รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การศึกษาการอบแห้งมันสำปะหลังหั่นเต๋าด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนระดับอุตสาหกรรม

Study on industrial-scale rotary drum drying of diced tapioca

นางสาววันศิริ สระรัมย์

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงานสหกิจ การศึกษาการอบแห้งมันสำปะหลังหั่นเต๋าด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุน ระดับอุตสาหกรรม

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นางสาววันศิริ สระรัมย์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ **ภาควิชา** วิศวกรรมเกษตร

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ ผศ.ดร.จิราพร ศรีภิญโญวณิชย์ จงยิ่งเจริญ

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน นายเจริญ ดาขุนทด

สถานประกอบการ บริษัท สิงห์ยิ้มอุตสาหกรรมการเกษตร จำกัด

บทคัดย่อ

โครงงานนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาการอบแห้งมันสำปะหลังหั่นเต๋าโดยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุน กระบวนการอบแห้งมันสำปะหลังหั่นเต๋าเดิมของบริษัทยังใช้อุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งที่ไม่เหมาะสม ส่งผลให้มันเต๋าเกิดการเจลขึ้นและไม่สามารถอบลดความชื้นลงถึง 14%w.b. ได้ การเกิดเจลของมันสำปะหลังเกิดจากมีความชื้นสูงกว่า 30%w.b. และได้รับอุณหภูมิสูงกว่า 65°C การอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนเป็นขั้นตอนการอบแห้งสุดท้ายของกระบวนการต่อจากการทำความร้อนเบื้องต้นและการอบแห้งขั้นตอนที่ 1 ควรใช้อุณหภูมิสูง ดังนั้นจึงได้ตั้งเกณฑ์ควบคุมความชื้นมันเต๋าขาเข้าเครื่องอบแห้งให้มีความชื้นต่ำกว่า 30%w.b. เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดเจลในการทดลอง และศึกษาการอบแห้งในช่วงอุณหภูมิ 100-140°C และเวลาในการอบแห้งในช่วง 14-29 นาที พบว่าสามารถอบแห้งมันเต๋าโดยไม่ทำให้เกิดเจลที่อุณหภูมิ 140°C ที่ห้องอบห้องบน และอุณหภูมิ 120°C ที่ห้องอบห้องล่าง ใช้เวลาในการอบแห้ง 29 นาที ซึ่งจะได้มันเต๋า ขาออกมีความชื้น 14%w.b. ตามที่ต้องการ

คำสำคัญ : การอบแห้ง การอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุน มันสำปะหลัง เจลาติไนเซชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cooperative Title : Study on industrial-scale rotary drum drying of diced tapioca

Student intern name : Miss Wansiri Srasum

Faculty : Engineering **Department :** Agricultural Engineering

Advisor name : Asst. Prof. Dr. Jiraporn Sripinyowanich Jongyingcharoen

Mentor name : Mr. Jaroen Dakhunthod

Company : Singhyim Industrial Agricultural.Co.,Ltd.

ABSTRACT

This project aims to study industrial-scale rotary drum drying of diced tapioca. The original drying temperature and drying time of the company was unsuitable and resulted in gelatinized diced tapioca, of which the moisture content could not be reduced to 14% w.b. Tapioca can be gelatinized if its moisture content is higher than 30% w.b. and the drying temperature is higher than 65°C. As drum drying was the second stage of diced tapioca drying, following the pre-heating and the first stage drying, the drying temperature should be high. Therefore, the moisture criterion for diced tapioca inlet should be lower than 30% w.b. to prevent gelatinization of the tapioca. The drying temperature and drying time of study were in the range of 100-140°C and 14-29 min, respectively. The suitable condition for rotary drum drying of diced tapioca was 140°C at the upper drying chamber and 120°C at the lower drying chamber for the total drying time of 29 min. The dried diced tapioca had the moisture content of 14% w.b. without gelatinization observed.

Keyword : Drying, Rotary Drum Drying, Tapioca, Gelatinizaion.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัทสิงห์ยิ้มอุตสาหกรรมการเกษตร จำกัด ที่ให้โอกาสได้เข้าทำการสหกิจศึกษาในครั้งนี้ ขอขอบคุณนายเจริญ ดาขุนทด ผู้จัดการฝ่ายผลิตและเป็นวิศวกรที่ให้คำปรึกษาสำหรับสหกิจในครั้งนี้ที่ค่อยช่วยเหลือและสนับสนุนในด้านต่าง ๆ ช่วยวางแผนงานและเปิดโอกาสให้ได้ลองทำสิ่งต่าง ๆมากมายตลอดระยะเวลาที่ฝึกสหกิจทำให้ได้ประสบการณ์ใหม่ๆที่เป็นประโยชน์อย่างมากในการทำงานในอนาคต ขอบคุณพี่พนักงานและบุคลากรที่เกี่ยวข้องทุก ๆ ฝ่ายที่ให้ความช่วยเหลือจนโครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.จิราพร ศรีภิญโญวณิชย์ จงยิ่งเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษาด้านวิชาการและการจัดทำโครงงาน หลักสูตรวิศวกรรมเกษตร สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง ที่ให้คำปรึกษาทั้งในด้านทฤษฎี การวางแผน และแนวทางในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่ต้องเจอในการฝึกสหกิจศึกษา

วันศิริ สระรัมย์
ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อ I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VII

สารบัญภาพ VIII

สารบัญภาพ(ต่อ) IX

สารบัญภาพ(ต่อ) X

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาละความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

1.3 ขอบเขตงานวิจัย 2

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 ทฤษฎีการอบแห้ง 4

2.1.1 ความชื้นวัสดุ 4

2.1.2 อัตราการอบ (Drying Rate) 5

2.1.3 จลนศาสตร์การอบแห้ง (Drying kinetics) 6

2.2 การเกิดเจลาติไนเซชั่น 9

2.3 เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุน (Rotary Drum Dryer) 10

2.3.1 การจำแนกประเภท 10

2.3.2 โครงสร้างของเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุน 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

2.3.3 ข้อดีและข้อเสียของเครื่องอบแห้งแบบหมุน 15

2.3.4 ข้อควรระวังในการใช้งานเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุน 16

2.4 ตัวอย่างพันธุ์มันสำปะหลังในประเทศไทย 16

2.4.1 พันธุ์มันสำปะหลังในประเทศไทย 17

บทที่ 3 วิธีดำเนินงาน 18

3.1 ตัวอย่างมันสำปะหลังและการคัดเลือก 18

3.2. กระบวนการอบแห้งมันสำปะหลังหั่นเต๋าของบริษัท สิงห์ยิ้มอุตสาหกรรมเกษตร จำกัด และแนวทางในการกำหนดกระบวนการอบแห้งมันเต๋าเพื่อแก้ไขปัญหาให้บริษัท 19

3.2.1 กระบวนการอบแห้งทั่วไปของบริษัท 19

3.2.2 แนวทางในการกำหนดกระบวนการอบแห้งมันเต๋าเพื่อแก้ปัญหาให้บริษัท 25

3.3 เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนที่ใช้ในการทดลอง 27

3.4 การทดลองการอบแห้งมันสำปะหลังหั่นเต๋าในเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุน 31

3.4.1 การทดลองที่ 1 31

3.4.2 การทดลองที่ 2 32

3.4.3 การทดลองที่ 3 33

3.4.4 การทดลองที่ 4 34

3.4.5 การทดลองที่ 5 35

3.4.6 การทดลองที่ 6 36

3.5 การวิเคราะห์คุณสมบัติของมันสำปะหลังหั่นเต๋า 36

3.5.1 ความชื้น 36

3.5.2 สีและลักษณะของมันเต๋า 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน 39

4.1 การทดลองสภาพการอบแห้งเริ่มต้นตามบริษัท 39

4.2 การทดลองปรับอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้ง 41

4.2.1 การทดลองที่ 2 42

4.2.2 การทดลองที่ 3 44

4.2.3 การทดลองที่ 4 46

4.2.4 การทดลองที่ 5 48

4.2.5 การทดลองที่ 6 50

บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ 52

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 52

5.2 ข้อเสนอแนะ 52

อ้างอิง 53

ประวัติผู้เขียน 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน 2
ตารางที่ 3.1 การปรับความถี่ของกระแสไฟฟ้าที่มีผลต่อเวลาในการอบ 28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปที่ 2.1 เส้นโค้งความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงความชื้นระหว่างการอบแห้ง 5
รูปที่ 2.2 การลดลงของความชื้นวัสดุ 6
รูปที่ 2.3 เส้นโค้งการอบแห้ง 7
รูปที่ 2.4 การเจลาติไนเซชั่นของแป้งมันสำปะหลัง 10
รูปที่ 2.5 เครื่องอบแห้งแบบหมุนชนิดรับความร้อนโดยตรง 11
รูปที่ 2.6 เครื่องอบแห้งแบบหมุนชนิดรับความร้อนโดยทางอ้อม 11
รูปที่ 2.7 เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนชนิดรับความร้อนทั้งโดยตรงและโดยทางอ้อม 12
รูปที่ 2.8 main body Rotary dryer 13
รูปที่ 2.9 ครีบ 13
รูปที่ 2.10 ลูกกลิ้ง 14
รูปที่ 2.11 Driving gears 14
รูปที่ 2.12 Air seals 15
รูปที่ 3.1 หัวมันสำปะหลัง 18
รูปที่ 3.2 เครื่องวัดเปอร์เซ็นต์แป้งมันสะหลัง 19
รูปที่ 3.3 เครื่องทำความสะอาดหัวมันสำปะหลัง 20
รูปที่ 3.4 ตะแกรงเครื่องทำความสะอาดหัวมันสำปะหลัง 20
รูปที่ 3.5 เครื่องหั่นเต๋ารุ่น CD 1500 21
รูปที่ 3.6 เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด 21
รูปที่ 3.7 เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุน 22
รูปที่ 3.8 รูปแบบการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนของบริษัท 22
รูปที่ 3.9 ครีบภายในถังอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุน 23
รูปที่ 3.10 เครื่อง LSU (Lousiana State University) 23
รูปที่ 3.11 ไซโล 24
รูปที่ 3.12 แผนผังกระบวนการอบแห้งมันเต๋า 26
รูปที่ 3.13 ผังการอบแห้งมันเต๋า 27
รูปที่ 3.14 ชุดควบคุมอุณหภูมิเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุน 30
รูปที่ 3.15 ชุดควบคุมความเร็วรอบที่ใช้ในการอบของเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุน 30
รูปที่ 3.16 สภาวะการอบแห้งและความชื้นของมันเต๋าจากการทดลองการอบแห้งเบื้องต้น (ครั้งที่ 1) 31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่ 3.17 สภาวะการอบแห้งและความชื้นของมันเต๋าจากการทดลองที่ 2 32
รูปที่ 3.18 สภาวะการอบแห้งและความชื้นของมันเต๋าจากการทดลองที่ 3 33
รูปที่ 3.19 สภาวะการอบแห้งและความชื้นของมันเต๋าจากการทดลองที่ 4 34
รูปที่ 3.20 สภาวะการอบแห้งและความชื้นของมันเต๋าจากการทดลองที่ 5 35
รูปที่ 3.21 สภาวะการอบแห้งและความชื้นของมันเต๋าจากการทดลองที่ 6 36
รูปที่ 3.22 ตัวอย่างมันเต๋าที่ผ่านการอบ 37
รูปที่ 3.23 เครื่องวัดความชื้นแป้ง รุ่น GMK-308 38
รูปที่ 3.24 มันเต๋าอบแห้ง 38
รูปที่ 4.1 สภาวะการอบแห้งและความชื้นของมันเต๋าจากการทดลองการอบแห้งเบื้องต้น (ครั้งที่ 1) 39
รูปที่ 4.2 กราฟเส้นโค้งการอบแห้งในการทดลองครั้งที่ 1 40
รูปที่ 4.3 กราฟเส้นโค้งอัตราการอบแห้งในการทดลองครั้งที่ 1 40
รูปที่ 4.4 กราฟเส้นโค้งอัตราการอบแห้งในการทดลองครั้งที่ 1 40
รูปที่ 4.5 สภาวะการอบแห้งและความชื้นของมันเต๋าจากการทดลองการอบแห้งที่ 2 42
รูปที่ 4.6 กราฟเส้นโค้งการอบแห้งในการทดลองครั้งที่ 2 43
รูปที่ 4.7 กราฟเส้นโค้งอัตราการอบแห้งในการทดลองครั้งที่ 2 43
รูปที่ 4.8 กราฟเส้นโค้งอัตราการอบแห้งในการทดลองครั้งที่ 2 43
รูปที่ 4.9 สภาวะการอบแห้งและความชื้นของมันเต๋าจากการทดลองการอบแห้งที่ 3 44
รูปที่ 4.10 กราฟเส้นโค้งการอบแห้งในการทดลองครั้งที่ 3 45
รูปที่ 4.11 กราฟเส้นโค้งอัตราการอบแห้งในการทดลองครั้งที่ 3 45
รูปที่ 4.12 กราฟเส้นโค้งอัตราการอบแห้งในการทดลองครั้งที่ 3 45
รูปที่ 4.13 สภาวะการอบแห้งและความชื้นของมันเต๋าจากการทดลองการอบแห้งที่ 4 46
รูปที่ 4.14 กราฟเส้นโค้งการอบแห้งในการทดลองครั้งที่ 4 47
รูปที่ 4.15 กราฟเส้นโค้งอัตราการอบแห้งในการทดลองครั้งที่ 4 47
รูปที่ 4.16 กราฟเส้นโค้งอัตราการอบแห้งในการทดลองครั้งที่ 4 47
รูปที่ 4.17 สภาวะการอบแห้งและความชื้นของมันเต๋าจากการทดลองการอบแห้งที่ 5 48
รูปที่ 4.18 กราฟเส้นโค้งการอบแห้งในการทดลองครั้งที่ 5 49
รูปที่ 4.19 กราฟเส้นโค้งอัตราการอบแห้งในการทดลองครั้งที่ 5 49
รูปที่ 4.20 กราฟเส้นโค้งอัตราการอบแห้งในการทดลองครั้งที่ 5 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่ 4.21 สภาวะการอบแห้งและความชื้นของมันเต๋าจากการทดลองการอบแห้งที่ 6 50
รูปที่ 4.22 กราฟเส้นโค้งการอบแห้งในการทดลองครั้งที่ 6 51
รูปที่ 4.23 กราฟเส้นโค้งอัตราการอบแห้งในการทดลองครั้งที่ 6 51
รูปที่ 4.24 กราฟเส้นโค้งอัตราการอบแห้งในการทดลองครั้งที่ 6 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาละความสำคัญ

เกษตรกรไทยมีการปลูกมันสำปะหลังมากถึง 29,368,185 ตันในปี 2561 [1]เนื่องจากมันสำปะหลังเป็นพืชที่ใช้ได้ทั้งต้น ตั้งแต่ใบไปจนถึงราก รากมัน หรือหัวมันสามารถนำมาทำแป้งมัน มันเส้น และมันอัดเม็ดได้ แป้งมันสามารถนำมาทำเป็นอาหาร เครื่องปรุง กาว กระดาษ แอลกอฮอล์ ฯลฯ มันเส้นนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ได้

เนื่องด้วยจำนวนมันที่มีมากในแต่ละปีและการใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลาย จึงนิยมนำมาแปรรูปก่อนการเก็บรักษาเพื่อรักษาคุณภาพและยืดอายุในการเก็บรักษา การทำแห้งมันซึ่งเรียกว่า มันเส้น หรือมันลานเป็นวิธีการที่ง่ายที่สุดในการแปรรูปเพื่อบรรลุผลข้างต้น วิธีการดั่งเดิมในการทำแห้งมันต้องอาศัยแสงแดดในการตาก ใช้เวลาในการตากนาน และพึ่งพาสภาพอากาศวันไหนฝนตกก็ตากไม่ได้ ทำให้ไม่สามารถผลิตมันเส้นตากแห้งได้อย่างต่อเนื่องตลอดทั้งปี

ทางกลุ่มบริษัท สิงห์ยิ้ม จึงมีแนวคิดที่จะผลิตมันแห้งออกจำหน่ายได้อย่างต่อเนื่องตลอดทั้งปี จึงได้ก่อตั้งบริษัทสิงห์ยิ้มอุสาหกรรมการเกษตร จำกัด ขึ้นเพื่อผลิตมันเต๋าอบแห้งโดยใช้เครื่องจักรในการผลิตที่จะสามารถผลิตมันเต๋าออกจำหน่ายได้ตลอดทั้งปี โดยขั้นตอนในการอบแห้งมันมีทั้งหมด 3 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนที่ 1 การเพิ่มอุณหภูมิเบื่องต้นในเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด 1 ขั้นตอนที่ 2 การอบแห้งระยะที่ 1 ในเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด 2 และขั้นตอนที่ 3 การอบแห้งระยะที่ 2 ในเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุน เพื่อให้ได้ค่าความชื้นหลังจากกระบวนการอบไม่เกิน 14 %w.b. เป็นความชื้นที่ยอมรับได้และสามารถจำหน่ายได้

แต่ปัญหาที่ทางบริษัทพบคือทางบริษัทยังไม่สามารถอบมันเต๋าให้มีความชื้นไม่เกิน 14%w.b.ได้ อาจเนื่องมาจากอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้งไม่เหมาะสมมันเต๋าเกิดเจล ทำให้ไม่สามารถลดความชื้นลงได้ ทางบริษัทไม่สามารถผลิตมันเต๋าอบแห้งออกจำหน่ายได้ ไม่มีรายได้เข้าบริษัท มันเต๋าที่อบออกมายังต้องนำไปตากแห้งต่อ เป็นการเสียเวลา และงบประมาณในการจ้างคนงานทำให้บริษัทขาดทุนและยังไม่สามารถทำการผลิตจริงได้

ข้าพเจ้าได้มองเห็นถึงปัญหาที่จุดนี้จึงได้จัดทำโครงงานนี้ขึ้นมาเพื่อศึกษาและวิเคราะห์การอบแห้งมันเต๋าในเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนเป็นขั้นตอนสุดท้ายในการอบแห้งมันเต๋า เพื่อประเมินอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งมันเต๋าในเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุน ให้ได้ค่าความชื้นของมันเต๋าหลังอบแห้งไม่เกิน 14%w.b.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งมันสำปะหลังหั่นเต๋าในเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุน

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนที่ใช้ในการทดลอง ผลิตโดย บริษัทดวงเดือน จำกัด ในประเทศไทย มีกำลังการผลิต 6-7 ตันต่อชั่วโมง ความจุ 0.65 ตันต่อลูกบาศก์เมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 เมตร ยาว 12 เมตร ใช้มอเตอร์ขับขนาด 5.5 กิโลวัตต์ ที่ความเร็วรอบ 1450 รอบต่อนาที ความเร็วรอบถังอบแห้ง 8.2 รอบต่อนาที

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาในการดำเนินงานปี พ.ศ. 2562															
	สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. ศึกษาและตั้งปัญหาการวิจัย																
2. ทบทวนเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง : การผลิตมันเต๋าการอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุน																
3. ศึกษาหลักการทำงานและแบบเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนของบริษัท																
4. ทดลองอบแห้งมันเต๋าโดยการปรับค่าอุณหภูมิและเวลในการอบแห้ง (ปรับความเร็วรอบของเครื่องอบแห้ง)																
5. วิเคราะห์ข้อมูลลักษณะการอบแห้ง																
6. สรุปผลการทดลองและจัดทำรายงาน																

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งที่เหมาะสมในการอบแห้งมันเต๋าโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุน
2. ได้มันเต๋าที่มีความชื้นเหมาะสมที่จะส่งจำหน่าย
3. สามารถทำการผลิตมันเต๋าออกจำหน่ายได้
4. บริษัทมีรายได้จากการขายมันเต๋าอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีการอบแห้ง

การอบแห้ง[2]เป็นการดึงความชื้นซึ่งก็คือปริมาณน้ำออกจากเนื้อวัสดุโดยใช้ความร้อนในการอบ มีจุดประสงค์เพื่อความเหมาะสมต่อการเก็บรักษา สามารถเก็บรักษาไว้ได้นานโดยไม่เสียหายเนื่องจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และประหยัดเนื้อที่ในการเก็บรักษา เนื่องจากการอบแห้งทำให้มีปริมาตรและน้ำหนักที่ลดลง ในการขายจึงเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับตัววัสดุ การอบแห้งโดยทั่วไปมีอิทธิพลอย่างมากต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้ายหลังการอบแห้งทั้งในเรื่องของสี กลิ่น และรสชาติระหว่างการอบแห้งมีกระบวนการถ่ายเทความร้อนจากสิ่งแวดล้อมภายนอกไปยังผิวหน้าของวัสดุ และการถ่ายเทมวลจากข้างในเนื้อวัสดุไปยังผิวของวัสดุเนื่องมาจากการถ่ายเทความชื้นสู่สิ่งแวดล้อม พลังงานถ่ายเทสู่วัสดุอบแห้งโดย

1. การพาความร้อนเกิดขึ้นเมื่อพลังงานสำหรับการระเหยที่ได้รับจากกระแสอากาศร้อนที่ไหลผ่านวัสดุ
2. การนำความร้อนเกิดขึ้นเมื่อวัสดุสัมผัสกับผิวร้อน

