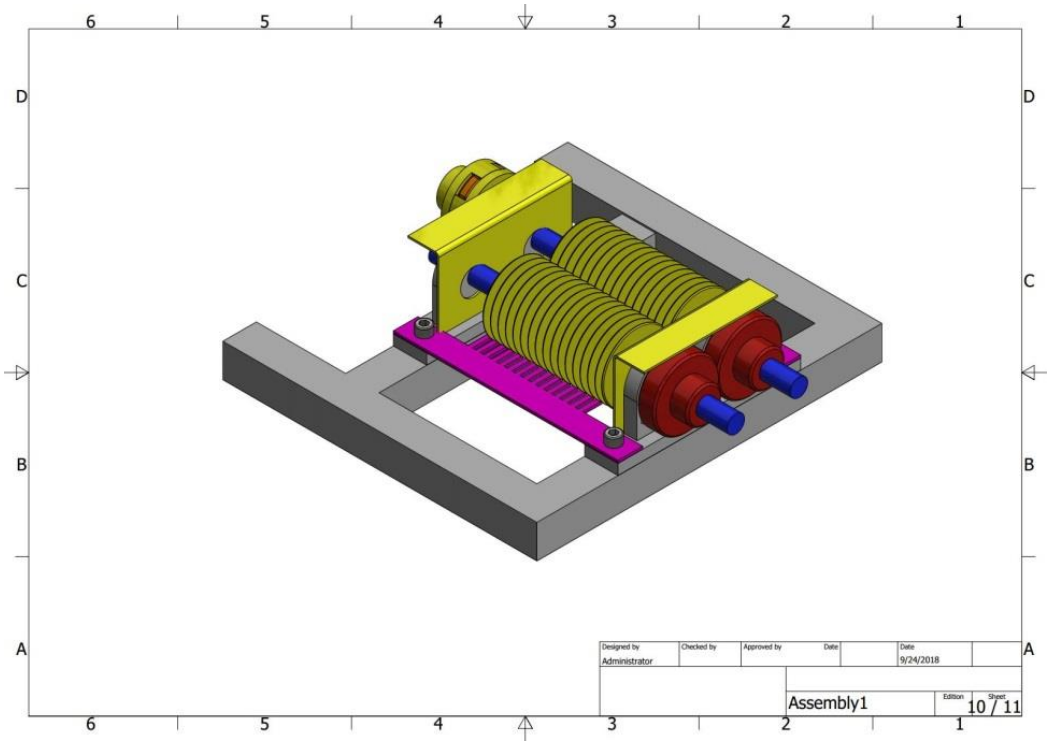
รูปที่ 3.6 เปรียบเทียบลักษณะชิ้นกล้วยหั่นยาว และขวาง อบแห้ง

จากข้อมูลขนาดความหนาที่เหมาะสมสามารถนำมาออกแบบรูปแบบใบมีดของเครื่องหั่นแสดงดังรูปที่ 3.7



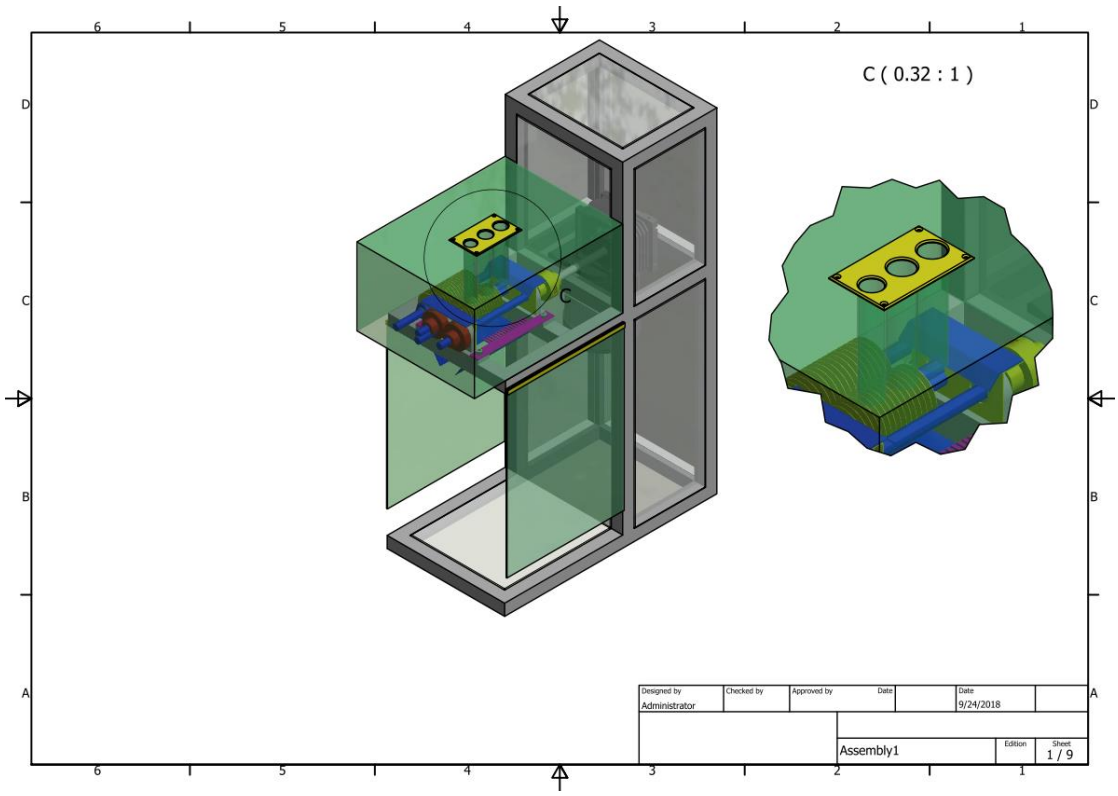
รูปที่ 3.7 แบบ (Drawing) ชุดแกนใบมีดเครื่องหั่นกล้วย

ใบมีดมีความห่างระหว่างใบเท่ากับ 7 มิลลิเมตร เพื่อการหั่นกล้วยให้ได้ขนาดความหนา 7 มิลลิเมตรหรือต่ำกว่า ใบมีดขนาดโตวัดนอก 78 มิลลิเมตร 2 แกน มีระยะห่างจุดกึ่งกลางแกนเพลา 72 มิลลิเมตร เพื่อรับขนาดความโตของกล้วยแสดงดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 แบบ (Drawing) ชุดใบมีดประกอบสำเร็จ

แบบ (Drawing) ของเครื่องหั่นกล้วย มีส่วนสำหรับการรับชิ้นกล้วยที่ต้องการหั่นมีการออกแบบไว้ 2 แบบ แบบแรกเป็นช่องกลม สำหรับการหั่นกล้วยแนวยาวจากปลายถึงโคน ซึ่งมีช่องกลมทั้งหมด 3 ช่อง มีขนาดเท่ากัน 2 ช่อง ขนาด 40 มิลลิเมตร และ 34 มิลลิเมตรในช่องที่สาม โดยขนาดของช่องที่ทำการออกแบบมาจากการเก็บขนาดของกล้วยในสวนของซาไกฟาร์ม โดยอ้างอิงจากขนาดกล้วยที่มีขนาดใหญ่สุด ช่องที่สามมีขนาด 36 มิลลิเมตร ไว้รองรับกล้วยขนาดเล็ก เพราะถ้ากล้วยขนาดเล็กนำใส่ในช่องขนาดใหญ่อาจทำให้ประสิทธิภาพการหั่นไม่ดีมากนัก แบบสองเป็นช่องสี่เหลี่ยม สำหรับการหั่นกล้วยแนวขวางจะได้ผลการหั่น คือชิ้นกล้วยเป็นแว่นกลม ขนาดช่องกว้าง 40 มิลลิเมตร ยาว 132 มิลลิเมตร เครื่องหั่นมีใบมีดสำหรับตัดชิ้นกล้วยให้เล็กบาง โดยชิ้นกล้วยที่ถูกหั่นจะลงสู่ด้านล่าง มีถาดรองรับไว้ สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงในการออกแบบคือ ความง่ายในการถอด เปลี่ยนหรือ ทำความสะอาดชุดใบมีด ที่อยู่ในตัวเครื่องหั่น แบบ (Drawing) ภาพรวมของเครื่องหั่นกล้วยแสดงดังรูปที่ 3.9 (รายละเอียดแบบเครื่องหั่น อยู่ในภาคผนวกที่ ก)



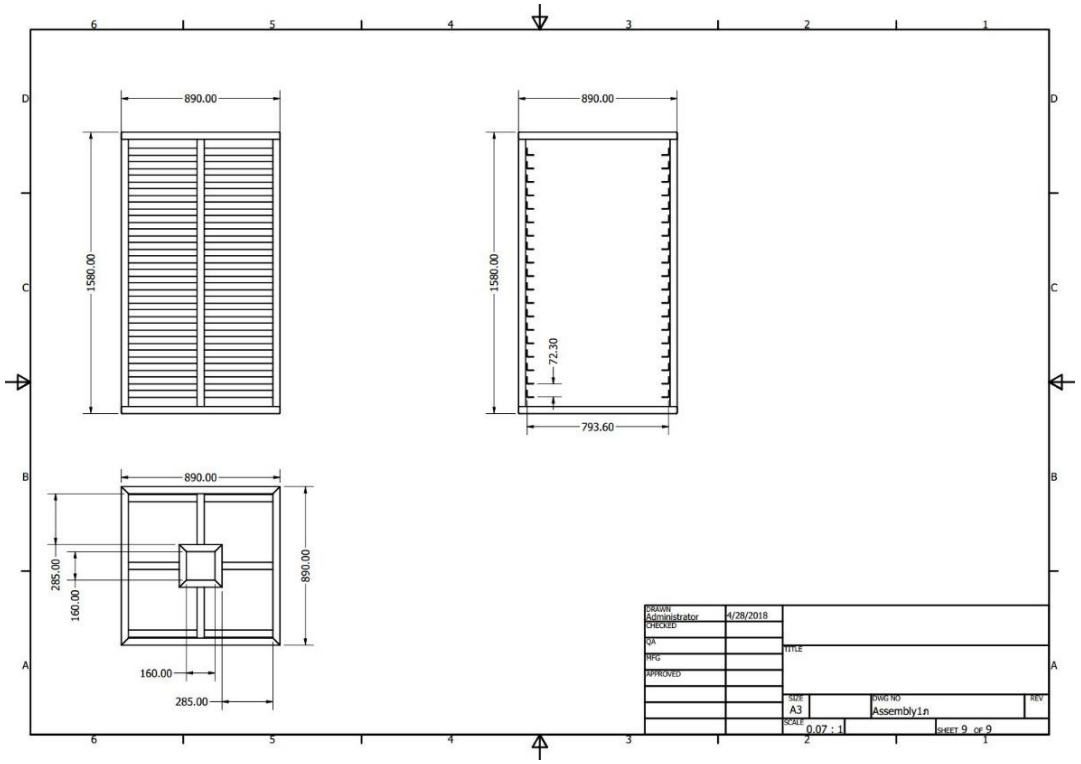
รูป 3.9 แบบ (Drawing) เครื่องหั่นกล้วย

3.3.2 การออกแบบตู้อบลมร้อน

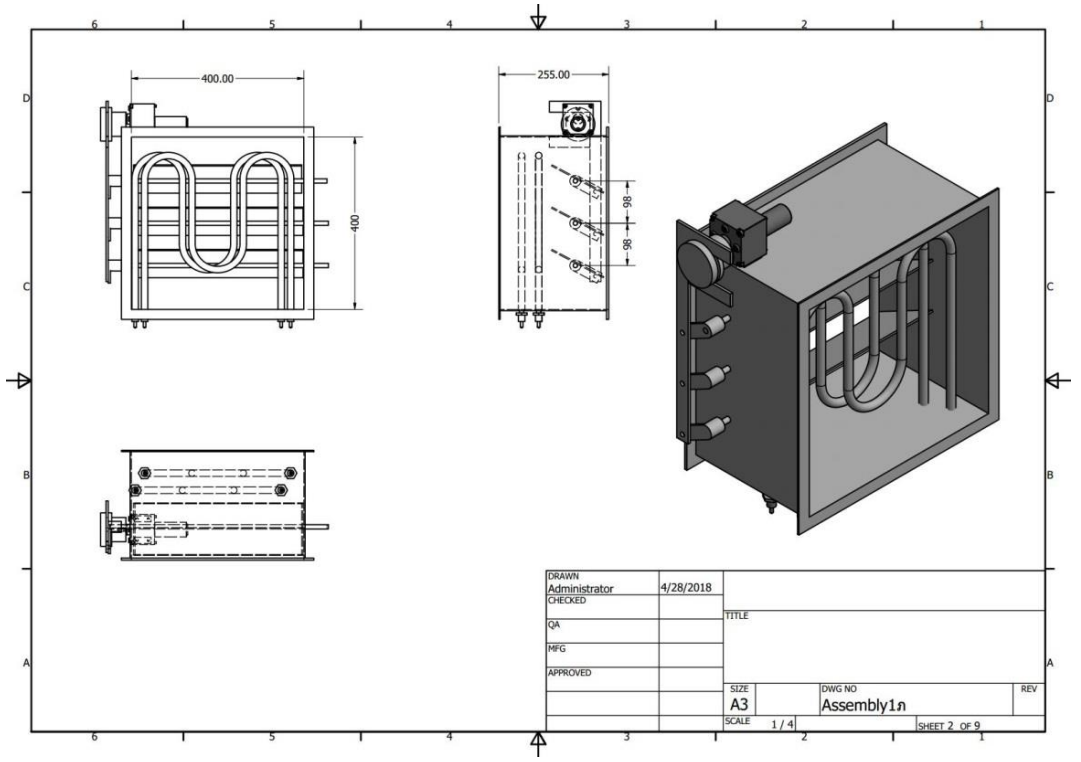
ตู้อบลมร้อนให้ความร้อนด้วยไฟฟ้า มีความเสถียรในการทำงานมากกว่าการอบทุกแบบที่ทำการศึกษา ขั้นตอนทำงานคือนำกล้วยหลังผ่านการหั่น มาทำการเข้าตู้อบให้ความร้อน เพื่อไล่ความชื้นออกจากชิ้นกล้วย ให้ชิ้นกล้วยแข็งกรอบเพื่อนำไปบดต่อ โดยตู้อบจะมีขนาดที่เหมาะสมกับปริมาณการอบกล้วยต่อครั้ง ปริมาณความจุที่ออกแบบในการอบคือ 80 กิโลกรัม ออกแบบต่อจากขนาดของกล้วยที่หั่น เมื่อทำการจัดเรียงลงในถาดอบ ขนาดของถาดอบที่ออกแบบ คือ กว้าง 80 เซนติเมตร ยาว 80 เซนติเมตร สามารถบรรจุประมาณ 3.81 กิโลกรัมต่อถาด ตู้อบมีจำนวนชั้นวางถาด 21 ถาด แสดงดังรูปที่ 3.10

ระบบภายในของตู้อบจะต้องสามารถกระจายความร้อนอย่างทั่วถึง ผู้วิจัยออกแบบชั้นวางถาดแบบหมุนวนใช้มอเตอร์เกียร์แบบเพลากลวงสวมแกนมาขับหมุนชั้นถาด และช่องลมร้อนสามารถส่งลมร้อนให้กล้วยได้รับลมร้อนทุกด้านของชั้นวางถาด สามารถแสดงดังรูป 3.11ใบพัดทิศทางลมจะขยับขึ้น และลงสลับกันทำให้ลมร้อนที่ผ่านช่องทางนี้กระจายตัวสู่ชั้นวางถาดทั้งหมด แหล่งกำเนิดความร้อนของตู้อบคือฮีตเตอร์ไฟฟ้า ออกแบบเป็นฮีตเตอร์แบบครีบดัดเป็นรูปตัวเอ็มเพื่อกระจายรับ และสัมผัสกับลมที่ส่งมาจากช่องลมด้านหลังตู้อบ ทำการหุ้มฉนวนกันความร้อนด้วยฉนวนใยแก้ว ผนังตู้อบทุกด้าน ชุดใบพัดคอยด์ฮีตเตอร์ และท่อส่งลม เพื่อกันความร้อนภายในตู้อบออกสู่ข้าง

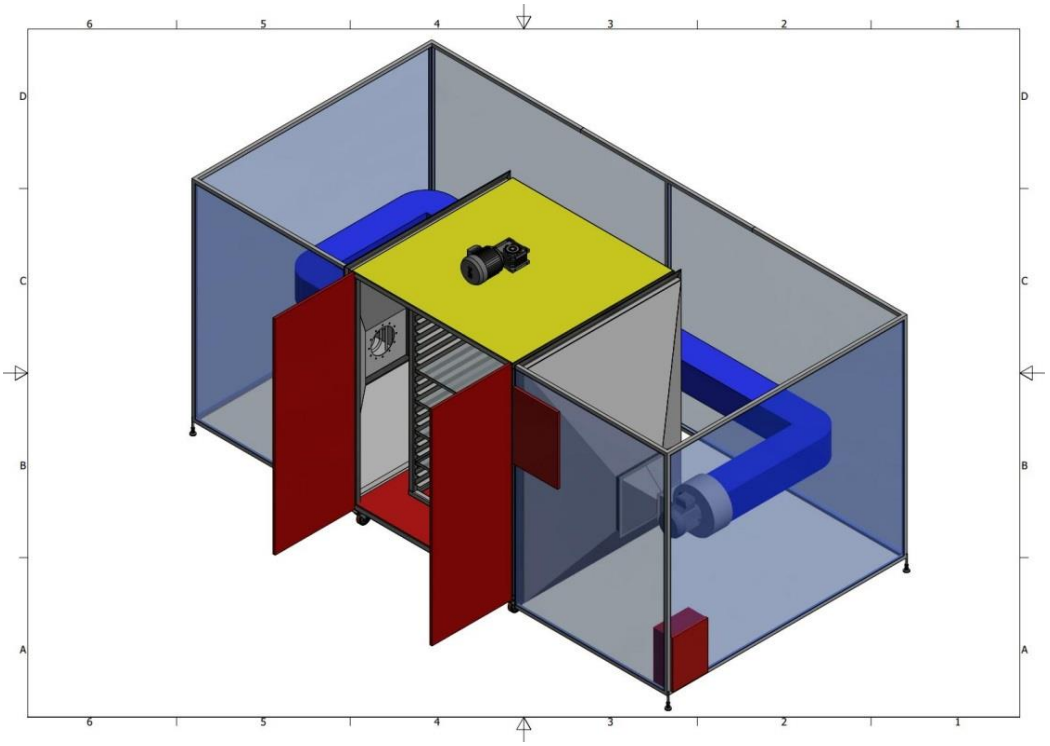
นอกและความชื้นด้านนอกเข้าสู่ด้านใน ลดภาระของฮีตเตอร์ทำความร้อน แบบ(Drawing) ตู้อบลมร้อนแสดงดังรูปที่ 3.12 (รายละเอียดแบบตู้อบลมร้อน แสดงภาคผนวกที่ ข)



รูปที่ 3.10 แบบ (Drawing) ชั้นวางถาดอบ



รูปที่ 3.11 แบบ (Drawing) ชุดใบพัดทิศทางลมและคอยด์ฮีตเตอร์



รูปที่ 3.12 แบบ (Drawing) ตู้อบลมร้อนให้ความร้อน

นอกจากการออกแบบ (Drawing) ตู้อบลมร้อนแล้ว ยังต้องมีการออกแบบระบบอบแห้งกล้วยอีกด้วย โดย ในการอบแห้งกล้วยจำเป็นต้องมีการคำนวณปริมาณความร้อนต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การคำนวณหาค่า Heat Load (อบแห้งแบบไม่ต่อเนื่อง) รายละเอียดที่เกี่ยวข้องได้แก่

1.1 ความต้องการแปรรูปกล้วยน้ำว้า 80 กิโลกรัมต่อวัน

1.2 ความชื้นก่อนเข้าระบบ 64.5%และอุณหภูมิก่อนนำเข้าตู้อบ 27 ˚C

1.3 อบที่อุณหภูมิ 70 ˚C เป็นเวลา 7 ชั่วโมง

1.4 ความชื้นหลังการอบแห้ง 6%

1.5 ค่า Cp ของน้ำเท่ากับ 4.310 $\frac{kJ}{kg \cdot K}$

ค่า Cp ของกล้วยเท่ากับ 1.6911 $\frac{kJ}{kg \cdot K}$

2. การคำนวณปริมาณความร้อนสำหรับอบแห้งผลิตภัณฑ์ ในปริมาณความร้อนส่วนใหญ่ของการอบแห้ง มักจะมาจากปริมาณความร้อนที่ต้องใช้ไปในการทำให้ผลิตภัณฑ์มี

อุณหภูมิสูงขึ้น จากอุณหภูมิบรรยากาศไปยังอุณหภูมิที่ใช้สำหรบอบแห้งซึ่งได้หาค่าเอาไว้แล้ว โดยสมการสำหรับหาค่าปริมาณความร้อนสำหรับอบแห้งผลิตภัณฑ์ได้ดังนี้

$$Q_{PRODUCT} = m_{PRODUCT} \times C_P \times (T_{DRYING} - T_{AMB})$$
$$= 80 \times 1.6911 \times (343.15 - 300.15)$$
$$= 5{,}817.38 \text{ kJ}$$

3. การคำนวณปริมาณความร้อนสำหรับระเหยความชื้นที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ จากการคำนวณปริมาณความร้อนสำหรับอบแห้งผลิตภัณฑ์ ได้ทราบถึงปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ซึ่งบอกด้วยค่าร้อยละหรือเปอร์เซ็นต์แล้ว โดยจะต้องทราบทั้งปริมาณความชื้นก่อนอบแห้งและหลังอบแห้งเพื่อนำมาหาว่าจะต้องระเหยน้ำระหว่างการอบแห้งเป็นปริมาณเท่าใด ปริมาณความร้อนสำหรับระเหยความชื้นที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์สามารถหาได้ด้วยสมการต่อไปนี้

$$Q_{EVAP} = m_{MOISTURE} \times h_{fg}$$
$$= 80 \times (0.645 - 0.06) \times 2386.33$$
$$= 111{,}680.24 \text{ kJ}$$

4. การคำนวณปริมาณความร้อนที่ทำให้วัสดุต่างๆภายในอุปกรณ์อบแห้งที่อุณหภูมิสูง ความร้อนในส่วนอื่นนอกเหนือจากผลิตภัณฑ์ที่ต้องการทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น เช่น รถเข็นถาดสำหรับบรรจุผลิตภัณฑ์ วัสดุที่ทำให้อุปกรณ์อบแห้ง โดยสามารถหาปริมาณความร้อนส่วนนี้ได้จากสมการ

จากค่า Cp ของเหล็ก = $0.444 \frac{kJ}{kg \cdot K}$

ดังนั้น

$$Q_{OTHER} = m_{OTHER} \times C_P \times (T_{DRYING} - T_{AMB})$$
$$= 70 \times 0.444 \times (343.15 - 300.15)$$
$$= 1{,}336.44 \text{ kJ}$$

5. การคำนวณความร้อนสูญเสียให้กับบรรยากาศโดยรอบ เมื่ออุปกรณ์อบแห้งผ่านการทำงานมาระยะหนึ่ง พื้นผิวนอกก็มีอุณหภูมิสูงขึ้น แต่จะสูงขึ้นเท่าใดจะเท่ากับหรือใกล้เคียงอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งหรือไม่ ก็ขึ้นอยู่กับการหุ้มฉนวนของอุปกรณ์อบแห้งว่าใช้ชนิดที่เหมาะสมกับการใช้งานหรือไม่ มีประสิทธิภาพอย่างไร

ซึ่งหากเราทราบว่าพื้นผิวของอุปกรณ์อบแห้งมีอุณหภูมิสูงขึ้นสิ่งที่ตามมาก็คือ จะเกิดความร้อนสูญเสียให้กับบรรยากาศโดยรอบ ด้วยกระบวนการถ่ายโอนความร้อนในสอง

รูปแบบคือ การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน แต่อย่างไรก็ตามการคำนวณค่าการสูญเสียของความร้อนในสองรูปแบบนี้จะมีความแตกต่างกันในการคำนวณขึ้นอยู่กับรูปลักษณะของอุปกรณ์อบแห้งเป็นสำคัญ ในที่นี้จึงขอใช้ตัวเลขประมาณดังต่อไปนี้

$$Q_{LOSS} = 0.2\,(Q_{PRODUCT} + Q_{EVAP} + Q_{OTHER})$$
$$= 0.2 \times (\,5{,}817.38 + 111680.24 + 1{,}336.44\,)$$
$$= 23{,}766.81 \text{ kJ}$$

6. การคำนวณปริมาณความร้อนรวม ปริมาณความร้อนทั้งหมดจำเป็นต้องใช้ในการอบแห้งจะมาจากปริมาณความร้อนที่ได้พิจารณาแยกเป็นส่วนๆดังกล่าวข้างต้นซึ่งจะสามารถเขียนเป็นสมการสำหรับหาปริมาณความร้อนรวมได้ดังนี้

$$Q_{TOTAL} = Q_{PRODUCT} + Q_{EVAP} + Q_{OTHER} + Q_{LOSS}$$
$$= 5{,}817.38 + 111{,}680.24 + 1{,}336.44 + 23{,}766.81$$
$$= 142{,}600.88 \text{ kJ}$$

จากการทดลองเบื้องต้น พบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 °C ใช้เวลาในการอบแห้ง 7 ชั่วโมง จึงจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นกล้วยอบแห้งที่มีความชื้นไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นมาตรฐานเปียก ดังนั้น การอบแห้งในเวลา 7 ชั่วโมง ต้องใช้ปริมาณความร้อนเท่ากับ

$$\text{ปริมาณความร้อนที่ต้องการใช้} = \frac{142{,}600.88 \text{ kJ}}{7\text{hr.}}$$
$$= 20{,}371.55 \frac{\text{kJ}}{\text{hr}}$$
$$= \frac{20{,}371.55}{3.6} \text{ watt}$$
$$= 5{,}658.77 \text{ watt}$$

ดังนั้น ปริมาณความร้อนทั้งหมดที่จำเป็นต้องใช้จริงเท่ากับ 5,659 วัตต์ ทางผู้วิจัยตัดสินใจเลือกใช้ขดลวดความร้อนขนาด 3,000 วัตต์ จำนวน 2 ตัว ซึ่งให้พลังงานความร้อนรวมเท่ากับ 6,000 วัตต์ เพื่อสามารถให้พลังงานความร้อนอย่างเพียงพอ

7. การคำนวณปริมาณลมร้อนสำหรับอบแห้ง ปริมาณลมร้อนที่ใช้สำหรับอบแห้งผลิตภัณฑ์สามารถที่จะพิจารณาได้จากแนวคิดที่ว่า ปริมาณความร้อนรวมที่ใช้ในการอบจะต้องได้รับจากลมร้อนเท่านั้นทำให้สามารถเขียนสมการ สำหรับหาปริมาณลมร้อนที่ใช้ในอบได้จาก

$$Q_{TOTAL} = m_{AIR} \times C_P \times (T_{DRYING} - T_{AMB})$$

$$20,371.55 = m_{AIR} \times 1.0089 \times (343.15 - 300.15)$$

$$m_{AIR} = \frac{20,371.55}{1.0089 \times 43}$$

$$= 469.58 \frac{kg}{hr}$$

หรือ $m_{AIR} = 1.3 \frac{kg}{s}$

ดังนั้น ต้องใช้อากาศสำหรับอบแห้งเท่ากับ $1.3 \frac{kg}{s}$

8. การคำนวณการเลือกขนาด Fan สำหรับการระเหย

Cp ที่ T = (70 °C + 25 °C) / 2 = 321.65 K

$$Cp = 1.0089 \frac{kJ}{kg \cdot K}$$

$$Q_{EVAP} = Q_{air} = m° C_{pair} \Delta T$$

$$m° = \frac{Q_{air}}{C_{pair} \Delta T}$$

$$= \frac{111,680.24}{1.0089 \times (70 - 27)}$$

$$= 2,574.30 \text{ kJ}$$

$$V° = m° \, v_{air}$$

$$= 2,574.30 \times 0.995$$

$$= 2,561.43 \frac{m^3}{kg}$$

เมื่อเปลี่ยนหน่วยของค่า V° (อัตราการไหลของอากาศ) จาก $\frac{m^3}{kg}$ เป็น cfm โดยมีค่าเท่ากับ 0.588 cfm แทนค่าในสมการจะได้

$$V° = 2,561.43 \times 0.588$$

$$= 151.37 \text{ cfm}$$

เมื่อเปลี่ยนหน่วยของค่า V° (อัตราการไหลของอากาศ) จาก cfm เป็น cmm โดยมีค่าเท่ากับ 0.0283 cmm แทนค่าในสมการจะได้