2.1.1 ความชื้นวัสดุ

ปริมาณความชื้นของวัสดุจะอธิบายอยู่ในรูปของเปอร์เซ็นต์ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก และความชื้นมาตรฐานแห้ง

ความชื้นมาตรฐานเปียก คือ ปริมาณความชื้นที่นิยมใช้ในทางการค้า จะแสดงน้ำหนักของน้ำที่มีอยู่ต่อน้ำหนักรวมของวัสดุ โดยปกติจะแสดงอยู่ในรูปเปอร์เซ็นต์ เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$M_{wb} = \frac{W_w}{W_w + W_d} \qquad \text{(สมการที่ 2.1)}$$

ความชื้นมาตรฐานแห้ง จะใช้ในงานวิจัยทางวิศวกรรมและวิทยาศาสตร์ เนื่องจาก dry matter ของวัสดุไม่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการอบแห้งดังนั้นจึงง่ายในการวิเคราะห์การถ่ายเทความชื้น ความชื้นมาตรฐานแห้งเขียนเป็นสมการได้ ดังนี้

$$M_{db} = \frac{W_w}{W_d} \qquad \text{(สมการที่ 2.2)}$$

สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นมาตรฐานเปียกและความชื้นมาตรฐานแห้งดังนี้

$$M_{db} = \frac{M_{wb}}{1 - M_{wb}} \qquad \text{(สมการที่ 2.3)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$M_{wb} = \frac{M_{db}}{1-M_{db}}$$ (สมการที่ 2.3)

เมื่อ

M_{wb} คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก (w.b) อัตราส่วน

M_{db} คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง (d.b) อัตราส่วน

W_w คือ มวลของน้ำ

W_d คือ มวลแห้งของวัสดุ

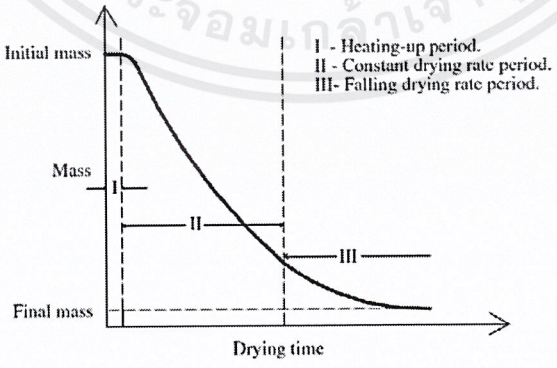
2.1.2 อัตราการอบ (Drying Rate)

เป็นค่าที่แสดงถึงค่าความชื้นที่ระเหยออกไปได้ต่อหน่วยเวลา สามารถบอกให้เราทราบถึงระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงค่าความชื้นที่ระเหยออกไปได้ต่อหน่วยเวลา หน่วยอาจเป็นปอนด์น้ำต่อชั่วโมงหรือกิโลกรัมน้ำต่อชั่วโมงโดยปกติ ในการอบแห้งวัสดุหนึ่งๆ จะมีอัตราการอบแห้ง 3 ช่วง คือ

1. Heating Up คือ การให้ความร้อนกับวัสดุในช่วงต้นจนถึงอุณหภูมิของการระเหย

2. Constant Rate Drying คือ เป็นช่วงที่วัสดุมีความชื้นสูง น้ำในเนื้อวัสดุสามารถเดินทางมาที่ผิววัสดุได้ทันต่ออัตราเร็วของลมร้อนที่ให้กับผิววัสดุ ส่วนใหญ่จะเป็นความชื้นรอบผิว (Boundary Moisture) หรือความชื้นอิสระ (Unbound Moisture)

3. Falling Rate Drying คือการอบในช่วงที่ปริมาณน้ำที่ผิววัสดุแห้งลงเพราะน้ำภายในเนื้อวัสดุเดินทางมาที่ผิวไม่ทันเนื่องจากภายในเนื้อวัสดุเริ่มแห้งแล้วและเวลาที่ใช้ก็จะลดลง ในช่วงนี้อุณหภูมิที่ผิวอาจค่อยๆเพิ่มขึ้น เมื่อความชื้นของวัสดุสมดุลกับความชื้นของอากาศรอบ ๆการอบแห้งจะสิ้นสุดลง



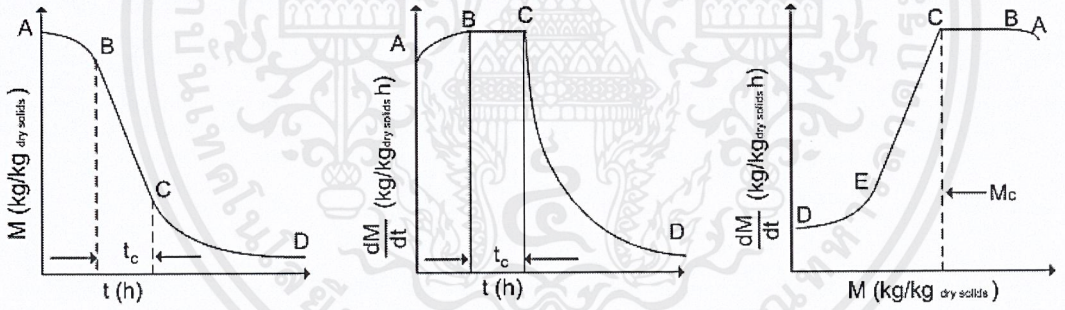
รูปที่ 2.1 เส้นโค้งความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงความชื้นระหว่างการอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุที่ใช้ในการอบแห้งส่วนใหญ่จะนำมาจากสิ่งมีชีวิตซึ่งจะมีลักษณะผิวภายในวัสดุเป็นรูพรุน เมื่อนำไปอบแห้งโดยวางเป็นชั้นบาง ๆที่สภาวะคงที่ (อุณหภูมิ ความชื้น และ ความเร็วลมร้อน) อัตราการอบแห้งจะคงที่ในระยะเวลาหนึ่ง แล้วจะเริ่มลดลงขณะที่อัตราการอบแห้งเริ่มเปลี่ยนจากคงที่เป็นลดลงเรียกว่า ความชื้นจุดวิกฤต ในระยะแรกของการอบแห้งการเคลื่อนที่ของน้ำจะเคลื่อนที่ในรูปของเหลวเนื่องจากวัสดุยังมีความชื้นสูงแต่เมื่อความชื้นลดลงมากการเคลื่อนที่ของน้ำจะเคลื่อนที่ในรูปของไอน้ำ

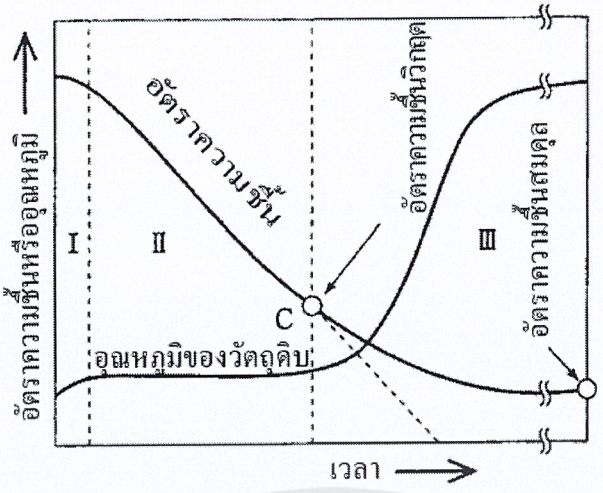
2.1.3 จลนศาสตร์การอบแห้ง (Drying kinetics)

การอบแห้งคือการไล่ความชื้นออกจากวัสดุโดยการใช้ความร้อน เมื่อให้ความร้อนกับวัสดุที่มีความชื้นจะเกิดการระเหย และคายความร้อนออกจากวัสดุ ความร้อนที่คายออกมาเป็นความร้อนแฝงของการระเหย ปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้งได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ อัตราการไหลของอากาศและประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้ง การอบแห้งโดยการให้ลมร้อนเป็นตัวกลางในการพาความชื้นออกจากวัสดุ เมื่อสมมติให้อุณหภูมิความชื้นและความเร็วของอากาศเหนือผิวของวัสดุอบแห้งมีค่าคงที่ตลอดกระบวนการและมีการถ่ายเทความร้อนสู่วัสดุโดยการพาความร้อน การเปลี่ยนแปลงความชื้นของวัสดุตลอดกระบวนการอบแห้งแสดงในรูปที่ 2.3 โดยแบ่งการอบแห้งออกเป็น 3 ช่วงคือ



รูปที่ 2.2 การลดลงของความชื้นวัสดุ
ดัดแปลงจาก (Brennan et al., 1990)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 เส้นโค้งการอบแห้ง

ช่วง A-B [I] เป็นช่วงที่ความร้อนของลมร้อนจะถ่ายเทเข้าสู่ผิวของวัสดุเป็นการเพิ่มอุณหภูมิให้กับวัสดุ ความร้อนให้กับวัสดุนี้จะอยู่ในรูปของความร้อนสัมผัสอุณหภูมิของวัสดุจะสูงขึ้นจนถึงประมาณอุณหภูมิกระเปาะเปียก ซึ่งมีความสมดุลระหว่างผิววัสดุกับอากาศสภาวะนี้เกิดขึ้นเมื่อเริ่มทำการอบแห้ง

ช่วง B-C [II] ช่วงนี้ผิวของวัสดุยังคงชุ่มไปด้วยน้ำ น้ำที่อยู่ภายในเนื้อวัสดุจะถูกถ่ายเทออกมายังผิวของวัสดุ เนื่องมาจากการถ่ายเทมวลที่มีความสมดุลกับอัตราการถ่ายเทความร้อนที่ผิวของวัสดุ เนื่องจากการระเหย กล่าวคือ น้ำที่อยู่ภายในเนื้อวัสดุจะถูกถ่ายเทโดยการถ่ายเทมวลมาที่ผิวของวัสดุ ส่วนผิวของวัสดุก็จะถ่ายเทความชื้นให้กับอากาศโดยการระเหย เมื่อการถ่ายเทมวลมีความสมดุลกับอัตราการถ่ายเทความร้อนจึงทำให้อุณหภูมิที่ผิวของวัสดุอบแห้งคงที่ เรียกช่วงนี้ว่าเป็นช่วงที่อัตราการอบแห้งคงที่ (constant rate period of drying)

ช่วง C-D [III] ช่วงนี้เป็นช่วงอัตราการอบแห้งลดลง (Falling Rate Period) เนื่องจากปริมาณความชื้นภายในเนื้อวัสดุเคลื่อนที่มาสู่ผิวด้านนอกลดลง เมื่อกระบวนการอบแห้งดำเนินต่อไปอุณหภูมิที่ผิวของวัสดุจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดกระบวนการ ที่จุด C อัตราการอบแห้งเริ่มลดลงความชื้นของวัสดุที่จุดนี้เรียกว่า ความชื้นวิกฤต (Critical Moisture Content) แบ่งออกเป็น 2 ช่วงคือ ช่วงของการอบแห้งลดลงส่วนที่ 1 (CE) ช่วงนี้ผิวของวัสดุจะแห้งและอัตราการอบแห้งลดลง ช่วงของการอบแห้งลดลงส่วนที่ 2 (E-D) ช่วงนี้ปัจจัยภายนอกจะเป็นตัวแปรที่สำคัญในการเพิ่มขึ้น หรือลดลงของความชื้นวัสดุ

โดยทั่วไปการใช้ลมร้อนเป็นตัวกลางในการส่งผ่านความร้อนและลดความชื้นของวัสดุจะเกิดขึ้นช้าหรือเร็ว มีปัจจัยที่สำคัญซึ่งมีผลต่ออัตราการอบแห้งคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ลักษณะทางธรรมชาติของวัสดุ เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่มีผลต่ออัตราการอบแห้งถ้าสภาพทางธรรมชาติของวัสดุเอื้ออำนวยต่อการส่งผ่านความร้อนไปยังโมเลกุลของน้ำภายในเนื้อวัสดุและเอื้ออำนวยต่อการเคลื่อนที่ของไอน้ำออกจากวัสดุ ก็จะทำให้วัสดุสามารถคายความชื้นออกมาได้ดี เช่น วัสดุที่มีโครงสร้างเป็นรูพรุนโมเลกุลของน้ำในเนื้อวัสดุสามารถเคลื่อนที่ออกมาได้ง่ายทำให้อัตราการอบแห้งเร็วกว่าวัสดุที่มีความพรุนน้อย

2. ขนาดและรูปร่างของวัสดุ วัสดุที่มีขนาดและรูปร่างที่ทำให้อัตราส่วนของพื้นที่ต่อปริมาตรมากหรือวัสดุที่แบนและบาง จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการส่งผ่านความร้อนให้ทั่วชิ้นวัสดุทำให้การระเหยน้ำออกจากเนื้อวัสดุดีขึ้น อัตราการอบแห้งจึงเร็วขึ้น

3. ปริมาณและการจัดเรียงวัสดุ ควรทำการจัดเรียงเป็นแบบชั้นบางเพื่อให้วัสดุได้รับความร้อนอย่างสม่ำเสมอ วัสดุที่นำมาจัดเรียงซ้อนกันหลายๆ ชั้นในถาดทำให้ปริมาณของวัสดุต่อถาดมากเกินไปจะทำให้วัสดุที่อยู่บริเวณตรงกลางได้รับความร้อนไม่ทั่วถึงทำให้บริเวณนั้นมีอัตราการอบแห้งที่ช้า

4. อุณหภูมิของอากาศ อุณหภูมิอากาศร้อนที่สูงจะทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศร้อนกับอุณหภูมิของวัสดุสูง ทำให้การถ่ายเทน้ำภายในเนื้อวัสดุเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว ถึงแม้ว่าอุณหภูมิของอากาศร้อนมาก ๆจะทำให้เกิดการระเหยของน้ำในเนื้อวัสดุได้อย่างรวดเร็วแต่ต้องคำนึงถึงความเหมาะสมกับชนิดของวัสดุด้วยไม่เช่นนั้นอาจทำให้เนื้อวัสดุเสียหายได้

5. ความชื้นของอากาศร้อน อากาศร้อนที่มีความชื้นต่ำ ๆจะทำให้สามารถรับความชื้นที่ระเหยออกมาจากวัสดุได้มาก อัตราการระเหยมีสูง แต่ถ้าหากความชื้นของอากาศร้อนมีค่ามากจะมีผลให้การเคลื่อนที่ของน้ำและการระเหยของไอน้ำออกจากเนื้อวัสดุได้ยาก

6. ความดันของบรรยากาศ การอบแห้งโดยทั่วไปมักทำที่ความดันหนึ่งบรรยากาศ แต่ถ้าทำที่ความดันต่ำกว่าความดันหนึ่งบรรยากาศจะส่งผลให้จุดเดือนของน้ำลดลงเมื่อจุดเดือดของน้ำลดลงจะทำให้อัตราการระเหยของน้ำสูงขึ้นเนื่องจากน้ำใช้อุณหภูมิที่ต่ำลงในการเริ่มระเหย ส่งผลให้อัตราการอบแห้งเพิ่มขึ้น การอบแห้งประเภทนี้เหมาะกับการอบแห้งวัสดุที่เสื่อมคุณภาพได้ง่ายเนื่องจากความร้อน เครื่องอบแห้งมีการลดความดันในสภาวะการอบแห้ง เช่น เครื่องอบแห้งสุญญากาศแบบลูกกลิ้ง (Vacuum Drum Drier) เป็นต้น

7. ความเร็วลมร้อน ถ้าความเร็วของลมร้อนมีค่ามากจะทำให้เกิดการระเหยของน้ำที่ผิวหน้าวัสดุได้ดีขึ้นเนื่องจากลมร้อนรับความชื้นได้อย่างรวดเร็ว ทำให้อัตราการอบแห้งเร็วขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. คุณสมบัติเชิงความร้อนและฟิสิกส์ของวัสดุ คุณสมบัติเชิงความร้อนของวัสดุที่เกี่ยวข้องกับการอบแห้งคือ ความร้อนจำเพาะ สภาพการนำความร้อน และการแพร่ความร้อน ส่วนคุณสมบัติทางฟิสิกส์ได้แก่ ความหนาแน่นจริง ความหนาแน่นปรากฏ และสัดส่วนช่องว่างอากาศในกองวัสดุ

ตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อพลังงานที่ใช้การอบแห้ง คือสมบัติและประเภทของความชื้นวัสดุโดยปกติความชื้นที่อยู่ในวัสดุจะประกอบไปด้วย ความชื้นรอบผิว (Boundary Moisture) และความชื้นในเนื้อวัสดุ (Absorbed Moisture) ซึ่งความชื้นรอบผิวจะเป็นความชื้นที่ถูกดึงออกไปได้ง่ายนอกจากนี้ยังมีความชื้นของบรรยากาศ (Relative Humidity) ถ้ามีมากจะมีผลทำให้ระยะเวลาในการอบแห้งนานขึ้นอีกด้วย โดยปกติในการอบแห้งวัสดุใด ๆความชื้นสุดท้ายของวัสดุที่ยังคงเหลืออยู่ในเนื้อวัสดุจะสมดุลกับความชื้นอากาศที่ใช้อบโดยที่ความชื้นในวัสดุดังกล่าวจะไม่ลดต่ำกว่านี้อีกแม้ว่าจะใช้เวลานานเท่าใดก็ตามเราเรียกความชื้น ณ จุดนี้ว่า ค่าความชื้นสมดุล (Equilibrium Moisture Content)

2.2 การเกิดเจลาติไนเซชั่น

เจลาติไนเซชั่น[3]เกิดจากการให้ความร้อนกับสารละลายแป้งจนอุณหภูมิสูงกว่าเจลาติไนเซชั่น ทำให้เกิดการกระบวนการเปลี่ยนแปลงของเม็ดแป้งจากสภาวะที่มีการจัดเรียงของโมเลกุลอย่างเป็นระเบียบสู่สภาวะที่มีการจัดเรียงโมเลกุลไม่เป็นระเบียบ ซึ่งเกิดจากการคายตัวของพันธะไฮโดรเจน เม็ดแป้งจะดูดซับน้ำและเกิดการพองตัวแบบไม่สามารถผันกลับได้ ทำให้ส่วนผสมนั้นมีความหนืดและใสมากขึ้น การให้ความร้อนกับสารละลายแป้งมีผลทำให้โครงสร้างที่เป็นผลึกถูกหลอมละลายกลายเป็นส่วนที่ไม่มีการจัดเรียงตัวเป็นผลึก ทำให้เม็ดแป้งมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและโครงสร้างแบบไบร์ฟรินเจนส์หายไป ซึ่งจะไม่สามารถมองเห็นลักษณะมอลดีสครอสบนเม็ดแป้งได้ เรียกปรากฏการนี้ว่า การเกิดเจลาติไนเซชั่น

อุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนเซชั่นของแป้งแต่ละชนิดจะแตกต่างกันขึ้นอยู่ที่องค์ประกอบทางเคมีภายในเม็ดแป้ง เช่น สัดส่วนของอะไมโลส และอะไมดลแพคติน ปริมาณไขมัน และการจัดเรียงตัวของโมเลกุลภายในเม็ดแป้ง กระบวนการเกิดเจลาติไนเซชั่นของแป้งจะทำให้แป้งมีลักษณะเหนียวเกิดความหนืดเพิ่มมากขึ้น เป็นเจล และเกิดการพองตัวขึ้น การเกิดเจลาติไนเซชั่นสามารถดูจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างแบบไบฟริเจนส์ ซึ่งสังเกตได้จากกล้องจุลทรรศน์ที่มีแสงโพลาไรซ์ และยังสามารถตรวจสอบได้จากเครื่อง Differential scanning calorimeter (DSC) ซึ่งจะตรวจวัดอุณหภูมิและบันทึกการเปลี่ยนแปลงเอนทัลปี (Enthalpy) ของแป้ง เมื่อได้รับความร้อนและการตรวจสอบช่วงอุณภูมิการเกิดเจลาติไนเซชั่น

จากการตรวจสอบอุณหภูมิเจลาติไนเซชั่นของแป้งมันสำปะหลังด้วยเครื่อง DSC พบว่าแป้งมันสำปะหลังมีค่าอุณหภูมิที่เริ่มต้นที่ทำให้เกิดเจลาติไนเซชั่นอยู่ที่ 65°C -70°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.4 การเจลาติไนเซชั่นของแป้งมันสำปะหลัง

2.3 เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุน (Rotary Drum Dryer)

เครื่องอบแห้งแบบหมุน[4]เป็นเครื่องที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย มีลักษณะเป็นท่อยาวทรงกระบอกที่สามารถหมุนรอบตัวเองได้โดยวางทำมุมเอียงกับแนวระดับเล็กน้อย วัสดุที่ต้องการอบจะเป็นแบบเม็ดจะถูกป้อนเข้าทางด้านใด ด้านหนึ่งของกระบอก และมีลมร้อนไหลผ่านกระบอก หรือวัสดุสัมผัสกับผิวของกระบอกเพื่อเป็นการทำให้แห้งของวัสดุ