V° = 151.37 x 0.0283

= 4.29 cmm

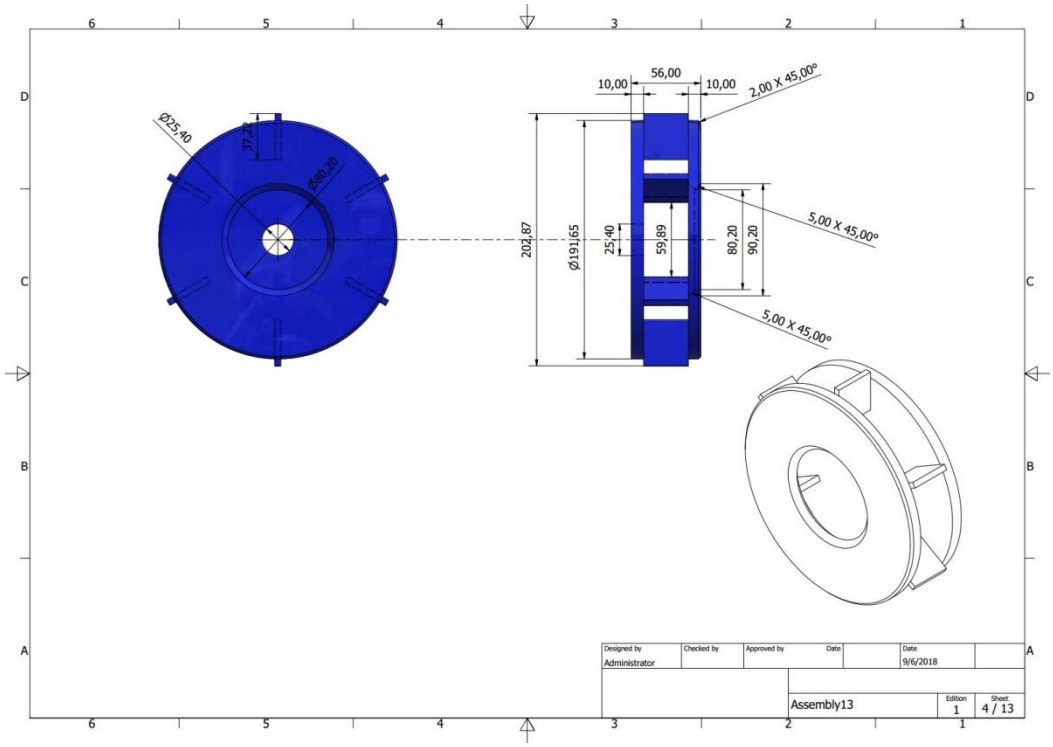
เมื่อ v_air = Specific volumn of air

V° = Volumn flow rate of air

ดังนั้นผู้วิจัยจึงตัดสินใจเลือกพัดลมที่สามารถสร้างอัตราการไหลของอากาศตามที่คำนวณ คือ 4.29 cmm

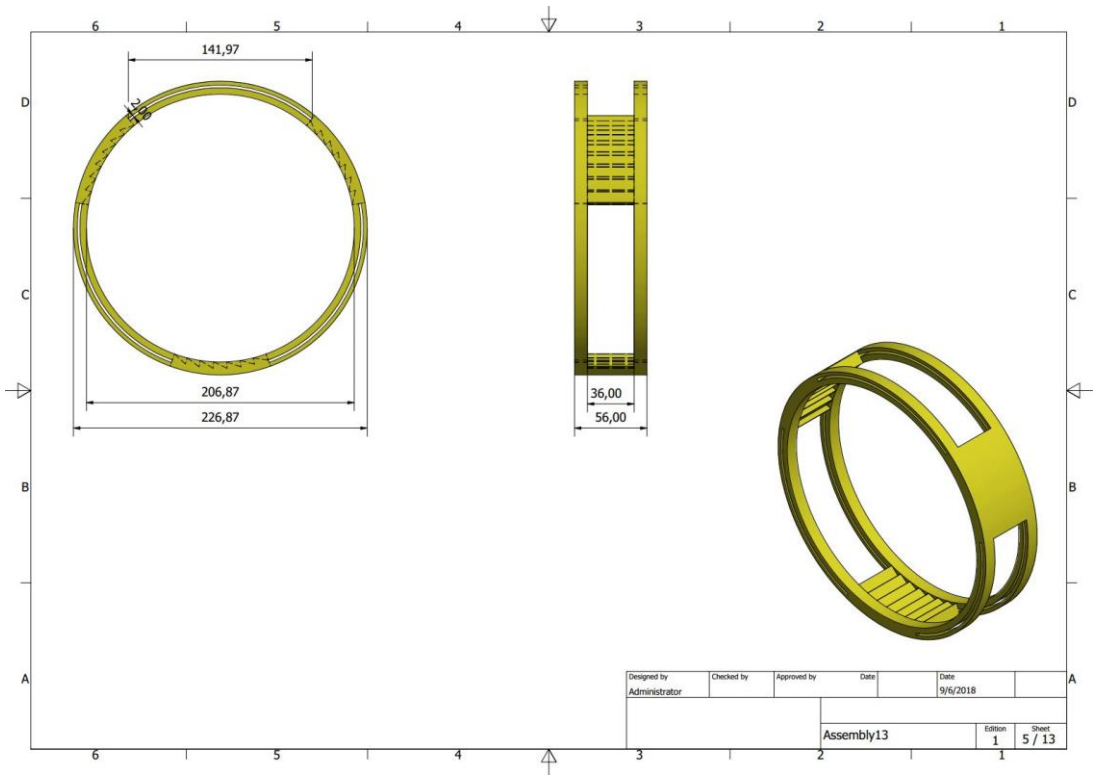
3.3.3 การออกแบบเครื่องบดผง

เครื่องบดผงแบบโรเตอร์ เป็นรูปแบบเครื่องบดที่สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน และได้ผลผลิตที่ตรงตามความต้องการ รูปแบบการทำงานของเครื่อง คือบดกล้วยที่ผ่านการอบจนแห้งให้เป็นผงละเอียด ด้วยกำหนดความละเอียดของผงกล้วยที่ต้องการอยู่ในช่วง 80-100 เมซ. (เมซ.คือจำนวนรูต่อตารางนิ้ว) โดยความละเอียดของกล้วยผงจะต้องมีความละเอียดไม่ต่ำกว่า 80 เมซ. ขนาดความละเอียดนี้เหมาะสมที่จะนำกล้วยผงไปบริโภค ชุดใบมีดบดจะต้องสามารถทำการบดกล้วยที่เนื้อของกล้วยมีความเป็นกากใย จึงได้ออกแบบใบมีดของเครื่องบดให้เป็นลักษณะเฉือน



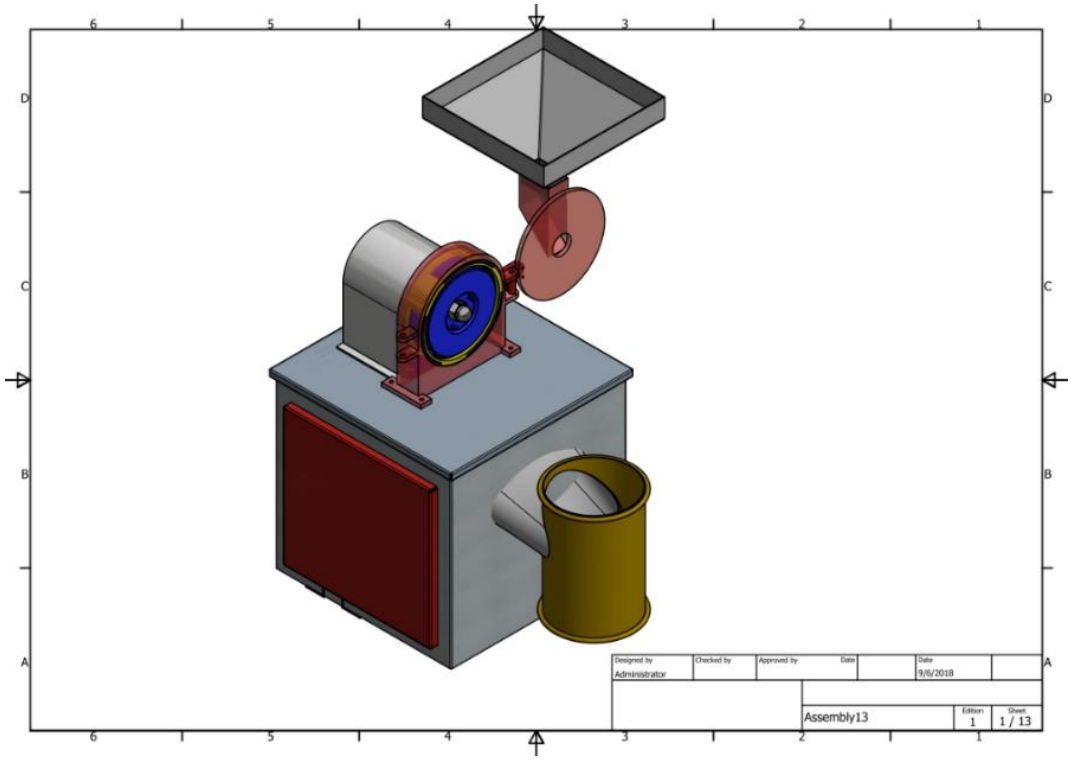
รูปที่ 3.13 แบบ (Drawing) ชุดใบมีดวิ่งเครื่องบด

ชุดมีดบดที่ออกแบบเป็นชุดมีด 2 ส่วน ส่วนแรกใบมีดวิ่ง แบบ (Drawing) ของชุดใบมีดของเครื่องบด แสดงดังรูป 3.13 ทำงานหมุนวนตามแกนเพลาและส่วนสอง ใบมีดนิ่ง ถูกยึดอยู่กับวงแหวนวางบนบ่าของห้องบดไม่ขยับ ใบมีดของทั้งสองส่วนคมมีดจัดวางให้ตรงข้ามกัน เมื่อใบมีดหมุนมาเจอกันจะบดกล้วยที่อยู่ระหว่างกลาง กล้วยที่ถูกบดจะถูกคัดกรองผ่านตะแกรงที่ยึดอยู่กับวงแหวนใบมีดนิ่ง แบบ (Drawing) ของชุดมีดนิ่งและแผ่นกรอง แสดงดังรูป 3.14



รูปที่ 3.14 แบบ (Drawing) ชุดมีดนิ่งและแผ่นกรอง

เมื่อความละเอียดของกล้วยสามารถรอดผ่านตะแกรงได้ก็จะตกลงสู่ถุงเก็บด้านล่าง ส่วนกล้วยที่ยังบดไม่ได้ขนาดผ่านตะแกรงกรองก็จะบดวนในวงแหวนตะแกรงกรอง การออกแบบคำนึงถึงการจัดเก็บกล้วยผงที่ผ่านการบดจะต้องสะดวกและมิดชิดเพื่อป้องกันการปนเปื้อน กล้วยผงที่บดร่วงในถุง สามารถจัดเก็บได้อย่างรวดเร็วเพียงแค่รวบถุงและมัดให้แน่น นำถุงที่บรรจุกล้วยผงไปจัดเก็บในห้องเก็บหรือจะแบ่งบรรจุลงบรรจุภัณฑ์ขนาดต่างๆตามต้องการ โดยแบบเครื่องบดแสดงดังรูปที่ 3.15 (รายละเอียดเครื่องบดผง แสดงในภาคผนวก ก)



รูปที่ 3.15 แบบ (Drawing) แบบเครื่องบดผงโรเตอร์

3.4 การออกแบบผังการทำงาน และการไหลวัสดุที่เหมาะสม

ออกแบบผังการผลิต โดยการนำข้อมูลที่ได้จากรวบรวมและข้อมูลที่ได้จากการออกแบบขั้นตอนการผลิตมาวางผังการผลิต ซึ่งจะต้องสอดคล้องพื้นที่ของฟาร์มที่ได้จัดสรรไว้ รวมทั้งและออกแบบทิศทางไหลของวัสดุในการผลิตที่เหมาะสม ไม่เกิดการรอคอยและเกิดความสูญเสียขึ้นในกระบวนการผลิต โดยรายละเอียดแบ่งเป็นดังนี้

1. ออกแบบผังกระบวนการทำงาน ทำการออกแบบพื้นที่ที่กำหนดสำหรับส่วนกระบวนการผลิต โดยการวิเคราะห์วิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิตและข้อมูลที่ได้จากการออกแบบขั้นตอนการผลิต เพื่อทำการกำหนดพื้นที่การใช้งานและการจัดวางเครื่องจักร เครื่องมืออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในแต่ละขั้นตอนการผลิต

2. ออกแบบการไหลของวัสดุที่อยู่ในแต่ละขั้นตอน โดยเน้นเรื่องการเคลื่อนที่ของวัสดุหรือผลิตภัณฑ์ในระหว่างกระบวนการผลิต การเคลื่อนที่ของพนักงานผลิต รวมทั้งการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ สาธารณูปโภคที่สำคัญในกระบวนการผลิต ได้แก่ น้ำ เพื่อให้มั่นใจว่า กระบวนการผลิตมีการเชื่อมโยงอย่างต่อเนื่องและไม่เกิดความสูญเสีย

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลด้านเศรษฐศาสตร์

ในการวิเคราะห์ข้อมูลด้านเศรษฐศาสตร์ ประกอบด้วย การประเมินราคาและค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักรและโรงเรือน ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการดำเนินการด้านต่าง ๆ เช่น ค่าวัตถุดิบ ค่าแรงงาน ค่าโสหุ้ยในการผลิต การคำนวณประมาณรายได้ที่ที่เกิดจากการผลิตกล้วยผง รวมทั้งการคำนวณความคุ้มทุนในการดำเนินกิจการ รายละเอียดข้อมูลด้านเศรษฐศาสตร์ ดังนี้

3.5.1 ประเมินราคา/ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวกับเครื่องจักร ได้แก่ เครื่องหั่น ตู้อบ เครื่องบด และโรงเรือนสำหรับการผลิตกล้วยผง แสดงตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ราคาและค่าใช้จ่ายสำหรับโรงเรือนและเครื่องจักร

ลำดับ	รายการค่าใช้จ่าย	ค่าใช้จ่าย (บาท)	รายละเอียด
1	โรงเรือน	505,440	ค่าใช้จ่ายในการสร้างจากขนาดพื้นที่ต้องการใช้ในการผลิต ขนาดพื้นที่ 64.8 ตารางเมตร ค่าก่อสร้างโรงเรือนผลิตตารางเมตรละ 7,800 บาท (อ้างอิงจากราคากลางการก่อสร้างโกดัง-โรงงานทั่วไป พ.ศ. 2562)
2	เครื่องหั่นกล้วย	24,109	รายละเอียดค่าใช้จ่ายแต่ละเครื่องจักร แสดงดังภาคผนวก ง
3	ตู้อบลมร้อน	141,058	
4	เครื่องบดผง	145,767	
	รวม	816,374	

มูลค่าการประเมินราคาโรงเรือนและเครื่องจักรรวมทั้งหมด 816,374 บาท แบ่งเป็นราคาโรงเรือนผลิตกล้วยผงประมาณ 505,440 บาท และ ราคาการสร้างเครื่องจักรประมาณ 310,934 บาท ซึ่งในรายละเอียดตารางต่างๆ จะเป็นการแสดงรายการวัสดุที่ใช้ในการสร้างแต่ละเครื่องจักร

ในการคำนวณค่าเสื่อมของโรงเรือนและเครื่องจักร จะใช้วิธีการคำนวณแบบเส้นตรง โดยค่าเสื่อมของโรงเรือนจะคำนวณจากระยะเวลาการใช้งาน 10 ปี จะได้เป็นค่าเสื่อมโรงเรือน 50,544 บาทต่อปี และค่าเสื่อมของเครื่องจักร คำนวณจากอายุการใช้งานเครื่องจักรประมาณ 5 ปี ซึ่งจะได้เป็นค่าเสื่อมเครื่องจักร 62,186 บาทต่อปี รวมค่าเสื่อมเครื่องจักรและโรงเรือนทั้งสิ้น 112,730 บาทต่อปี

3.5.2 ประมาณค่าใช้จ่ายอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องในการผลิตกล้วยผง ในการประมาณการค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องในการผลิตกล้วยผง ยกเว้นค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับโรงเรือนและเครื่องจักร โดยจะครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการจัดหาวัตถุดิบจนถึงสินค้าสำเร็จรูป และคิดคำนวณจากการแปรรูปกล้วยน้ำว้าที่ 80 หวีต่อวันและจำนวนวันทำงานต่อปีเท่ากับ 240 วัน ซึ่งสรุปประมาณค่าใช้จ่ายอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับในการผลิตกล้วยผงดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 สรุปประมาณค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องในการผลิตกล้วยผง

ลำดับ	รายการค่าใช้จ่าย	ค่าใช้จ่าย (บาทต่อปี)
1	ค่าวัตถุดิบ	345,600.00
2	ค่าแรงงาน	924,000.00
	2.1 ค่าแรงงานการปฏิบัติงาน	384,000.00
	2.2 ค่าแรงงานผู้จัดการโรงงานและพนักงานธุรการ	540,000.00
3	ค่าไฟฟ้า	73,646.40
	3.1 ค่าไฟฟ้าจากเครื่องหั่นกล้วย	1,171.20
	3.2 ค่าไฟฟ้าจากตู้อบลมร้อน	57,204.00
	3.3 ค่าไฟฟ้าจากเครื่องบดผง	1,783.20
	3.4 ค่าไฟฟ้าเบ็ดเตล็ด	13,488.00
4	ค่าบำรุงรักษาเครื่องจักร	10,000.00
5	ค่าเสื่อมโรงเรือนและเครื่องจักร	112,730.00
	รวมค่าใช้จ่ายในการผลิตกล้วยผง	1,465,976.40

ตารางที่ 3.3 สรุปราคาประเมินค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องในการผลิตกล้วยผง ได้แก่ ค่าวัตถุดิบหลักคือกล้วย ค่าแรงงาน ค่าไฟฟ้า ค่าบำรุงรักษาเครื่องจักร และค่าเสื่อมโรงเรือนและเครื่องจักร โดยมีรายละเอียดวิธีการคำนวณในแต่ละค่าใช้จ่าย ดังนี้

1. ค่าวัตถุดิบ ได้แก่ ค่ากล้วยน้ำว้าดิบ กิโลกรัมละ 12 บาท 120 กิโลกรัมต่อวัน (กล้วยน้ำว้าดิบ 80 หวี จะมีน้ำหนักประมาณ 120 กิโลกรัม) ดังนั้น ค่ากล้วยน้ำว้าดิบ 120 x 240 x 12 = 345,600 บาทต่อปี

2. ค่าแรงงาน ประกอบด้วย ค่าแรงงานการปฏิบัติงาน (วันละ 320 บาท อ้างอิงค่าแรงขั้นต่ำของจังหวัดตรัง วันที่ 1 เมษายน 2561) รวม 384,000 บาท ค่าจ้างพนักงานทำงาน วันละ 5 คน ทำงาน 2 ช่วงเวลา ช่วงเวลาแรก ทำงาน 6.00 น. – 15.00 น. และ ช่วงที่สอง 13.00 น. – 21.00 น. และ ค่าแรงงานผู้จัดการโรงงานและพนักงานธุรการ 540,000 บาท โดยแบ่งเป็นค่าแรงงานผู้จัดการโรงงาน 360,000 บาท และพนักงานธุรการ 180,000 บาท

3. ค่าไฟฟ้า ในการคิดค่าไฟฟ้ารวมที่เกี่ยวข้องในการผลิตกล้วยผง จะคิดค่าไฟฟ้าแยกแต่ละเครื่องจักรหลักและค่าไฟฟ้าเบ็ดเตล็ด โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 เครื่องหั่นกล้วยน้ำว้า กำลังไฟ 0.75 กิโลวัตต์ ใช้เวลาในการทำงานหั่นผลกล้วยน้ำว้าดิบ จำนวน 80 กิโลกรัม ประมาณ 1 ชั่วโมง 20 นาที คิดเป็นค่าไฟฟ้า 4.88 บาท ทำงานตลอดทั้งปี 240 วัน ค่าไฟฟ้าประมาณ 1,171.20 บาท ราคาประเมินโดยประมาณ 1,200 บาท

3.2 ตู้อบลมร้อน กำลังไฟ 6.81 กิโลวัตต์ ใช้เวลาในการทำงานอบผลกล้วยน้ำว้าดิบหั่น จำนวน 80 กิโลกรัม ประมาณ 7 ชั่วโมง คิดเป็นค่าไฟฟ้า 238.35 บาท ทำงานตลอดทั้งปี 240 วัน ค่าไฟฟ้าประมาณ 57,204 บาท

3.3 เครื่องบดผง กำลังไฟฟ้า 2.25 กิโลวัตต์ ใช้เวลาในการทำงานบดกล้วยน้ำว้าดิบอบแห้ง จำนวน 27 กิโลกรัม ประมาณ 40 นาที คิดเป็นค่าไฟฟ้า 7.43 บาท ทำงานตลอดทั้งปี 240 วัน ค่าไฟฟ้าประมาณ 1,783.20 บาท

3.4 เบ็ดเตล็ด เครื่องมืออื่นที่ใช้ภายในโรงผลิต คิดเป็นค่าไฟฟ้า 56.20 บาท ทำงานตลอดทั้งปี 240 วัน ค่าไฟฟ้าประมาณ 13,488 บาท

4. ค่าบำรุงรักษา 10,000 บาท เป็นค่าใช้จ่ายสำหรับงานบำรุงรักษาอะไหล่เครื่องจักรตามรอบการใช้งาน

5. ค่าเสื่อมเครื่องจักรและโรงเรือนแบบเส้นตรง 112,730 บาท

3.5.3 การประมาณการรายได้จากการขายกล้วยผง ในการคำนวณประมาณการรายได้จากการจำหน่ายกล้วยผงดิบ คิดจากปริมาณความต้องการแปรรูปกล้วยน้ำว้าดิบ 80 หวีต่อวัน ซึ่งเมื่ออบแห้งและบดจะได้เป็นกล้วยผงประมาณ 27 กิโลกรัมต่อวัน ราคาขายอยู่ที่ 800 บาทต่อกิโลกรัม (อ้างอิงตามราคาจำหน่ายในตลาด) ดังนั้นในหนึ่งวันสามารถมีรายได้จากกล้วยผงซึ่งคาดว่าจะขายได้หมด คือ 21,600 บาท หาก 1 ปี ทำงาน 240 วัน จะมีรายได้ 5,184,000 บาท

3.5.4 การคำนวณระยะเวลาคืนทุน การประเมินระยะเวลาที่ได้รับผลตอบแทนที่คุ้มค่าในการลงทุนหรือดำเนินกิจการ โดยเป็นเป็นการนำค่าประมาณการรายได้ และค่าใช้จ่ายซึ่งแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ต้นทุนคงที่ และต้นทุนแปรผัน มาทำการคำนวณ โดยมีรายละเอียดดังนี้

- ต้นทุนคงที่ในการผลิตกล้วยผง 662,730 บาทต่อปี โดยคิดจาก ค่าเสื่อมเครื่องจักรและโรงเรือน ค่าปฏิบัติงานและบำรุงรักษา และค่าแรงงานผู้จัดการและพนักงานธุรการ
- ต้นทุนแปรผันในการผลิตกล้วยผง 803,246 บาทต่อปี (ทำการผลิต 240 วันต่อปี) โดยคิดจาก ค่าวัตถุดิบกล้วยน้ำว้าดิบ ค่าแรงงานการปฏิบัติงาน และค่าไฟฟ้า

ต้นทุนรวมของการผลิตกล้วยผง	1,465,976 บาทต่อปี
รายได้ (= 27 x 240 x 800)	5,184,000 บาทต่อปี

จากรายได้ที่เกิดขึ้นพบว่าภายในปีแรก ก็สามารถคืนทุน และทำกำไรได้ประมาณ (5,184,000 – 1,465,976) รวมทั้งสิ้น 3,718,024 บาทต่อปี

บทที่ 4

การสร้างและทดลองเครื่องจักร

ในขั้นตอนการสร้างและทดลองเครื่องจักร เพื่อใช้ในการผลิตกล้วยผง จะประกอบด้วย เครื่องหั่นกล้วยใช้ในขั้นตอนการหั่นกล้วย ตู้อบลมร้อนให้ความร้อนด้วยไฟฟ้าใช้ในขั้นตอนการอบกล้วย และเครื่องบดผงแบบโรเตอร์สำหรับขั้นตอนบดกล้วยให้เป็นผง รวบรวมข้อมูลและผลการออกแบบเครื่องจักร ผังและขั้นตอนการผลิต รวมทั้งค่าคำนวณที่เกี่ยวข้อง สร้างเครื่องจักรให้ตรงกับความต้องการในการใช้งาน จากนั้นนำเครื่องจักรที่ได้ทำการทดสอบการใช้งาน และทดสอบการผลิต รายละเอียดแยกตามการพัฒนาแต่ละเครื่องจักรเป็นดังนี้

4.1 การสร้างเครื่องจักร

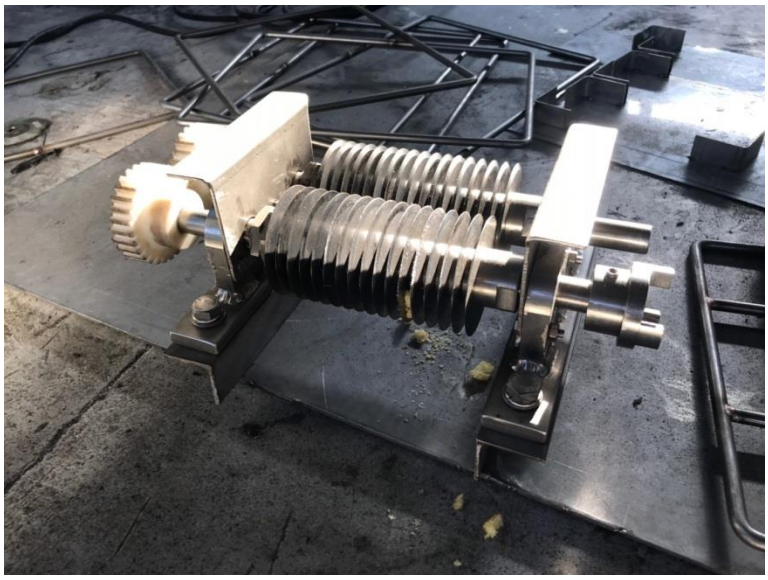
4.1.1 การสร้างเครื่องหั่นกล้วย

โครงสร้างของเครื่องหั่นจากการออกแบบ ใช้แสตนเลสกล่องขนาด 1-1/2 นิ้ว หนา 1.5 มิลลิเมตร แสดงดังรูปที่ 4.1 เชื่อมด้วยการเชื่อมแบบทิก (TIG) เป็นโครงสร้างรับชุดใบมีด และมอเตอร์

รูปที่ 4.1 โครงสร้างเครื่องหั่น

ชุดใบมีดหั่นแสดงดังรูปที่ 4.2 ประกอบด้วย ใบมีดกลมสำหรับหั่นกล้วย แหวนรองใบมีดช่วยรักษาระยะความห่างระหว่างใบมีดให้ชิ้นกล้วยที่ถูกหั่นมีความหนาใกล้เคียงกัน แกนเพลา

เป็นตัวขับ เสื้อลูกปืนบังคับความห่างแกนเพลาและช่วยในการหมุนของแกนเพลา เสื้อลูกปืนใส่ตลับลูกปืนแสตนเลสเบอร์ 6004zz (แบบฝาปิดสองด้าน) ข้อต่อส่งกำลังแบบยอยยางขนาด 2 นิ้ว รับส่งกำลังระหว่างเพลามอเตอร์เกียร์ และชุดใบมีดหั่น เฟืองคู่กลับทางหมุนของใบมีดให้แกนใบมีดหมุนทวนทิศทางกันประกอบอยู่ด้านหน้าของชุดใบมีดหั่น วัสดุเฟืองเป็นพลาสติกไนล่อนสีขาว (ซูปเปอร์ลีน) มีความทนทานและเมื่อทำงานเสียงไม่ดัง เฟืองเป็นเฟืองตรง ขนาด M 2.5 28 ฟัน



รูปที่ 4.2 ชุดใบมีดหั่น

ทำการประกอบชุดใบมีดหั่น มอเตอร์เกียร์ เข้ากับโครงสร้างเครื่องหั่น แสดงดังรูปที่ 4.3 และทดลองการเฉือนของใบมีดเพื่อตรวจสอบจุดหมุนของการหั่นทั้งหมด

รูปที่ 4.3 ประกอบชุดใบมีดและมอเตอร์เกียร์เข้ากับโครงสร้าง

ใช้แผ่นแสตนเลสปิดช่องของโครงสร้างเครื่องหั่นเพื่อป้องกันอันตรายและสิ่งสกปรกจากการใช้งาน พร้อมทำฝาครอบชุดใบมีดเป็นสองชั้น ชั้นแรกครอบชุดใบมีดหั่น ชั้นที่สองเป็นชั้นติดตั้งช่องป้อนกล้วยแสดงดังรูปที่ 4.4

รูปที่ 4.4 เครื่องหั่นประกอบเสร็จ

รูปที่ 4.5 ชุดสวิตซ์ควบคุมการทำงาน

ในส่วนการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์เกียร์แสดงดังรูปที่ 4.5 ใช้การสั่งงานผ่านสวิตซ์ปุ่มกด On เปิด (สีเขียว) Off ปิด (สีแดง) มีสวิตซ์ฉุกเฉิน (Emergency Switch) สวิตซ์ปุ่มกด

ทั้งหมดสั่งงานการทำงานของมอเตอร์เกียร์ผ่านอุปกรณ์สวิตซ์ตัดต่อวงจรไฟฟ้า (Magnetic Contactor) แสดงดังรูปที่ 4.6 ชุดอุปกรณ์ควบคุมติดตั้งด้านข้างของเครื่องหั่นเพื่อให้สะดวกในการใช้งาน และอุปกรณ์ควบคุมติดตั้งในกล่องกันน้ำในเครื่องหั่นช่องด้านบนตัวเครื่อง

รูปที่ 4.6 อุปกรณ์สวิตซ์ตัดต่อวงจรไฟฟ้า (Magnetic Contactor)

แสดงรายละเอียดของเครื่องหั่นกล้วยสำหรับหั่นกล้วยน้ำว้าที่ได้จากการปอกเปลือกกล้วยเป็นชิ้นเล็ก รายละเอียดที่สำคัญของเครื่องหั่นกล้วย ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดเครื่องหั่นกล้วย

หัวข้อรายละเอียด	รายละเอียด
ขนาดตัวเครื่อง	75 x 40 x 110 เซนติเมตร
ขนาดใบมีด	เส้นผ่านศูนย์กลาง 7.5 เซนติเมตร
ข้อต่อส่งกำลัง	แสตนเลส 2 นิ้ว
ขนาดช่องใส่สำหรับหั่น	กว้าง 3.9 เซนติเมตร ยาว 13.75 เซนติเมตร
ขนาดมอเตอร์	1 HP (750W)
ความเร็วรอบ	280 รอบต่อนาที
ไฟฟ้าที่ใช้	220 vac 1ph.