2.3.1 การจำแนกประเภท

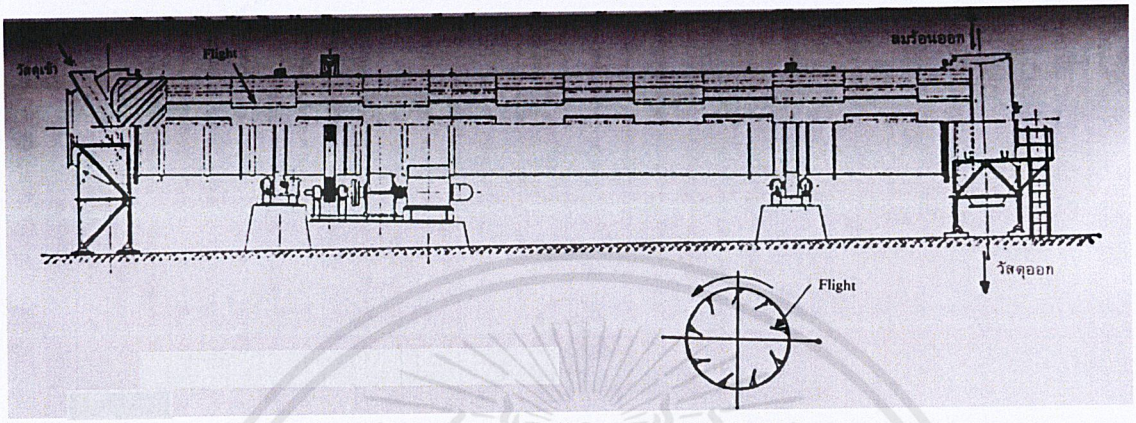
1. เครื่องอบแห้งแบบหมุนชนิดรับความร้อนโดยตรง

ลมร้อนสัมผัสกับวัสดุอบแห้งโดยตรง แบ่งการทำงานออกเป็น 2 แบบ คือ แบบไหลตาม (Co-current Flow) และแบบไหลสวนทาง (Counter-current Flow)

แบบไหลตาม(Co-current Flow) วัสดุจะไหลไปในทิศทางเดียวกับกับทิศทางในการไหลของอากาศ เหมาะกับวัสดุที่ไวต่อความเสียหายเนื่องจากความร้อน อากาศร้อนทางเข้าจะสัมผัสกับวัสดุอบแห้งที่เปียกอยู่ ดังนั้นอุณหภูมิของวัสดุยังคงอยู่ที่อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศซึ่งเป็นระยะเวลาที่วัสดุยังมีความชื้นสูงอยู่ และเมื่อเวลาผ่านไปความชื้นของวัสดุจะเริ่มลดลง แบบไหลสวนทาง (Counter-current Flow) วัสดุจะไหลส่วนทางกับทิศทางการไหลของอากาศ วัสดุที่อบแห้งจะสัมผัสกับอากาศร้อนที่ทางออก การไหลแบบนี้จะมีประโยชน์ถ้าต้องการให้วัสดุอบแห้งมีอุณหภูมิสูง แต่จะต้องไม่สูงเกินไปที่จะทำให้วัสดุแห้งเปลี่ยนคุณสมบัติ การไหลแบบส่วนทาง (Counter-current Flow) จะทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงกว่าการไหลแบบตามกัน (Co-current Flow)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตามการเลือกใช้วิธีในการอบแห้งขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ ควรเลือกให้เหมาะสมเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายกับเนื้อวัสดุ วัสดุบางประเภทไม่เหมาะที่จะให้อุณหภูมิสูงในการอบช่วงเริ่มต้นเพราะอาจทำให้เนื้อวัสดุเกิดความเสียหายได้ เช่น การอบมันสำปะหลังหั่นเต๋าถ้าอบโดยอุณหภูมิที่สูงในช่วงเริ่มต้นก็จะทำให้เกิดเจลขึ้นได้



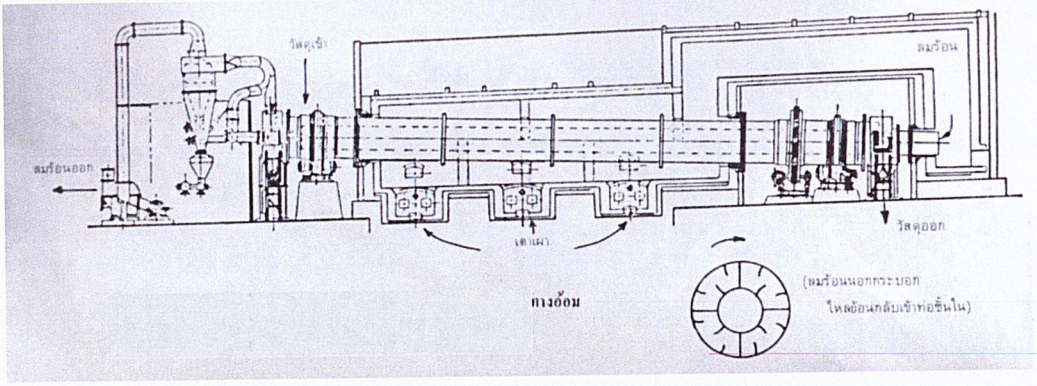
รูปที่ 2.5 เครื่องอบแห้งแบบหมุนชนิดรับความร้อนโดยตรง

2. เครื่องอบแห้งแบบหมุนชนิดรับความร้อนโดยทางอ้อม

เครื่องอบแห้งชนิดนี้ด้านนอกของกระบอกจะถูกสร้างเป็นเตาเผาเพื่อให้ความร้อนกับผนังเครื่องอบแห้ง วัสดุจะรับความร้อนจากผนังทรงกระบอกโดยการนำความร้อน และการแผ่รังสี เพื่อที่วัสดุจะได้คายความร้อนและระเหยน้ำออกมา ลักษณะเด่นในการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบหมุนชนิดรับความร้อนทางอ้อมคือ

2.1 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนมีค่าสูง เนื่องจากว่าอากาศที่จะต้องเป็นตัวพาความชื้นออกไปนั้นมีปริมาณที่น้อย

2.2 การเก็บสารละลายที่มากับอากาศหลังการระเหยของวัสดุทำได้ง่าย เนื่องจากอากาศที่ทางออกนั้นมีความชื้นสูง อีกทั้งปริมาณฝุ่นที่มากับอากาศทิ้งยังมีค่าน้อยอีกด้วย



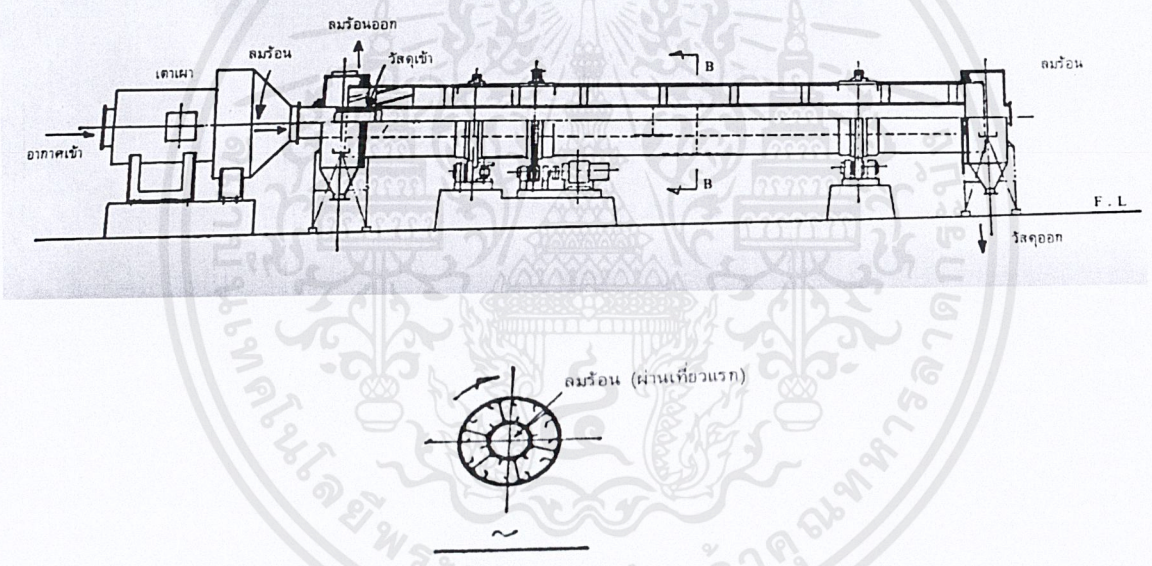
รูปที่ 2.6 เครื่องอบแห้งแบบหมุนชนิดรับความร้อนโดยทางอ้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนชนิดรับความร้อนทั้งโดยตรงและโดยทางอ้อม

เครื่องอบแห้งประเภทนี้เป็นการผสมระหว่างเครื่องอบแห้งแบบหมุนชนิดได้รับความร้อนโดยตรงกับเครื่องอบแห้งแบบหมุนชนิดได้รับความร้อนโดยทางอ้อมโดยจะมีลักษณะการทำงานคือ มีท่อทรงกระบอก 2 ชั้น มีการให้กระแสลมร้อนที่ท่อชั้นใน เมื่อไหลไปสุดปลายท่ออีกฝั่งหนึ่งจะเปลี่ยนทิศทางลมแล้วไหลกลับมาทางช่องว่างระหว่างวงแหวนของงท่อด้านนอกและด้านใน เพื่อไหลออกทางปลายซึ่งเป็นทางเข้าของวัสดุ วัสดุจะถูกป้อนเข้าทางเดียวกับทางที่กระแสลมร้อนถูกปล่อยออก โดยลมร้อนที่สัมผัสกับวัสดุจะไหลแบบสวนทางกับทิศทางการไหลของวัสดุ

เครื่องอบแห้งประเภทนี้นอกจากวัสดุจะได้รับความร้อนโดยตรงกับการสัมผัสกระแสลมร้อนแล้วยังได้รับความร้อนจากการสัมผัสผนังของท่อทรงกระบอกโดยการนำความร้อนอีกด้วย ลักษณะการทำงานเช่นนี้ ทำให้สามารถใช้อุณหภูมิลมร้อนที่สูงมาก ๆได้ เพราะอากาศร้อนจะถ่ายเทความร้อนบางส่วนไปที่ผนังทรงกระบอกทำให้อุณหภูมิลดลง ก่อนที่จะไปสัมผัสกับวัสดุโดยตรง



รูปที่ 2.7 เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนชนิดรับความร้อนทั้งโดยตรงและโดยทางอ้อม

2.3.2 โครงสร้างของเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุน

1. โครงสร้างหลัก (main body)

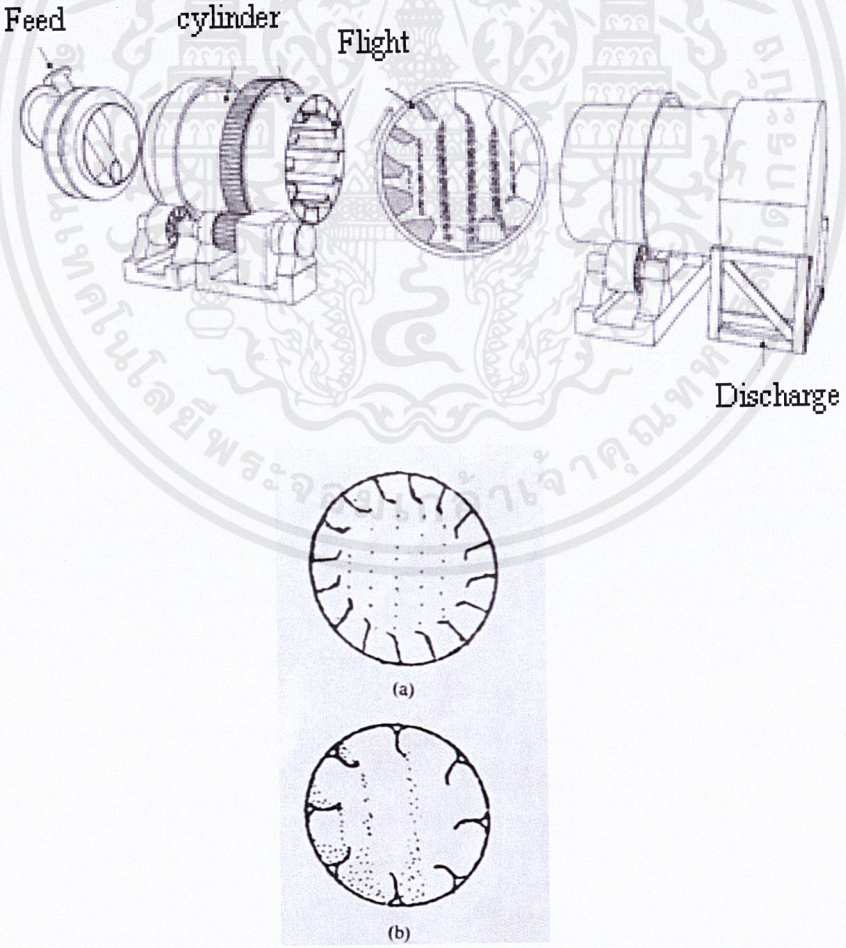
โครงสร้างหลักท่อทรงกระบอกวางนอนเอียงทำมุมกับแนวระดับเล็กน้อย มักสร้างขึ้นมาจากแผ่นเหล็ก เหล็กไร้สนิม (stainless steel) และเหล็กหล่อ ในบางกรณีที่ต้องใช้อุณหภูมิสูงมาก ๆในการอบจะมีการบุผนังด้านในด้วยปลอกทนความร้อน ขนาดของท่อทรงกระบอกจะมีความยาวตั้งแต่ 2 เมตร ถึง 50 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เมตร ถึง 3 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.8 main body Rotary dryer

2. ครีบ (ใช้กับเครื่องอบแห้งแบบหมุนชนิดรับความร้อนโดยตรง)

ครีบเป็นตัวช่วยที่ทำให้วัสดุสัมผัสกับอากาศร้อนได้มากขึ้นและช่วยกระจายวัสดุให้ทั่วทรงกระบอก โดยครีบ จะติดอยู่ที่ผนังด้านในของท่อทรงกระบอก เมื่อท่ออบหมุนมันจะตักวัสดุขึ้น และโปรยลงมาทำให้วัสดุสัมผัสกับอากาศร้อนได้ดียิ่งขึ้น และเกิดการคายความชื้นได้มากขึ้น



รูปที่ 2.9 ครีบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ลูกกลิ้ง

เป็นส่วนรองรับการหมุนของเครื่องอบ วัสดุที่ใช้อาจเป็นเหล็กหล่อ หรือเหล็กกล้าหล่อ การเลือกชนิดของลูกปืน (bearings) ต้องคำนึงถึงตำแหน่งที่ตั้ง และน้ำหนักที่รองรับ

รูปที่ 2.10 ลูกกลิ้ง

4. Driving gears

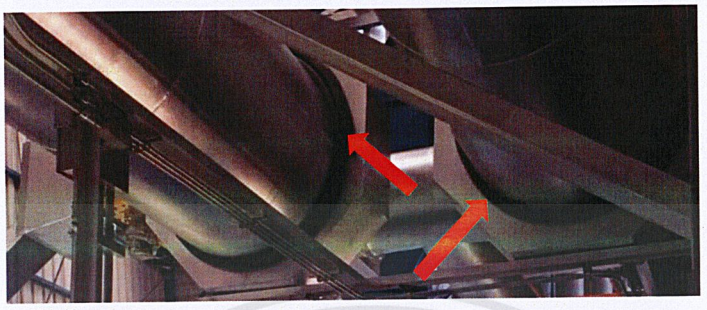
เป็นตัวส่งกำลังทำให้ท่ออบหมุน ถ้าต้องการกำลังที่ใช้ขับเคลื่อนไม่มากจะใช้การขับเคลื่อนโดยใช้โซ่และมอเตอร์ขับ แต่สำหรับเครื่องอบขนาดใหญ่ จะใช้ Driving gears เป็นตัวขับเคลื่อน เนื่องจากชุดของมอเตอร์ เฟืองทด และเกียร์เปลี่ยนความเร็ว ที่กะทัดรัดและหาได้ง่าย

รูปที่ 2.11 Driving gears

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Air seals

เป็นส่วนช่วยป้องกันการรั่วไหลของลมร้อนที่ใช้ในการอบ ส่วนใหญ่จะใช้วัสดุที่มีความยืดหยุ่น ซึ่งจะ seal ในตำแหน่งที่ท่ออบที่หมุน พบกับส่วนที่อยู่นิ่ง



รูปที่ 2.12 Air seals

2.3.3 ข้อดีและข้อเสียของเครื่องอบแห้งแบบหมุน

ข้อดี

1. การขยายขนาดจากห้องทดลองหรือจากข้อมูลทำได้ง่ายและเป็นเครื่องอบแห้งที่เกิดการชำรุดได้ยาก
2. สามารถลดความชื้นของวัสดุได้ตามต้องการ เพราะสามารถปรับความเร็วรอบและอุณหภูมิที่ใช้ในการอบได้
3. ราคาต้นทุนไม่สูงมากนัก
4. สามารถควบคุมอุณหภูมิในการอบแห้งได้ใกล้เคียงกับที่ต้องการแต่จะควบคุมได้ไม่ดีเท่ากับเครื่องอบแห้งแบบ Fluidized bed
5. สามารถใช้ได้ทั้งอบแห้ง และเผาในเครื่องเดียวกัน
6. สามารถเลือกระบบการไหลของอากาศได้ทั้งแบบไหลตาม หรือแบบไหลสวนทาง ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ

ข้อเสีย

1. การป้องกันไม่ให้อากาศร้อนรั่วเป็นไปได้ยากเนื่องจากเป็นท่อขนาดใหญ่และยาว
2. ต้องใช้พื้นที่ในการติดตั้งมาก
3. ในการอบแห้งจะเกิดฝุ่นและถูกพัดพาออกมากับอากาศ ซึ่งต้องเสียค่าใช้จ่ายในการกำจัดฝุ่นเพิ่มขึ้น
4. เครื่องอบแห้งแบบหมุนมีน้ำหนักมาก
5. การติดตั้งทำได้ลำบาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 ข้อควรระวังในการใช้งานเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุน

ควรหมั่นตรวจสภาพของเครื่องอยู่เป็นประจำ สิ่งสำคัญจะต้องดูในส่วนของการหล่อลื่น ไม่อย่างนั้นจะเกิดการสึกหรอได้ง่าย เช่น การเติมน้ำมันหล่อลื่นที่ลูกกลิ้ง การอัดจารบีที่ลูกปืน(bearing) จะต้องคอยสังเกตว่ามีส่วนใดสึกหรอหรือไม่ มีการสั่นสะเทือนและมีเสียงที่ผิดปกติไหม หากพบสิ่งใดผิดปกติควรเร่งแก้ไขโดยด่วน

<u>สิ่งที่ควรตรวจสอบเป็นประจำ</u>

1. ตรวจสอบสภาพ Air seals
2. การผุพังหรือเกิดสนิมของเครื่องอบ
3. การเกาะติดของวัสดุภายในเครื่องอบ
4. การอุดตันของทางเข้าและทางออกของวัสดุ
5. การอุดตันของท่อลมที่เกิดจากฝุ่น
6. การทำงานของเตาเผา
7. สภาพของเครื่องเป่าลม(blower)

2.4 ตัวอย่างพันธุ์มันสำปะหลังในประเทศไทย

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจ ที่สามารถปลูกได้ในเขตพื้นที่ร้อนและแห้งแล้ง เนื่องจากมันสำปะหลังไม่ต้องการน้ำมาก มันสำปะหลังสามารถใช้ประโยชน์ได้ทุกส่วนตั้งแต่ยอดไปจนถึงราก โดยสามารถนำมาทำเป็นอาหารคน อาหารสัตว์ และยังเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในงานอุตสาหกรรมอีกด้วย

การขยายพันธุ์มันสำปะหลังจะใช้วีการปักชำโดยการใช้ท่อนพันธุ์ปักลงไปในดิน มากกว่าการเพาะเมล็ด เนื่องจากมันสำปะหลังไม่ค่อยติดเมล็ดและเก็บเมล็ดยาก เพราะฝักที่แก่แล้วจะแตกทำให้เมล็ดร่วงลงดิน อีกทั้งเมล็ดมันสำปะหลังมีเวลาการเพาะตัวที่นาน จึงทำให้เสียเวลาในการเพาะพันธุ์มากกว่าการปักชำ

ในส่วนของรากจะแบ่งรากออกเป็น 2 ชนิด คือรากจริงที่มีลักษณะเป็นแบบรากฝอย และรากสะสมอาหารที่เรียกว่า หัวมันสำปะหลัง ซึ่งมีองค์ประกอบของแป้ง มีกรดไฮโดรไซยานิก ที่มีพิษต่อมนุษย์ กรดไฮโดรไซยานิกมักจะอยู่ที่เปลือกมากว่าส่วนแกนกลางของหัวมันสำปะหลัง

หัวมันสำปะหลังมีองค์ประกอบทั้งหมด 3 ส่วนด้วยกัน ดังนี้

1. เปลือกชั้นนอก มีลักษณะเป็นสีน้ำตาลอ่อนถึงแก่ ซึ่งเป็นชั้นเซลล์ผิวชั้นนอกและชั้นคอร์ก
2. เปลือกชั้นใน มีสีขาวและมีความหนาอยู่ที่ 0.1-0.3 เซนติเมตร เป็นส่วนของคอร์เทกซ์และกลุ่มโฟลเอ็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ส่วนแกนกลาง ส่วนนี้เป็นส่วนที่เก็บสะสมแป้งโดยจะมีปริมารแป้งอยู่ที่ 15 - 40% มีลักษณะเป็นสีขาว หรือสีเหลือง ประกอบด้วยเซลล์พาเรนไคมา กลุ่มท่อน้ำ และท่อน้ำยาง