เครื่องหั่น ผลิตด้วยวัสดุที่เป็นแสตนเลส โดยเป็นเครื่องหั่นแบบสองแกนใบมีด แกนใบมีดประกอบด้วยใบมีดเล็ก 14 ใบ ขนาดตัวเครื่อง 75 x 40 x 110 เซนติเมตร มีช่องสำหรับใส่ชิ้นตัด 2 แบบ ได้แก่ 1. แบบช่องกลม 3 ช่อง มีขนาดช่อง 40 มิลลิเมตร 2 ช่อง และขนาดช่อง 34 มิลลิเมตร 1

ช่อง และ 2. แบบช่องสี่เหลี่ยม 1 ช่อง มีขนาดช่อง กว้าง 40 มิลลิเมตร ยาว 132 มิลลิเมตร ภาพรวมของเครื่องหั่นกล้วยแสดงดังรูปที่ 4.7

รูปที่ 4.7 เครื่องหั่นกล้วย (ภาพรวม)

ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องหั่นกล้วย สามารถอธิบายรายละเอียดและกลไกการทำงานได้ดังนี้

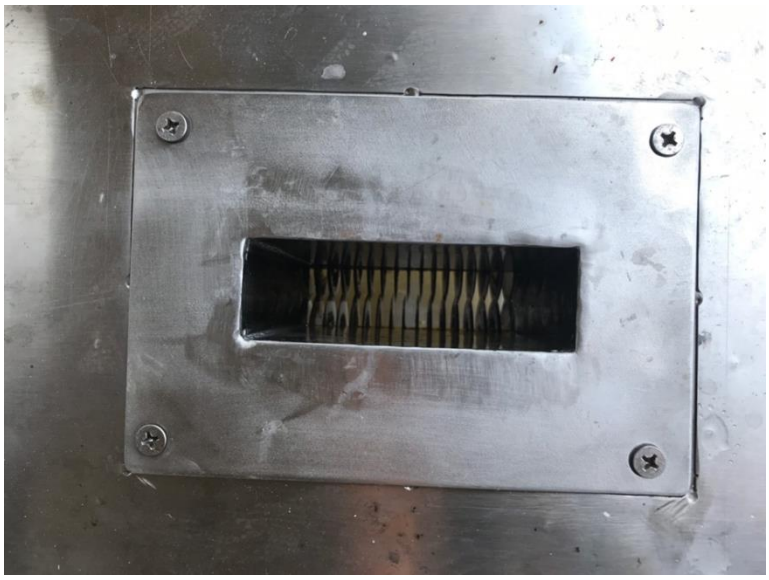
1. ส่วนแผนควบคุม ดังรูปที่ 4.8 ประกอบด้วยปุ่ม ON (สีเขียว) และปุ่ม OFF (สีแดง) สำหรับการเปิดและปิดเครื่องตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีปุ่มฉุกเฉิน (EMERGENCY) สำหรับหยุดเครื่องเมื่อเกิดภาวะฉุกเฉิน ซึ่งจะทำงานควบคู่กับสวิตซ์ตัดสัญญาณไฟฟ้าที่จ่ายให้กับเครื่องจักร

รูปที่ 4.8 แผนควบคุมเครื่องหั่นกล้วย

2. ช่องใส่กล้วย ช่องใส่กล้วยมี 3 ช่อง สำหรับกล้วย 2 ขนาดเพื่อรองรับขนาดของกล้วยได้มากและเพิ่มความรวดเร็วในการป้อน โดย หมายเลข 1 มีขนาด 34 มิลลิเมตร สำหรับกล้วยที่มีขนาดความโตน้อยกว่า 34 มิลลิเมตรหมายเลข 2 และ 3 มีขนาด 40 มิลลิเมตร สำหรับกล้วยที่มีขนาดความโตน้อยกว่า 40 มิลลิเมตร ช่องใส่กล้วยแสดงดังรูปที่ 4.9

รูปที่ 4.9 ช่องใส่กล้วยเครื่องหั่นกล้วย

3. ฝาครอบชั้นบน ดังรูปที่ 4.10 เป็นส่วนที่ติดกับช่องใส่กล้วย ลักษณะการป้อนกล้วยมี 2 แบบคือ ป้อนกล้วยแบบแนวนอนจะได้กล้วยเป็นแว่นกลม ชิ้นเล็ก และป้อนกล้วยแบบแนวตั้ง กล้วยที่ได้จะมีลักษณะชิ้นยาว

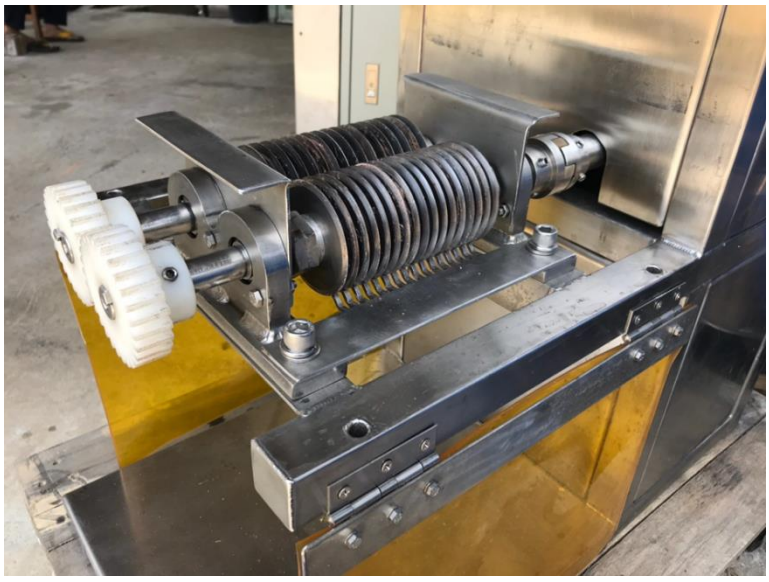


รูปที่ 4.10 ฝาครอบชั้นบนเครื่องหั่นกล้วย

4. ฝาครอบชั้นล่าง ดังรูปที่ 4.11 ฝาครอบชั้นล่างจะเป็นครอบชุดใบมีด เพื่อไม่ให้สิ่งสกปรกหลุดเข้าไปในเครื่องหั่นกล้วยได้และป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดจากใบมีด และป้องกันการเสื่อมสภาพของเครื่องหั่นได้

รูปที่ 4.11 ฝาครอบชั้นล่างเครื่องหั่นกล้วย

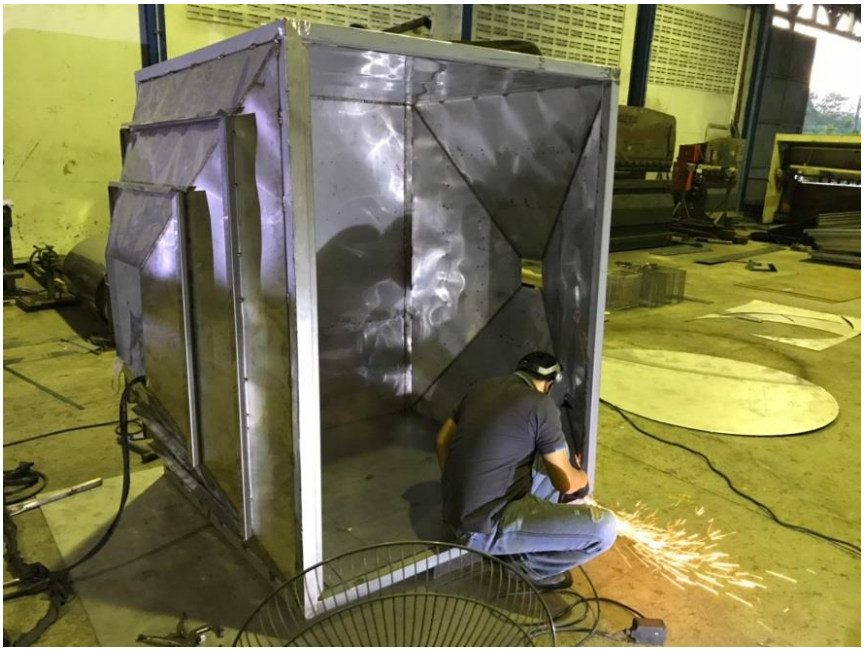
5. ชุดใบมีดหั่นกล้วย สำหรับหั่นกล้วยเป็นชิ้นๆ ภายในประกอบด้วย ใบมีดหั่นแบบ2แกน ใบมีดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว ขับส่งกำลังด้วยเฟืองวัสดุพลาสติกไนล่อน (ซูปเปอร์ลีน) ข้อต่อส่งกำลังขนาด 2 นิ้ว ดังรูปที่ 4.12 นอกจากนี้ชุดใบมีดหั่นกล้วยถูกออกแบบให้สามารถทำการถอดและทำความสะอาดได้ง่าย



รูปที่ 4.12 ชุดใบมีดหั่นกล้วย เครื่องหั่นกล้วย

4.1.2 การสร้างตู้อบลมร้อนให้ความร้อนด้วยไฟฟ้า

สร้างตู้อบลมร้อน ประกอบด้วยโครงสร้างที่ทำด้วยเหล็กกล่องขนาด 1-1/2 นิ้ว หนา 1.5 มิลลิเมตร ทาสีกันสนิมทนความร้อน ขนาดของห้องอบ กว้าง 130 เซนติเมตร ยาว 130 เซนติเมตร สูง 167 เซนติเมตร ผนังด้านในตู้อบใช้แผ่นแสตนเลสเชื่อมทุกด้านเพื่อกันการรั่วของอากาศร้อนภายใน และกันความชื้นจากด้านนอก แสดงดังรูปที่ 4.13 และ 4.14



รูปที่ 4.13 โครงสร้างและผนังด้านในตู้อบ

รูปที่ 4.14 โครงประตูตู้อบ

โครงประตูตู้อบหุ้มด้วยฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 24K ความหนาฉนวน 2” สำหรับรักษาและกันความร้อนผ่านออกสู่ด้านนอก ป้องกันความชื้นจากด้านนอกเข้าสู่ภายในตู้อบ ผนังด้านนอกตู้อบหุ้มด้วยแผ่นแสตนเลสปิดทับฉนวนใยแก้วเพื่อความสะดวกในการทำความสะอาดและกันการฟุ้งกระจายของฉนวนใยแก้วแสดงดังรูปที่ 4.15

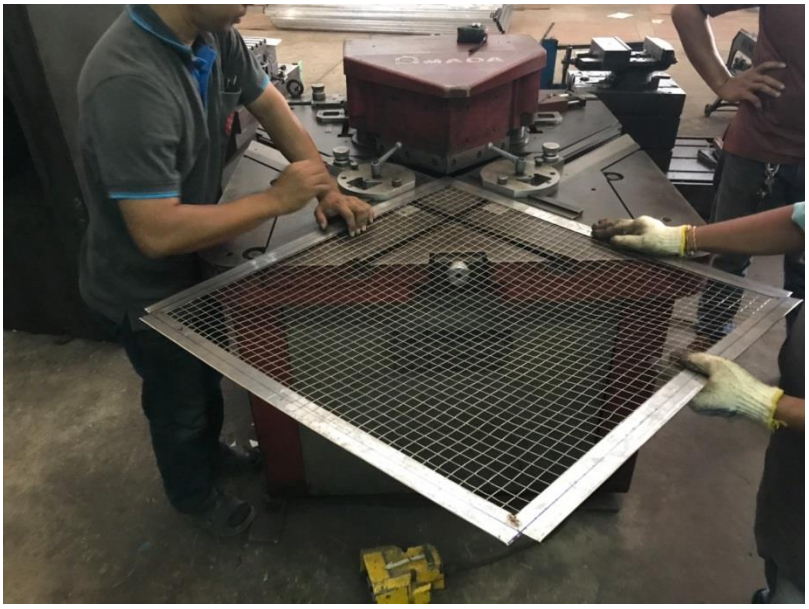
รูปที่ 4.15 การหุ้มฉนวนใยแก้วรอบตู้อบ

ส่วนภายในตู้อบลมร้อน ชั้นวางทำด้วยวัสดุเป็นแสตนเลส โครงชั้นวางถาดอบเลือกใช้แสตนเลสกล่องขนาด 1-1/2 นิ้ว หนา 1.2 มิลลิเมตร แสดงดังรูปที่ 4.16

รูปที่ 4.16 โครงชั้นวางถาดอบ

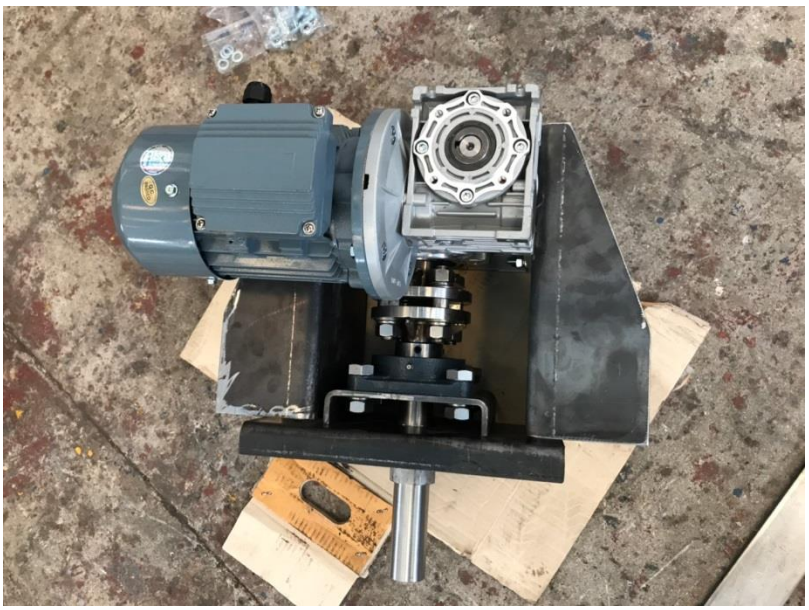
ขนาดของโครงชั้นวางถาดอบ กว้าง 89 เซนติเมตร ยาว 89 เซนติเมตร สูง 158 เซนติเมตร เชื่อมแสตนเลสแผ่นพับฉากสำหรับรองรับถาดกว้าง 2 นิ้ว ระยะห่างของชั้นวางถาดอบ 7.23 เซนติเมตร ให้ลมร้อนสามารถไหลผ่านช่องว่างได้

ถาดอบสำหรับใช้กับตู้อบลมร้อนออกแบบไว้ 3 แบบทั้งสามแบบมีขนาด กว้าง 80 เซนติเมตร ยาว 80 เซนติเมตร เท่ากัน แผ่นพื้นของถาดอบสองแบบเลือกใช้วัสดุแผ่นตะแกรงลวดแสตนเลส ขนาด ช่องตะแกรง 2 เซนติเมตร และ 1.2 เซนติเมตร ติดแผ่นแสตนเลส และพับขอบฉากสี่ด้าน เพื่อความแข็งแรงของถาดอบ แสดงดังรูปที่ 4.17 ถาดชั้นล่างสุดใช้แผ่นแสตนเลสพับขอบสี่ด้าน เพื่อรองรับชิ้นกล้วยหล่นจากถาดด้านบนในขณะทำการอบ จำนวนถาดอบในตู้อบทั้งหมด 21 ถาด



รูปที่ 4.17 ถาดอบแบบลวดตะแกรง

ชั้นวางของถาดอบ สามารถหมุนรอบตัวเพื่อให้สามารถรับลมร้อนได้อย่างทั่วถึง ให้ชิ้นกล้วยแห้งอย่างสม่ำเสมอ แสดงดังรูปที่ 4.18 ความเร็วรอบในการหมุนประมาณ 4 รอบต่อนาที และสามารถลดความเร็วรอบการหมุนได้จากการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าควบคุมความถี่ อินเวอร์เตอร์ (Inverter) รูปแบบมอเตอร์เกียร์เป็นเกียร์แบบเพลากลวง ติดตั้งด้านบนนอกตู้อบ ประกอบเข้ากับแกนเพลาขนาด 1-1/2 นิ้ว ติดตั้งเสริมตุ๊กตาลูกปืนแบบหน้าแปลนป้องกันการเหวี่ยงเยื้องศูนย์กลางของมอเตอร์ และชั้นวางถาด แกนเพลาขับชั้นวางถาดต่อกันด้วยการสวมปลอกร่องลิ่มภายในตู้อบ ทำให้สามารถถอดชั้นวางถาดออกได้อย่างง่าย



รูปที่ 4.18 ชุดมอเตอร์เกียร์และแกนเพลาขับชั้นวางถาดในตู้อบ

ตู้อบลมร้อนจะใช้พลังงานความร้อนจากฮีตเตอร์แสดงดังรูปที่ 4.19 เลือกใช้ฮีตเตอร์ไฟฟ้าดัดรูปตัวเอ็ม แบบครีบขั้วเกลียวลงด้านล่างในการให้ความร้อนเพราะสามารถกระจายความร้อนผ่านลมที่มาปะทะและไปสู่ชั้นวางถาดอบ โครงสร้างของชุดฮีตเตอร์ ประกอบขึ้นจากแผ่นแสตนเลสพับ เชื่อมประกอบต่อกันด้วยการขันเกลียวสกรู และน๊อต ให้สามารถถอดซ่อมบำรุงได้โดยง่าย ในชุดฮีตเตอร์ ติดตั้งชุดใบพัดทิศทางลมควบคู่ด้วย เป็นใบพัดปรับทิศทางของลมที่ผ่านฮีตเตอร์ให้ส่งขึ้นบนและลงล่างชั้นวางถาดสลับกันไป ตามการหมุนเหวี่ยงของลูกเบี้ยวเยื้องศูนย์ ติดตั้งไว้ที่มอเตอร์ด้านบนชุดฮีตเตอร์ รายละเอียดสำคัญอื่นๆของตู้อบลมร้อน แสดงดังตารางที่ 4.2

รูปที่ 4.19 ชุดฮีตเตอร์และใบพัดปรับทิศทางลม

ตาราง 4.2 รายละเอียดตู้อบลมร้อน

หัวข้อรายละเอียด	รายละเอียด
ขนาดตัวเครื่อง	325 x 175 x 240 เซนติเมตร
ความร้อนในการอบ	50 – 80 °C.
ขนาดชั้นวาง	80 x 80 เซนติเมตร จำนวน 21 ชั้น
ฉนวนใยแก้ว	หนา 2 นิ้ว หนาแน่น 24K
ขนาดมอเตอร์ ชั้นวาง	0.5 HP (400W)
ความเร็วรอบ ชั้นวาง	4 รอบต่อนาที
โหมดการทำงาน	Manual และ อัตโนมัติ
เวลาอบสูงสุด	10 ชั่วโมง
ไฟฟ้าที่ใช้	220 vac 1ph.

จากตารางที่ 4.2 ตู้อบลมร้อนสามารถทำงานได้ทั้งในโหมดควบคุมด้วยมือ และโหมดการทำงานแบบอัตโนมัติ ซึ่งสามารถใช้เวลาในการอบสูงสุด 10 ชั่วโมง ลักษณะของตู้อบลมร้อนแสดงดังรูป 4.20

รูปที่ 4.20 ตู้อบลมร้อน (ภาพรวม)

ตู้อบลมร้อน ใช้ฮีตเตอร์ในการทำความร้อนด้านซ้ายของตู้อบ เมื่อความร้อนก่อตัวขึ้น มอเตอร์พัดลมด้านซ้ายทำหน้าที่ดูดและเป่าความร้อนที่เกิดขึ้นวนอีกที ทำให้ความร้อนทั่วถึงทั้งตู้อบ ความร้อนในตู้อบจะมีความร้อนประมาณ 60 ถึง 80 องศาเซลเซียส ตู้อบแห้งลักษณะนี้ ไม่ได้ทำ

ให้ของที่อบนั้นสุก ตู้อบตัวนี้เพียงแค่ทำหน้าที่ไล่ความชื้นหรือไล่น้ำมันของชิ้นกล้วยเท่านั้น ส่วนประกอบที่สำคัญของตู้อบลมร้อน อธิบายรายละเอียดและกลไกการทำงานได้ดั้งนี้

1. แผงควบคุมการทำงาน ติดอยู่ด้านหน้าตัวเครื่อง ซึ่งประกอบด้วยแผงควบคุมส่วนการทำงานอุปกรณ์หรือโหมดการทำงานในตู้อบลมร้อน แสดงดังรูปที่ 4.21 และแผงควบคุมเกี่ยวกับไฟฟ้า รูปที่ 4.22

แผงควบคุมด้านหน้าด้านหน้าจะส่งคำสั่งไปยังตู้ควบคุมด้านหลังเครื่อง อาศัยอุปกรณ์ไฟฟ้าในการการรับคำสั่งและควบคุมการทำงาน สามารถอธิบายการทำงานดังนี้

- พัดลมดูดและเป่าภายในตู้และใบพัดควบคุมทิศทางลม ควบคุมการทำงานผ่าน อุปกรณ์แมคเนติก

- ขดลวดฮีตเตอร์ ควบคุมการทำงานผ่านโซลิดสเตทรีเลย์

รูปที่ 4.21 แผงควบคุมการทำงาน ตู้อบลมร้อน

- มอเตอร์หมุนชั้นวางถาด เปิดการทำงานของอุปกรณ์ปรับความถี่ (Inverter) เพื่อสั่งงาน โดยเริ่มต้นปรับการทำงานไว้ที่ 50 เฮิตซ์ สามารถปรับลดลง เพื่อลดความเร็วในการหมุนของชั้นวางถาดได้ ควบคุมการทำงานผ่านแมคเนติก

รูปที่ 4.22 แผงควบคุมการทำงานระบบไฟฟ้า ตู้อบลมร้อน

2. ตู้อบ ดังรูปที่ 4.23 ภายในตู้อบประกอบด้วยถาดใส่กล้วยที่ต้องการอบ ซึ่งสามารถบรรจุชั้นวางถาดได้ทั้งหมด 21 ชั้นถาด โดยด้านหน้าประตูใช้ปะเก็นทนความร้อน หนา 10 มิลลิเมตร เพื่อเป็นฉนวนกันความร้อนภายในตู้ออกสู่ด้านนอก

รูปที่ 4.23 ด้านหน้าตู้อบลมร้อน

ถาดสำหรับวางกล้วยในการอบมีขนาดกว้าง 80 เซนติเมตร ยาว 80 เซนติเมตร ถาดอบมี 3 แบบ แบ่งตามช่องตาข่ายลวดแสตนเลส มีขนาด 2 และ 1.2 เซนติเมตร ชั้นล่างสุดเป็นแบบถาดทึบ เพื่อรับเศษชิ้นเล็กร่วงลงสู้พื้น ดังรูปที่ 4.24

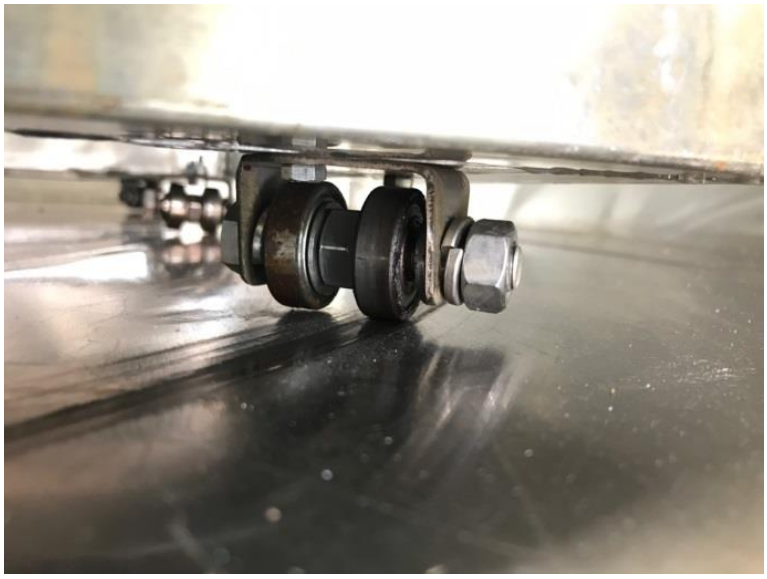
รูปที่ 4.24 ถาดวางกล้วย ตู้อบลมร้อน

ชั้นวางถาดหมุนด้วยมอเตอร์เกียร์จากด้านบนตู้ เลือกใช้มอเตอร์เกียร์ 0.5 แรง ประกอบเกียร์ 2 ชั้น อัตราทด 4 รอบต่อนาที มอเตอร์เป็นแบบเพลากลวง ประกอบแกนขับลงสู่ชั้นวางถาดภายในตู้ ดังรูปที่ 4.25

รูปที่ 4.25 มอเตอร์เกียร์ด้านบนตู้อบลมร้อน

แกนมอเตอร์เกียร์สวมปลอกร่องลิ่มขับแกนของชั้นวางถาดภายในตู้อบ เพื่อสะดวกในการถอดประกอบชั้นวางถาด ทำความสะอาด ดังรูปที่ 4.26 ลูกล้อรับน้ำหนักชั้นวางถาดด้านใต้โครงชั้นวาง 8 ชุด ทำหน้าที่กระจายการรับน้ำหนักและวิ่งวนบนพื้นตู้อบ แสดงดังรูปที่ 4.27

รูปที่ 4.26 แกนมอเตอร์ ตู้อบลมร้อน



รูปที่ 4.27 ลูกล้อรับน้ำหนัก ตู้อบลมร้อน

ด้านซ้ายของตู้อบเป็นชุดกำเนิดพลังงานความร้อน รูปที่ 4.28 ประกอบด้วย ขดลวดฮีตเตอร์ ใบพัดปรับทิศทางลม และเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ รูปแบบการทำงาน ขดลวดฮีตเตอร์แบบครีบ ขนาด 3000 วัตต์ 2 ชุด เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ากลายเป็นความร้อน พัดลมทำงานเป่าลมพา

ความร้อน ผ่านชุดปรับทิศทางลมขึ้นและลง กระจายทั่วชั้นวางถาดอบ ลมร้อนที่ผ่านออกมาถูกวัดด้วยเซนเซอร์ Thermocouple Type k ขนาดแกน 6 มิลลิเมตร ส่งผ่านข้อมูลไปที่ Temp controller แผงควบคุมหน้าตู้อบ

รูปที่ 4.28 ชุดกำเนิดพลังงานความร้อน ตู้อบลมร้อน

ใบพัดปรับทิศทางลม เคลื่อนที่ด้วยมอเตอร์เกียร์ 60 วัตต์ รอบการหมุน 14 รอบต่อนาที หัวแกนหมุนแบบลูกเบี้ยว ทิศทางการชักของแกนแบบขึ้น-ลง แสดงดังรูปที่ 4.29

รูปที่ 4.29 ใบพัดปรับทิศทางลม ตู้อบลมร้อน

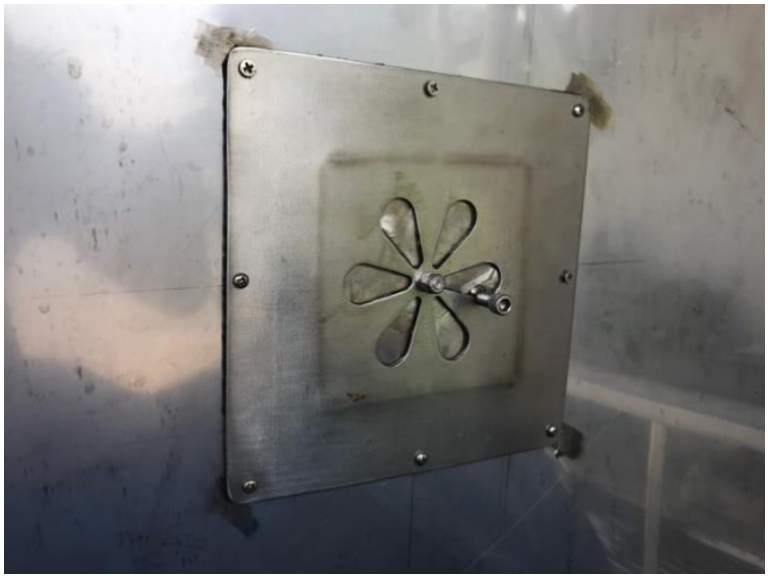
ด้านขวาของตู้อบเป็นพัดลมดูดและเป่าลมหมุนวน รูปที่ 4.30 ภายในตู้มีแผ่นตะแกรงกันเศษชิ้นกล้วยเข้าไปในใบพัดลม และเพื่อความปลอดภัยในการทำความสะอาด เชื่อมต่อระหว่างตู้อบและพัดลมด้วยผ้าใบทนความร้อน (สีฟ้า) เพื่อลดการสั่นสะเทือนจากการทำงานของพัดลม