2.4.1 พันธุ์มันสำปะหลังในประเทศไทย[5]

1) **ระยอง 5** เหมาะกับการปลูกทุกพื้นที่ ยอดอ่อนของต้นมันสำปะหลังจะมีลักษณะเป็นสีม่วงอมน้ำตาล ก้านใบมีสีแดงเข้ม มีการแตกกิ่งมากทั่วลำต้น พันธุ์นี้เกิดโรคใบไหม้ได้ง่ายกว่าพันธุ์อื่น ๆ
2) **ระยอง 7** เหมาะกับการปลูกในช่วงปลายฤดูฝน ช่วงเดือนกันยายนถึงเดือนตุลาคม ลำต้นมีลักษณะโค้งเล็กน้อยมีสีน้ำตาลอ่อน ไม่แตกกิ่ง สามารถฟื้นตัวหลังผ่านฤดูแล้งได้รวดเร็วกว่าพันธุ์อื่น ๆ
3) **ระยอง 9** เหมาะกับการปลูกปลายฤดูฝน เป็นพันธุ์ที่ทนแล้งมีอัตราการเกิดสูง แต่จะสะสมน้ำหนักช้า ต้องใช้เวลาในการปลูกมากกว่า 12 เดือน ลำต้นมีสีน้ำตาลอมเหลือง ไม่ค่อยแตกกิ่ง
4) **ระยอง 11** มีการสะสมน้ำหนักช้า ลำต้นมีการแตกกิ่งเล็กน้อย ยอดอ่อนมีสีน้ำตาลอมเขียว เปลือกหัวมีสีน้ำตาลและมีปริมาณแป้งสูง
5) **ระยอง 60** เหมาะกับการปลูกในพื้นที่ภาคตะวันออก มีการสะสมน้ำหนักเร็ว สามารถเก็บเกี่ยวได้ก่อนอายุครบ 12 เดือน แต่ไม่ควรเก็บเกี่ยวในฤดูฝนเนื่องจากจะให้ปริมาณแป้งในหัวมันสำปะหลังต่ำ
6) **ระยอง 72** เหมาะกับการปลูกทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออก พันธุ์นี้ก้านใบจะมีสีเข้ม ลำต้นมีสีเขียว แตกกิ่งบ้างเล็กน้อย การปลูกโดยใช้ท่อนพันธุ์จะมีโอกาสอยู่รอดถึงการเก็บเกี่ยวสูง แต่ไม่ควรเก็บเกี่ยวในฤดูฝนเพราะจะทำให้มีเปอร์เซ็นต์แป้งต่ำ
7) **ระยอง 90** เหมาะกับการปลูกในพื้นที่ภาคตะวันออก ลำต้นมีลักษณะโค้ง มีสีน้ำตาลอ่อน ไม่เหมาะกับพื้นที่ที่มีแมลงหวี่ขาวระบาด ต้นพันธุ์เสื่อมคุณภาพเร็วให้ผลผลิตต่ำ แต่สามารถเก็บเกี่ยวได้ในช่วงฤดูฝนและยังคงมีปริมาณแป้งในหัวมันสำปะหลังสูงอยู่
8) **เกษตรศาสตร์ 50** เหมาะกับการปลูกทุกพื้นที่ ยอดมีสีม่วงอ่อน ลำต้นโค้งงอเล็กน้อย เป็นพันธุ์ที่มีปริมาณแป้งสูง ท่อนพันธุ์งอกได้ดีและเก็บไว้ได้นาน
9) **ห้วยบง 60** สามารถเก็บเกี่ยวได้เมื่อมีอายุไม่น้อยว่า 10 เดือน ลำต้นมีสีเขียว มีการแตกกิ่งทั่วต้น ก้านใบสีเขียวอมม่วง และยอดมีสีม่วงอ่อน
10) **ห้วยบง 80** สามารถเก็บเกี่ยวได้เมื่ออายุไม่น้อยกว่า 10 เดือนลำต้นมีทรงสูง ยอดอ่อนจะมีสีเขียวอ่อนและแตกกิ่งน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 วิธีดำเนินงาน

3.1 ตัวอย่างมันสำปะหลังและการคัดเลือก

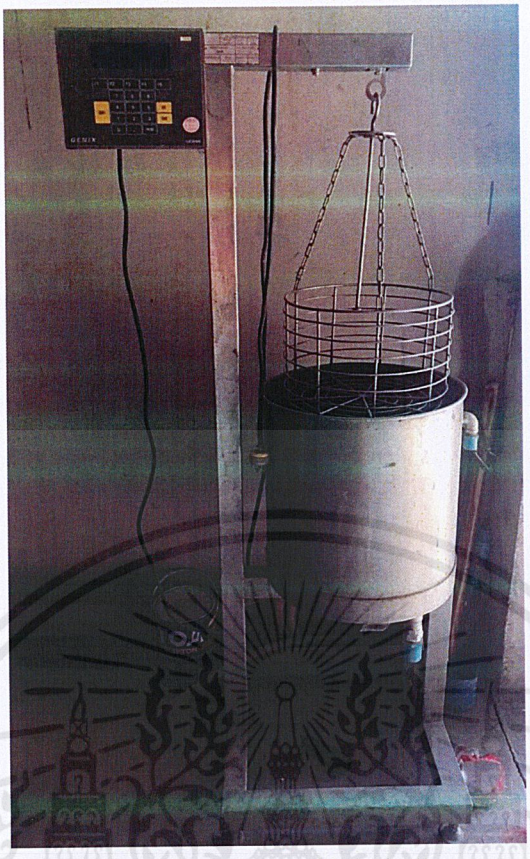
พันธุ์มันสำปะหลังที่เลือกใช้อบแห้งจะต้องคำนึงถึงปริมาณแป้งในหัวมันสำปะหลังเป็นหลังโดยจะต้องมีปริมาณแป้งที่สูง อยู่ที่ 25% ขึ้นไป พันธุ์ที่นำมาใช้อบแห้งมีพันธุ์ระยอง11 ระยอง60 ระยอง90 เกษตรศาสตร์50 และห้วยบง60

รูปที่ 3.1 หัวมันสำปะหลัง

การวัดเปอร์เซ็นต์แป้งจะวัดโดยเครื่องวัดเปอร์เซ็นต์แป้ง รุ่น GENIX GX3000_ECOF ผลิตโดยบริษัท จีเนียส ดีไซน์ แอนด์ เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด ประเทศไทย โดยเครื่องวัดเปอร์เซ็นต์แป้งหัวมันสด จะมีการชั่งน้ำหนักทั้งในอากาศและในน้ำ ที่ต้องชั่งน้ำหนักในน้ำเพราะว่าต้องการจะหาค่าความหนาแน่นของหัวมันสด ถ้าหัวมันสดมีค่าความหนาแน่นสูงก็จะได้ค่าน้ำหนักที่ชั่งในน้ำมาก และถ้าหัวมันสดมีค่าความหนาแน่นที่ต่ำก็จะมีค่าน้ำหนักที่ชั่งในน้ำน้อย จากนั้นนำค่าน้ำหนักที่ได้มาเปรียบเทียบเพื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์แป้ง และคำนวณราคาซื้อ ขายต่อไป ซึ่งคิดจากค่าความถ่วงจำเพาะ[6] มีสมการดังนี้

$$\text{ความถ่วงจำเพาะ} = \frac{\text{ความหนาแน่นของวัสดุ}}{\text{ความหนาแน่นของน้ำ}} \qquad \text{(สมการที่ 3.1)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 เครื่องวัดเปอร์เซ็นต์แป้งมันสะหลัง

3.2. กระบวนการอบแห้งมันสำปะหลังหั่นเต๋าของบริษัท สิงห์ยิ้มอุตสาหกรรมเกษตร จำกัด และแนวทางในการกำหนดกระบวนการอบแห้งมันเต๋าเพื่อแก้ไขปัญหาให้บริษัท

3.2.1 กระบวนการอบแห้งทั่วไปของบริษัท

บริษัท สิงห์ยิ้มอุตสาหกรรมเกษตร จำกัด มีการผลิตมันเต๋าอบแห้งออกจำหน่ายโดยมีกระบวนการในการผลิต ดังนี้

1. ล้างหัวมันสดด้วยเครื่องทำความสะอาดหัวมันสำปะหลัง ผลิตโดยบริษัท บีบีเอ็ม เมชชีนนารี่ จำกัด ประเทศไทย มีกำลังการผลิตอยู่ที่ 10 ตันต่อชั่วโมง โดยการทำงานจะเริ่มที่นำหัวมันสำปะหลังใส่ทางด้านเข้าของเครื่องทำความสะอาดหัวมันสำปะหลัง จากนั้นจะผ่านตะแกรงทรงกระบอกที่มีกลไกในการหมุนรอบตัวเองเพื่อนำเอาสิ่งปนเปื้อนออก เช่น ดินและเศษหิน จากนั้นจะผ่านการล้างด้วยน้ำที่จะฉีดเป็นละอองลงมาที่ตะแกรงทรงกระบอก และหัวมันสำปะหลังจะออกมาทางออกของตะแกรง โดยเครื่องล้างจะมีมุมเอียงเล็กน้อยกับแนวระดับเพื่อให้มันสำปะหลังสามารถเคลื่อนที่จากทางเข้ามาทางออกได้

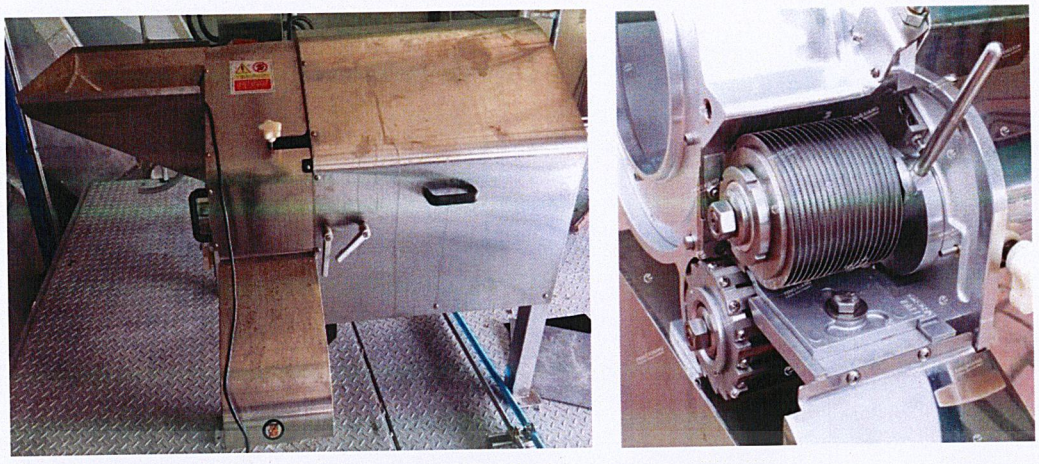
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.3 เครื่องทำความสะอาดหัวมันสำปะหลัง

รูปที่ 3.4 ตะแกรงเครื่องทำความสะอาดหัวมันสำปะหลัง

2. หั่นหัวมันสำปะหลังให้เป็นมันเต๋า โดยเครื่องหั่นเต๋ารุ่น CD 1500 ผลิตจากบริษัท Fengxiang Food Machinery ประเทศจีน มีกำลังการผลิต 2-3 ตันต่อชั่วโมง โดยการทำงานจะเริ่มจากนำหัวมันสำปะหลังที่ผ่านการล้างทำความสะอาดแล้วแล้วใส่เข้าไปในเครื่องโดยภายในเครื่องจะมีใบมีอยู่ทั้งหมด 3 ชุด ใบมีดชุดที่ 1 จะหั่นหัวมันสำปะหลังให้เป็นแผ่น ใบมีดชุดที่ 2 จะทำการหั่นแผ่นมันให้กลายเป็นเส้น และขั้นตอนสุดท้ายใบมีดชุดที่ 3 จะทำการหั่นมันสำปะหลังที่เป็นเส้นให้กลายเป็นมันเต๋า ทุก ๆขั้นตอนการหั่นสามารถกำหนดขนาดของมันเต๋าได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 เครื่องหั่นเต๋ารุ่น CD 1500

3. การเพิ่มอุณหภูมิเบื้องต้นในเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด 1 ผลิตโดยห้างหุ้นส่วนจำกัด เอคเซ็ลเล็นซ์ เทคโนโลยี ประเทศไทย มีกำลังการผลิตอยู่ที่ 6-7 ตันต่อชั่วโมง เมื่อหัวมันสำปะหลังผ่านการล้างทำความสะอาดและการหั่นจนเป็นมันเต๋าแล้ว จะเข้าสู่เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด 1 ภายในเครื่องจะมีตะแกรงที่มีลมร้อนเป่าผ่านตะแกรงในทิศทางตรงข้ามกับแรงโน้มถ่วงของโลกเพื่อให้มันเต๋าที่อยู่บนตะแกรงได้รับความร้อนโดยตรงเป็นการให้ความร้อนเบื่องต้นกับมันเต๋า และยังมีใบพาเป็นตัวช่วยให้มันเต๋าเคลื่อนที่ไปยังทางออกของเครื่องอบแห้ง

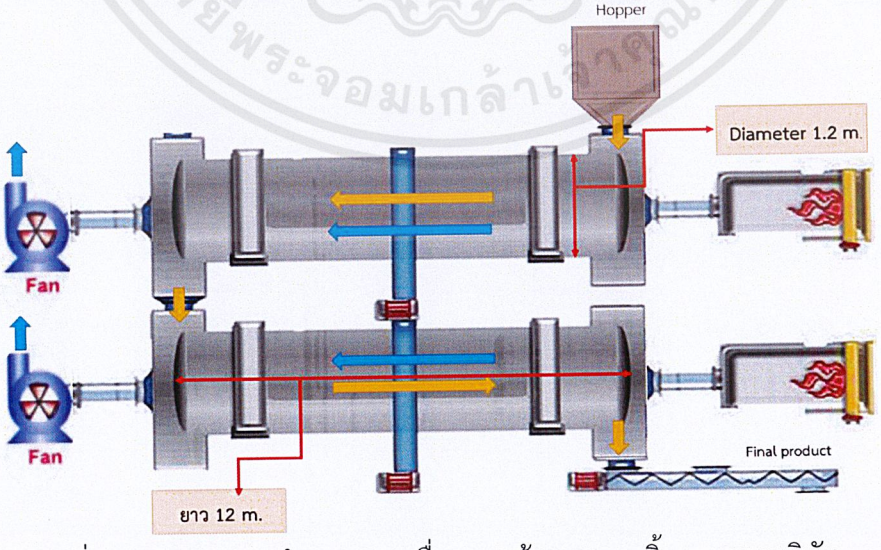
4. การอบแห้งระยะที่ 1 ในเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด 2 ผลิตโดยห้างหุ้นส่วนจำกัด เอคเซ็ลเล็นซ์ เทคโนโลยี ประเทศไทย มีกำลังการผลิตอยู่ที่ 6-7 ตันต่อชั่วโมง เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด 2 จะมีลักษณะเหมือนเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด 1 ทุกประการ เมื่อมันเต๋าผ่านการให้ความร้อนเบื้องต้นจากเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด 1 แล้วก็จะผ่านเข้ามาที่เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด 2 มันเต๋าจะเกิดการคายความชื้นไปกับกระแสลมร้อนที่ไหลผ่านมันเต๋า ออกไปยังช่องทางออกของเครื่องอบแห้ง

รูปที่ 3.6 เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การอบแห้งระยะที่ 2 ในเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุน ผลิตโดยห้างหุ้นส่วนจำกัด ดวงเดือนเทคโนโลยีการเกษตร ประเทศไทย มีกำลังการผลิตอยู่ที่ 6-7 ตันต่อชั่วโมง เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนเป็นเครื่องที่ใช้สำหรับอบแห้งมันสำปะหลังหั่นเต๋าระยะที่ 2 มีห้องอบ 2 ส่วนโดยแบ่งเป็นส่วนบนและส่วนล่าง มีความยาว 12 เมตร มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.2 เมตร ในแต่ละส่วน ห้องอบจะมีกลไกการหมุนรอบตัวเอง และวางทำมุมเอียงกับแนวระดับเล็กน้อย มันสำปะหลังหั่นเต๋าที่ผ่านการอบแห้งระยะที่ 1 จากเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดจะถูกป้อนเข้าสู่เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนทางด้านบนของเครื่องเข้าสู่ห้องอบส่วนบนโดยวัสดุและลมร้อนจะไหลในทิศทางแบบไหลตามกัน ภายในห้องอบจะมีครีบเพื่อตักและโปรยมันเต๋าให้สัมผัสกับลมร้อนได้ดียิ่งขึ้น จากนั้นมันเต๋าจะไหลออกไปยังห้องอบส่วนล่างโดยวัสดุและลมร้อนจะไหลในทิศทางตรงกันข้ามกัน ภายในห้องอบจะมีครีบเพื่อตักและโปรยมันเต๋าเช่นเดียวกับห้องอบส่วนบน

รูปที่ 3.7 เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุน



รูปที่ 3.8 รูปแบบการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนของบริษัท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.9 ครีบภายในถังอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุน

6. ลดอุณหภูมิของมันเต๋าหลังการอบแห้ง โดยเครื่อง LSU (Lousiana State University) ผลิตโดยห้างหุ้นส่วนจำกัด เอคเซ็ลเล็นซ์ เทคโนโลยี ประเทศไทย กำลังการผลิตของเครื่องอยู่ที่ 15-20 ตันต่อชั่วโมง มันเต๋าจะเข้ามาทางด้านบนของเครื่องและมีอากาศไหลเข้าทางด้านข้างของเครื่องผ่านมันเต๋าเพื่อลดอุณหภูมิและความชื้นที่คายออกมาจากมันเต๋า

รูปที่ 3.10 เครื่อง LSU (Lousiana State University)

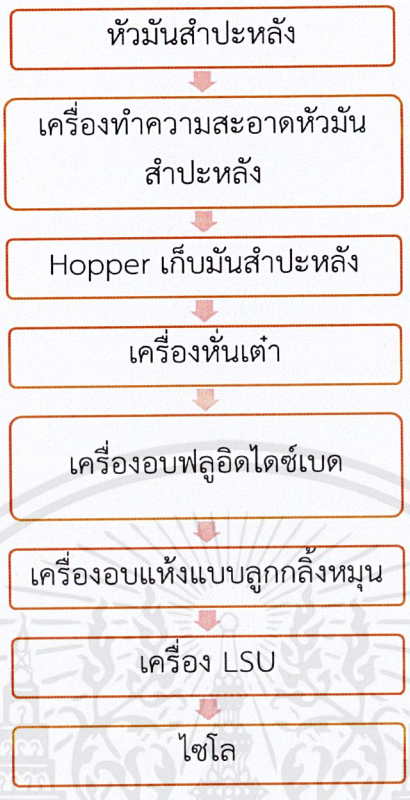
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. เก็บมันเต๋าอบแห้งไว้ในไซโลเพื่อรอจำหน่ายต่อไป โดยไซโลมีความจุ 20 ตัน

รูปที่ 3.11 ไซโล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการอบแห้งมันสำปะหลังหั่นเต๋า