รูปที่ 4.30 ตะแกรงกันเศษชิ้นกล้วย ตู้อบลมร้อน

พัดลมดูดและเป่าลมจะถูกติดตั้งด้านนอกตู้อบ ดังรูปที่ 4.31 โดยเชื่อมต่อกับท่อดูดและผ้าใบทนความร้อน ส่งลมผ่านท่อลมด้านหลังตู้อบ มอเตอร์ขนาด 0.25 แรงม้า ปริมาณลม 12 ลูกบาศก์เมตร (cmm) ใบพัดของพัดลมเป็นแบบกรงกระรอก

รูปที่ 4.31 พัดลมดูดและเป่าลม ส่วนด้านนอกตู้อบลมร้อน

ด้านนอกตู้อบด้านขวา มีช่องระบายไอลม ดังรูปที่ 4.32 เพื่อระบายไอความชื้นในการอบ สามารถปรับหรี่ขนาดช่องโดยการหมุนมือ ช่องระบายไอลมเชื่อมต่อด้านหลังพัดลมมีลักษณะเป็น 3 ทาง กรณีที่ช่องระบายไอลมถูกปิดสนิท ลมจะไหลไปทางช่องหลักทั้งหมด



รูปที่ 4.32 ช่องระบายไอลม ตู้อบลมร้อน

ด้านล่างภายในตู้อบมีช่องระบายน้ำ รูปที่ 4.33 เพื่อใช้ในกรณีการทำความสะอาดภายในตู้ ต่อท่อออกสู่ด้านล่างของตู้อบ ครอบปิดฝาเกลียวเวลาทำงานกันความร้อนออกสู่ด้านนอก เมื่อต้องการระบายน้ำก็เพียงบิดเปิดฝาเกลียว

รูปที่ 4.33 ช่องระบายน้ำด้านล่างตู้อบลมร้อน

ด้านนอกของตู้อบทุกด้านและท่อลมด้านหลังตู้อบ หุ้มฉนวนด้วยใยแก้วความหนา 2 นิ้ว ความหนาแน่น 24K หุ้มครอบด้วยแผ่นแสตนเลสหนา 0.7 มิลลิเมตรอีกครั้ง จุดประกอบต่อของตู้อบและท่อลม รองด้วยปะเก็นยางทนความร้อน เพื่อกันความร้อนออกสู่ด้านนอก ลดภาระการทำงานของขดลวดฮีตเตอร์ แสดงดังรูป ที่ 4.34

รูปที่ 4.34 ด้านนอกของตู้อบลมร้อน

4.1.3 การจัดหาเครื่องบดผง

จากกการศึกษาออกแบบเครื่องบดผง สามารถแยกรูปแบบงานผลิตเครื่องจักรออกเป็น 2 ส่วน คืองานแปรรูปแสตนเลสแผ่น และการหล่อแสตนเลสโครงเสื้อห้องบด ผู้วิจัยพบปัญหาในการผลิตส่วน 2 การหล่อสแตนเลสโครงเสื้อ กระบวนการนี้ไม่สามารถทำการผลิตในพื้นที่ ค่าใช้จ่ายการหล่อแสตนเลสมีราคาสูงมาจากค่าแบบหล่อและจำนวนในการติดต่อกับโรงหล่อแสตนเลส ถึงแม้ว่าผู้วิจัยจะผลิตชิ้นส่วนใบมีดภายในเองแล้ว เมื่อรวมกับค่าใช้จ่ายจ้างหล่อเสื้อห้องบดยังมีราคาสูงซึ่งไม่คุ้มที่จะผลิตเอง ผู้วิจัยจึงใช้การจัดหาเปรียบเทียบจากร้านค้าที่ขายอยู่ในตลาด โดยคำนึงถึง กำลังการผลิต รูปแบบการบด และราคาของเครื่องบด

เครื่องบดที่สอบถามราคาวัสดุที่สัมผัสกับกล้วยจะต้องเป็นสแตนเลสเพื่อให้ตรงกับมาตรฐานของเครื่องจักรในการผลิตอาหาร และกำลังผลิตของเครื่องบดจะต้องมีความใกล้เคียงกับวัตถุประสงค์ คือ กล้วย 80 หวี เมื่อทำการอบ เนื้อกล้วยน้ำว้าอบแห้งจะมีน้ำหนักอยู่ประมาณ 27 กิโลกรัม เครื่องบดที่ใกล้เคียงกับความต้องการมีอยู่ 2 รุ่น คือ

1. รุ่น YLFJ-10B กำลังการผลิต 10 - 30 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ขนาดห้องบด 16 เซนติเมตร มอเตอร์ 2.2 กิโลวัตต์ แรงดันไฟฟ้า 380 โวลต์ 3 เฟส ราคาเครื่อง 128,400 บาท

2. รุ่น YLFJ-20B กำลังการผลิต 50 – 200 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ขนาดห้องบด 20 เซนติเมตร มอเตอร์ 3.75 กิโลวัตต์ แรงดันไฟฟ้า 380 โวลต์ 3 เฟส ราคาเครื่อง 203,300 บาท

จากข้อมูลของเครื่องบดทั้งสองรุ่น ผู้วิจัยคำนึงถึงประเด็นกำลังผลิต ต้องการบดกล้วยอบแห้งประมาณ 27 กิโลกรัมต่อวัน ซึ่งในเครื่องบดรุ่น YLFJ-10B กำลังการผลิต 10 – 30 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตรงกับความต้องการ ราคาของเครื่องไม่สูงมากนัก เมื่อเทียบกับรุ่น YLFJ-20B ถึงแม้ว่าจะมีกำลังการผลิตที่มากกว่า แต่ด้านราคา และการใช้ไฟฟ้าที่มากกว่า ซึ่งจะไม่เหมาะกับการทำงาน จึงทำให้สามารถสรุปเลือก รุ่น YLFJ-10B เพียงพอต่อความต้องการในการบดผงกล้วย

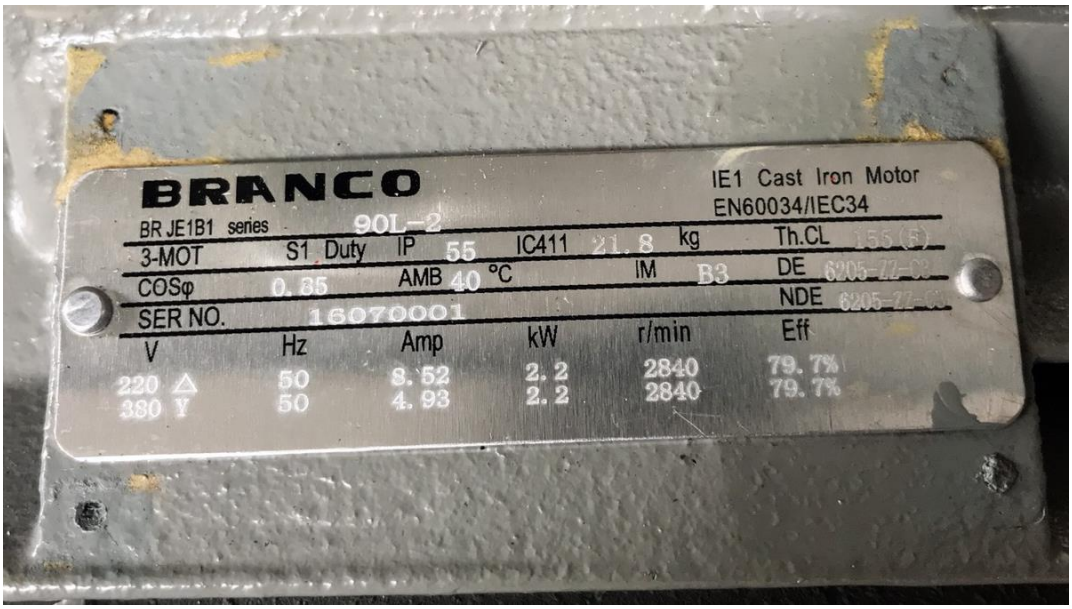
เครื่องบดผง รุ่น YLFJ-10B ระบบไฟฟ้าของเครื่องจักร ใช้มอเตอร์ 2.2 กิโลวัตต์ ใช้ไฟฟ้าแรงดัน 380 โวลต์ แบบ 3 เฟส ซึ่งข้อจำกัดของโรงผลิตที่ผู้วิจัยทำการวิจัย คือ ไฟฟ้าแรงดัน 220 โวลต์ แบบ 1 เฟส ผู้วิจัยจึงทำการปรับปรุงระบบไฟฟ้าเพื่อให้สามารถทำงานได้ โดยการติดตั้งอุปกรณ์วงจรไฟฟ้า อินเวอร์เตอร์ แสดงดังรูปที่ 4.35 โดยเลือกรุ่นที่มีคุณสมบัติการแปลงแรงดันไฟฟ้า จาก 1 เฟส 220 โวลต์ เป็น 3 เฟส แรงดันไฟฟ้า 200 โวลต์ เชื่อมต่อเข้ากับระบบควบคุมไฟฟ้าเดิมของเครื่องบด

รูปที่ 4.35 อุปกรณ์ไฟฟ้าเพิ่มเติมของเครื่องบด

มอเตอร์ที่ติดตั้งมากับเครื่องบด พบว่ารองรับการต่อสายเข้ามอเตอร์ได้เพียงแบบสตาร์ (STAR) แสดงสัญลักษณ์ **Y** สำหรับรับแรงดันไฟฟ้า 380 โวลต์เท่านั้นแสดงดังรูปที่ 4.36

ผู้วิจัยจึงทำการเปลี่ยนมอเตอร์ที่สามารถรองรับการต่อสายไฟเข้ามอเตอร์แบบเดลต้า (DELTA) แสดงสัญลักษณ์ Δ สำหรับแรงดันไฟฟ้า 200 โวลต์ แสดงดังรูปที่ 4.37

รูปที่ 4.36 มอเตอร์ที่ติดตั้งมากับเครื่องบด



รูปที่ 4.37 มอเตอร์ที่ได้เปลี่ยนใหม่

เครื่องบดผงแบบโรเตอร์ สำหรับบดผงกล้วย ตัวเครื่องบดทำจากวัสดุแสตนเลส ภายในมีใบมีดแบบ Cutter ซึ่งจะมีใบมีดสับกันระหว่างใบหมุน กับที่ยึดกับโครงใส่แผ่นกรอง รายละเอียดสำคัญอื่นๆ แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 รายละเอียดของเครื่องบดผง

หัวข้อรายละเอียด	รายละเอียด
ขนาดตัวเครื่อง	50 x 70 x 110 เซนติเมตร
ขนาดจานบด	20 เซนติเมตร
ขนาดมอเตอร์	3 HP (2.25 KW)
ความเร็วรอบ	3000 รอบ
โหมดการทำงาน	Manual
ไฟฟ้าที่ใช้	220 vac 1ph.

หลักการทำงานของเครื่องบดแบบ cutter ทำการป้อนชิ้นกล้วยในถาดสี่เหลี่ยมด้านบน ชิ้นกล้วยจะไหลลงสู่ห้องบดชั้นกลางฟันตีแบบ cutter จะทำการตีซ้ำๆ จนชิ้นกล้วยแตกตัวกลายเป็นผง กรองผ่านแผ่นตะแกรงรอบๆ ฟันตี ตกลงสู่ช่องด้านล่าง ซึ่งจะนำถุงมารัดรอบรับไว้ ลักษณะเครื่องบดแบบ cutter แสดงดังรูปที่ 4.38

รูปที่ 4.38 เครื่องบดแบบ cutter

ช่องรับชิ้นกล้วยด้านบน ขนาดกว้าง 33 เซนติเมตร ยาว 33 เซนติเมตร ดังรูปที่ 4.39 สามารถรับกล้วยที่ผ่านการอบแห้งได้พอประมาณ เวลาทำการบดเราจะต้องค่อยๆป้อนใส่ เพื่อไม่ให้กล้วยลงสู่ห้องบดเยอะเกินไป จะสร้างภาระให้กับมอเตอร์ ซึ่งเราสามารถดูการทำงานของมอเตอร์จาก แอมป์มิเตอร์ที่ด้านข้างเครื่อง ซึ่งควรจะอยู่ในช่วง 0 – 15 แอมป์ หากมอเตอร์ทำงานมากเกินไป โอเวอร์โหลดที่ติดตั้งในตู้ควบคุมจะทำการตัดการทำงาน

รูปที่ 4.39 ช่องรับชิ้นกล้วย เครื่องบด

ภายในห้องบด แยกส่วนประกอบเป็น ห้องบด ฝาปิด ใบมีดตัวตั้ง และใบมีดตัวตัด ดังรูปที่ 4.40 ชิ้นกล้วยอบจะไหลลงห้องบดผ่านทางฝาปิด ลงตรงกลางของใบมีดตัวตัด ชิ้นกล้วยจะถูกเหวี่ยงถูกตัดและกระแทกระหว่างใบมีด ชิ้นกล้วยที่เล็กผ่านแผ่นกรองที่ติดอยู่กับใบมีดตัวตั้งได้จะออกจากห้องบด ชิ้นกล้วยที่ยังไม่ถูกบดก็จะวนอยู่ในห้องบดต่อ

รูปที่ 4.40 ภายในห้องบด เครื่องบด

ชุดใบมีดตัวตั้ง ประกอบด้วยใบมีด 3 จุด และแผ่นกรอง 3 จุด ติดในชุดใบมีด แสดงดังรูปที่ 4.41 ซึ่งสามารถเลือกความละเอียดในการบดได้ โดยการเปลี่ยนแผ่นกรอง ในที่นี้ความละเอียดของกล้วยผงที่เราต้องการคือ 80-100 เมซ. หรือเทียบเท่าแผ่นตะแกรงขนาดรู 0.1 มิลลิเมตร

รูป 4.41 ชุดใบมีดตั้งตั้ง เครื่องบด

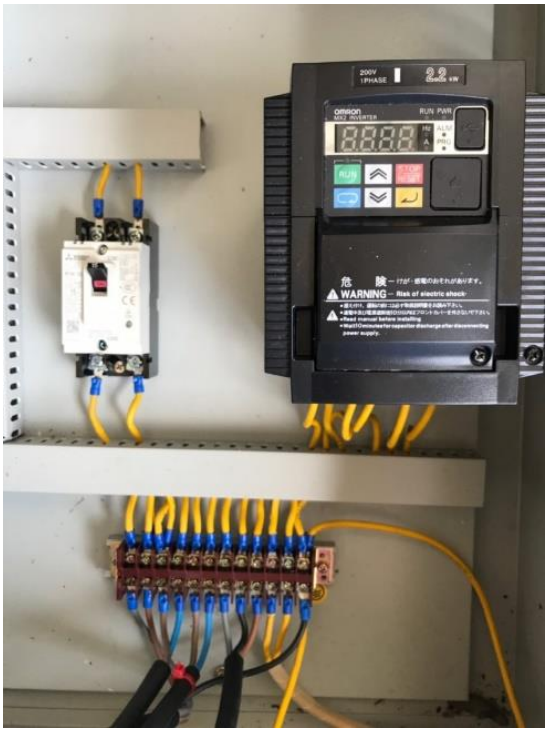
แผงควบคุมการทำงานเครื่องบด ประกอบด้วยปุ่มควบคุมแบ่งเป็นปุ่มเริ่มการทำงาน (สีเขียว) และปุ่มหยุดการทำงาน (สีแดง) ปุ่มหยุดฉุกเฉิน นอกจากนี้มีหน้าจอข้อมูลแอมป์มิเตอร์แสดงภาระของมอเตอร์ในขณะทำงาน แผงควบคุมการทำงานแสดงดังรูปที่ 4.42

รูปที่ 4.42 แผงควบคุมการทำงานเครื่องบด

มอเตอร์ของเครื่องบด ดังรูปที่ 4.43 ควบคุมการทำงานด้วยแมคเนติก รอบการทำงานของเครื่องบด 3,000 รอบต่อนาที เหมาะสมกับการใช้งานของเครื่องบด

รูปที่ 4.43 มอเตอร์เครื่องบด

แผงระบบควบคุมไฟฟ้า ดังรูปที่ 4.44 สำหรับควบคุมการการจ่ายไฟฟ้าที่ใช้อย่างเหมาะสม โดยติดตั้งระบบไฟฟ้าให้สามารถใช้งานไฟฟ้าแบบ 1 เฟส 220 โวลต์ โดยการใช้อินเวอร์เตอร์เข้ามาช่วยในการส่งผ่านกระแสไฟฟ้า จาก 1 สาย ขนาด 220 โวลต์ ไปที่มอเตอร์ 3 เฟส ขนาด 200 โวลต์



รูปที่ 4.44 แผงระบบควบคุมไฟฟ้าเครื่องบด

4.2 การวิเคราะห์ผลการใช้งานเครื่องจักร

4.2.1 การวิเคราะห์ผลการใช้งานเครื่องหั่น

หลังจากการประกอบเครื่องหั่นกล้วยเสร็จ ในการหั่นจะเริ่มจากการนำกล้วยหลังปอกเปลือกใส่ในช่องใบมีดด้านบนของเครื่อง ชิ้นงานกล้วยหลังหั่นลงด้านล่าง ทำการทดสอบการทำงานของเครื่องหั่นกล้วย เพื่อให้มั่นใจว่าเครื่องหั่นสามารถทำงานได้ตามกำหนด แสดงดังรูปที่ 4.45 ทดสอบการป้อนชิ้นกล้วยที่ความหนาต่างๆ กัน

รูปที่ 4.45 ทดสอบการใช้งานเครื่องหั่นกล้วย

ผลการทดสอบการใช้งานของเครื่องหั่น แสดงรายละเอียดการทดสอบดังตารางที่ 4.4 (รายละเอียดดังภาคผนวก จ)

ตารางที่ 4.4 สรุปผลการทดสอบการใช้งานเครื่องหั่นกล้วย

ครั้งที่	รายละเอียดการทดสอบ	ผลการทดสอบ	แนวทางการแก้ไขครั้งต่อไป
1	ทดสอบป้อนชิ้นกล้วย 2 ขนาด ตามที่กำหนด คือ กล้วยขนาดความโตน้อยกว่า 34 ม.ม.และกล้วยที่มีขนาดโตน้อยกว่า 40 ม.ม.	ชิ้นกล้วยหลังหั่นส่วนใหญ่มีความหนา ตามกำหนด แต่จะมีชิ้นกล้วยที่แตกอยู่พอ สมควรและติดเมล็ด	ปรับแหวนรองระหว่างใบมีด
2	ทดสอบป้อนชิ้นกล้วย 2 ขนาด ตามที่กำหนด คือ กล้วยขนาดความโตน้อยกว่า 34 ม.ม.และกล้วยที่มีขนาดโตน้อยกว่า 40 ม.ม.	ได้ชิ้นกล้วยมีขนาดความหนาตามกำหนด ไม่ติดเมล็ด	

จากการทดสอบการใช้งานเครื่องหั่นกล้วย กล้วยที่ได้ทำการหั่น ชิ้นกล้วยมีความหนาใกล้เคียงกัน ตามที่ได้ออกแบบ แต่ยังพบปัญหาชิ้นกล้วยที่หั่นแตกเป็นชิ้นประมาณ 40% ของการหั่น จากการวิเคราะห์พบว่าแหวนรองใบมีดมีความหนาไม่เท่ากันอยู่ในช่วงความหนา 6.9 – 7.3 มิลลิเมตร การออกแบบแหวนรองใบมีดกำหนดไว้ที่ 7 มิลลิเมตร ความหนาของแหวนรองใบมีดไม่เท่ากันทำให้การประกอบแกนใบมีด ใบมีดแต่ละแกนเยื้องศูนย์ และเมื่อหั่นชิ้นกล้วยจะเบียดกับใบมีดมาก หลุดแตกเป็นชิ้นเล็ก จึงทำการปรับขนาดให้แหวนรองใบมีดใกล้เคียงกันมากที่สุด ทำการทดลองครั้งที่ 2 ชิ้นกล้วยที่แตกเป็นชิ้นประมาณ 15% ส่วนใหญ่ชิ้นกล้วยที่ได้จากการหั่นกล้วยตรงตามที่ต้องการ มีความหนาอยู่ในช่วง 6-7 มิลลิเมตรตรงตามต้องการ ขนาดของชิ้นกล้วยที่ถูกต้องตามที่ต้องการแสดงดังรูปที่ 4.46

รูปที่ 4.46 ขนาดชิ้นกล้วยที่ได้จากการหั่นของเครื่องหั่นกล้วย

การทดลองเครื่องจักรเพื่อหากำลังการผลิตของเครื่องหั่นเมื่อทำการหั่นกล้วย ทำการทดลองหั่นกล้วยน้ำหนัก 1 กิโลกรัม และจับเวลา จำนวน 6 ชุด แสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 เวลาการหั่นกล้วยของเครื่องหั่นใน 1 นาที

รอบ	เวลาที่ใช้หั่น (วินาที)
1	32.42
2	30.01
3	32.02
4	29.97
5	29.56
6	29.43
เฉลี่ย	30.57

จากการทดลองเครื่องหั่นหากำลังการผลิต ในการหั่นกล้วย 1 กิโลกรัม ได้ค่าเฉลี่ย คือ 30.57 วินาที เมื่อทำการคำนวณกำลังการผลิตต่อชั่วโมง (1 ชั่วโมง เท่ากับ 3600 วินาที)

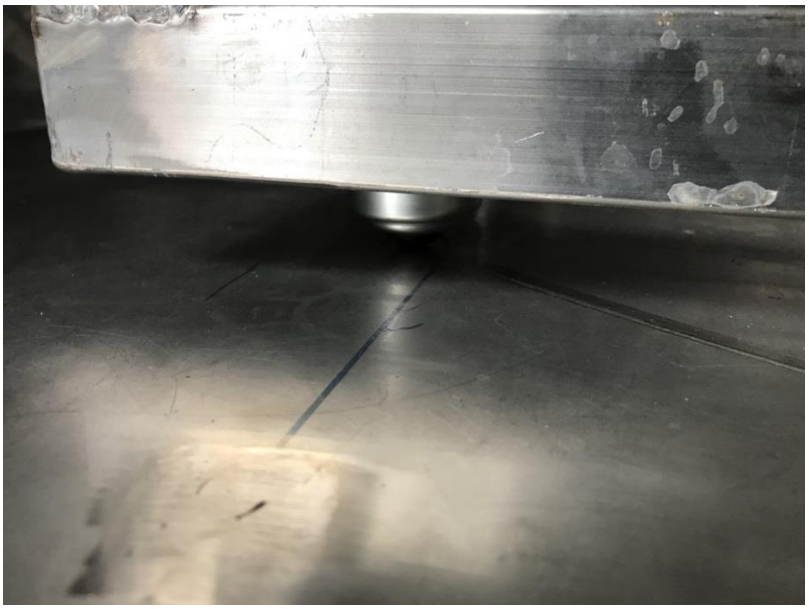
$$= \frac{3,600}{30.57}$$

$$= 117.76 \text{ kg/hr}$$

กำลังการผลิตของเครื่องหั่นกล้วยประมาณ 117 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งค่ากำลังการผลิตนี้เป็นเพียงผลจากการคำนวณผลการทดลอง การทำงานจริงใน 1 ชั่วโมงอาจได้กำลังการผลิตที่ต่ำกว่าจากการทำงานของผู้ทำงาน

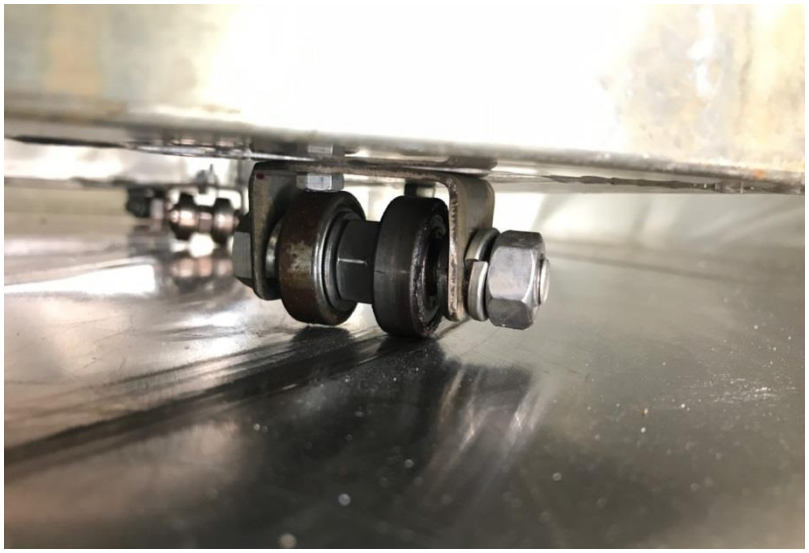
4.2.2 การวิเคราะห์ผลการใช้งานตู้อบ

การทดสอบการอบกล้วยจากตู้อบลมร้อน ครั้งแรกทำการทดลองอบตู้เปล่า โดยไม่ใส่กล้วยเพื่อทดลองระบบการทำงานของตู้อบ อุณหภูมิภายในตู้อบตอนเปิดทำงานตู้อบคือ 28 องศา ใช้เวลาประมาณ 40 นาทีภายในตู้อบอุณหภูมิถึง 70 องศา การทดลองอบตู้เปล่าในครั้งแรกพบปัญหาล้อของชั้นวางถาดซึ่งเป็นบอลโรลเลอร์มีเสียงดัง และล้อขูดแผ่นพื้นเป็นรอย แสดงดังรูปที่ 4.47 เนื่องจากการทำงานต่อเนื่อง บอลโรลเลอร์ไม่หมุน



รูปที่ 4.47 พื้นภายในตู้อบเป็นรอยจากการขูดของล้อ

ผู้วิจัยทำการเปลี่ยนล้อชั้นวางถาดจากเดิมบอลโรลเลอร์ เป็นชุดล้อลูกปืนคู่ ใช้ลูกปืนเบอร์ 6001 ขนาดวัดความโตนอก 28 มิลลิเมตร ประกอบคู่กัน 2 ลูก แสดงดังรูปที่ 4.48 เมื่อทำการเปลี่ยนแล้วไม่มีเสียงดัง และการขูดพื้นของชุดล้อชั้นวางถาดหาย



รูปที่ 4.48 ล้อของชั้นวางถาด ชุดล้อลูกปืนคู่

การทดสอบการอบกล้วย การใช้งานโดยนำกล้วยที่ได้หลังจากขั้นตอนการหั่นแล้วมาทำการจัดเรียงวางบนถาดและนำเข้าตู้อบ น้ำหนักกล้วยก่อนอบ 4.35 กิโลกรัม ทำการอบด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบประมาณ 5 ชั่วโมง น้ำหนักหลังอบเหลือ 1.54 กิโลกรัม โดยใช้ชั้นถาดทั้งหมด 2 ถาด ลักษณะกล้วยหลังการอบมีความแห้งตามที่ต้องการ แสดงดังรูปที่ 4.49 และรูปที่ 4.50

รูปที่ 4.49 ลักษณะชิ้นกล้วยหลังผ่านการอบ 1

รูปที่ 4.50 ลักษณะชิ้นกล้วยหลังผ่านการอบ 2

ในการอบครั้งที่สอง นำกล้วยที่หั่นประมาณ 80 กิโลกรัม จัดเรียงในถาดอบ แสดงดังรูปที่ 4.51 น้ำหนักของกล้วยต่อถาดที่ทำการจัดเรียงประมาณ 3.8 กิโลกรัมต่อถาด ทำการอบที่อุณหภูมิสูงสุด 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบประมาณ 7 ชั่วโมง กล้วยมีความแห้งตามที่ต้องการ จึงทำให้สรุประยะเวลาที่ใช้ในการอบกล้วย 80 กิโลกรัมประมาณ 7 ชั่วโมงจะทำให้ได้กล้วยที่แห้งสามารถนำไปผ่านกระบวนการต่อไปได้

รูปที่ 4.51 กล้วยที่จัดเรียงใส่ถาด

4.2.3 การวิเคราะห์ผลการใช้งานเครื่องบด

ทำการติดตั้งและทดสอบการใช้งานของเครื่องบด เพื่อให้มั่นใจว่าเครื่องบดสามารถทำงานได้ตามจุดประสงค์ของการใช้งาน โดยความละเอียดในการบดผงที่ต้องการ อยู่ที่ระหว่าง 80 – 100 เมซ (จำนวนรูต่อตารางนิ้ว) ขั้นตอนการทดสอบการใช้งาน ดังรูปที่ 4.52 เริ่มจาก นำกล้วยที่ผ่านการอบ น้ำหนักกล้วยอบแห้ง 1.54 กิโลกรัมมาเข้าสู่กระบวนการบดด้วยเครื่องบด และใช้ตะแกรงกรองขนาด 0.1 มิลลิเมตร (เทียบเท่า ขนาดรู 80 mesh)

รูปที่ 4.52 การทดสอบการใช้งานเครื่องบด

รูปที่ 4.53 ผงกล้วยบดสำเร็จรูป

ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบพบว่า ผงกล้วยบดสามารถร่อนผ่านตะแกรงได้ หมายความว่า ผงกล้วยบดมีความละเอียดมากกว่า 80 เมช ตามที่ต้องการ ซึ่งใช้เวลาในการบดกล้วยชุดตัวอย่างทั้งสิ้น 1.30 นาที น้ำหนักรวมของกล้วย 1.50 กิโลกรัม ผงกล้วยบดแสดงดังรูปที่ 4.53

เวลาบดจากการทดลองสามารถนำมาคำนวณประมาณกำลังการผลิตต่อชั่วโมงคือ กล้วยอบแห้ง 1.54 กิโลกรัม ใช้เวลาบด 1.30 นาที

$$= \frac{60}{1.5} \times 1.54$$

$$= 61.6 \text{ kg/hr}$$

กำลังการผลิตของเครื่องบดกล้วยอบแห้งเป็นกล้วยผงประมาณ 61.6 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

ปัญหาที่พบระหว่างการบด พบว่า กล้วยที่มีชิ้นขนาดใหญ่ติดในช่องใส่เครื่องบด แสดงดังรูปที่ 4.54 ทำให้การใส่ชิ้นกล้วยอบแห้งไม่ต่อเนื่อง จะต้องเปิดฝาห้องบดเพื่อดึงชิ้นกล้วยออก แก้ไขโดยการบีบให้ชิ้นกล้วยอบแห้งเป็นชิ้นเล็กพอประมาณก่อนทำการใส่เครื่องบด หรือปรับขนาดการหั่นของเครื่องหั่นให้หั่นชิ้นกล้วยเป็นแนวขวาง จะได้ชิ้นกล้วยทรงกลม เมื่อทำการอบแห้ง และนำมาบดจะแก้ปัญหาการติดของชิ้นกล้วยได้

รูปที่ 4.54 ชิ้นกล้วยติดช่องป้อนเครื่องบด

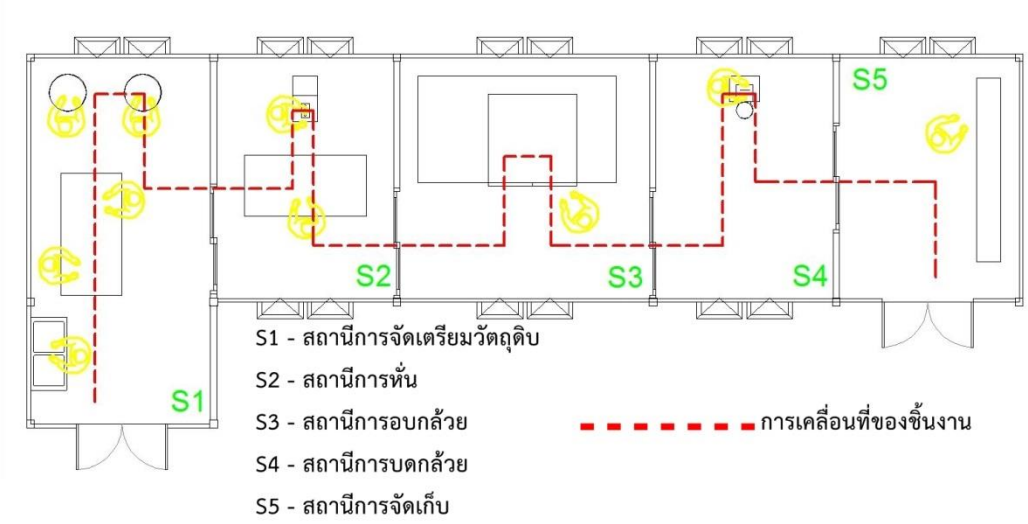
4.3 การจัดวางผังกระบวนการทำงานและการไหลวัสดุ

การจัดวางผังกระบวนการทำงานและพื้นที่จัดวางในพื้นที่สำหรับการผลิต โดยเริ่มจากการแบ่งขั้นตอนเป็นสถานีงานต่าง ๆ แสดงดังรายละเอียดดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 สถานีงานและรายละเอียดงานย่อย

ลำดับ	ชื่อสถานีงาน	งานย่อย	รายละเอียดงานย่อย
1	จัดเตรียมวัตถุดิบ	1	ตัดกล้วยให้เป็นลูก
		2	ทำความสะอาดผิวของกล้วย
		3	ทำการปอกเปลือกด้วยมีด ก่อนพักไว้ในถาด
2	หั่นกล้วย	4	ทำการป้อนกล้วยเข้าเครื่องหั่น
3	อบกล้วย	5	นำกล้วยเรียงในถาดแล้วใส่ในตู้อบ
		6	อบกล้วยในอุณหภูมิ ที่กำหนด
4	บดกล้วย	7	นำกล้วยที่อบแล้ว มาบดด้วยเครื่องบด
5	จัดเก็บ	8	เก็บกล้วยผงที่บดสำเร็จเข้าชั้นเก็บ

จากตารางแสดงรายละเอียดสถานีงานในการผลิตกล้วย โดยพิจารณาจากความสัมพันธ์และเชื่อมโยงในแต่ละขั้นตอน โดยสามารถแบ่งได้เป็น 5 สถานีงานย่อย ได้แก่ สถานีงานจัดเตรียมวัตถุดิบ สถานีงานหั่นกล้วย สถานีงานอบกล้วย สถานีงานบดกล้วย และ สถานีงานจัดเก็บ



รูปที่ 4.55 สายการผลิตกล้วยผง

จัดสรรพื้นที่ในการทำงานในแต่ละสถานีอย่างเหมาะสม โดยให้สอดคล้องกับพื้นที่ของโรงงานที่มีอยู่ ที่ถูกกำหนดให้เป็นพื้นที่สำหรับกระบวนการผลิต ซึ่งสามารถจัดวางตามผังโรงงาน แสดงรายละเอียดดังรูป 4.55 จากสายการผลิตกล้วยผงแสดง การจัดสรรพื้นที่การทำงานทั้ง 5 สถานีการผลิต การกำหนดจำนวนพนักงานและตำแหน่งการยืนของพนักงานอย่างเหมาะสม รวมทั้งกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ของวัสดุหรือชิ้นงานในสภาวะปกติของการผลิต กำหนดให้ทิศทางการไหลของชิ้นงาน เคลื่อนที่จากด้านซ้ายของโรงผลิตไปสู่ด้านขวา โดยสรุปรายละเอียดตามขั้นตอนที่ได้ ดังนี้

1. ขั้นตอนการจัดเตรียมวัตถุดิบนำวัตถุดิบกล้วยน้ำว้าดิบตัดแบ่งกล้วยให้เป็นลูกจากเครือกล้วย ทำความสะอาดสิ่งสกปรกต่างๆที่ติดมากับเปลือกกล้วย และนำมาปอกเปลือกกล้วย

2. ขั้นตอนการหั่น กล้วยที่ทำการปอกเปลือกแล้วนำมาป้อนเข้าสู่เครื่องหั่น กล้วยที่ถูกหั่นแล้วจะพักไว้ที่ถาดพักที่รับอยู่ด้านล่างของเครื่องหั่น ทำการคลุมด้วยแผ่นพลาสติกเพื่อลดการสัมผัสของพื้นผิวกล้วยกับอากาศซึ่งจะส่งผลต่อความคล้ำของสีผิวกล้วย

3. ขั้นตอนการอบแห้ง กล้วยที่พักไว้ในถาดนำมาจัดเรียงลงถาดอบ จัดเรียงกล้วยให้ไม่ทับซ้อนกัน นำเข้าวางในชั้นวางถาดอบในตู้อบ และเปิดระบบการอบแห้ง

4. ขั้นตอนการบด แบ่งกล้วยอบแห้งนำมาเทใส่ถาดรวมแล้วจึงนำมาป้อนใส่เครื่องบด กล้วยที่ผ่านการบดจะตกลงสู่ถุงเก็บขนาดใหญ่ด้านใต้เครื่องบด มัดถุงเก็บกล้วยผงให้แน่นก่อนแยกเป็นชุดเพื่อจัดเก็บ

5. ขั้นตอนจัดเก็บ จัดเรียงถุงกล้วยผงเข้าชั้นวาง จัดเรียงตามวันที่ผลิต เพื่อสะดวกในการนำกล้วยผงไปบรรจุจ่อไป

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยการออกแบบกระบวนการผลิตกล้วยผง กรณีศึกษาซาไกฟาร์ม (SAKI FARM) เพื่อให้สามารถทำการแปรรูปกล้วยดิบได้ไม่ต่ำกว่า 80 หวีต่อวัน สามารถสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

การออกแบบกระบวนการผลิตกล้วยผง กรณีศึกษาซาไกฟาร์ม มีวัตถุประสงค์เพื่อสามารถแปรรูปกล้วยดิบซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักได้ไม่ต่ำกว่า 80 หวีต่อวัน ซึ่งงานวิจัยแสดงให้เห็นว่าสามารถแปรรูปกล้วยน้ำว้าดิบเป็นกล้วยผงอบแห้งได้ โดยกระบวนการแปรรูปจากกล้วยน้ำว้าดิบ 80 หวี จะแปรรูปเป็นกล้วยผงประมาณ 27 กิโลกรัม ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา และรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิตกล้วยผง และการดำเนินงานที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งข้อมูลปัจจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำข้อมูลมาประกอบการวางแผนกระบวนการผลิต ทั้งข้อมูลด้านลักษณะสมบัติของกล้วย วิธีการและลักษณะการทำงานเครื่องจักร เครื่องมือ อุปกรณ์ที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนการผลิต เพื่อให้สามารถผลิตกล้วยผงให้เป็นไปตามเป้าหมายอย่างเหมาะสม รวมทั้งประเมินการสร้าง จัดหาเครื่องจักร ปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้งด้านการลงทุนและด้านการตลาดควบคู่ไปด้วย นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาทำการออกแบบขั้นตอนการผลิตกล้วยผง เริ่มจากขั้นตอนการจัดเตรียมวัตถุดิบ การหั่นกล้วย การอบ การบด กำหนดทรัพยากร คน เครื่องจักร เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนอย่างเหมาะสม จากนั้นทำการออกแบบเครื่องจักรที่ใช้งานในลักษณะแบบ Drawing และสร้างเครื่องจักรในขั้นตอนการหั่นกล้วยกำลังการผลิต 117 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ต้นทุนการผลิตเครื่อง 24,109 บาท การอบกล้วยสามารถบรรจุกล้วยที่ผ่านการหั่นได้ 80 กิโลกรัมต่อการอบหนึ่งครั้ง ต้นทุนการผลิตเครื่อง 141,058 บาท จัดหาเครื่องบดกล้วยกำลังการผลิต 61.6 กิโลกรัม ต้นทุนการผลิตเครื่อง 145,767 บาท เครื่องจักรสามารถรองรับการทำงานและกำลังการผลิตตามที่ต้องการ จากนั้นทำการออกแบบผังกระบวนการทำงานและการไหลวัสดุที่เหมาะสม กำหนดสถานีงานหลักและงานย่อยในกระบวนการผลิต โดยพิจารณาจากความสัมพันธ์และเชื่อมโยงในแต่ละขั้นตอน โดยสามารถแบ่งได้เป็น 5 สถานีงานย่อย ได้แก่ สถานีงานจัดเตรียมวัตถุดิบ สถานีงานหั่นกล้วย สถานีงานอบกล้วย สถานีงานบดกล้วย และสถานีงานจัดเก็บ จัดสรรพื้นที่ในการทำงานในแต่ละสถานี อย่างเหมาะสม โดยให้สอดคล้องกับพื้นที่ของโรงงานที่มีอยู่ นอกจากนี้มีการกำหนดจำนวนพนักงานและตำแหน่งการยืนของพนักงานอย่างเหมาะสม รวมทั้งกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ของวัสดุหรือชิ้นงานในสภาวะปกติของ

การผลิต ตั้งแต่ขั้นตอนการจัดเตรียมวัตถุดิบจนถึงขั้นตอนการนำสินค้าสำเร็จรูปไปจัดเก็บในสต็อก เพื่อตรวจว่ากระบวนการที่ได้ออกแบบไว้มีการเคลื่อนที่อย่างเหมาะสมอีกด้วย

จากการออกแบบกระบวนการผลิตกล้วยผง ตั้งแต่กระบวนการเริ่มต้นคือการจัดเตรียมวัตถุดิบ จนถึงกระบวนการสุดท้ายคือการจัดเก็บถุงบรรจุ โดยผู้วิจัยได้ทำการสรุปประสิทธิภาพของการผลิตกล้วยผงหลังจากที่ดำเนินการ ทั้งการออกแบบ สร้าง และติดตั้งเครื่องจักร เครื่องมือ อุปกรณ์ ทรัพยากรที่ใช้ในกระบวนการผลิต รวมทั้งวางผังพื้นที่การทำงาน กำหนดงานย่อย และสถานีงาน

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากบทสรุปผลงานวิจัยการออกแบบกระบวนการผลิตกล้วยผง กรณีศึกษาซาไกฟาร์ม (SAKI FARM) เพื่อให้สามารถทำการแปรรูปกล้วยดิบได้ไม่ต่ำกว่า 80 หวีต่อวัน พบว่า ผลการดำเนินงานมีข้อควรปรับปรุงบางอย่าง ซึ่งสามารถสรุปเป็นข้อเสนอแนะและแนวทางในการปรับปรุงเพื่อให้เกิดประสิทธิผลสูงสุด เป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไปในอนาคต ดังต่อไปนี้

1. การจัดสมดุลการผลิตกล้วยผง เพื่อลดเวลาในการปฏิบัติงานแต่ละขั้นตอน เพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน เช่น เพิ่มพนักงาน 1- 2 คน ในขั้นตอนการจัดเตรียมวัตถุดิบ เป็นต้น
2. จัดทำแผนงานลดต้นทุน ในแต่ละขั้นตอน เพื่อลดรอบกระบวนการผลิต
3. ควรติดตามและประเมินผล เวลาในการปฏิบัติงานแต่ละขั้นตอน เพื่อให้สามารถจัดสรรทรัพยากรอย่างเหมาะสมที่สุด และจัดทำเป็นคู่มือปฏิบัติงาน
4. ควรพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีกล้วยผงเป็นส่วนประกอบ ทำให้มูลค่าของผลิตภัณฑ์สูงขึ้น เช่น อาหารเจล หรือการทำให้สามารถกินง่ายขึ้น เช่น การใส่ผงโกโก้

บรรณานุกรม

1. **วสันต์ ศิริวงศ์.** *สมบัติทางเคมีกายภาพของสตาร์ชที่สกัดได้จากกล้วยไทยบางชนิด.* ม.ป.ท. : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

2. **ขวัญ สุขโชติ.** *การออกแบบและพัฒนาเครื่องหั่นกล้วยแบบใช้ใบมีดหมุน.* ม.ป.ท. : สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพิษณุโลก, 2543.

3. **นายรุ่งเรือง ทารักษ์.** *การออกแบบและสร้างเครื่องหั่นต้นหอม.* ม.ป.ท. : ปรีญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชงคล ล้านนนา, 2553.

4. **นายรักชาติ ท่าโพธิ์.** *ตู้อบแห้งปลาแก้วพลังงานแสงอาทิตย์.* ม.ป.ท. : สถาบันราชภัฏอุยลราชธานี, 2545.

5. **นายเสริฐ เขียนนอก.** *ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ระดับครัวเรือน.* ม.ป.ท. : มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี, 2550.

6. **นายกฤษฎา เดชา, นายธีรพงษ์ บุญส่ง และ นายเศกสรรค์ นาคเอก.** *ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับก๊าซLPG.* ม.ป.ท. : คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์, 2550.

7. **นานยจำนงค์ นุกูลคาม, และคนอื่นๆ, และคนอื่นๆ.** *การพัฒนากระบวนการผลิตกล้วยตากแบบต่อเนื่องด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ ร่วมกับพลังงานไฟฟ้า.* ม.ป.ท. : สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพิษณุโลก, 2542.

8. *การสร้าง และประเมินคุณภาพตู้อบไฟฟ้าแบบลมร้อน.* **นางสายชล ปัญจมาตย์, นายจิรศักดิ์ วิตตะ และ นายพรจิต ประทุมสุวรรณ.** ม.ป.ท. : การประชุมทางวิชาการระดับชาติด้านครุศาสตร์อุตสาหกรรม ครั้งที่ 1 มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2551.

9. **นายมณฑล หมายเคียงกลาง.** *การปรับปรุงและประเมินผลเครื่องบดวัสดุแบบเกลียวอัดสำหรับบดพริก.* ม.ป.ท. : นิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเครื่องจักรกลเกษตร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2544.

10. **นายอนันต์ เต็มเปี่ยม, นายวรวิทย์ วรนาวิน และ นายทรงวุฒิ มงคลเลิศมณี.** *เครื่องบดถั่วเหลืองเป็นผงแป้งแบบจานร่วมกับลูกกลิ้ง.* ม.ป.ท. : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 2554.

11. **นางเมธิศา จุ้งลก.** *การศึกษาปัญหาและเพิ่มประสิทธิภาพในผลิตภัณฑ์สินค้าเกษตรแปรรูปของห้างหุ้นส่วนจำกัด กรีน เดลี่ฟู้ดส์.* ม.ป.ท. : บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, 2555.

12. *การปรับปรุงผังโรงงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต โรงงานผลิตชา.* **นายนิเวศน์ จีนะบุญเรือง, และคนอื่นๆ, และคนอื่นๆ.** ม.ป.ท. : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยมหาสารคามวิจัยครั้งที่ 9.

13. **นายสุวิชาญ เคียวสกุล.** *การปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตเนื้อปลาทูนึ่งสุกแช่เย็น : กรณีศึกษา.* ม.ป.ท. : วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2556.

14. **เต็ม สมิตินันทน์.** *ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย.* ม.ป.ท. : บริษัท ประชาชน จำกัด, 2544.

15. **ศาสตราจารย์ ดร.พเยาว์ เหมือนวงษ์ญาติ.** *สมุนไพรใกล้ตัว.* กรุงเทพฯ : คุรุสภาลาดพร้าว, 2533.

16. **ชาญ ถนัดงาน และ วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์.** *การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม1.* ม.ป.ท. : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2001.

17. **กรรมนันต์ ชูประเสริฐ, อนันต์ อกนิษฐาชาติ, และทวี งามวิไลทร**. 2539. การออกแบบเครื่องจักรกล. กรุงเทพฯ. แมคกรอ-ฮิล อินเตอร์เนชั่นแนล เอ็นเตอร์ไพรส์, อิงค์

18. **วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล**. 2529. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการอบแห้ง. ในอุปกรณ์อบแห้งในอุตสาหกรรม. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). หน้า 1-19

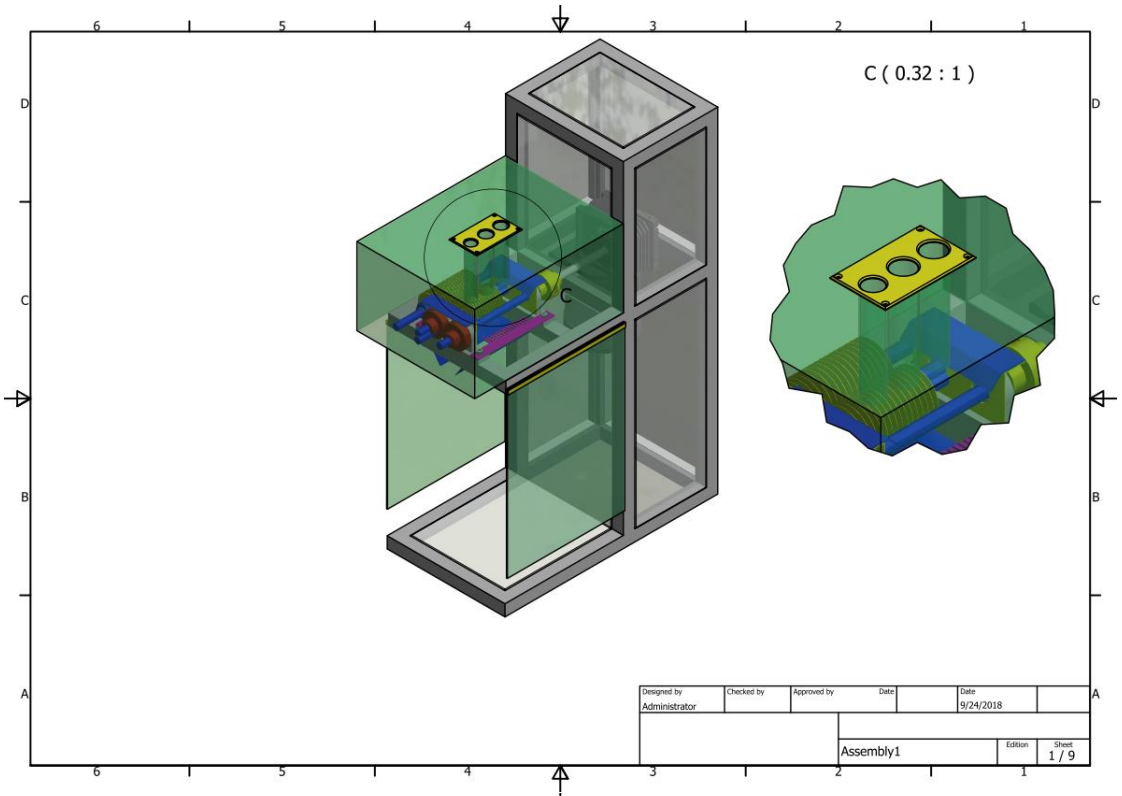
19. **สมชาติ โสภณรณฤทธิ์**. 2540. การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ.สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

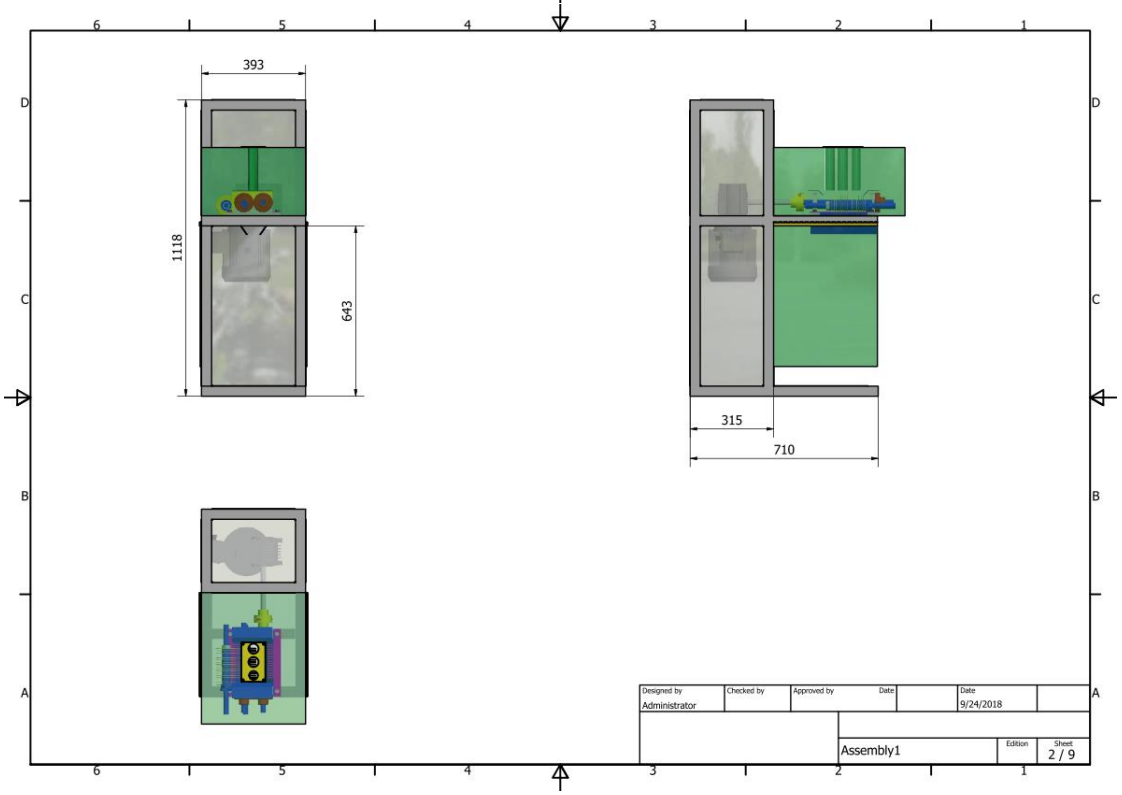
20. *เทคนิคการจัดสมดุลสายการผลิตเพื่อการประยุกต์.* **นายยรรยง ศรีสม.** ม.ป.ท. : ว.วิศวกรรมสาร ฉบับวิจัยและพัฒนา, 2550.

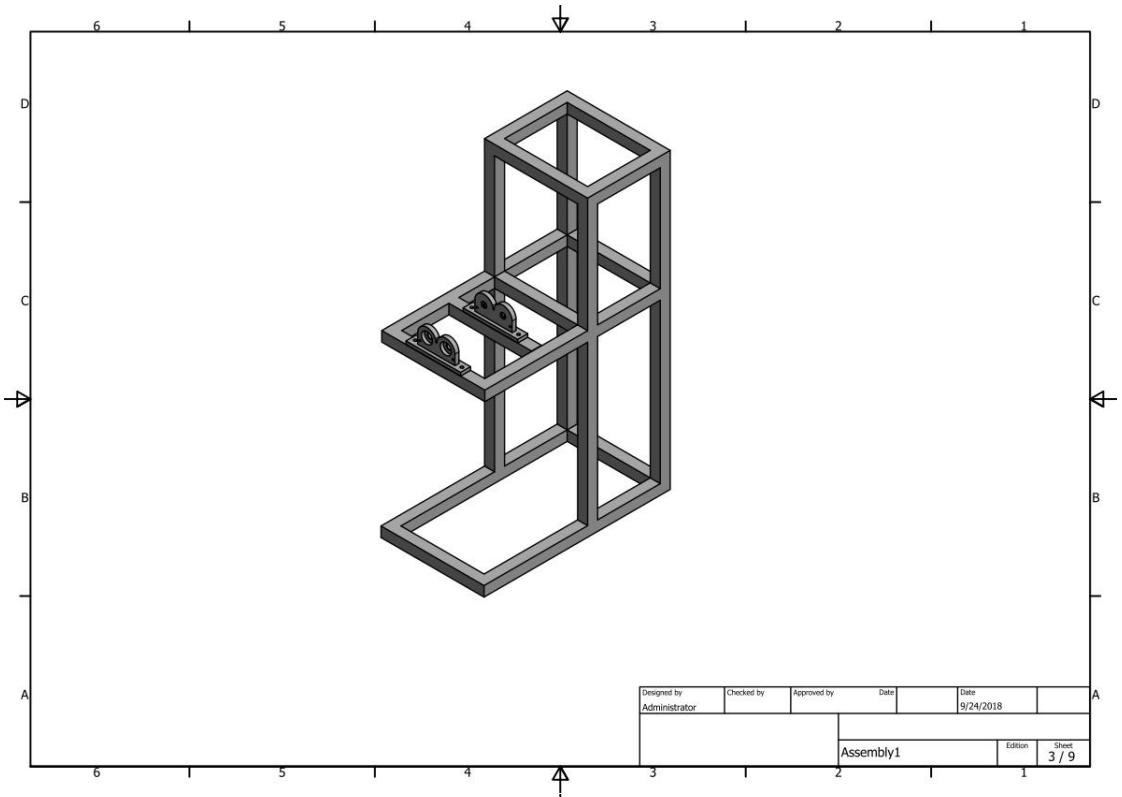
ภาคผนวก ก.