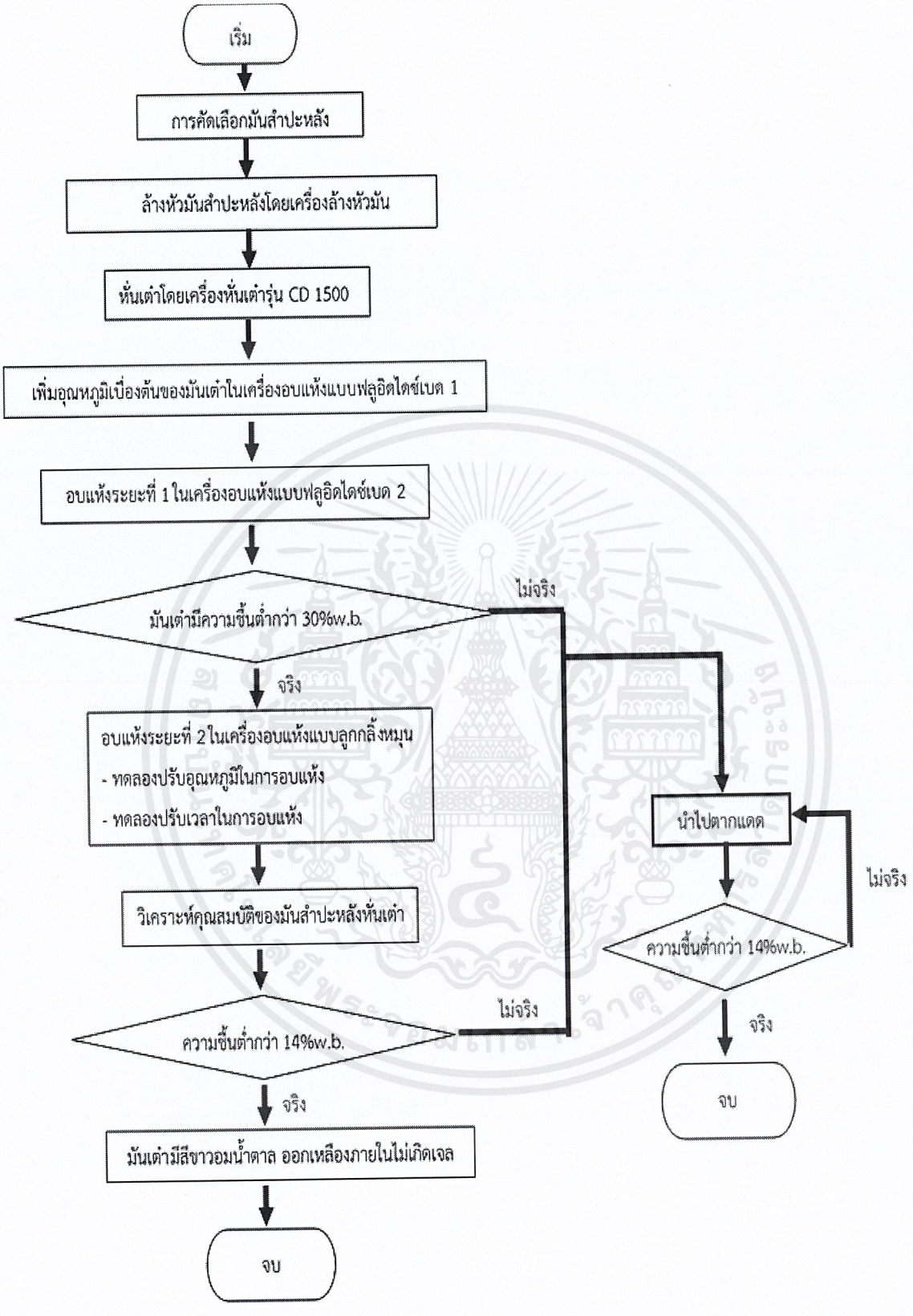


3.2.2 แนวทางในการกำหนดกระบวนการอบแห้งมันเต๋าเพื่อแก้ปัญหาให้บริษัท

ปัญหาที่พบในการอบแห้งมันเต๋ามีอยู่ 2 ประเด็น คือ มันเต๋าไม่สามารถอบให้แห้ง เนื่องมาจากอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบไม่เหมาะสม และมันเต๋าที่อบเกิดเจลเนื่องจากการเกิดกระบวนการเจลาติไนเซชั่นของแป้ง เป็นกระบวนการที่ทำให้เม็ดแป้งเกิดการพองตัว และเกิดความหนืดของน้ำที่สูงขึ้น ซึ่งเกิดจากการที่น้ำแป้งได้รับความร้อน(มันเต๋าประกอบด้วยแป้ง น้ำและสารอื่นๆ)จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภายในของเม็ดแป้ง เนื่องจากความร้อนที่ได้รับไปทำลายพันธะไฮโดรเจนภายในโมเลกุลของสตาร์ชในเม็ดแป้ง สายพอลิเมอร์ของอะไมโลสและอะไมโลเพกทินที่อัดแน่นอยู่ในเม็ดแป้งจะคลายตัวและรวมกับน้ำที่ล้อมรอบ จึงเกิดการพองตัวและมีความหนืดสูงขึ้น ทำให้ไม่สามารถอบมันเต๋าให้แห้งได้[6]

จึงได้กำหนดแนวทางในการอบแห้งมันสำปะหลังหั่นเต๋าเพื่อไม่ให้เกิดเจล และสามารถอบมันเต๋าให้แห้ง โดยจะต้องใช้ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ใช้ในการอบ เวลาที่ใช้ในการอบ และความชื้นที่ลดลง ช่วงแรกมันเต๋ามีความชื้นสูง จะต้องให้อุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิเจลาติไนเซชั่น(อุณหภูมิเจลาติไนเซชั่นของแป้งมันสำปะหลังอยู่ที่ 65-70 °C) อบแห้งมันเต๋าโดยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด ระยะที่ 2 อบแห้งมันเต๋าด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุน เนื่องจากขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนในการอบแห้งมันเต๋าขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการอบแห้งจึงควรใช้อุณหภูมิที่สูงในการอบแห้งเพื่อเร่งให้เกิดการคายความชื้นของมันเต๋าให้เร็วมากขึ้น ดังนั้นจึงต้องควบคุมความชื้นมันเต๋าขาเข้าให้มีความชื้นต่ำกว่า 30%w.b. จึงจะสามารถอบแห้งได้โดยไม่ทำให้เกิดเจล เพื่อที่สุดท้ายแล้วจะสามารถอบแห้งมันเต๋าให้ได้ความชื้น 14%w.b. ตามที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

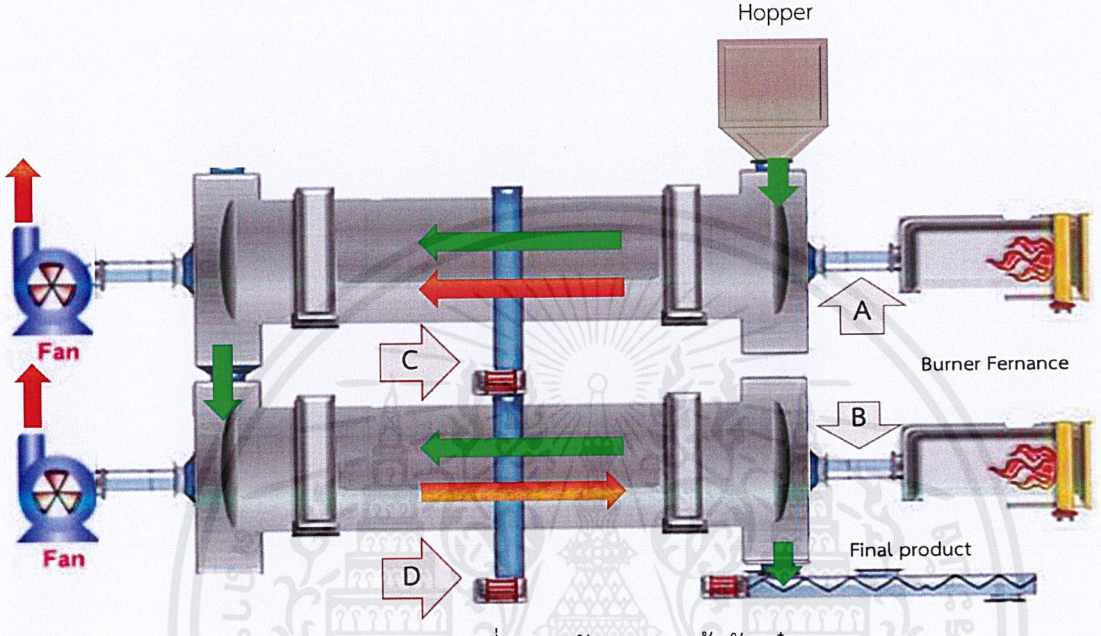


รูปที่ 3.12 แผนผังกระบวนการอบแห้งมันเต๋า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนผลิตโดยบริษัท ดวงเดือน จำกัด ประเทศไทย ซึ่งลักษณะของเครื่องประกอบด้วยถังอบแห้ง 2 ถังต่ออนุกรมกันอยู่ แต่ละถังมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 เมตร และความยาว 12 เมตร มีกำลังการผลิตอยู่ที่ 6-7 ตันต่อชั่วโมง แต่ละถังมีกลไกการหมุนรอบตัวเองโดยใช้มอเตอร์ขับขนาด 5.5 กิโลวัตต์ ความเร็วรอบมอเตอร์ 1450 รอบต่อนาที และความเร็วรอบถังอบ 8.2 รอบต่อนาที



รูปที่ 3.13 ผังการอบแห้งมันเต๋า

การทำงานของเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุน มันเต๋าจะเข้าทาง Hopper ของถังอบถังบนจากนั้นจะเคลื่อนตัวไปในทิศทางเดียวกันกับทิศทางการไหลของลมร้อน เมื่อมันเต๋าเคลื่อนที่ลงมาที่ถังอบถังล่างจะมีทิศทางในการไหลตรงกันข้างกับทิศทางการไหลของลมร้อน ถังอบแห้งทั้ง 2 ถังจะมีกลไกในการหมุนรอบตัวเองและภายในจะมีครีบเพื่อตักและโปรยมันเต๋าเพื่อให้มันเต๋าสัมผัสกับลมร้อนได้มากขึ้น เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนนี้สามารถปรับอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งได้ที่จุด A และจุด B อีกทั้งยังสามารถปรับเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง ได้ที่จุด C และจุด D การปรับเวลาที่ใช้ในการอบแห้งมันเต๋า ซึ่งหมายถึงเวลาที่วัสดุอยู่ในห้องอบของเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนทำได้โดยการปรับความเร็วรอบในการหมุนของถังหมุนซึ่งมีความสัมพันธ์กับเวลาในการอบแห้ง ดังตารางที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 การปรับความถี่ของกระแสไฟฟ้าที่มีผลต่อเวลาในการอบ

กระแสไฟ (Hz.)	ความเร็วรอบถังหมุน(rpm)	เวลา(นาที)
50	6.878	2
49	6.741	2.2
48	6.603	2.4
47	6.465	3
46	6.328	3.2
45	6.190	3.4
44	6.053	4
43	5.915	4.2
42	5.778	4.4
41	5.640	5
40	5.502	5.2
39	5.365	5.4
38	5.227	6
37	5.090	6.2
36	4.952	6.4
35	4.815	7
34	4.677	7.2
33	4.540	7.4
32	4.402	8
31	4.264	8.2
30	4.127	8.4
29	3.989	9
28	3.852	9.2
27	3.714	9.4
26	3.577	10
25	3.439	10.2
24	3.301	10.4
23	3.164	11
22	3.026	11.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 การปรับความถี่ของกระแสไฟฟ้าที่มีผลต่อเวลาในการอบ (ต่อ)

กระแสไฟ (Hz.)	ความเร็วรอบถังหมุน(rpm)	เวลา(นาที)
21	2.889	11.4
20	2.751	12
19	2.614	12.2
18	2.476	12.4
17	2.339	13
16	2.201	13.2
15	2.063	13.4
14	1.926	14
13	1.788	14.2
12	1.651	14.4
11	1.513	15
10	1.376	15.2
9	1.238	15.4
8	1.100	16
7	0.963	16.2
6	0.825	16.4
5	0.688	17
4	0.550	17.2
3	0.413	17.4
2	0.275	18
1	0.138	18.2
0	0.000	18.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.14 ชุดควบคุมอุณหภูมิเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุน

รูปที่ 3.15 ชุดควบคุมความเร็วรอบที่ใช้ในการอบของเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

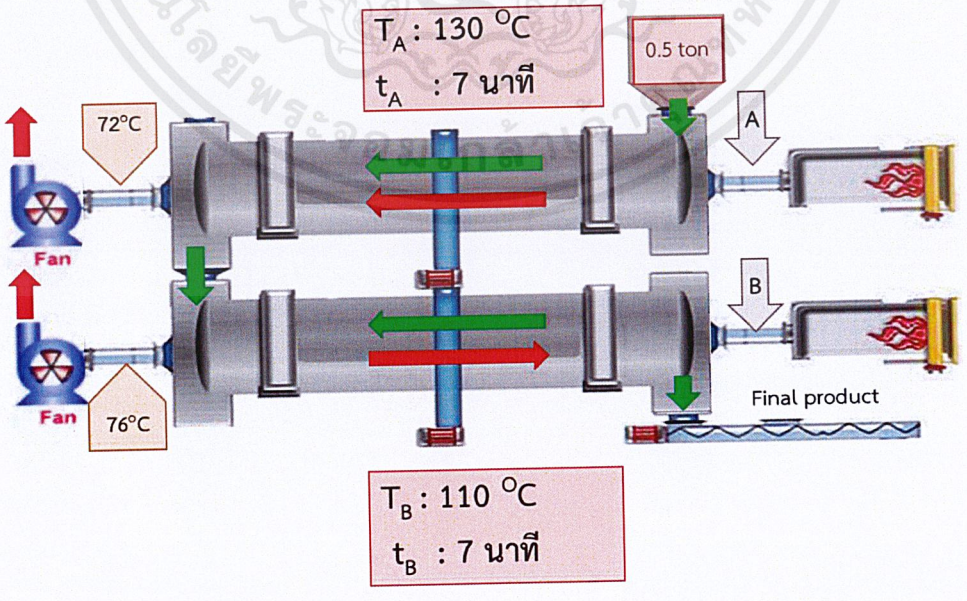
3.4 การทดลองการอบแห้งมันสำปะหลังหั่นเต๋าในเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุน

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งมันสำปะหลังหั่นเต๋าในระยะที่ 2 ด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุน โดยจากที่ได้อธิบายแนวทางการกำหนดกระบวนการอบแห้งมันสำปะหลังเพื่อแก้ปัญหาให้บริษัทจึงได้ดำเนินการทดลอง

โดยการปรับอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้งคือการปรับลดหรือเพิ่มความร้อนที่ทางเข้าห้องอบแห้ง สามารถปรับได้ที่จุด A และ B ดังรูปที่ 3.12 ในการทดลองจะต้องควบคุมอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบให้เหมาะสม เนื่องจากเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนจะต้องใช้อุณหภูมิที่สูงในการอบแห้ง ซึ่งอุณหภูมิที่ใช้สูงกว่าอุณหภูมิการเกิดเจลาติไนเซชั่นของแป้งมันสำปะหลัง (65 °C -70°C) โดยการทดลองในแต่ละครั้งการทดลอง มีการปรับค่าอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ และความชื้นของมันเต๋าอบแห้งจากการทดลองที่ผ่านมา เพื่อหาค่าอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งมันเต๋าให้ได้ความชื้น 14%w.b.

3.4.1 การทดลองที่ 1 : อบแห้งตามสภาพเดิมของบริษัท

- มันเต๋าขาเข้ามีความชื้นมากกว่า 30%w.b.
- อัตราการป้อนมันเต๋า : 0.5 ton
- อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง T_A : 130°C T_B : 110°C
- เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง 14 นาที
- สุ่มตัวอย่างทุก ๆ 30 นาทีเป็นจำนวน 3 ซ้ำจากนั้นนำตัวอย่างมาแบ่งเป็น 10 ตัวอย่างเพื่อหาค่าความชื้นเฉลี่ยของมันเต๋าที่ห้องปฏิบัติการ

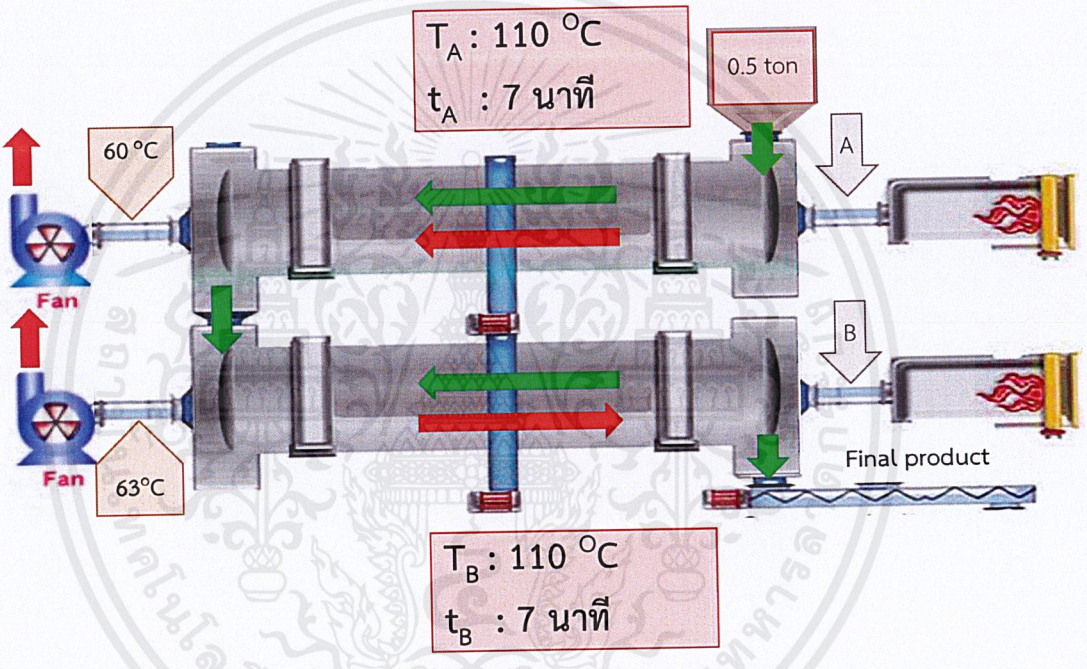


รูปที่ 3.16 สภาวะการอบแห้งและความชื้นของมันเต๋าจากการทดลองการอบแห้งเบื้องต้น (ครั้งที่ 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 การทดลองที่ 2 : ความชื้นมันเต๋าขาเข้าสูงกว่า 30%w.b. ลดอุณหภูมิในการอบแห้ง

- มันเต๋าขาเข้ามีความชื้นมากกว่า 30%w.b.
- อัตราการป้อนมันเต๋า : 0.5 ton
- อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง T_A : 110°C T_B : 110°C
- เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง 14 นาที
- สุ่มตัวอย่างทุก ๆ 30 นาทีเป็นจำนวน 3 ซ้ำจากนั้นนำตัวอย่างมาแบ่งเป็น 10 ตัวอย่างเพื่อหาค่าความชื้นเฉลี่ยของมันเต๋าที่ห้องปฏิบัติการ

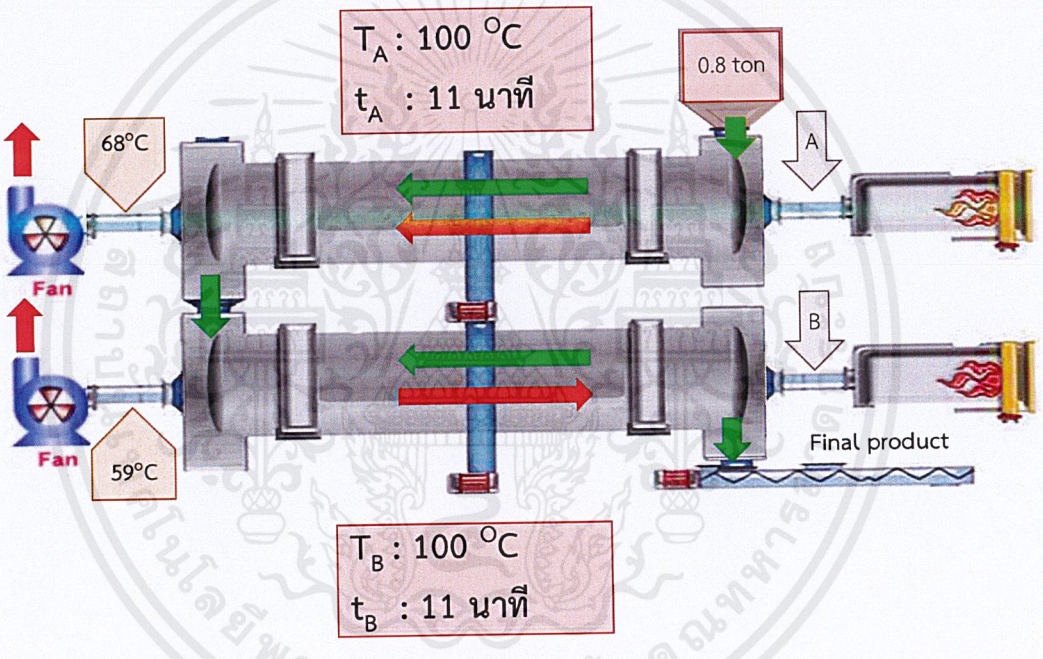


รูปที่ 3.17 สภาวะการอบแห้งและความชื้นของมันเต๋าจากการทดลองที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 การทดลองที่ 3 : ความชื้นมันเต๋าขาเข้ามากกว่า 30%w.b. ลดอุณหภูมิและเพิ่มเวลาในการอบแห้ง

- มันเต๋าขาเข้ามีความชื้นมากกว่า 30%w.b.
- อัตราการป้อนมันเต๋า : 0.8 ton
- อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง T_A : 100°C T_B : 100°C
- เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง 22 นาที
- สุ่มตัวอย่างทุก ๆ 30 นาทีเป็นจำนวน 3 ซ้ำจากนั้นนำตัวอย่างมาแบ่งเป็น 10 ตัวอย่างเพื่อหาค่าความชื้นเฉลี่ยของมันเต๋าที่ห้องปฏิบัติการ