แบบ Drawing เครื่องหั่นกล้วย

แบบเครื่องหั่นกล้วย

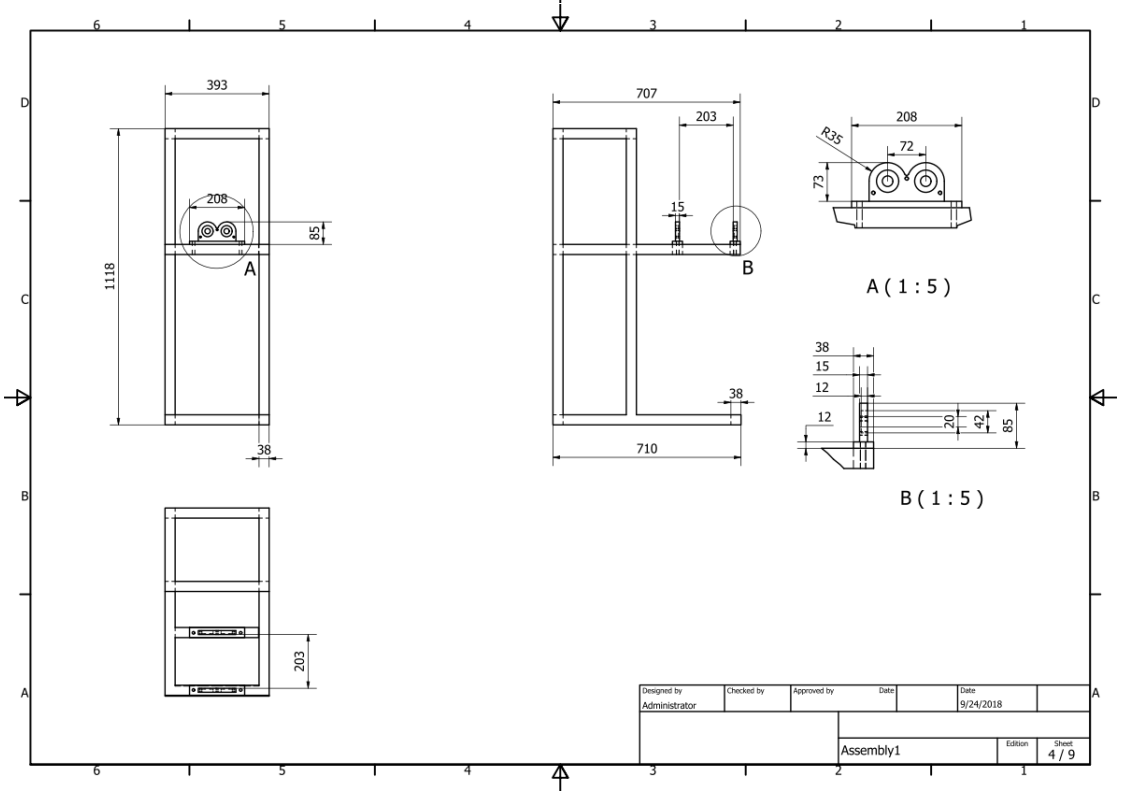






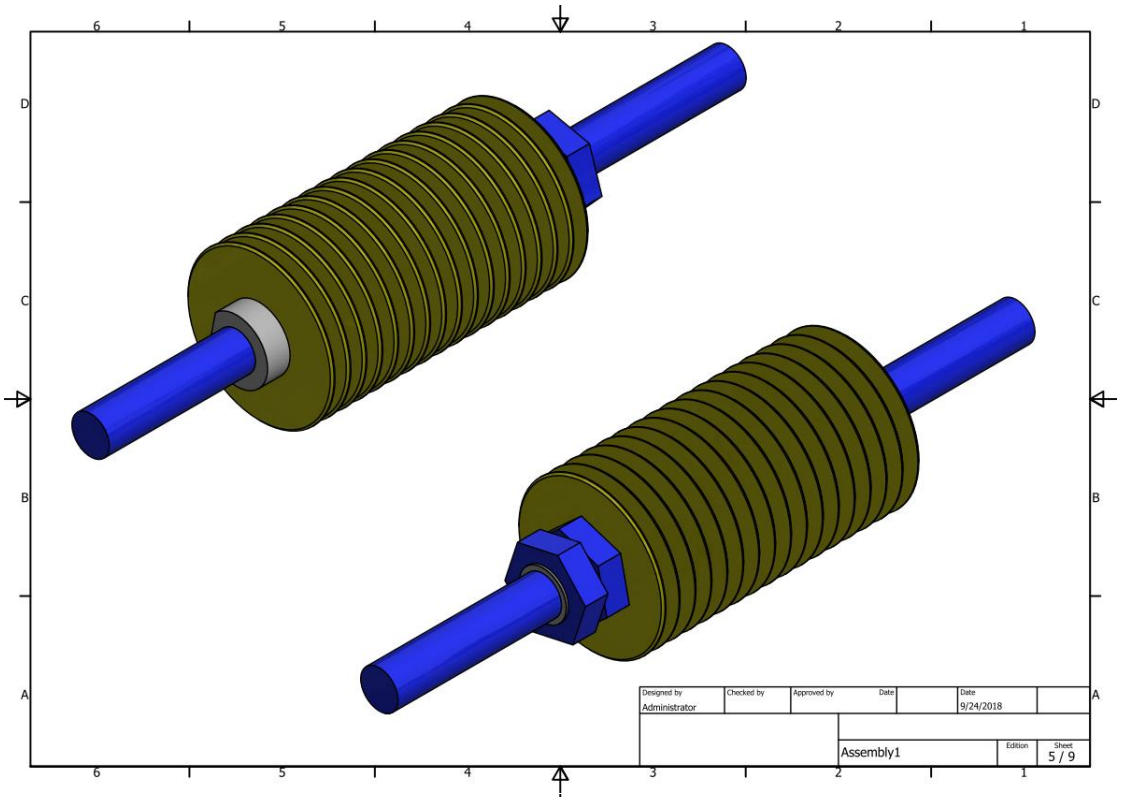
Designed by	Checked by	Approved by	Date	Date	
Administrator				9/24/2018	

Assembly1	Edition	Sheet
		3 / 9



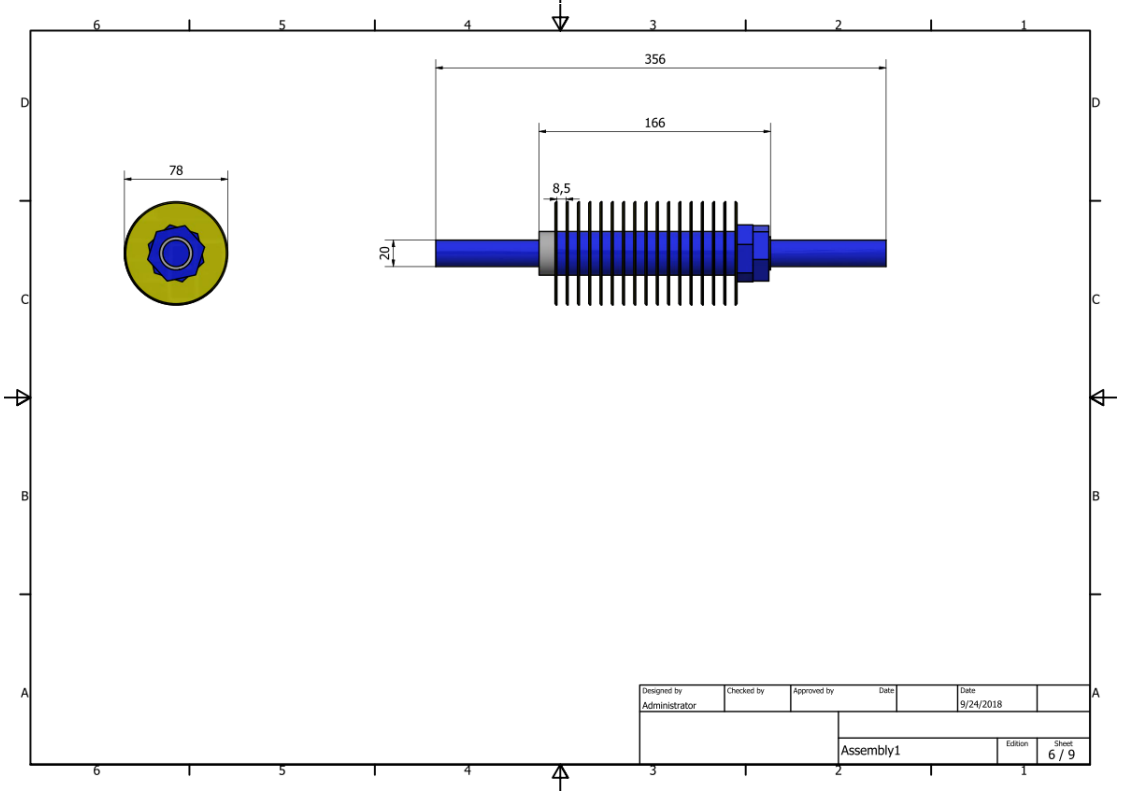
Designed by	Checked by	Approved by	Date	Date	
Administrator				9/24/2018	

Assembly1	Edition	Sheet
		4 / 9



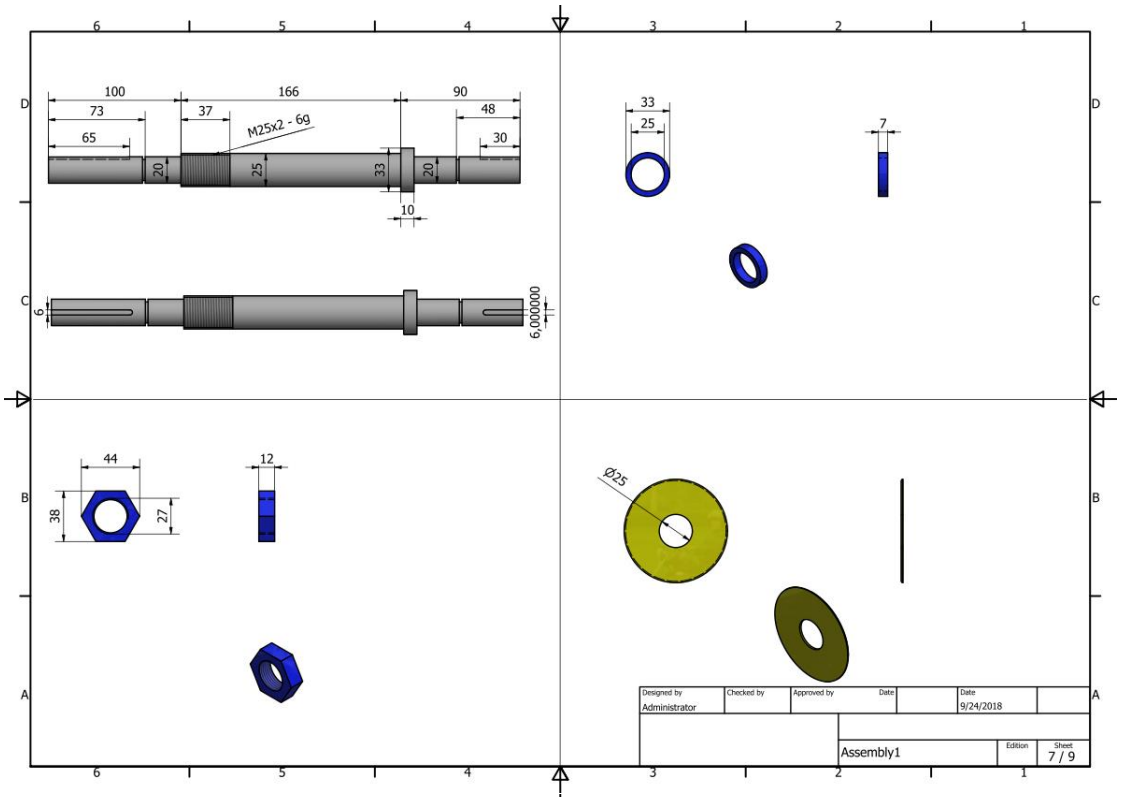
Designed by	Checked by	Approved by	Date	Date	
Administrator				9/24/2018	

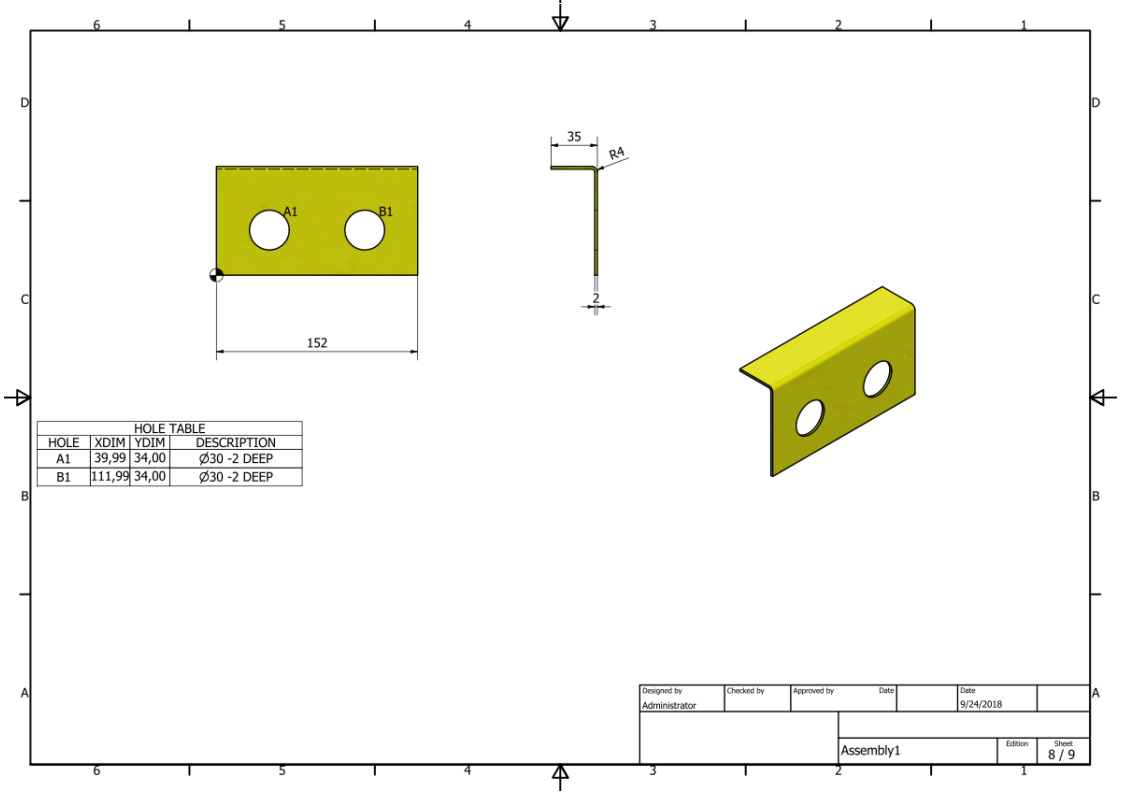
Assembly1	Edition	Sheet
		5 / 9

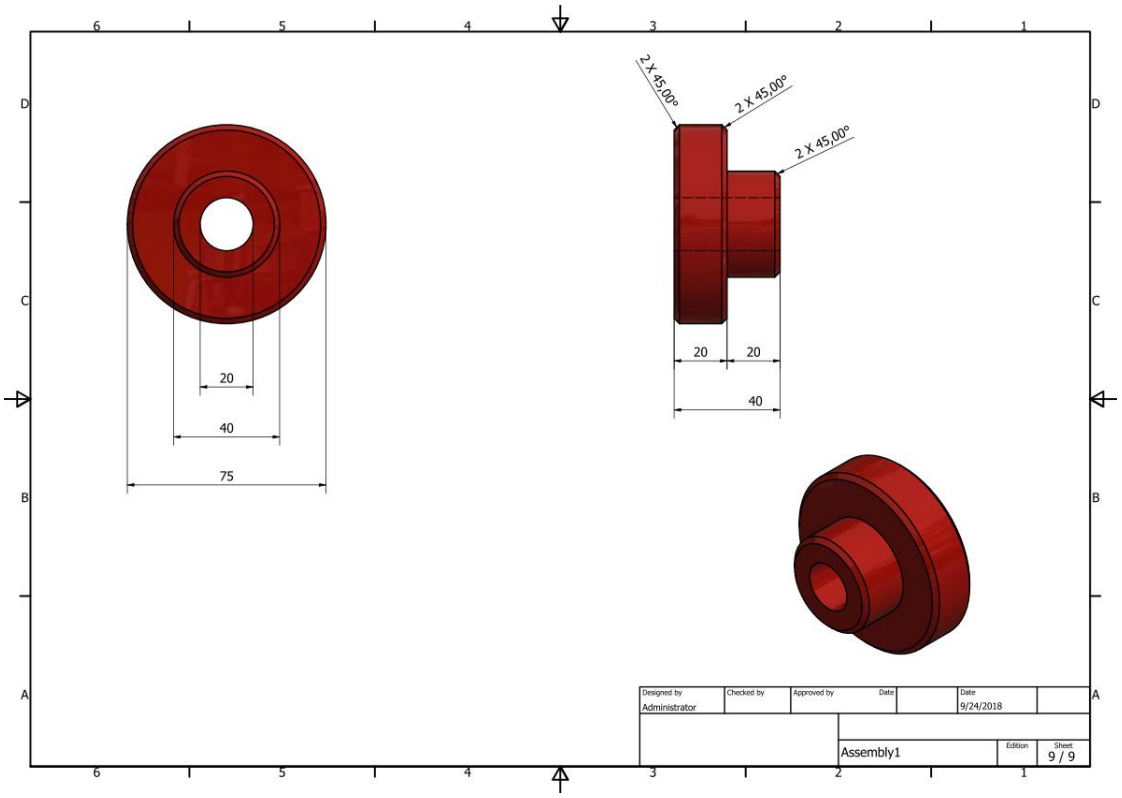


Designed by	Checked by	Approved by	Date	Date	
Administrator				9/24/2018	

Assembly1	Edition	Sheet
		6 / 9

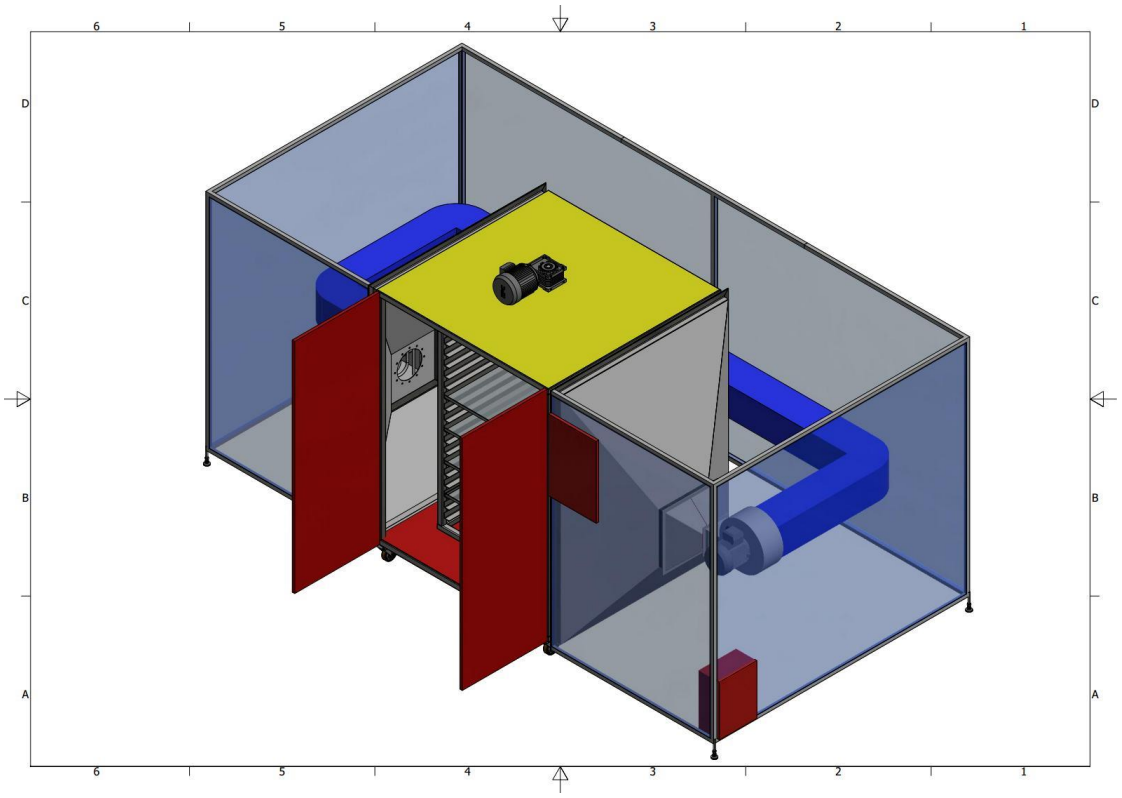

100
166
90
73
37
M25x2 - 69
48
65
30
20
25
33
20
10
6
6,000000
33
25
7
44
38
27
12
Ø25
Designed by
Administrator
Checked by
Approved by
Date
Date
9/24/2018
Assembly1
Edition
Sheet
7 / 9

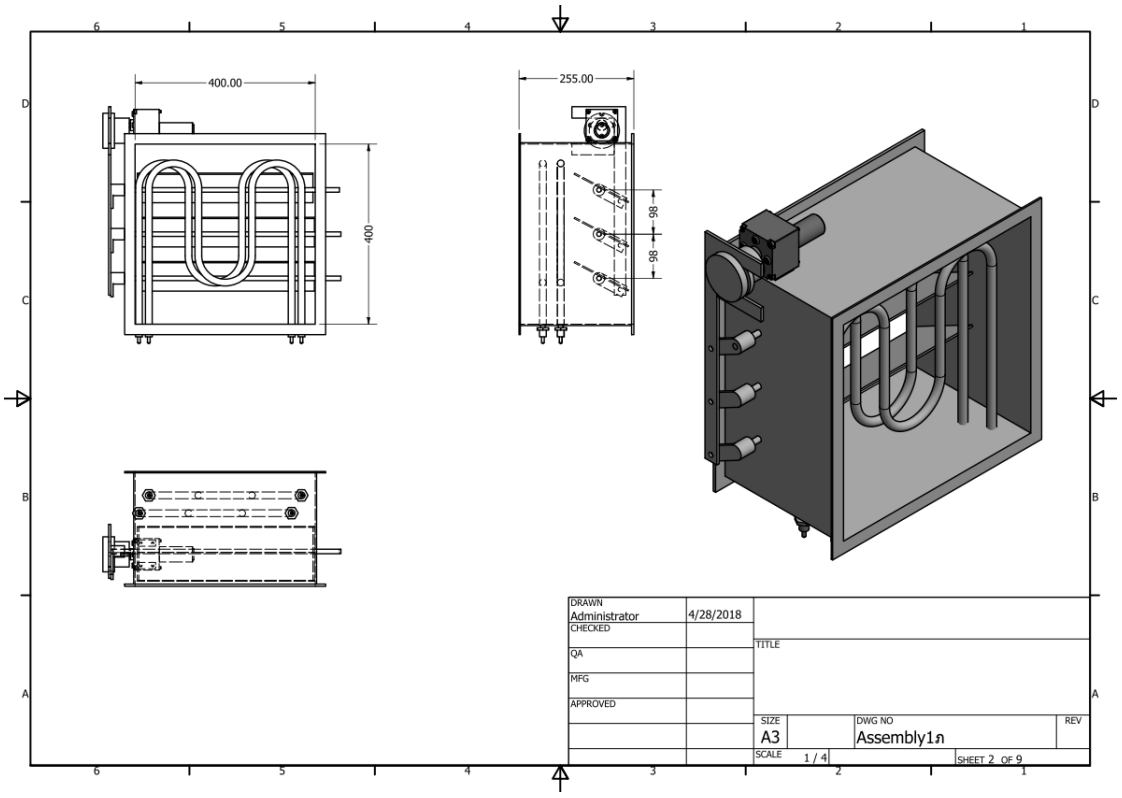

A1
B1
152
35
R4
2
HOLE TABLE
HOLE | XDIM | YDIM | DESCRIPTION
A1 | 39,99 | 34,00 | Ø30 -2 DEEP
B1 | 111,99 | 34,00 | Ø30 -2 DEEP
Designed by
Administrator
Checked by
Approved by
Date
Date
9/24/2018
Assembly1
Edition
Sheet
8 / 9


2 X 45,00°
2 X 45,00°
2 X 45,00°
20
40
75
20
20
40
Designed by
Administrator
Checked by
Approved by
Date
Date
9/24/2018
Assembly1
Edition
Sheet
9 / 9

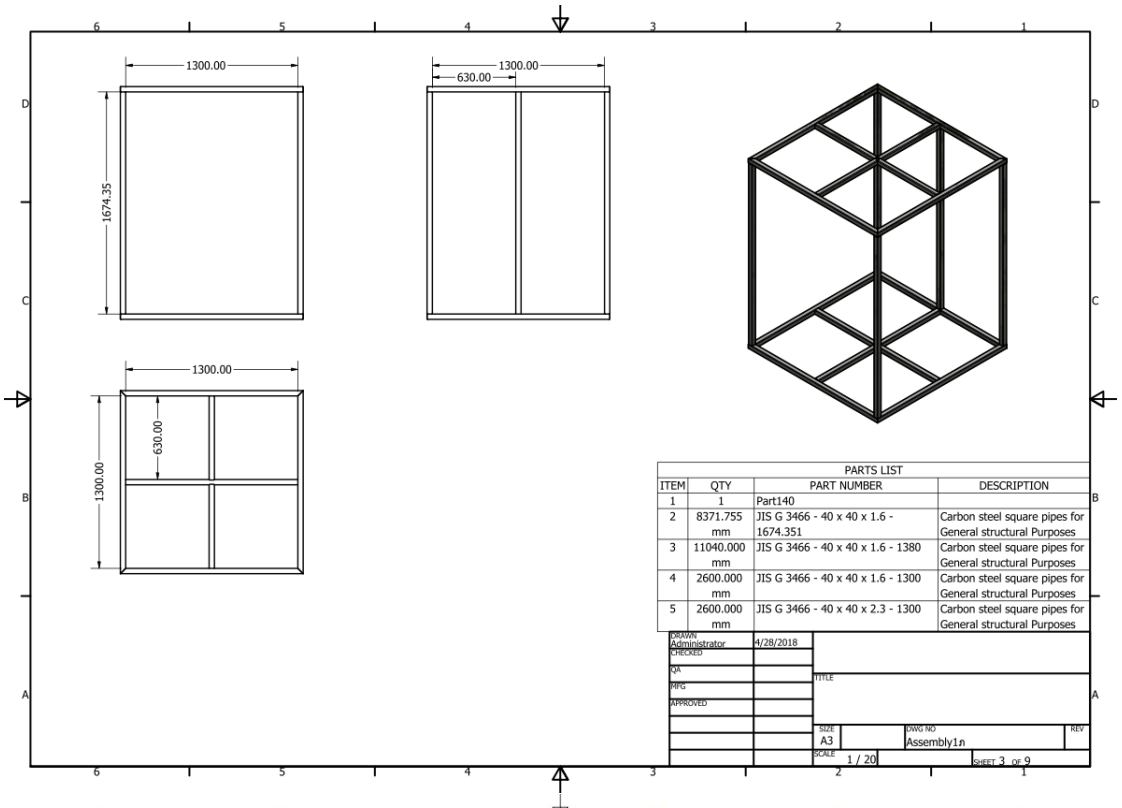
ภาคผนวก ข.

แบบ Drawing ตู้อบลมร้อน



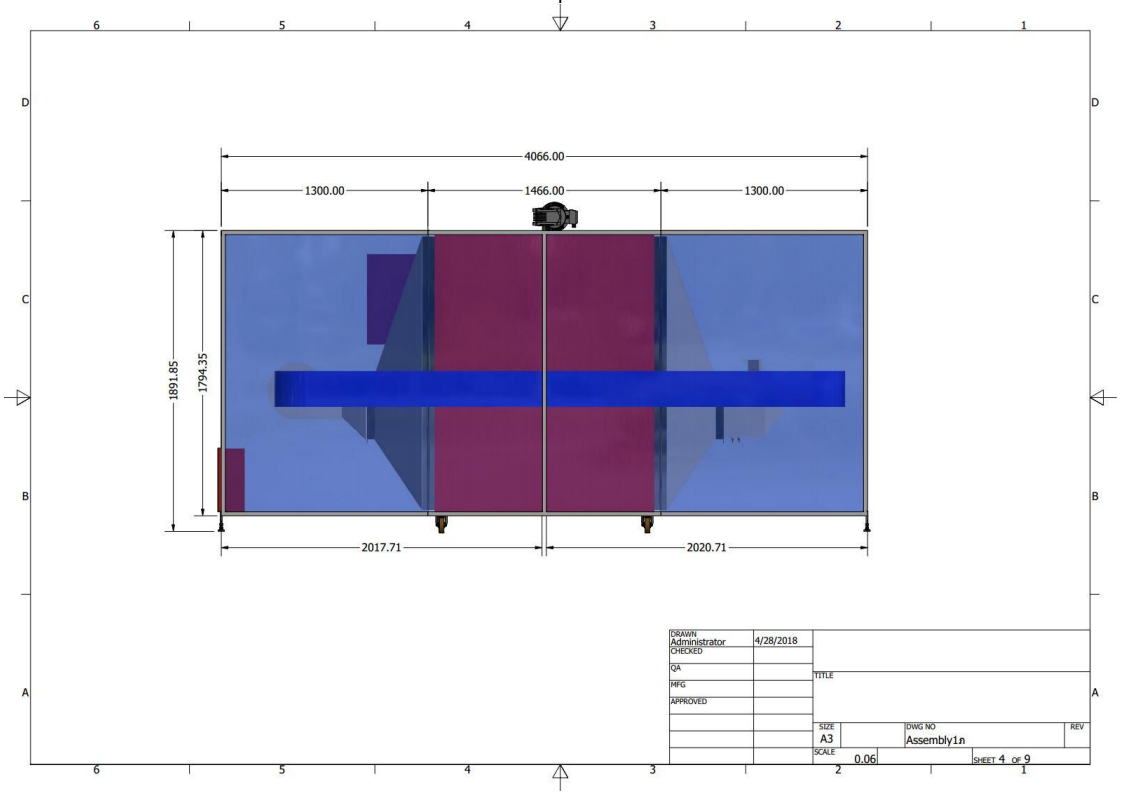


DRAWN	Administrator	4/28/2018	
CHECKED			
QA			TITLE
MFG			
APPROVED			
SIZE	A3	DWG NO	Assembly1ก REV
SCALE	1 / 4	SHEET 2 OF 9	

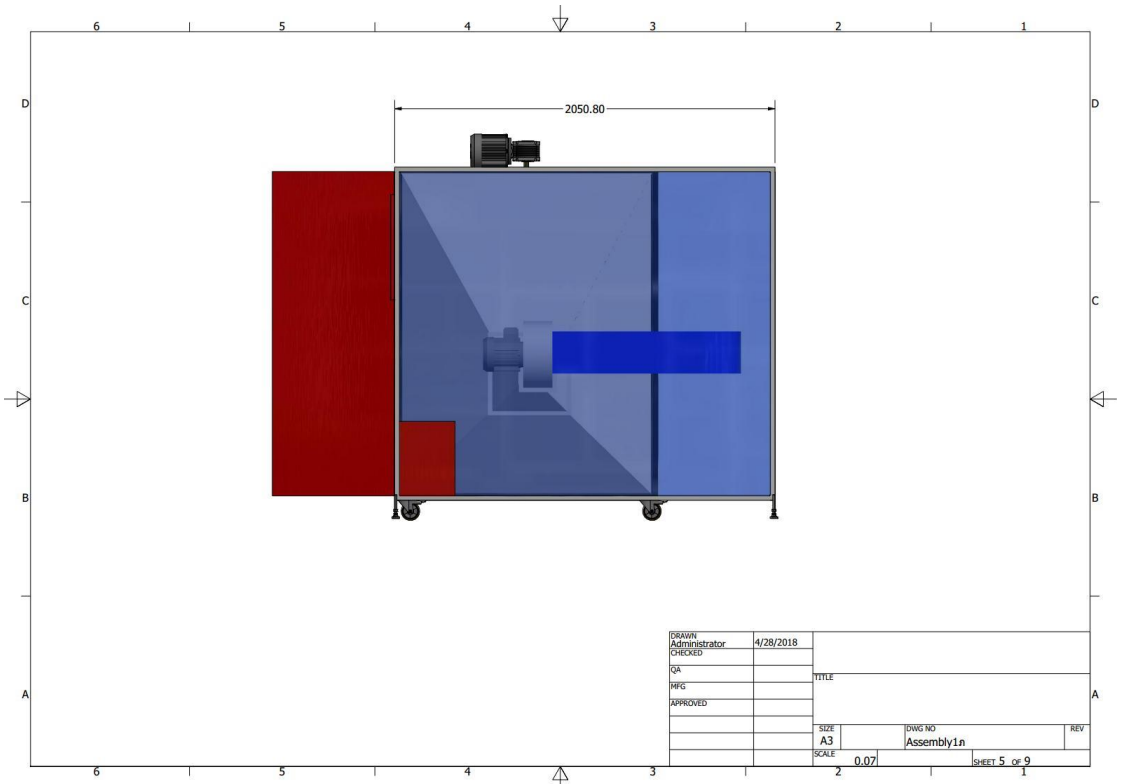


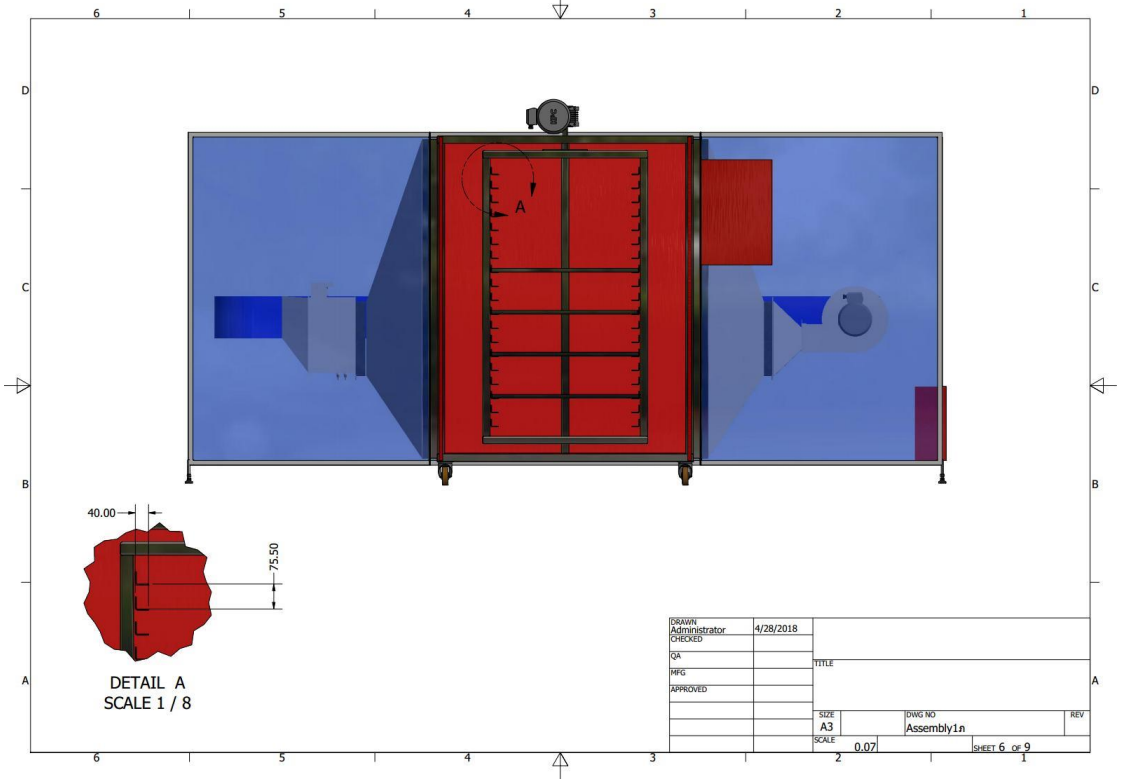
PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Part140	
2	8371.755 mm	JIS G 3466 - 40 x 40 x 1.6 - 1674.351	Carbon steel square pipes for General structural Purposes
3	11040.000 mm	JIS G 3466 - 40 x 40 x 1.6 - 1380	Carbon steel square pipes for General structural Purposes
4	2600.000 mm	JIS G 3466 - 40 x 40 x 1.6 - 1300	Carbon steel square pipes for General structural Purposes
5	2600.000 mm	JIS G 3466 - 40 x 40 x 2.3 - 1300	Carbon steel square pipes for General structural Purposes

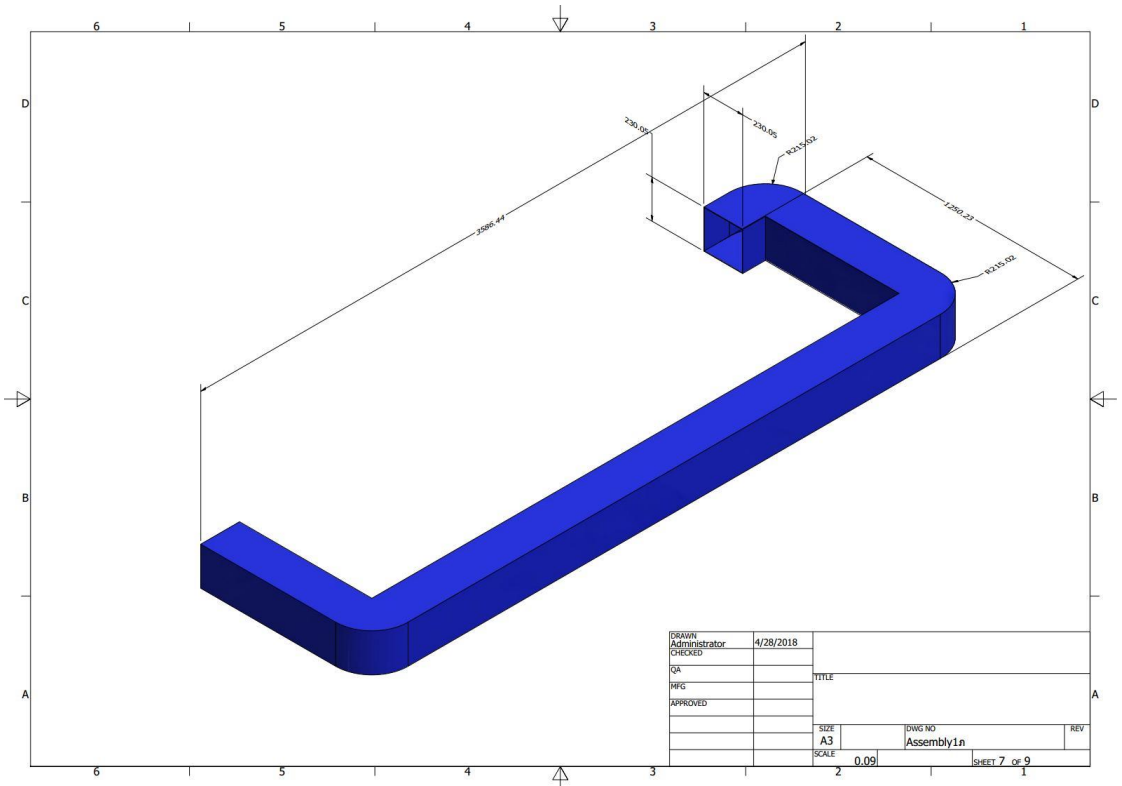
DRAWN	Administrator	4/28/2018	
CHECKED			
QA			TITLE
MFG			
APPROVED			
SIZE	A3	DWG NO	Assembly1n REV
SCALE	1 / 20	SHEET 3 OF 9	

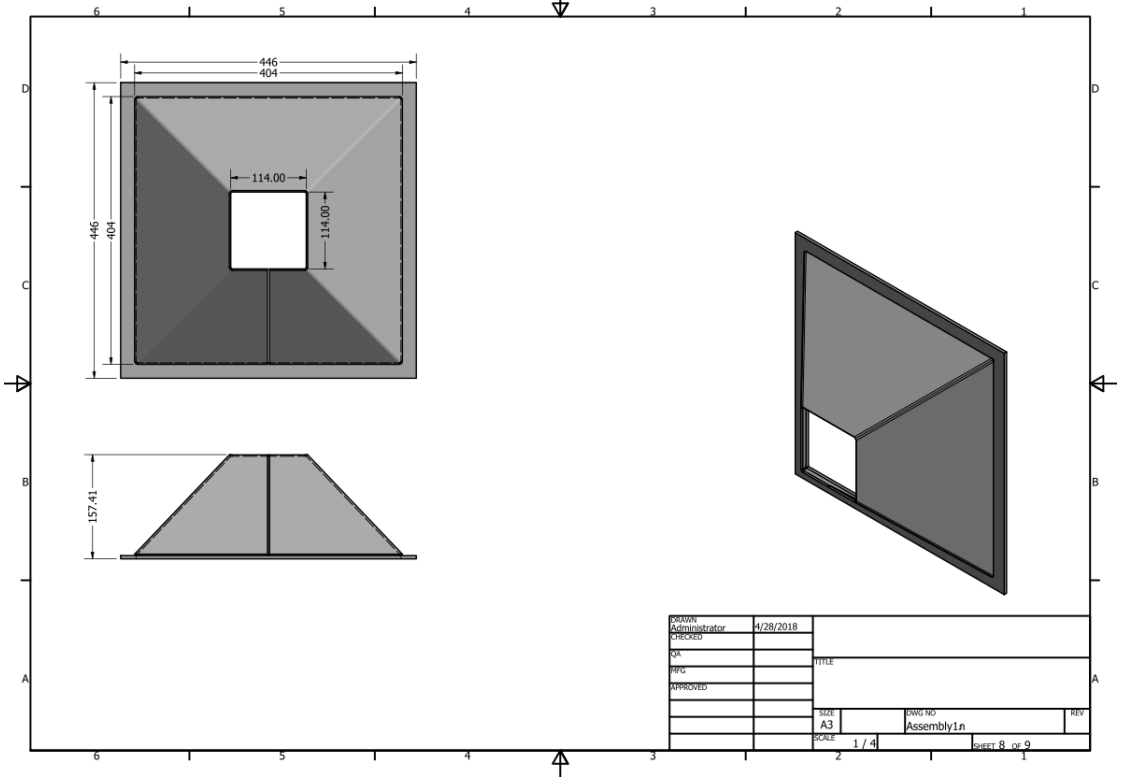


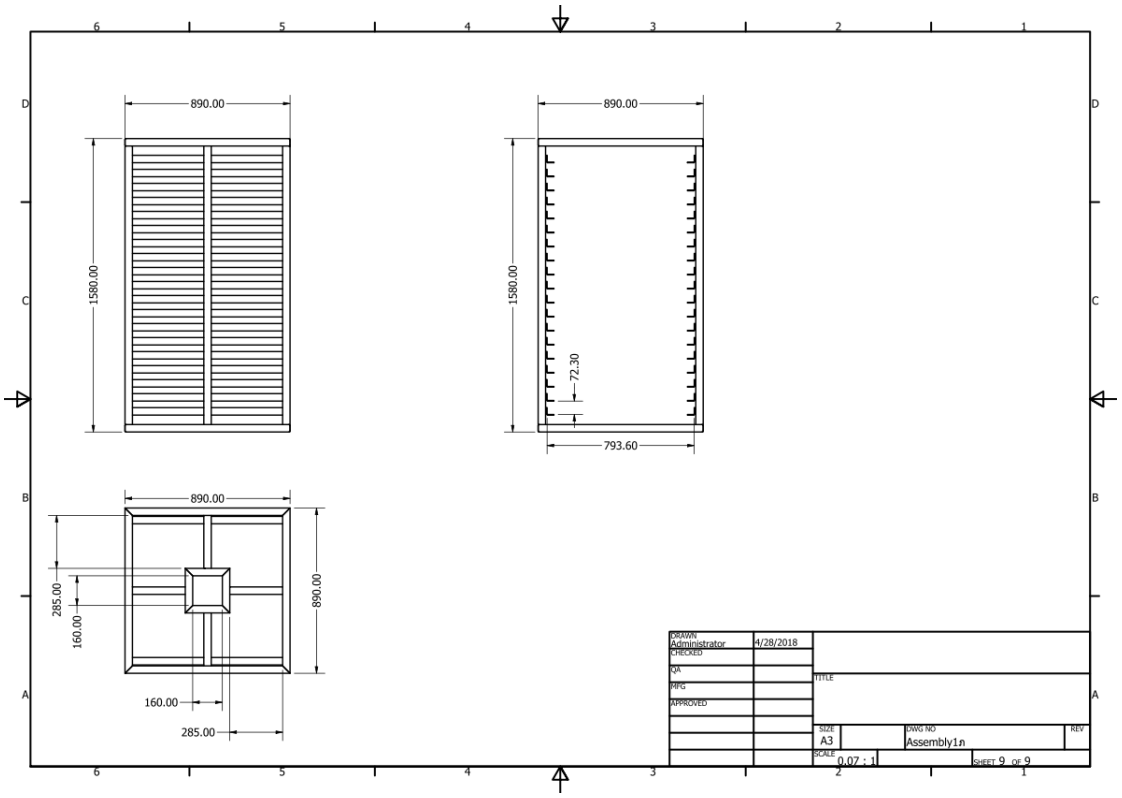
DRAWN	Administrator	4/28/2018	
CHECKED			
QA			TITLE
MFG			
APPROVED			
SIZE	A3	DWG NO	Assembly1n REV
SCALE	0.06	SHEET 4 OF 9	


2050.80
DRAWN
Administrator
4/28/2018
CHECKED
QA
MFG
APPROVED
TITLE
SIZE
A3
DWG NO
Assembly1n
REV
SCALE
0.07
SHEET 5 OF 9


A
40.00
75.50
DETAIL A
SCALE 1 / 8
DRAWN
Administrator
4/28/2018
CHECKED
QA
MFG
APPROVED
TITLE
SIZE
A3
DWG NO
Assembly1n
REV
SCALE
0.07
SHEET 6 OF 9

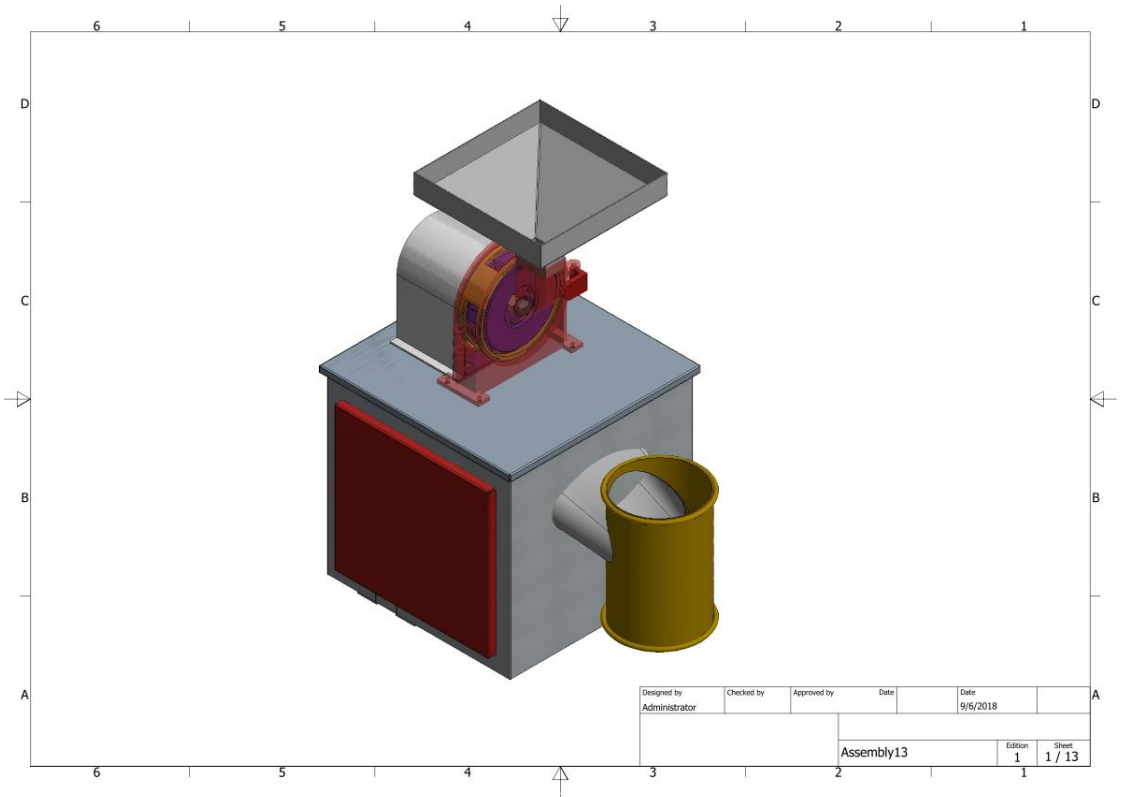

3586.44
230.05
230.05
R215.02
1250.22
R215.02
DRAWN
Administrator
4/28/2018
CHECKED
QA
MFG
APPROVED
TITLE
SIZE
A3
DWG NO
Assembly1.n
REV
SCALE
0.09
SHEET 7 OF 9


446
404
114.00
114.00
446
404
157.41
DRAWN
Administrator
4/28/2018
CHECKED
QA
MFG
APPROVED
TITLE
SIZE
A3
DWG NO
Assembly1.n
REV
SCALE
1 / 4
SHEET 8 OF 9


890.00
1580.00
890.00
1580.00
72.30
793.60
890.00
285.00
160.00
890.00
160.00
285.00
DRAWN
Administrator
4/28/2018
CHECKED
QA
MFG
APPROVED
TITLE
SIZE
A3
DWG NO
Assembly1.n
REV
SCALE
0.07 : 1
SHEET 9 OF 9

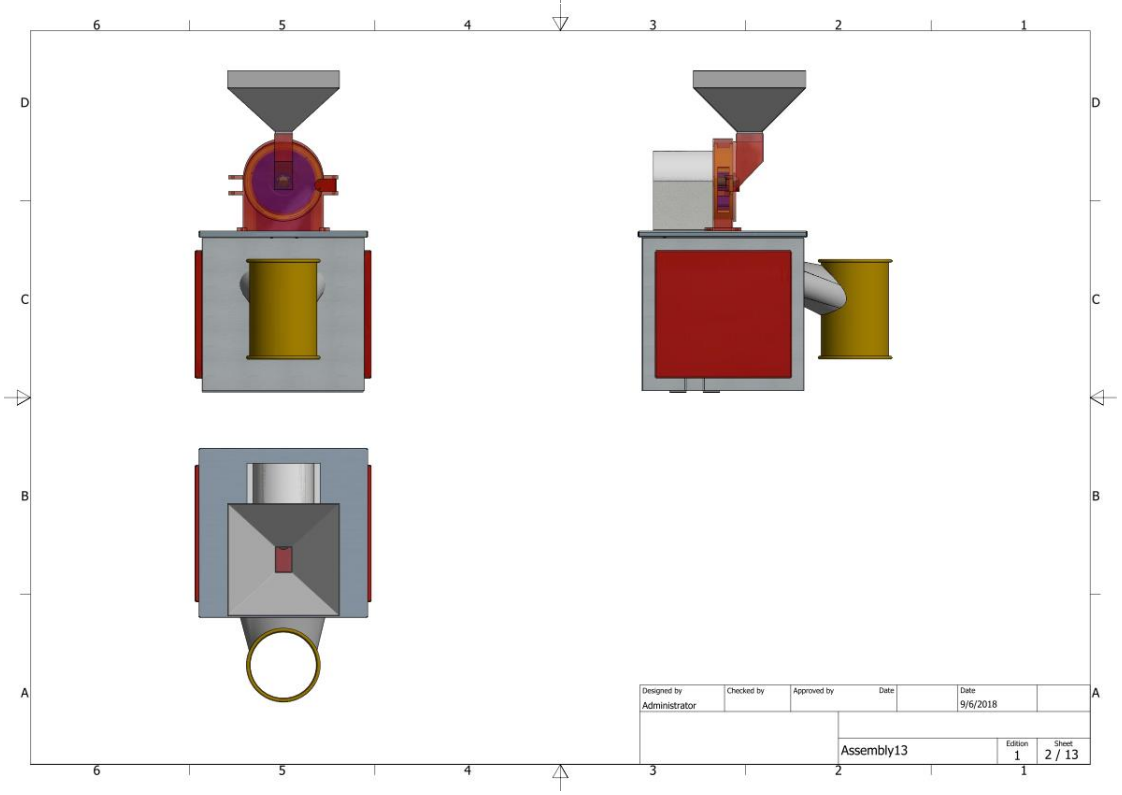
ภาคผนวก ค.

แบบ Drawing เครื่องบดโรเตอร์



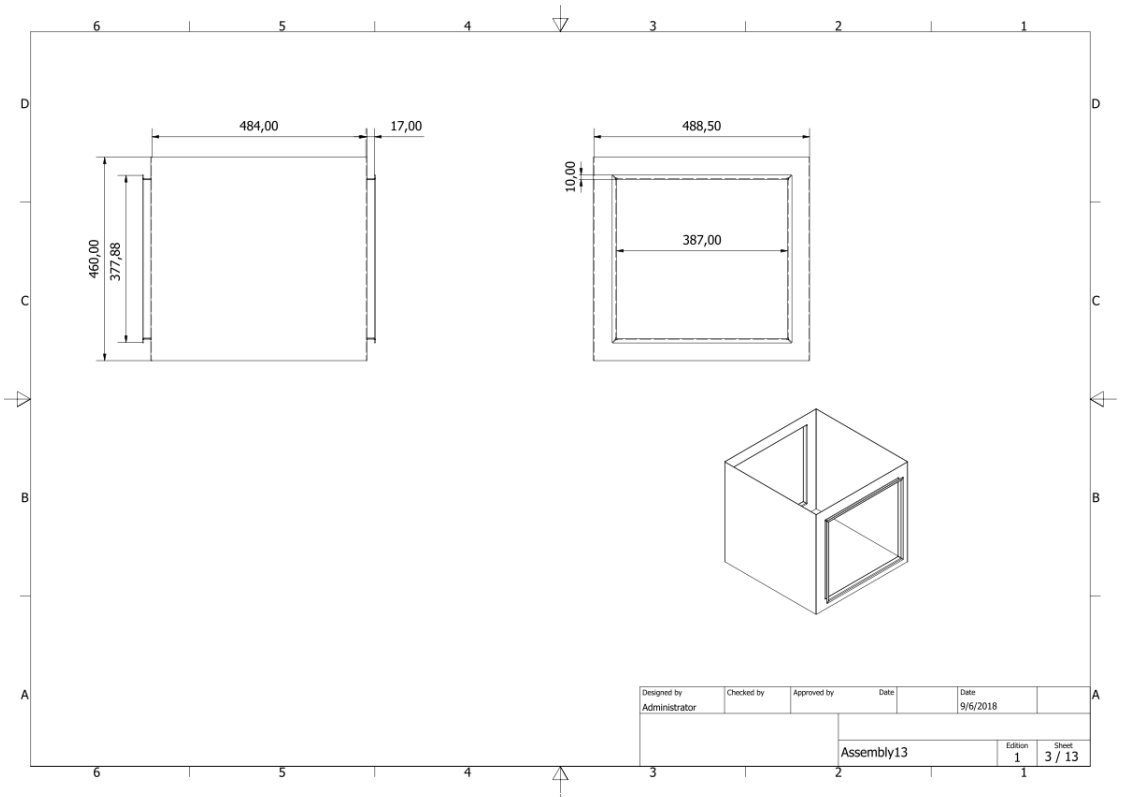
Designed by	Checked by	Approved by	Date		Date
Administrator					9/6/2018

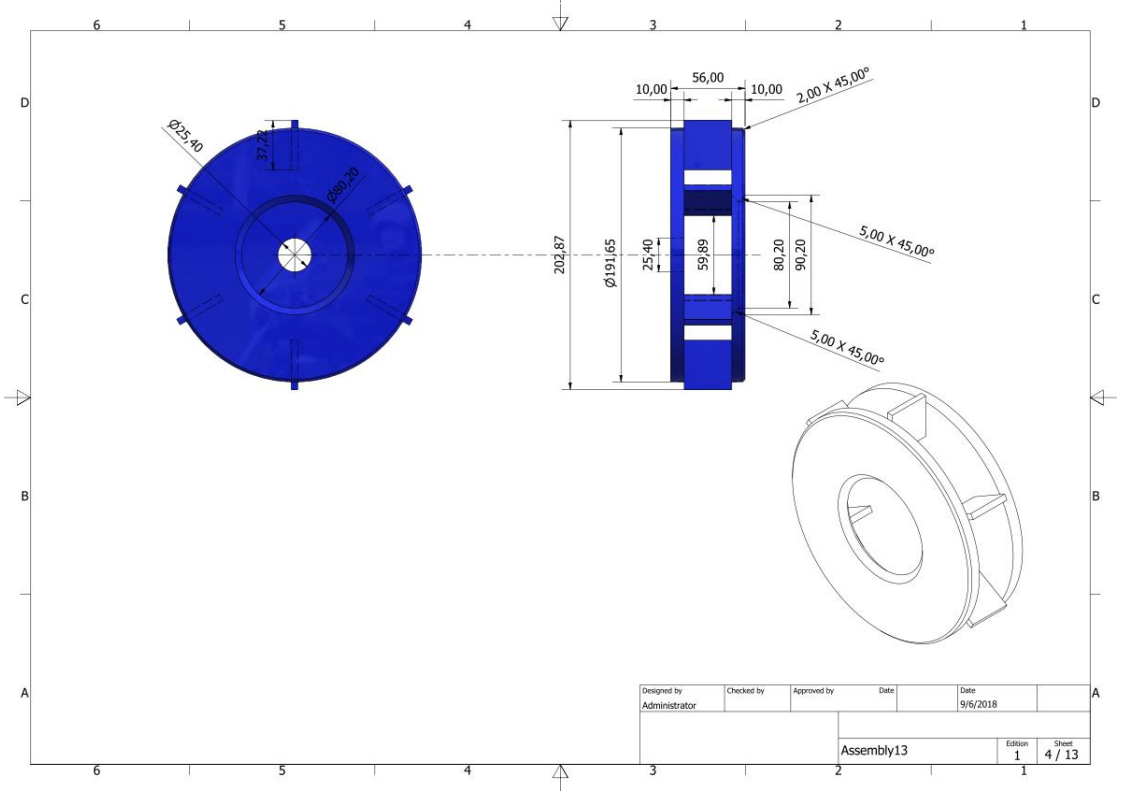
	Edition	Sheet
Assembly13	1	1 / 13

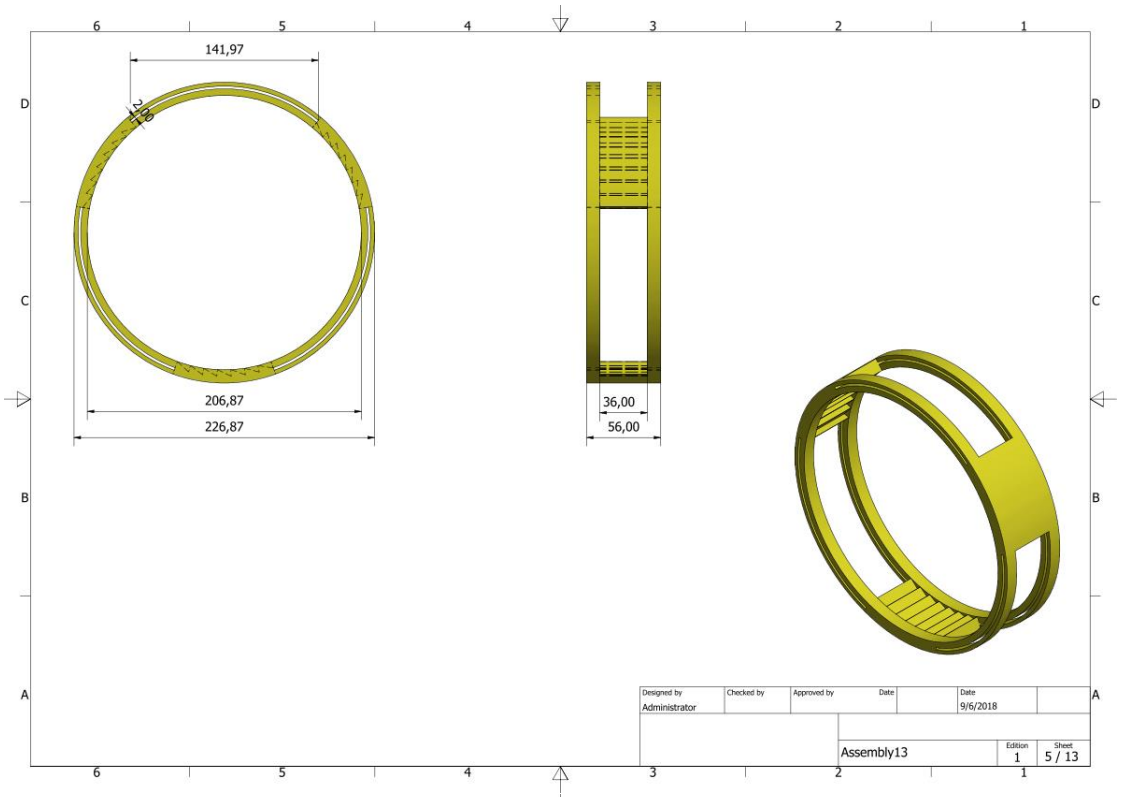


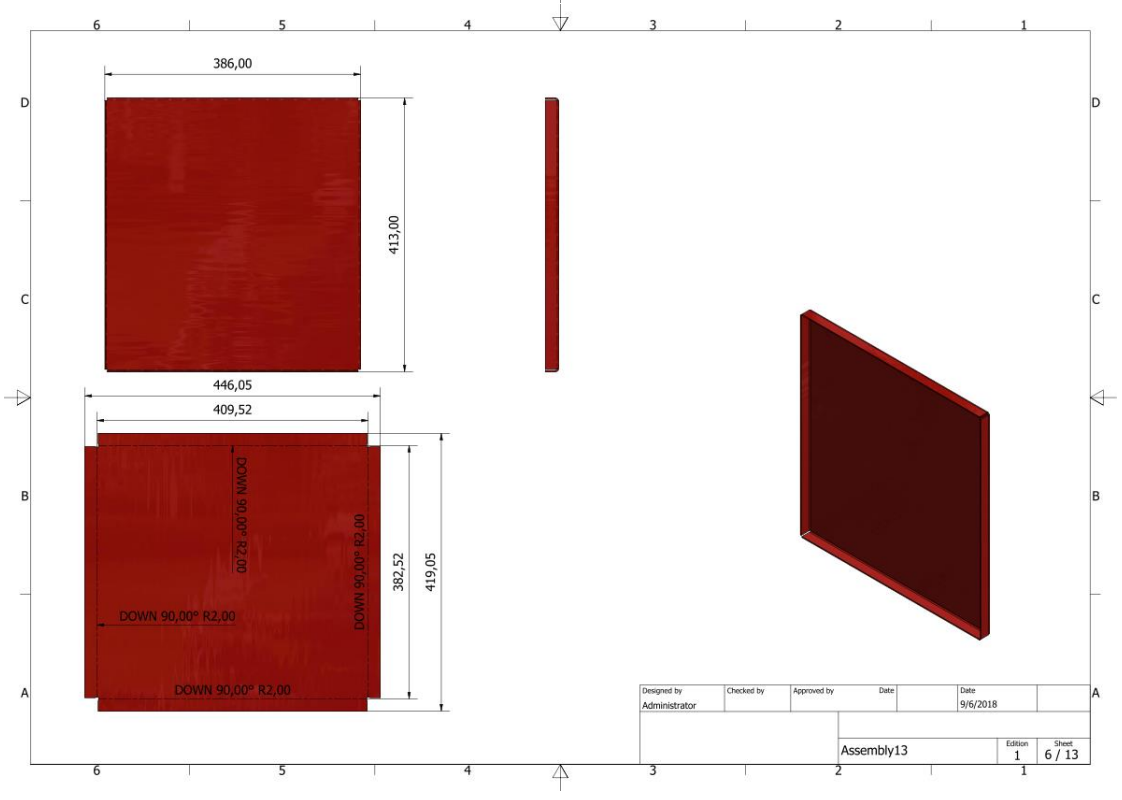
Designed by	Checked by	Approved by	Date		Date
Administrator					9/6/2018