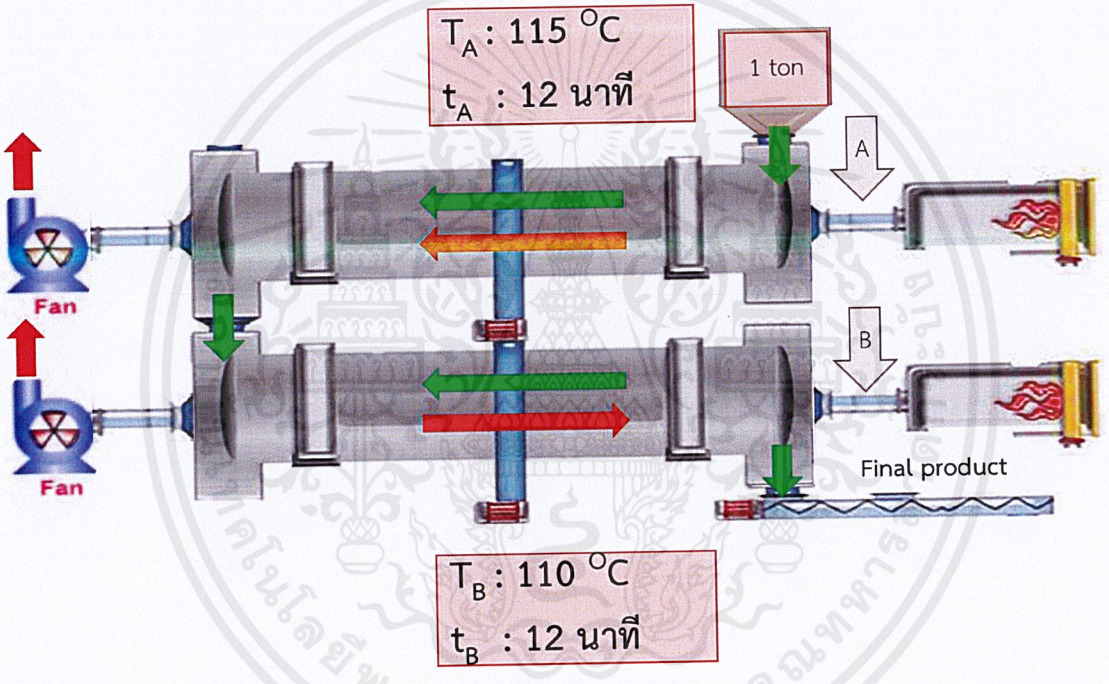


รูปที่ 3.18 สภาวะการอบแห้งและความชื้นของมันเต๋าจากการทดลองที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4 การทดลองที่ 4 : มันเต๋าขาเข้ามีความชื้นมากกว่า 30%w.b. เพิ่มอุณหูมิและเพิ่มเวลา

- มันเต๋าขาเข้ามีความชื้นมากกว่า 30%w.b.
- อัตราการป้อนมันเต๋า : 1 ton
- อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง T_A : 115°C T_B : 110°C
- เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง 24 นาที
- สุ่มตัวอย่างทุก ๆ 30 นาทีเป็นจำนวน 3 ซ้ำจากนั้นนำตัวอย่างมาแบ่งเป็น 10 ตัวอย่างเพื่อหาค่าความชื้นเฉลี่ยของมันเต๋าที่ห้องปฏิบัติการ

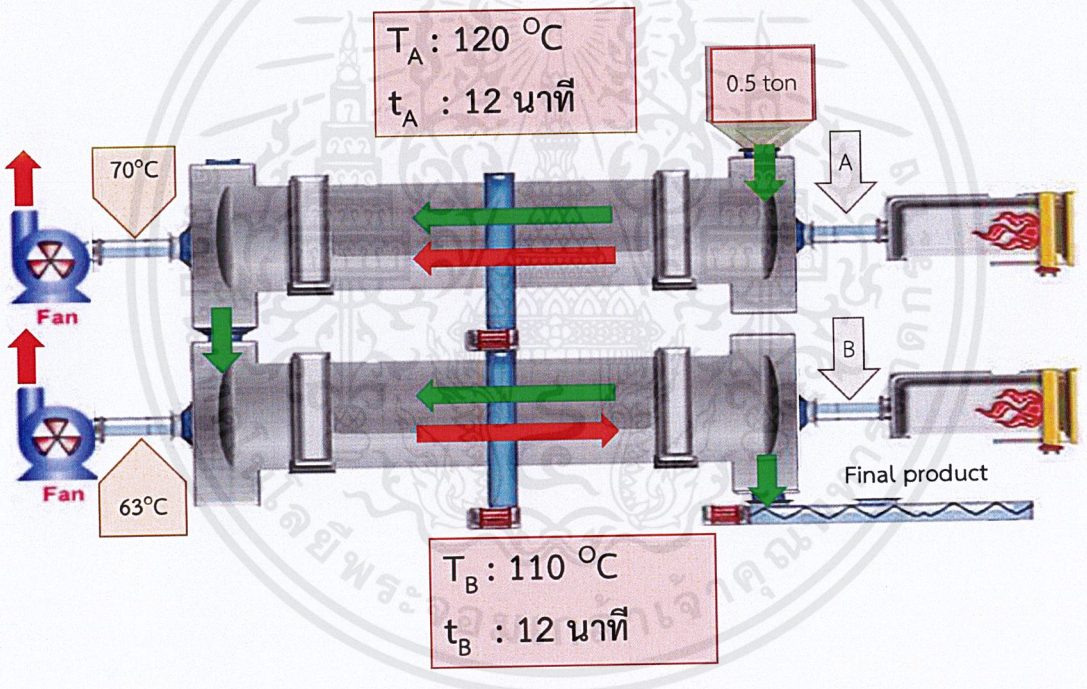


รูปที่ 3.19 สภาวะการอบแห้งและความชื้นของมันเต๋าจากการทดลองที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.5 การทดลองที่ 5 : มันเต๋าขาเข้ามีความชื้นต่ำกว่า 30%w.b. เพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้ง

- มันเต๋าขาเข้ามีความชื้นต่ำกว่า 30%w.b.
- อัตราการป้อนมันเต๋า : 0.5 ton
- อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง T_A : 120°C T_B : 110°C
- เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง 24 นาที
- สุ่มตัวอย่างทุก ๆ 30 นาทีเป็นจำนวน 3 ซ้ำจากนั้นนำตัวอย่างมาแบ่งเป็น 10 ตัวอย่างเพื่อหาค่าความชื้นเฉลี่ยของมันเต๋าที่ห้องปฏิบัติการ

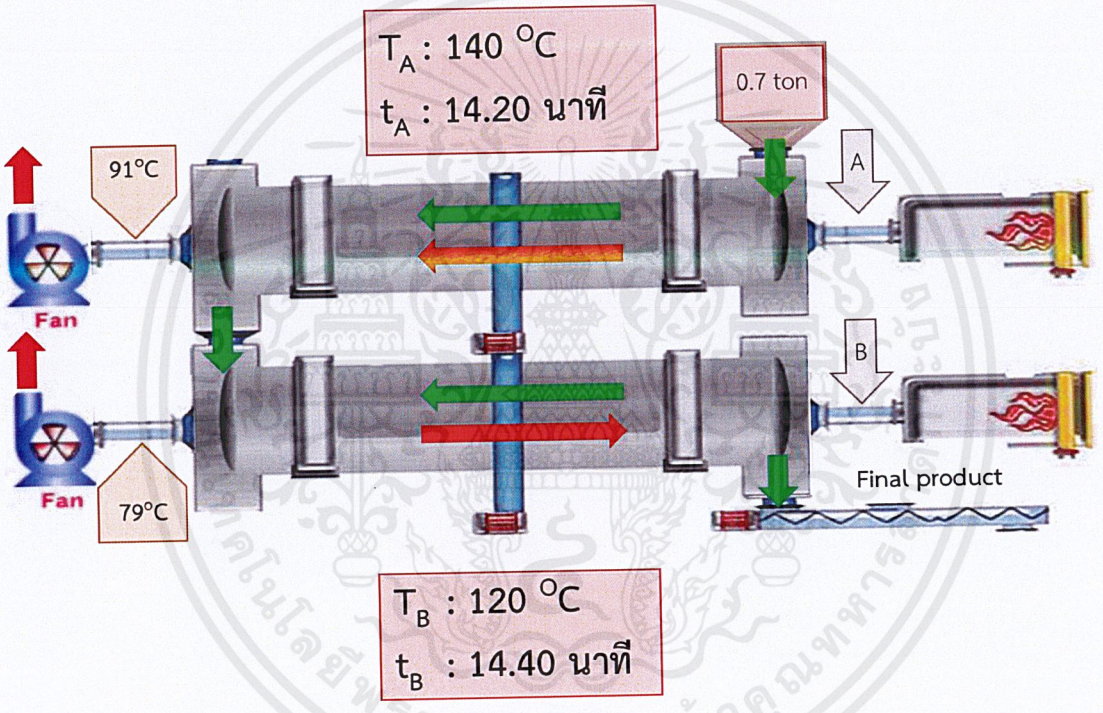


รูปที่ 3.20 สภาวะการอบแห้งและความชื้นของมันเต๋าจากการทดลองที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.6 การทดลองที่ 6 : มันเต๋าขาเข้ามีความชื้นต่ำกว่า 30%w.b. เพิ่มอุณหภูมิและเพิ่มเวลาในการอบแห้ง

- มันเต๋าขาเข้ามีความชื้นมากกว่า 30%w.b.
- อัตราการป้อนมันเต๋า : 0.7 ton
- อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง T_A : 140°C T_B : 120°C
- เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง 29 นาที
- สุ่มตัวอย่างทุก ๆ 30 นาทีเป็นจำนวน 3 ซ้ำจากนั้นนำตัวอย่างมาแบ่งเป็น 10 ตัวอย่างเพื่อหาค่าความชื้นเฉลี่ยของมันเต๋าที่ห้องปฏิบัติการ



รูปที่ 3.21 สภาวะการอบแห้งและความชื้นของมันเต๋าจากการทดลองที่ 6

3.5 การวิเคราะห์คุณสมบัติของมันสำปะหลังหั่นเต๋า

3.5.1 ความชื้น

จากการทดลองอบมันเต๋าที่บริษัทแต่ละครั้งได้สุ่มเก็บตัวอย่างในการทดลองอบ โดยจะสุ่มหยิบมา 3 ครั้ง และนำมาผสมกัน จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้มาทำการอบที่ห้องปฏิบัติการ ณ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อหาค่าความชื้น โดยการอบนั้นจะแบ่งตัวอย่างมันออกเป็น 10 ตัวอย่างและนำค่าที่ได้มาเฉลี่ย เพื่อมาทำการวิเคราะห์ในการปรับอุณหภูมิและเวลาในครั้งต่อ ๆไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.22 ตัวอย่างมันเต๋าที่ผ่านการอบ

มันเต๋าที่ผ่านกระบวนการอบแห้งแล้ว มีการสุ่มเก็บตัวอย่างมาหาค่าความชื้นด้วยเครื่องวัดความชื้นแป้งมัน ผงแป้ง รุ่น GMK-308 ผลิตโดยบริษัท เบ็ลท แอนด์ แบริ่งส์ จำกัด ประเทศไทย เป็นการวัดค่าความชื้นฐานเปียก

ข้อมูลจำเพาะทางเทคนิคของเครื่องวัด ความชื้นแป้ง รุ่น GMK-308	
การทำงาน	ระบบการต้านทานกระแสไฟฟ้า(Electric Resistance)
โปรแกรมตรวจค่าความชื้น	แป้ง (Flour)
การแสดงข้อมูล	รายงานผลเป็นเลขดิจิตอลบนจอLCD black light
ช่วงความชื้น:	8.5 ~ 23.5%
ค่าความแม่นยำ(S.E.C)	ผิดพลาดไม่เกิน 0.5%
ฟังก์ชั่นพิเศษ	- Thermister ปรับชดเชยอุณหภูมิอัตโนมัติ 0-40°C - สามารถเฉลี่ยค่าผลการวัดได้หลายละครั้ง
พลังงาน:	ถ่านแบตเตอรี่1.5โวลต์(AA) 4ก้อน
ขนาดเครื่อง(กว้างxลึกxสูง)	164 x 94 x 60 มม.
น้ำหนักตัวเครื่อง(สุทธิ)	400 กรัม
อุปกรณ์ครบชุด	กระปุกใส่ตัวอย่าง(1ชุด) แปรงทำความสะอาด(1ชุด) ช้อนตวง(1ชุด) ถ่านAA(4ก้อน) หนังสือคู่มือและกระเป๋าใส่เครื่อง(1ชุด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.23 เครื่องวัดความชื้นแป้ง รุ่น GMK-308

3.5.2 สีและลักษณะของมันเต๋า

สีของมันเต๋าที่ผ่านกระบวนการอบแห้งเรียบร้อยแล้ว จะต้องมีสีน้ำตาลอ่อนค่อนไปทางเหลือง ผิวเนียน เป็นทรงเต๋า อาจมีเปลือกติดเล็กน้อย ภายในเนื้อมันเต๋าจะต้องไม่เกิดเจลาติไนซ์ขึ้น ต้องมีสภาพเป็นผงแป้งเมื่อถูกบด เนื้อแป้งเนียนละเอียด

รูปที่ 3.24 มันเต๋าอบแห้ง

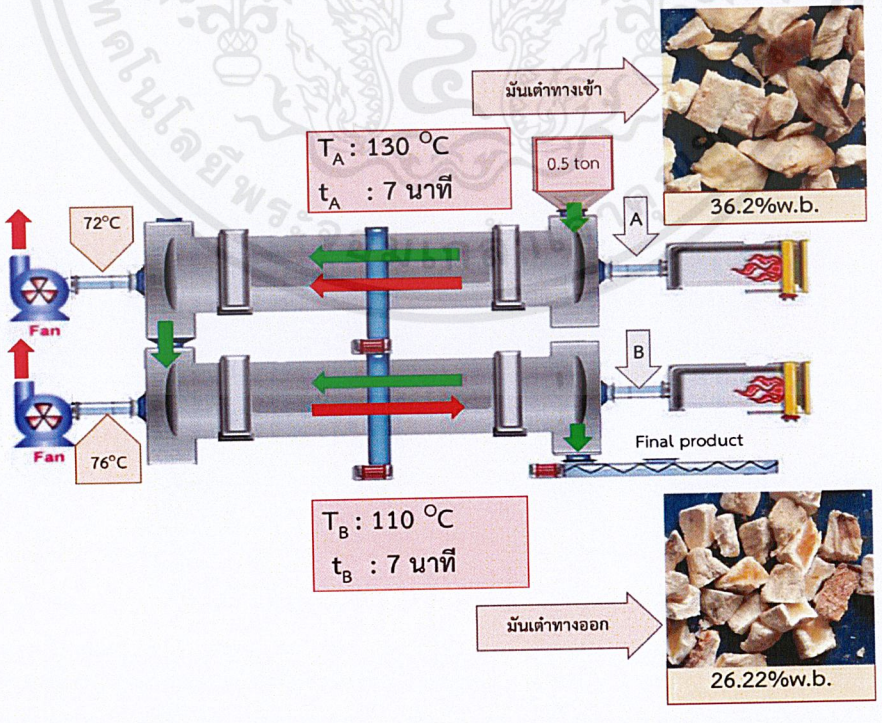
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน

เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนสามารถปรับเวลาและอุณหภูมิในการอบได้ เนื่องด้วยเครื่องวัดความชื้นแป้ง ที่ใช้ในการวัดสามารถอ่านค่าความชื้นสูงสุดได้เพียง 23.5%w.b. แต่มันเต๋าที่ทางเข้าของเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้นหมุนมีความชื้นมากกว่า 23.5%w.b. ในการปรับอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งมันเต๋าจึงต้องอาศัยการสังเกตลักษณะทางกายภาพก่อนการอบแห้งโดยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุน โดยในการสังเกตจะต้องมีการเก็บรวบรวมข้อมูลความชื้นและลักษณะของมันเต๋า เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ค่าอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้งมันเต๋า

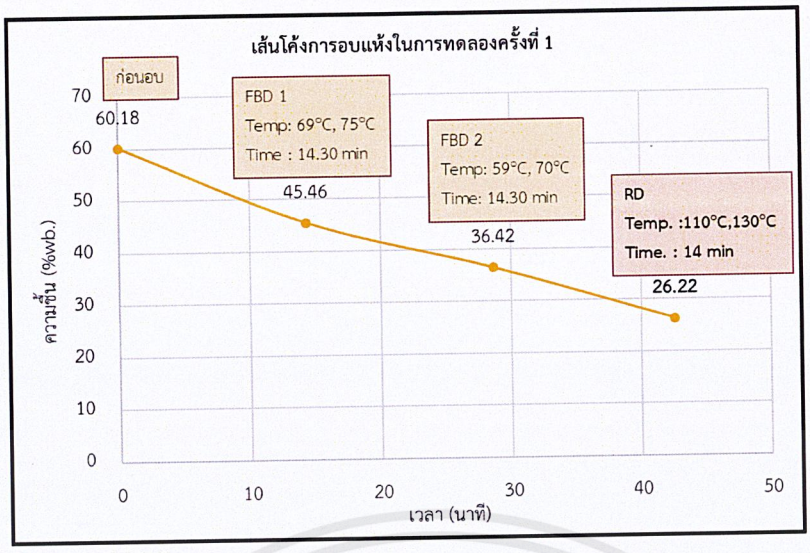
4.1 การทดลองสภาพการอบแห้งเริ่มต้นตามบริษัท

มันเต๋าขาเข้ามีความชื้น 36.2%w.b. ที่ผิวนอกยังมีน้ำอยู่มาก เมื่อทดลองบีบมันเต๋าจะพบว่ามีน้ำออกมาเนื่องจากมันเต๋าที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิดไดซ์เบดยังมีความชื้นที่สูงอยู่ เมื่อเข้าสู่การอบแห้งโดยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนโดยควบคุมอุณหภูมิที่จุด A อยู่ที่ 130°C ในห้องอบแห้งห้องบนและจุด B อยู่ที่ 110°C ในห้องอบแห้งห้องล่าง ดังรูปที่ 4.1 หลังจากผ่านการอบแห้งโดยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนมันเต๋าเกิดเจลขึ้นภายในเนื้อมันลักษณะเจลเป็นสีเหลืองเข้มอมส้ม เจลมีความแข็งเล็กน้อย ผิวนอกสีขาวมีลักษณะแห้งและแข็งตัว เนื่องมันเต๋าทางเข้ามีความชื้นเกิน 30%w.b. เมื่อใช้อุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิเจลลาติไนเซชั่น(60°C - 70°C) จึงส่งผลให้มันเต๋าที่ผ่านกระบวนการอบแห้งโดยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนเกิดเจลขึ้นได้

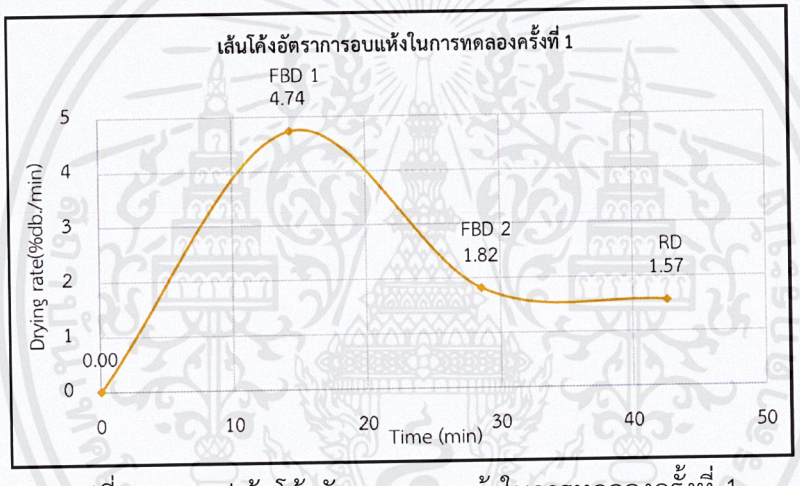


รูปที่ 4.1 สภาวะการอบแห้งและความชื้นของมันเต๋าจากการทดลองการอบแห้งเบื่องต้น (ครั้งที่ 1)

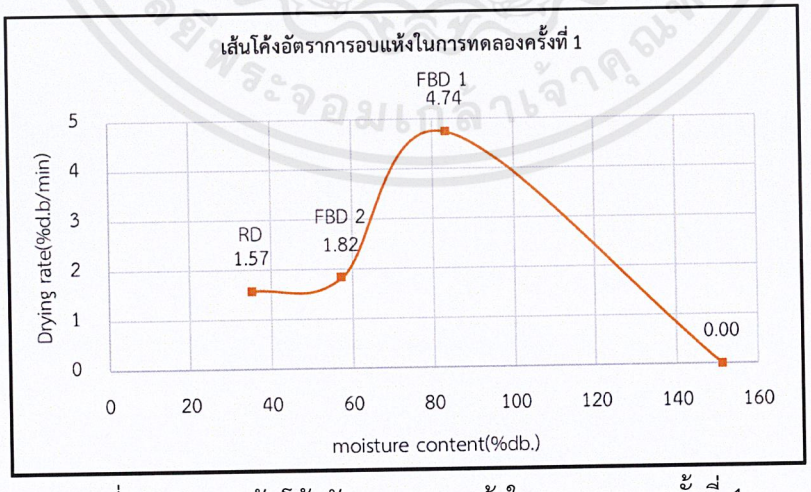
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 กราฟเส้นโค้งการอบแห้งในการทดลองครั้งที่ 1