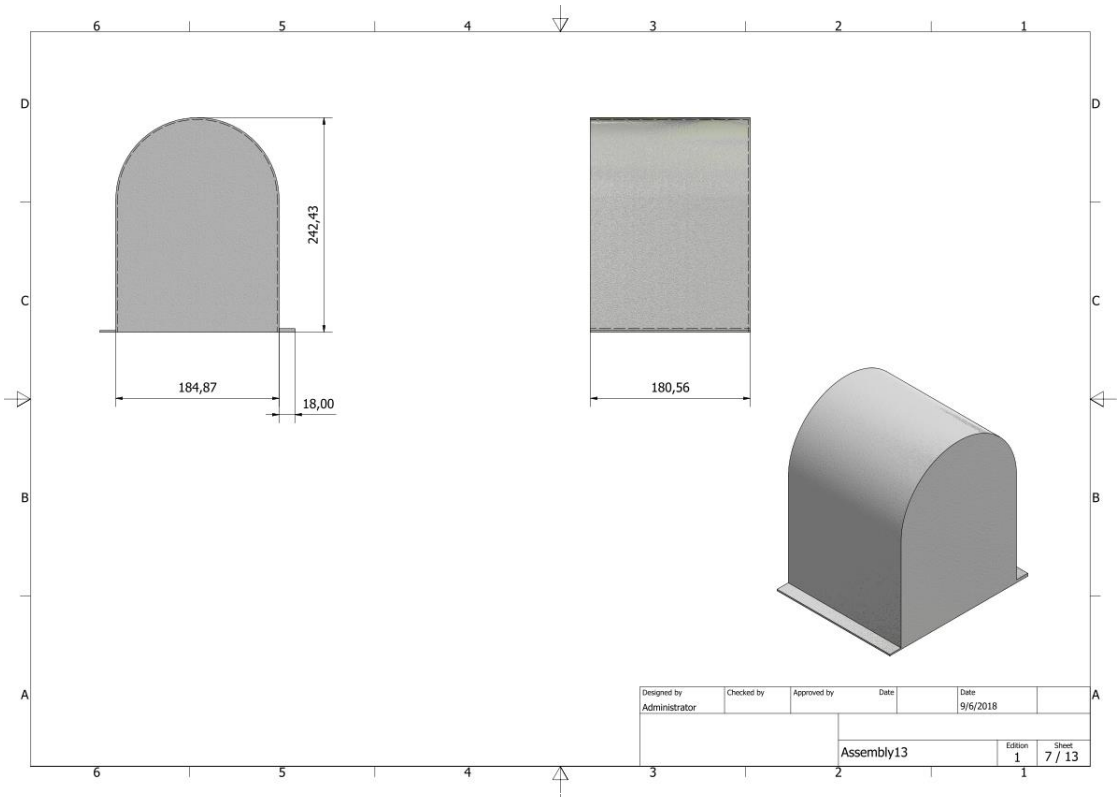
	Edition	Sheet
Assembly13	1	2 / 13

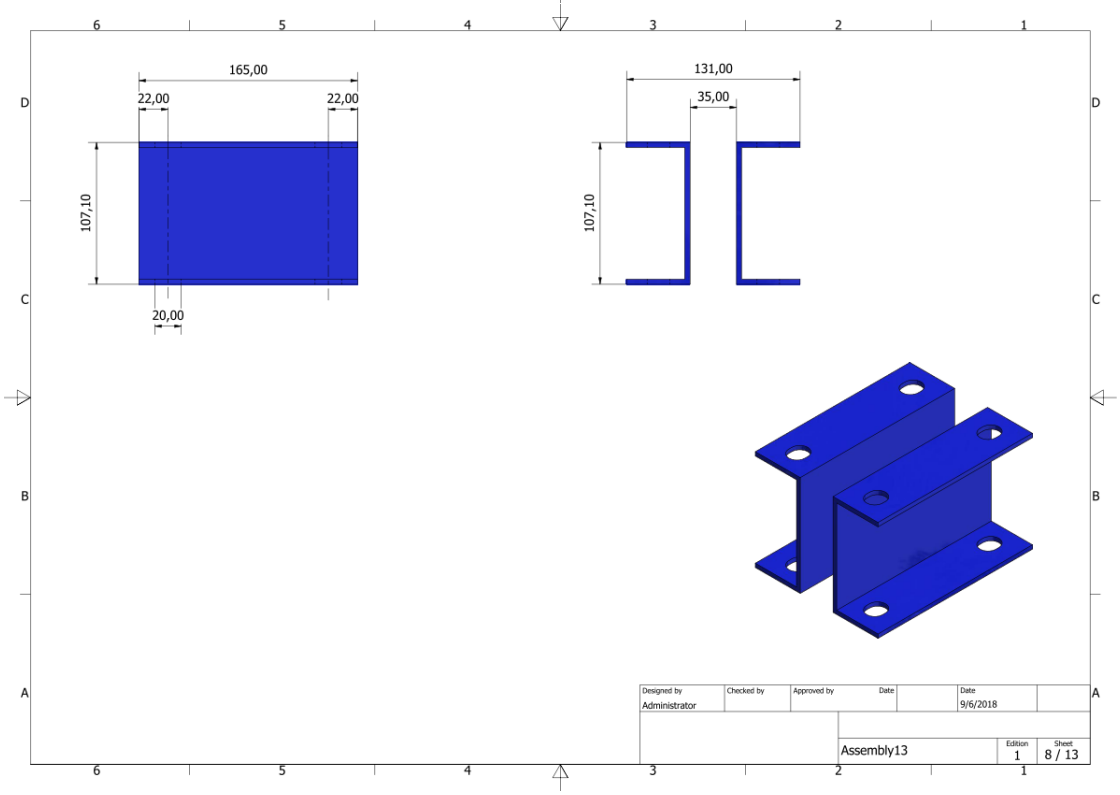

484,00
17,00
460,00
377,88
488,50
10,00
387,00
Designed by
Administrator
Checked by
Approved by
Date
Date
9/6/2018
Assembly13
Edition
1
Sheet
3 / 13

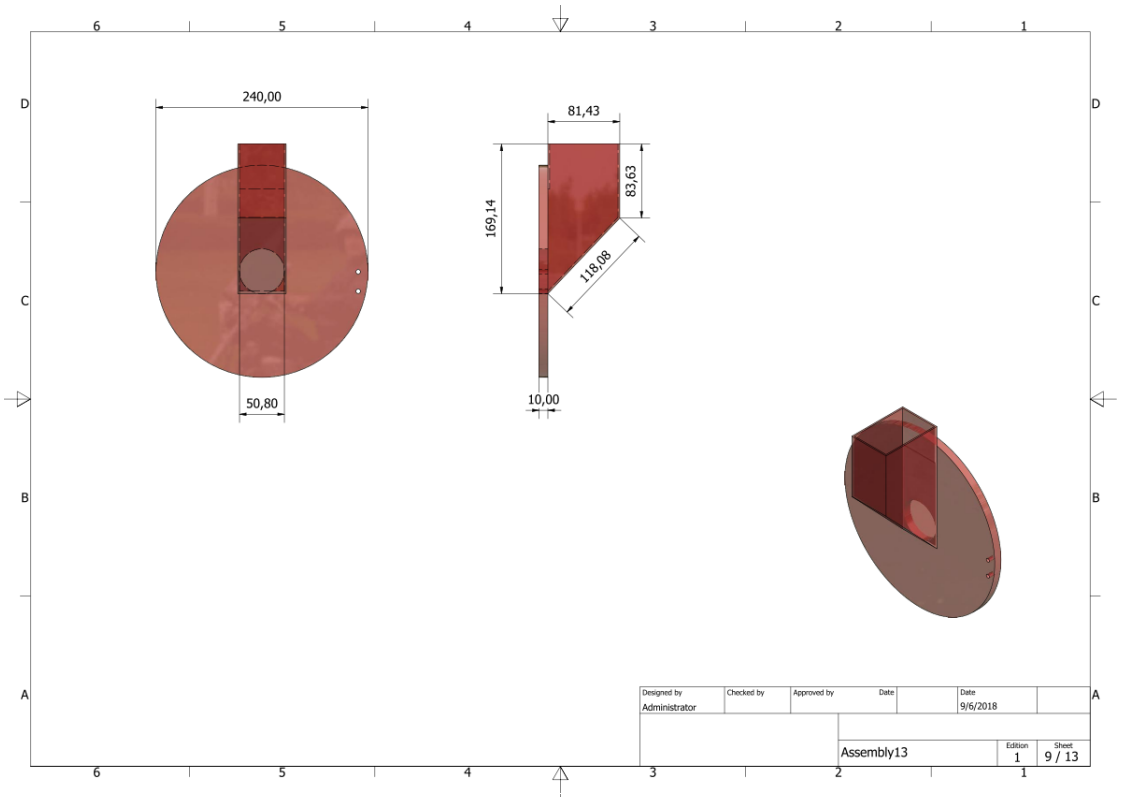

Ø25,40
37,72
Ø80,20
10,00
56,00
10,00
2,00 X 45,00°
202,87
Ø191,65
25,40
59,89
80,20
90,20
5,00 X 45,00°
5,00 X 45,00°
Designed by
Administrator
Checked by
Approved by
Date
Date
9/6/2018
Assembly13
Edition
1
Sheet
4 / 13

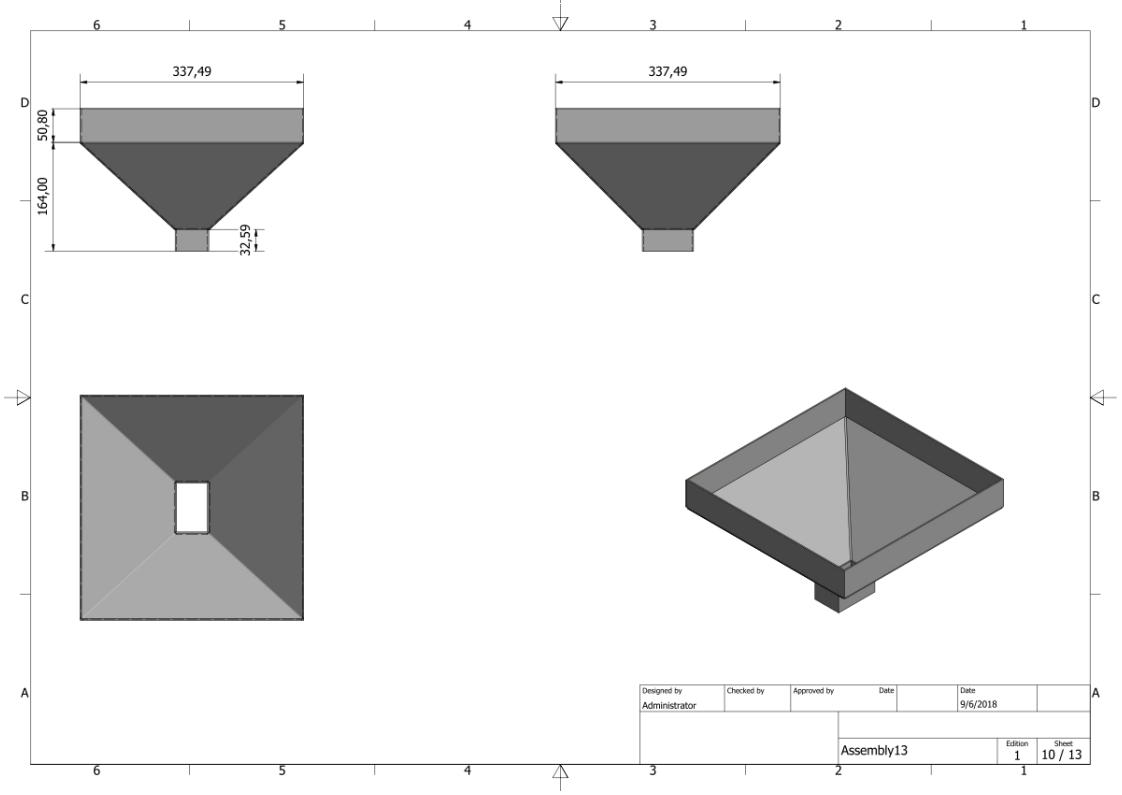

141,97
206,87
226,87
36,00
56,00
Designed by
Administrator
Checked by
Approved by
Date
Date
9/6/2018
Assembly13
Edition
1
Sheet
5 / 13

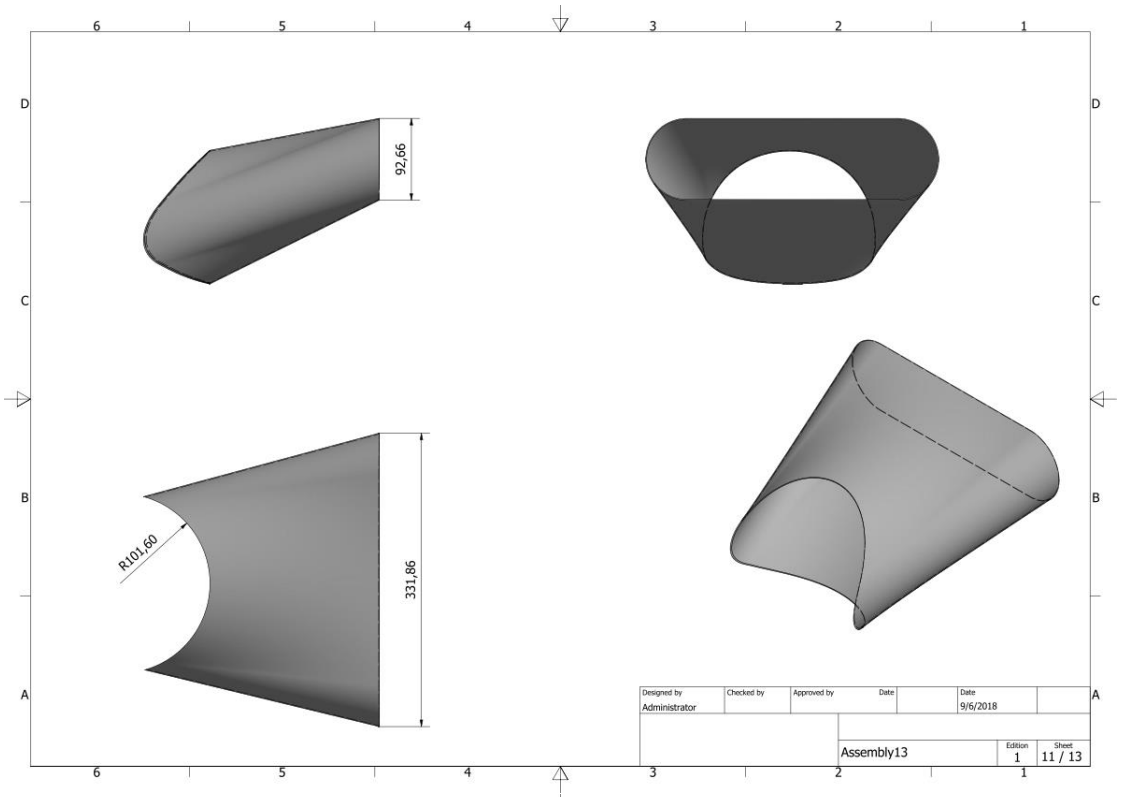

386,00
413,00
446,05
409,52
DOWN 90,00° R2,00
DOWN 90,00° R2,00
382,52
419,05
DOWN 90,00° R2,00
DOWN 90,00° R2,00
Designed by
Administrator
Checked by
Approved by
Date
Date
9/6/2018
Assembly13
Edition
1
Sheet
6 / 13

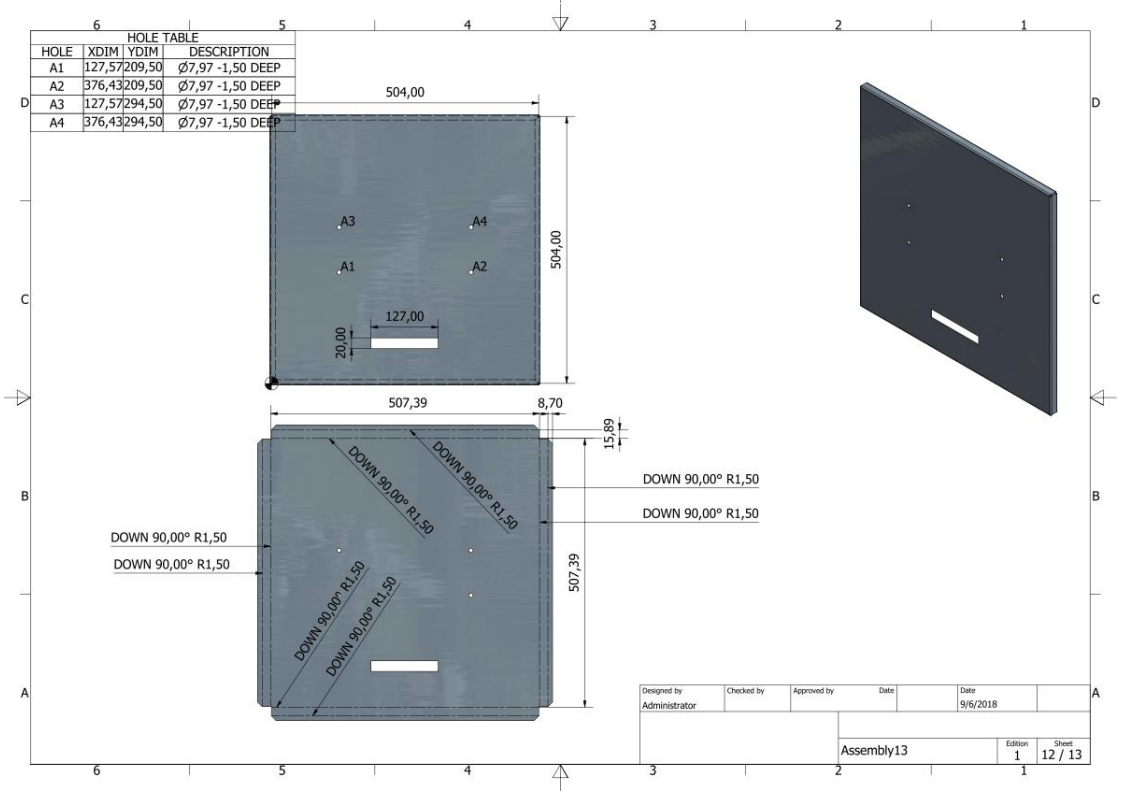

242,43
184,87
18,00
180,56
Designed by
Administrator
Checked by
Approved by
Date
Date
9/6/2018
Assembly13
Edition
1
Sheet
7 / 13


165,00
22,00
22,00
107,10
20,00
131,00
35,00
107,10
Designed by
Administrator
Checked by
Approved by
Date
Date
9/6/2018
Assembly13
Edition
1
Sheet
8 / 13


240,00
50,80
81,43
83,63
169,14
118,08
10,00
Designed by
Administrator
Checked by
Approved by
Date
Date
9/6/2018
Assembly13
Edition
1
Sheet
9 / 13


337,49
50,80
164,00
32,59
337,49
Designed by
Administrator
Checked by
Approved by
Date
Date
9/6/2018
Assembly13
Edition
1
Sheet
10 / 13


92,66
R101,60
331,86
Designed by
Administrator
Checked by
Approved by
Date
Date
9/6/2018
Assembly13
Edition
1
Sheet
11 / 13


HOLE TABLE
HOLE XDIM YDIM DESCRIPTION
A1 127,57 209,50 Ø7,97 -1,50 DEEP
A2 376,43 209,50 Ø7,97 -1,50 DEEP
A3 127,57 294,50 Ø7,97 -1,50 DEEP
A4 376,43 294,50 Ø7,97 -1,50 DEEP
504,00
504,00
127,00
20,00
507,39
8,70
15,89
507,39
DOWN 90,00° R1,50
DOWN 90,00° R1,50
DOWN 90,00° R1,50
DOWN 90,00° R1,50
DOWN 90,00° R1,50
DOWN 90,00° R1,50
DOWN 90,00° R1,50
Designed by
Administrator
Checked by
Approved by
Date
Date
9/6/2018
Assembly13
Edition
1
Sheet
12 / 13

ภาคผนวก ง.

ตารางค่าใช้จ่ายการสร้าง/จัดหา/ติดตั้งเครื่องจักร

ตารางที่ ง.1 รายการค่าใช้จ่ายเครื่องหั่นกล้วย

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	ราคา/หน่วย	ราคารวม
1	มอเตอร์เกียร์ 750W	1 ชุด	6,955	6,955
2	กล่อง แสตนเลส 1-1/2" 1.5 มม.	2 เส้น	1,425	2,850
3	แผ่นแสตนเลส 0.7 มม. 122 x 122 ซม.	1 แผ่น	1,580	1,580
4	แผ่นแสตนเลส 12 มม. 20 x 8 ซม.	2 แผ่น	226	552
5	แผ่นแสตนเลส 1.5 มม. เกรด420 122 x 80 ซม.	1 แผ่น	1,700	1,700
6	ยอย STL 2"	1 ชุด	1,200	1,200
7	ยางยอย #55	1 ชุด	240	240
8	ลูกปืน 6004ZZ	4 ตัว	272.5	1,090
9	น็อต สกรู	1 ชุด	581	581
10	อุปกรณ์ข้อต่อไฟฟ้า	1 ชุด	177	177
11	อุปกรณ์ระบบไฟฟ้า	1 ชุด	1,624	1,684
12	ค่าแรง	1 งาน	5,500	5,500
ราคารวม				24,109

ตารางที่ ง.2 รายการค่าใช้จ่ายเครื่องบด

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	ราคา/หน่วย	ราคารวม
1	เครื่องบดกล้วย 10B	1 เครื่อง	128,400	128,400
2	มอเตอร์ 2.2 KW	1 ตัว	3,317	3,317
3	อินเวอร์เตอร์	1 ตัว	9,700	9,700
4	อุปกรณ์ระบบไฟฟ้า	1 ชุด	3,350	3,350
5	ค่าแรง	1 งาน	1,000	1,000
ราคารวม				145,767

ตารางที่ ง.3 รายการค่าใช้จ่ายตู้อบลมร้อน

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	ราคา/หน่วย	ราคารวม
1	เหล็กกล่องแบน 2" x 1" x 1.5 มม.	8 เส้น	265	2,110
2	เหล็กกล่องแบน 2" x 1" x 1.2 มม.	4 เส้น	243	972
3	เหล็กกล่อง 2" x 2" x 2.3 มม.	5 เส้น	550	2,750
4	แผ่นแสตนเลส 4' x 8' x 0.7 มม.	12 แผ่น	1,580	18,960
5	แผ่นแสตนเลส 4' x 8' x 2 มม.	1 แผ่น	4,800	4,800
6	แผ่นแสตนเลส 4 mm. 120 x 100 ซม.	1 แผ่น	5,652	5,652
7	แสตนเลสกล่อง 1-1/2" x 1.5 มม.	4 เส้น	1,557	6,228
8	แผ่นตะแกรง แสตนเลส ลวด 1 มม. ตา 3/4"	1 ม้วน	5,216	5,216
9	น็อต สกรู	1 ชุด	2,782.95	2,782.95
10	ลูกปืน 6001zz	20 ตัว	42.5	850
11	ตุ๊กตาลูกปืน UCF208-24	1 ตัว	800	800
12	บานพับประตู	6 ชุด	200	1,200
13	มือจับบานประตู	2 ชุด	249	498
14	มอเตอร์เกียร์ 40W	1 ตัว	4,574	4,574
15	มอเตอร์เกียร์ 400W	1 ตัว	12,840	12,840
16	โบลเวอร์ 250W	1 ตัว	3,000	3,000
16	ฮีตเตอร์และอุปกรณ์	1 ชุด	10,004	10,004
18	อุปกรณ์ระบบไฟฟ้า	1 ชุด	7,985.24	7,985.24
19	อุปกรณ์ข้อต่อไฟฟ้า	1 ชุด	446	446
20	อินเวอร์เตอร์	1 ตัว	8,200	8,200
21	ใยแก้ว 2" 24K ฟอยด์1ด้าน	1 ม้วน	2,277.49	2,277.49
22	ปะเก็นยางทนความร้อน 1-1/4" x 15มม.	1 ม้วน	3,900	3,900
23	ผ้าใบทรงปล่อง OD15.2 ซม. ยาว 3"	1 ชุด	331.7	331.7
24	ล้อสีส้มPP แป้น-เบรก 4"	4 ตัว	189	756
25	หูล๊อคประตู KM-431	4 ชุด	325	1,300
26	ช่องระบายน้ำ	1 ตัว	115	115
27	ค่าแรง	1 งาน	32,500	32,500
ราคารวม				141,058.38

ภาคผนวก จ.

รายละเอียดการทดสอบการใช้งานเครื่องหั่นกล้วย

ตารางที่ จ.1 รายละเอียดการทดสอบการใช้งานเครื่องหั่นกล้วย

ครั้งที่ทดสอบ	1	**วันที่ทดสอบ**	18 กุมภาพันธ์ 2561
รายละเอียดการทดสอบ	ทำการป้อนกล้วยเข้าไปที่เครื่องหั่นแยกตามช่องใส่ โดย หมายเลข 1 มีขนาด 34 มิลลิเมตร สำหรับกล้วยที่มีขนาดความโตน้อยกว่า 34 มิลลิเมตร หมายเลข 2 และ 3 มีขนาด 40 มิลลิเมตร สำหรับกล้วยที่มีขนาดความโตน้อยกว่า 40 มิลลิเมตร		
ผลการทดสอบ	กล้วยที่ได้แต่ละช่องมีความหนาตามกำหนดคือ 6-8 มิลลิเมตร แต่ยังพบเม็ดในของกล้วยแตก 		
แนวทางปรับปรุงแก้ไข	-		

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นายสุกฤษฎิ์ เจริญไทย

รหัสประจำตัวนักศึกษา 5710121082

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	**ชื่อสถาบัน**	**ปีที่สำเร็จการศึกษา**
บริหารธุรกิจ (จัดการธุรกิจระหว่างประเทศ)	มหาวิทยาลัยกรุงเทพ	2551

สถานที่ทำงาน

ห้างหุ้นส่วนจำกัด กิตติชัยอุตสาหกรรมหาดใหญ่	ผู้ช่วยผู้จัดการ	ปี 2552 - ปัจจุบัน