รูปที่ 4.3 กราฟเส้นโค้งอัตราการอบแห้งในการทดลองครั้งที่ 1



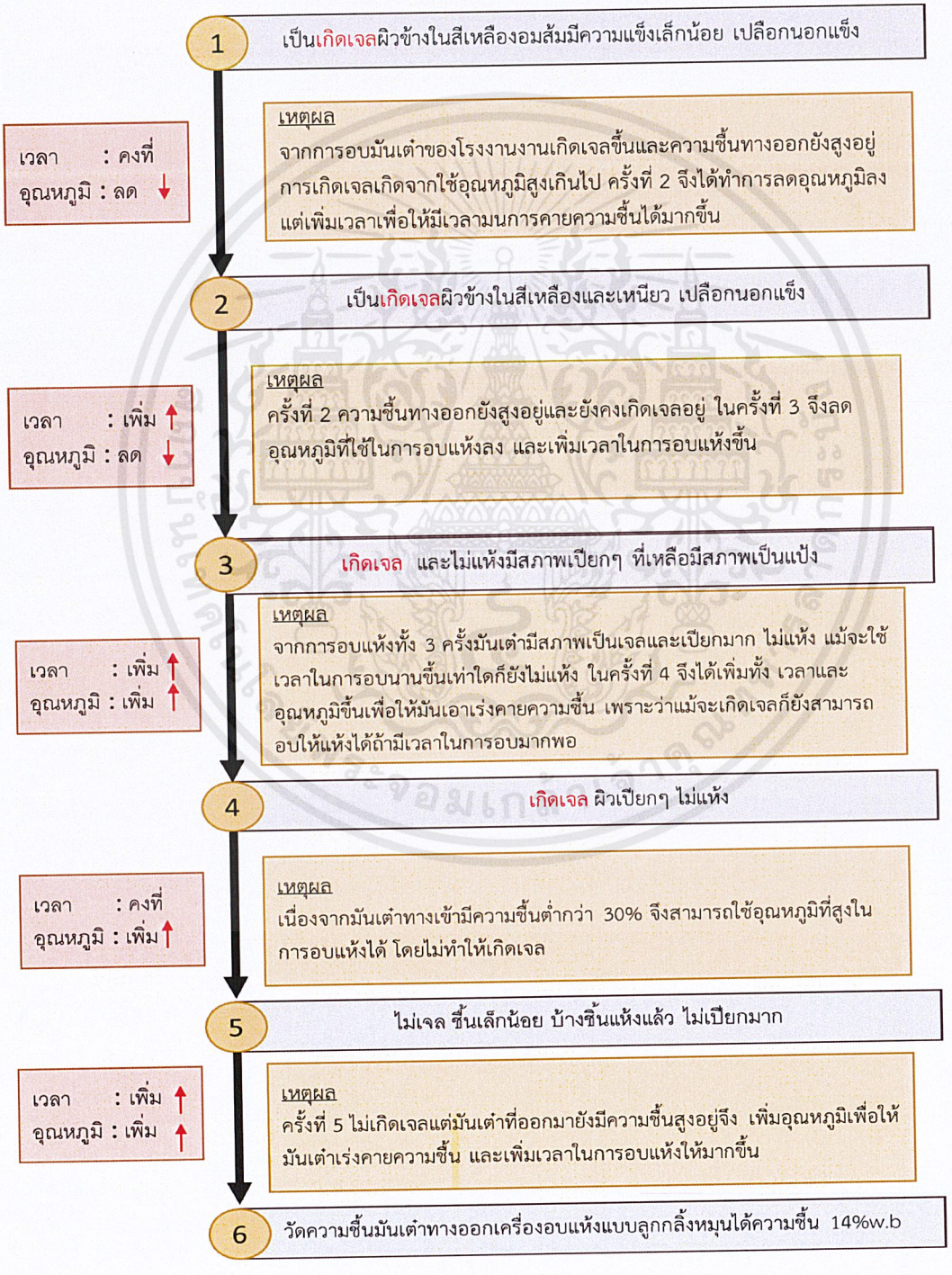
รูปที่ 4.4 กราฟเส้นโค้งอัตราการอบแห้งในการทดลองครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดลองปรับอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้ง

จากปัญหาการอบแห้งมันเต๋าของบริษัท จึงได้ทำการทดลองปรับอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งมันเต๋าด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุน เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดเจลาติไนซ์ของมันเต๋าและอบมันเต๋าให้ได้ความชื้น 14 %w.b. โดยการทดลองครั้งที่ 1 เป็นการทดลองอบแห้งมันเต๋าของบริษัท ซึ่งได้กล่าวไปในหัวข้อ 4.1

แผนการทดลองอบแห้งมันเต๋า



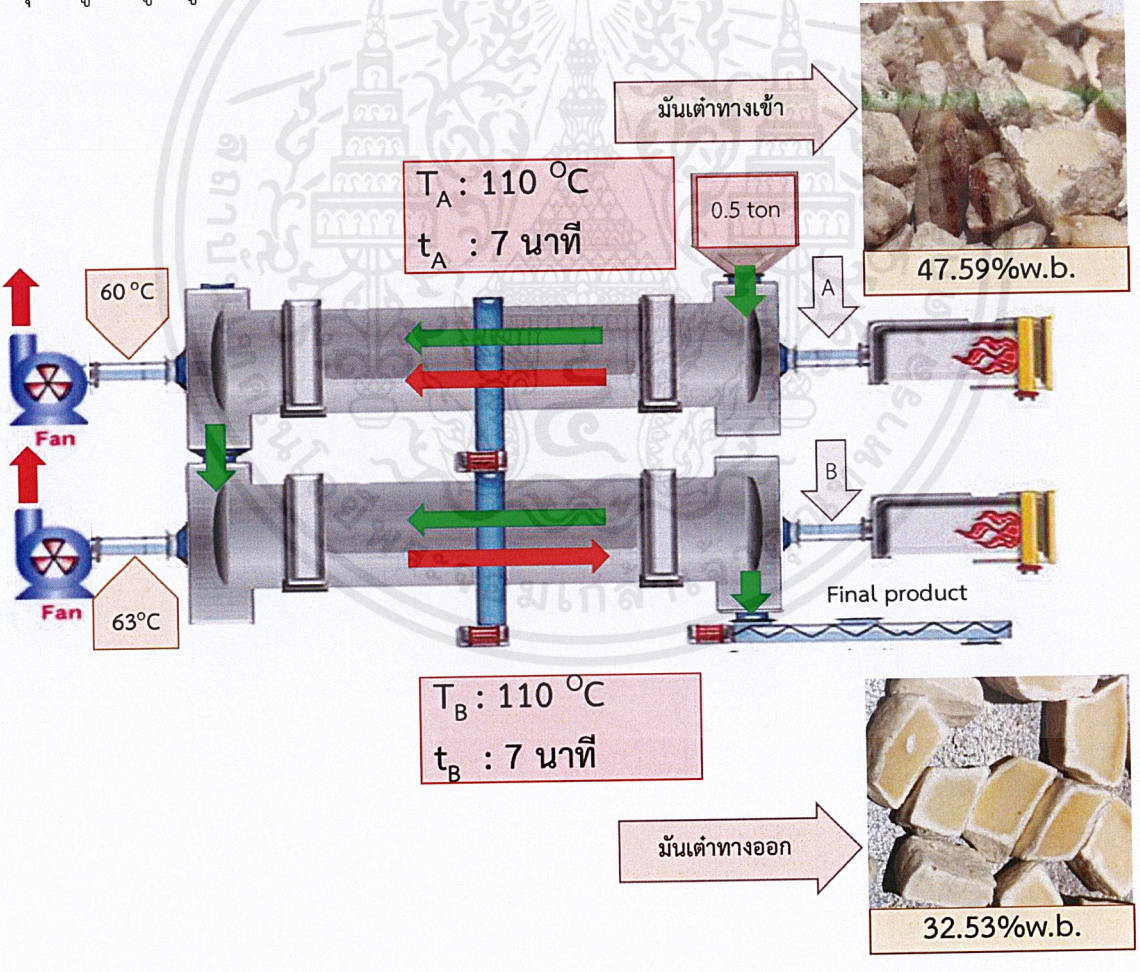
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 การทดลองที่ 2 : เวลาในการอบคงที่

: ลดอุณหภูมิในการอบแห้ง

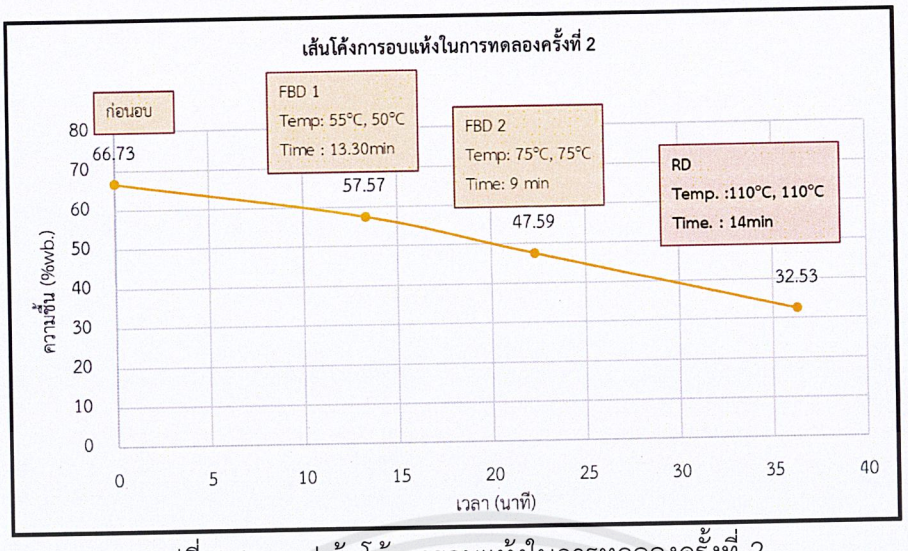
ปรับลดอุณหภูมิลงที่ห้องอบบนเดิมที่อุณหภูมิที่จุด A อยู่ที่ 130°C ลดลงมาอยู่ที่ 110°C เนื่องจากในการทดลองอบแห้งมันเต๋าครั้งที่ 1 ซึ่งเป็นการอบแห้งของบริษัทพบว่ามันเต๋าทางเข้าเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนมีความชื้นมากกว่า 30%w.b. หลังจากผ่านการอบแห้งโดยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนโดยใช้อุณหภูมิที่จุด A เท่ากับ 130°C ในห้องอบแห้งห้องบน และอุณหภูมิ 110°C ที่จุด B ในห้องอบแห้งห้องล่าง พบว่ามันเต๋าที่ผ่านการอบแห้งแล้วเกิดเจลาติไนซ์ขึ้น และไม่สามารถอบให้แห้งได้

ในการทดลองครั้งที่ 2 มันเต๋าที่ทางเข้าเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนมีความชื้น 47.59%w.b. จึงได้ทำการลดอุณหภูมิในการอบแห้งลดจากอุณหภูมิในการอบแห้งครั้งที่ 1 เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดกระบวนการเจลลาติไนเซชั่น แต่มันเต๋าที่ทางออกของเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนก็ยังคงเกิดเจลาติไนซ์ขึ้น เนื้อภายในมีสีเหลืองใส มีความเหนียวและนุ่ม อีกทั้งความชื้นของมันเต๋าก็ยังมีค่าสูงอยู่ การเกิดเจลเป็นผลมาจากอุณหภูมิยังสูงอยู่

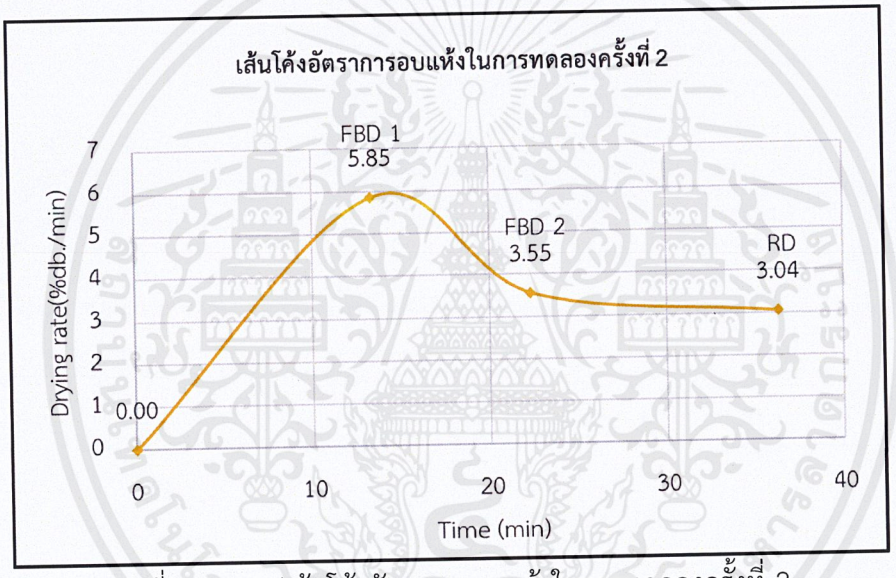


รูปที่ 4.5 สภาวะการอบแห้งและความชื้นของมันเต๋าจากการทดลองการอบแห้งที่ 2

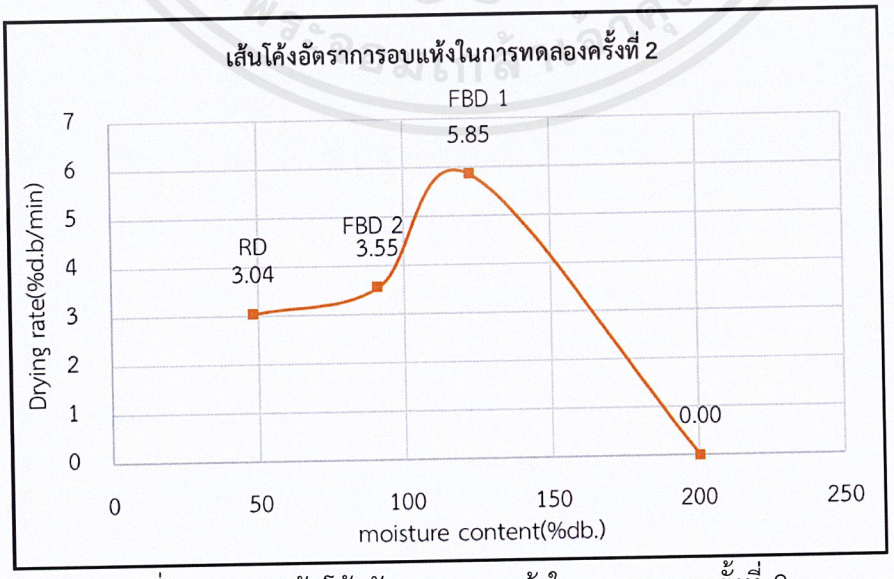
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 กราฟเส้นโค้งการอบแห้งในการทดลองครั้งที่ 2



รูปที่ 4.7 กราฟเส้นโค้งอัตราการอบแห้งในการทดลองครั้งที่ 2



รูปที่ 4.8 กราฟเส้นโค้งอัตราการอบแห้งในการทดลองครั้งที่ 2

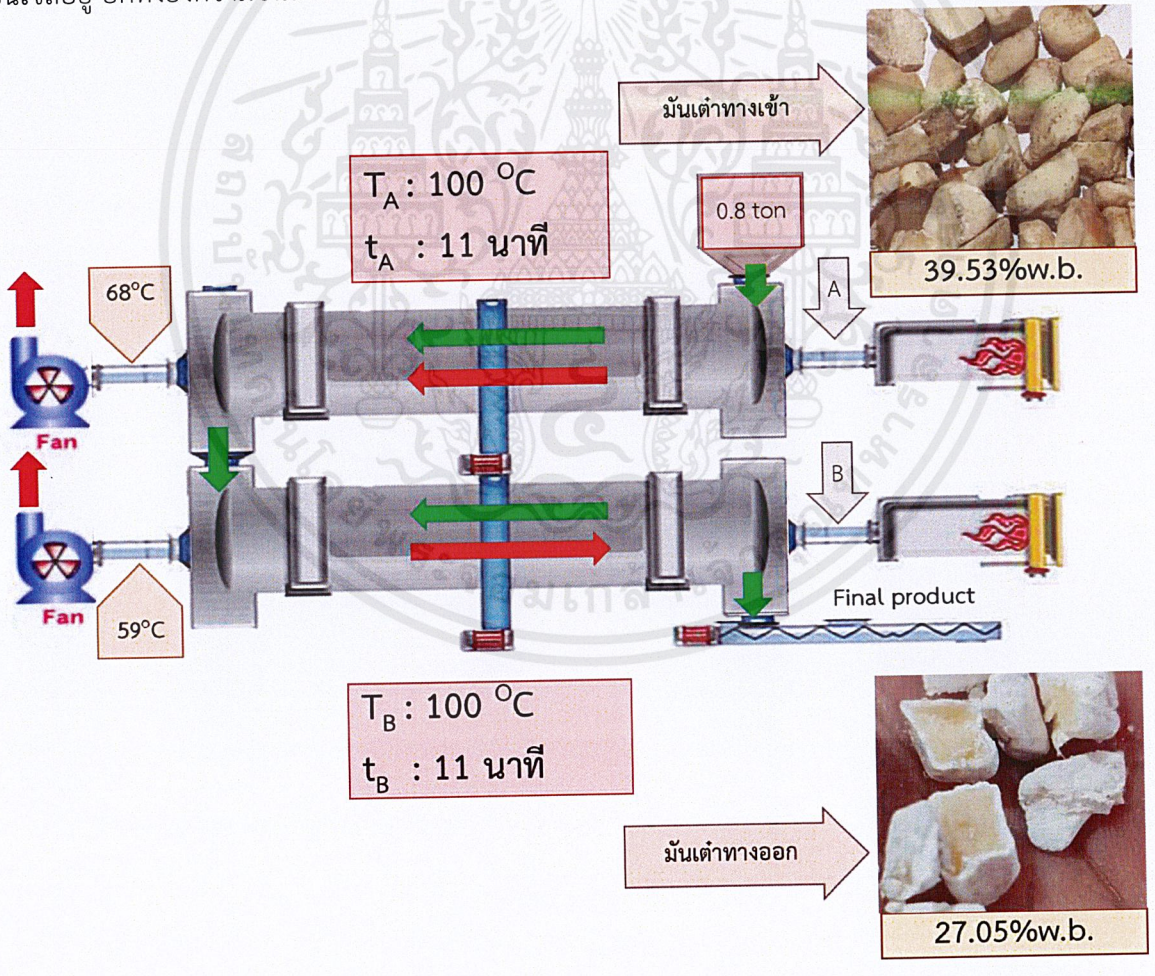
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การทดลองที่ 3 : เพิ่มเวลาในการอบแห้ง

: ลดอุณหภูมิในการอบอบแห้ง

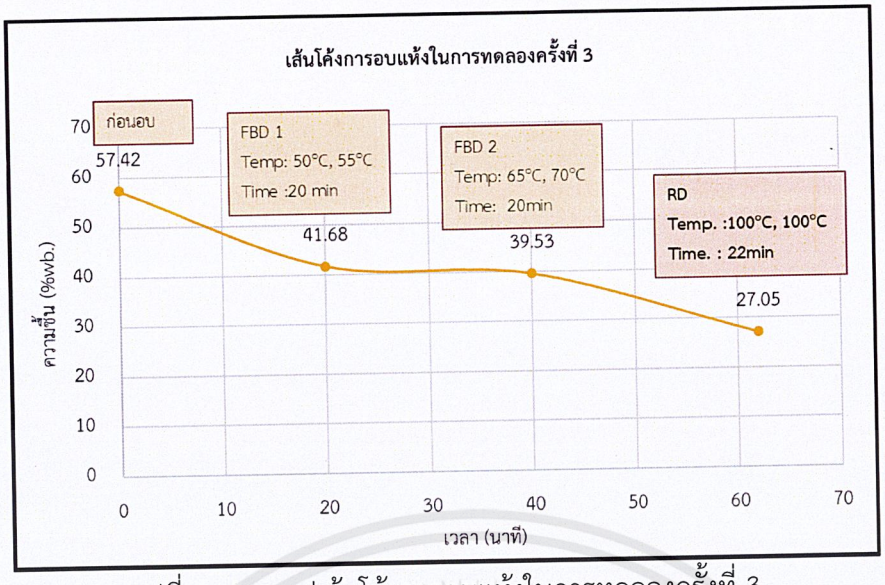
จากการทดลองอบแห้งมันเต๋าครั้งที่ 2 มันเต๋าที่ผ่านกระบวนการอบแห้งแล้วยังคงมีสภาพเป็นเจล และไม่สามารถอบให้แห้งได้ การทดลองในครั้งที่ 3 มันเต๋าทางเข้าเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนมีความชื้น 39.53%w.b. จึงได้ทำการลดอุณหภูมิในการอบแห้งลงจากอุณหภูมิในการอบแห้งครั้งที่ 2 ที่จุด A ลดอุณหภูมิจาก 110°C เหลือ 100°C ในห้องอบแห้งห้องบน ที่จุด B ลดอุณหภูมิจาก 110°C เหลือ 100°C ในห้องอบแห้งห้องล่าง อีกทั้งได้ทำการเพิ่มเวลาในการอบแห้งให้นานมากขึ้นจาก 14 นาทีเป็น 22 นาที โดยการปรับความเร็วรอบของถังอบ ดังตารางที่ 3.1

จากการปรับค่าอุณหภูมิและเวลาดังที่ได้กล่าวมาข้างต้นแล้ว พบว่ามันเต๋าหลังผ่านกระบวนการอบแห้งเนื้อภายในเป็นเจล สีเหลือง ผิวนอกแห้งมีสีขาว และมีส่วนที่ไม่เกิดเจลแต่มีความชื้นสูงกว่า 14%w.b. แม้จะทดลองปรับลดอุณหภูมิและเพิ่มเวลาในการอบแห้งมันเต๋าแล้ว มันเต๋าที่อบก็ยังคงมีสภาพเป็นเจลอยู่ อีกทั้งยังความชื้นเกิน 14 %w.b.

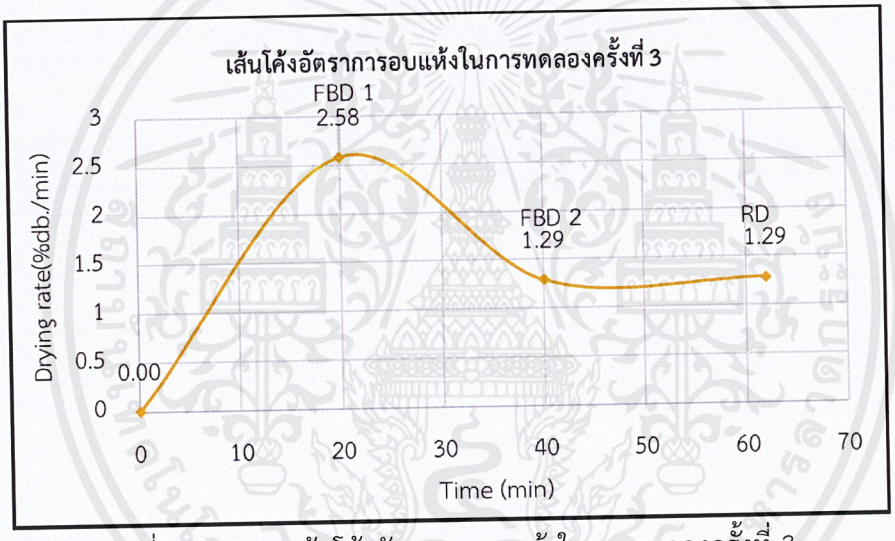


รูปที่ 4.9 สภาวะการอบแห้งและความชื้นของมันเต๋าจากการทดลองการอบแห้งที่ 3

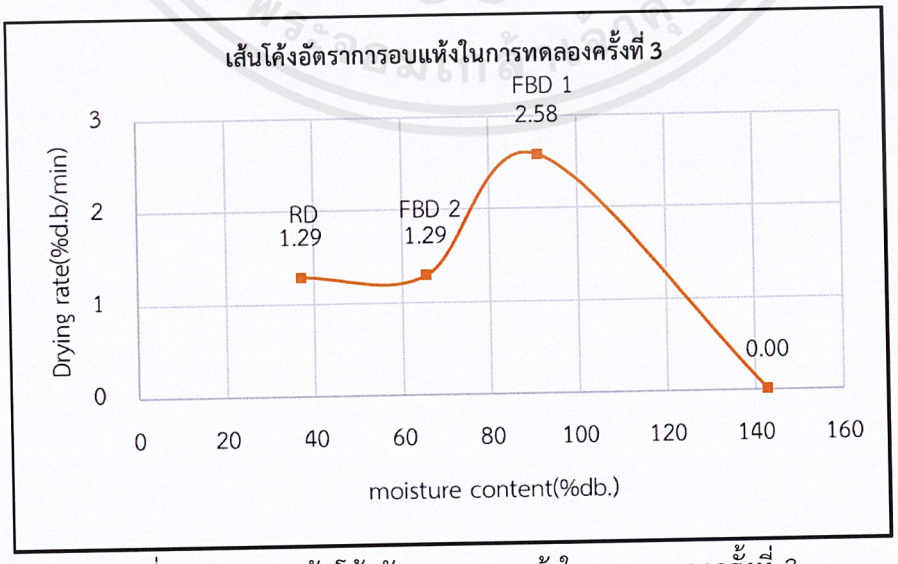
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 กราฟเส้นโค้งการอบแห้งในการทดลองครั้งที่ 3



รูปที่ 4.11 กราฟเส้นโค้งอัตราการอบแห้งในการทดลองครั้งที่ 3



รูปที่ 4.12 กราฟเส้นโค้งอัตราการอบแห้งในการทดลองครั้งที่ 3

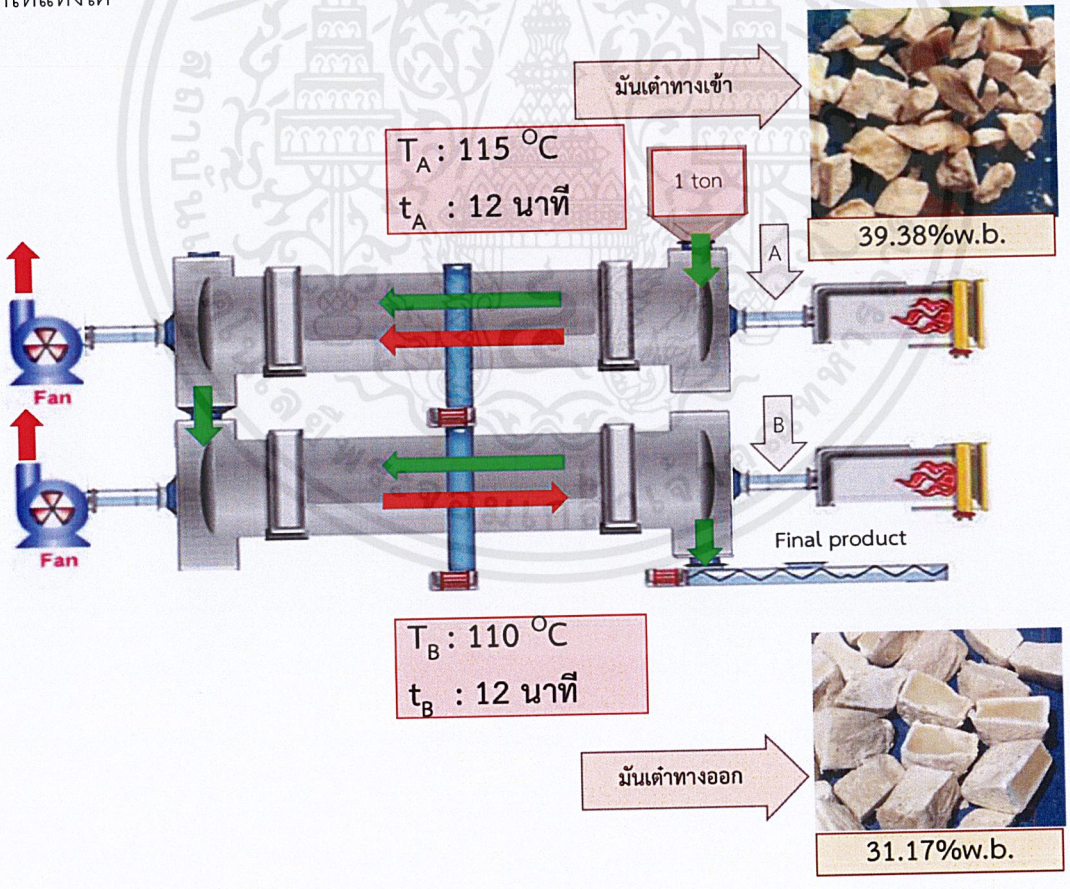
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 การทดลองที่ 4 : เพิ่มเวลาในการอบแห้ง

: เพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้ง

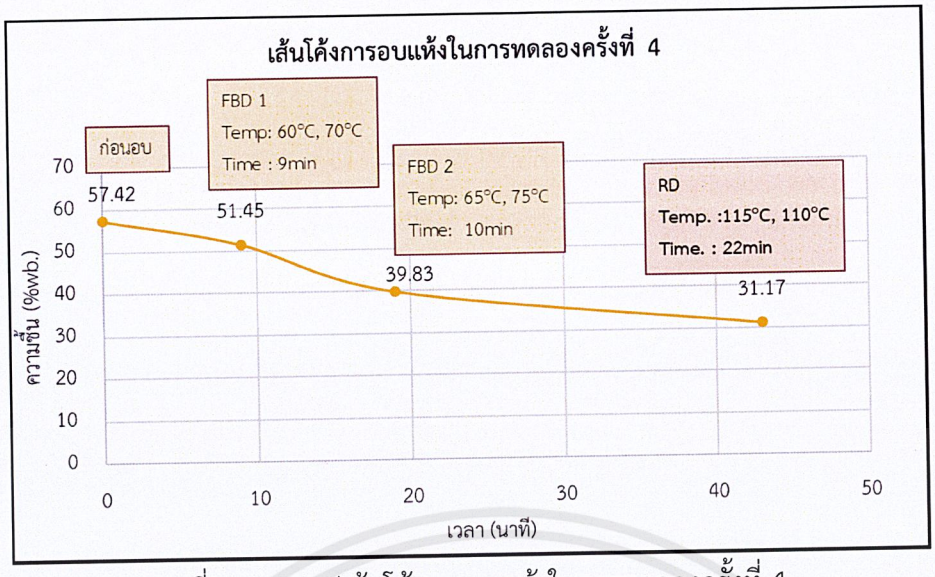
จากการทดลองทดลองการอบแห้งมันเต๋า 3 ครั้งที่ผ่านมาได้ทำการปรับลดอุณหภูมิและเพิ่มเวลาในการอบแห้งแล้วแต่มันเต๋าหลังผ่านกระบวนการอบแห้งก็ยังคงมีสภาพเป็นเจลที่บริเวณเนื้อด้านในของมันเต๋า และยังคงมีความชื้นสูงอยู่ ในการทดลองอบแห้งมันเต๋าครั้งที่ 4 ความชื้นของมันเต๋าที่ทางเขาเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนอยู่ที่ 39.38%w.b. ได้ทำการปรับเพิ่มค่าอุณหภูมิในการอบแห้งมันเต๋าเพื่อเป็นการเร่งให้มันเต๋าเกิดการคายความชื้น โดยทำการเพิ่มอุณหภูมิจากการอบแห้งมันเต๋าในครั้งที่ 3 จาก 100°C เป็น 115°C ทีจุด A และเพิ่มจาก 100°C เป็น 110°C ที่จุด B อีกทั้งยังเพิ่มเวลาที่ใช้ในการอบแห้งมันเต๋าเพื่อเพิ่มระยะเวลาในการคายความชื้นให้มากขึ้น โดยใช้เวลาในการอบแห้งมันเต๋าโดยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนเป็นเวลา 24 นาที

มันเต๋าเมื่อผ่านกระบวนการอบแห้งตามการทดลองที่ 4 แล้ว เกิดเจลที่ภายในเนื้อมันเต๋า และยังไม่สามารถอบให้แห้งได้เนื่องจากมันเต๋าขาเข้ามีความชื้นสูงกว่า 30%w.b. จึงไม่สามารถใช้อุณหภูมิที่สูงในการอบแห้งได้ เมื่อใช้อุณหภูมิที่สูงจะส่งผลให้มันเต๋าเกิดกระบวนการเจลลาติไนเซชั่นขึ้นได้และไม่สามารถอบมันเต๋าให้แห้งได้

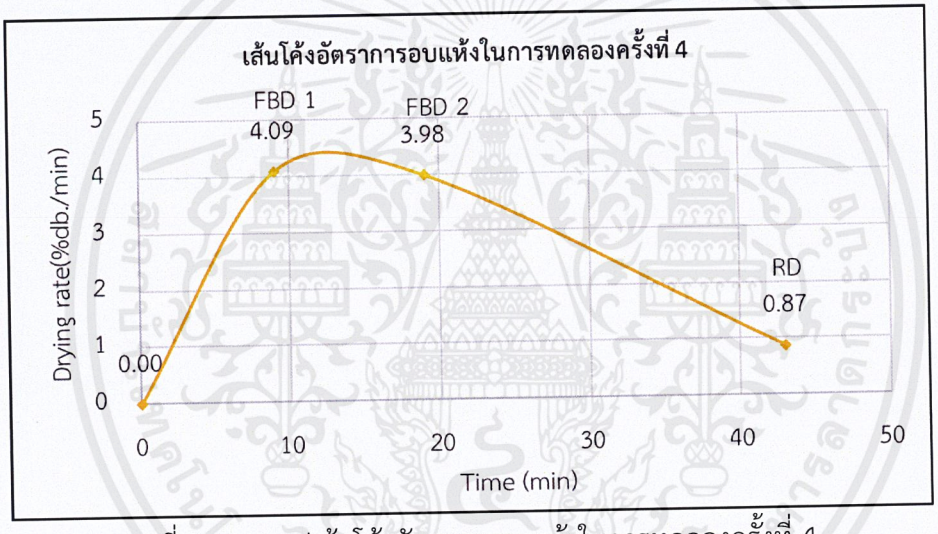


รูปที่ 4.13 สภาวะการอบแห้งและความชื้นของมันเต๋าจากการทดลองการอบแห้งที่ 4

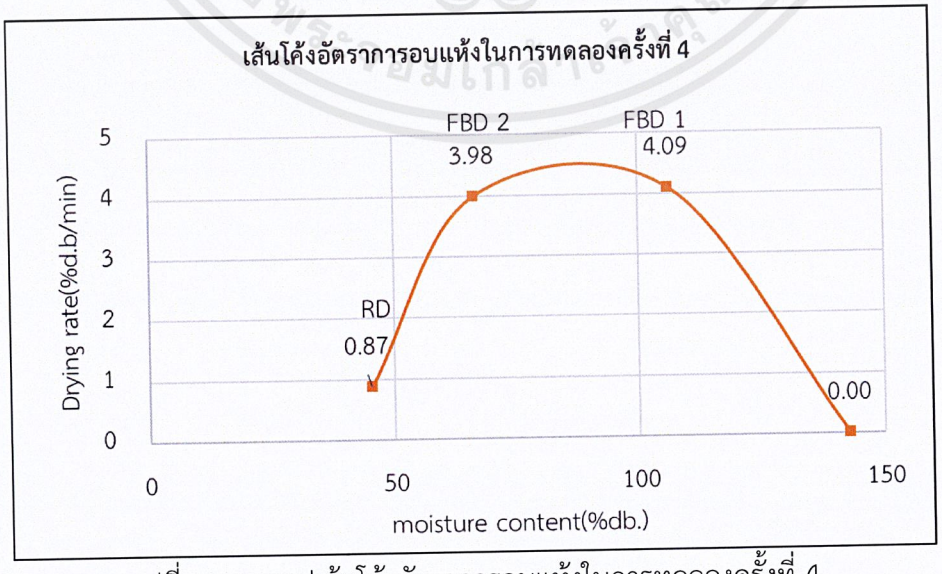
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 กราฟเส้นโค้งการอบแห้งในการทดลองครั้งที่ 4



รูปที่ 4.15 กราฟเส้นโค้งอัตราการอบแห้งในการทดลองครั้งที่ 4



รูปที่ 4.16 กราฟเส้นโค้งอัตราการอบแห้งในการทดลองครั้งที่ 4

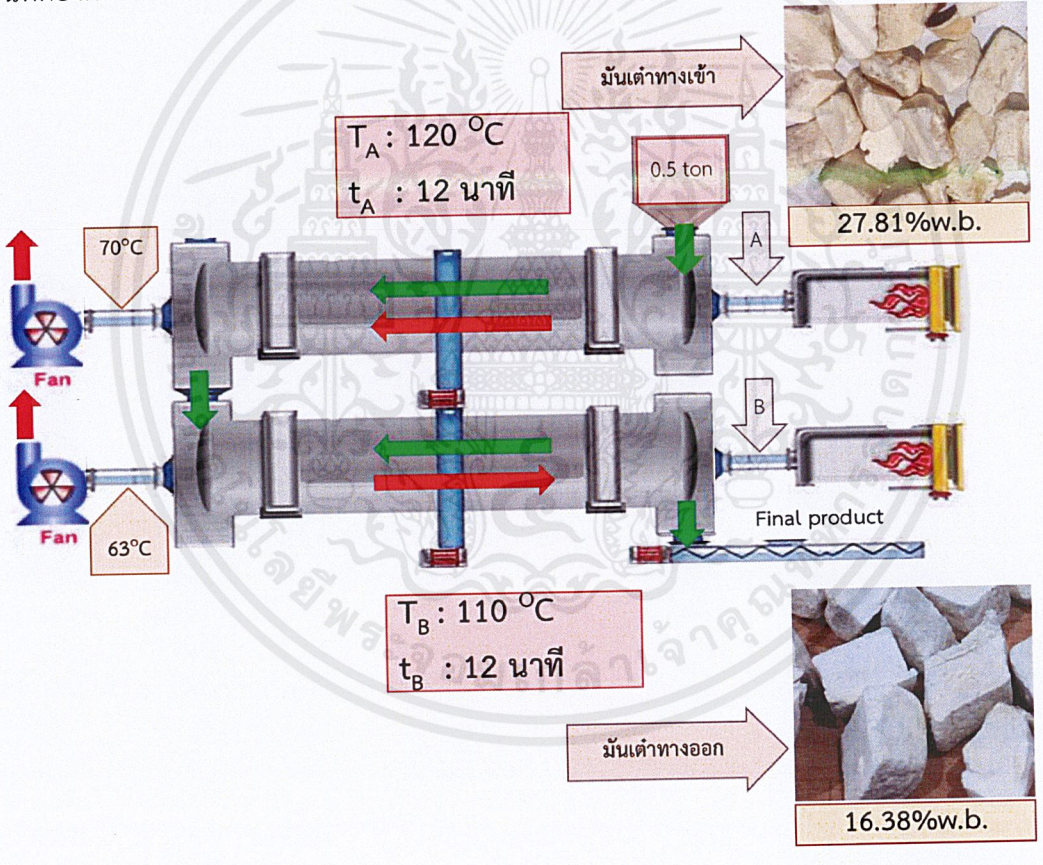
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 การทดลองที่ 5 : เวลาในการอบแห้งคงที่

: เพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้ง

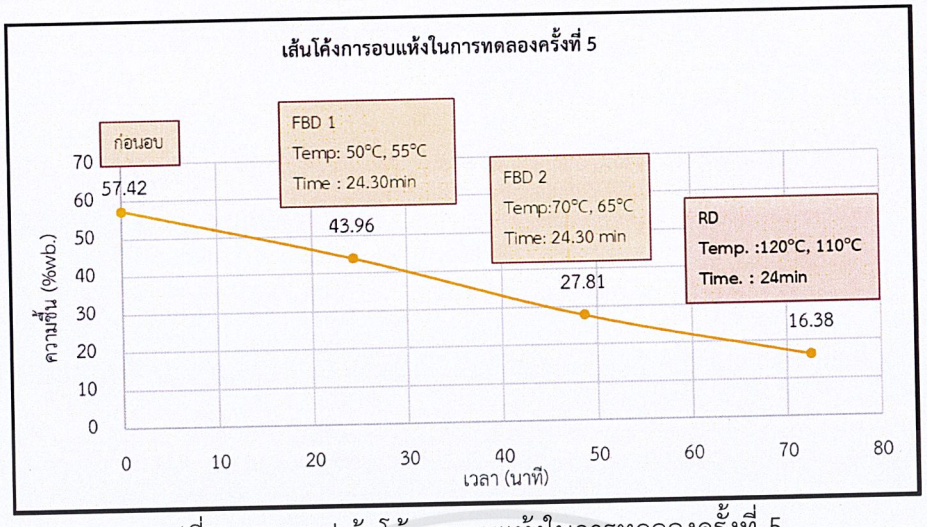
การทดลองการอบแห้งมันเต๋าในครั้งที่ 5 มันเต๋าที่ทางเข้าของเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนมีความชื้น 27.81%w.b.ซึ่งต่ำกว่าความชื้นที่สามารถเกิดกระบวนการเจลาติไนเซชั่นขึ้นได้ เนื้อมันเต๋ามีสภาพหมาด ดังนั้นจึงได้ทำการทดลองการอบแห้งในครั้งนี้โดยใช้อุณหภูมิสูง จุด A มีอุณหภูมิ 120°C ในห้องอบห้องบน จุด B มีอุณหภูมิ 110°C ในห้องอบห้องล่าง และใช้เวลาในการอบที่ 24 นาที

มันเต๋าที่ผ่านกระบวนการอบแห้งในการทดลองที่ 5 มีสภาพแห้ง ไม่เกิดเจลขึ้น มีความชื้น 16.38%w.b. เนื่องจากมันเต๋าที่ทางเข้าเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนมีความชื้นต่ำกว่าความชื้นที่สามารถเกิดกระบวนการเจลาติไนเซชั่นได้ (ต่ำกว่า 30%w.b.) จึงสามารถใช้อุณหภูมิในการอบที่สูงได้ แต่เนื่องด้วยเวลาในการอบหรืออุณหภูมิในการอบที่ใช้ยังไม่เหมาะสม ความชื้นมันเต๋าจึงเกิน 14%w.b.ซึ่งสูงกว่าความชื้นที่ต้องการ

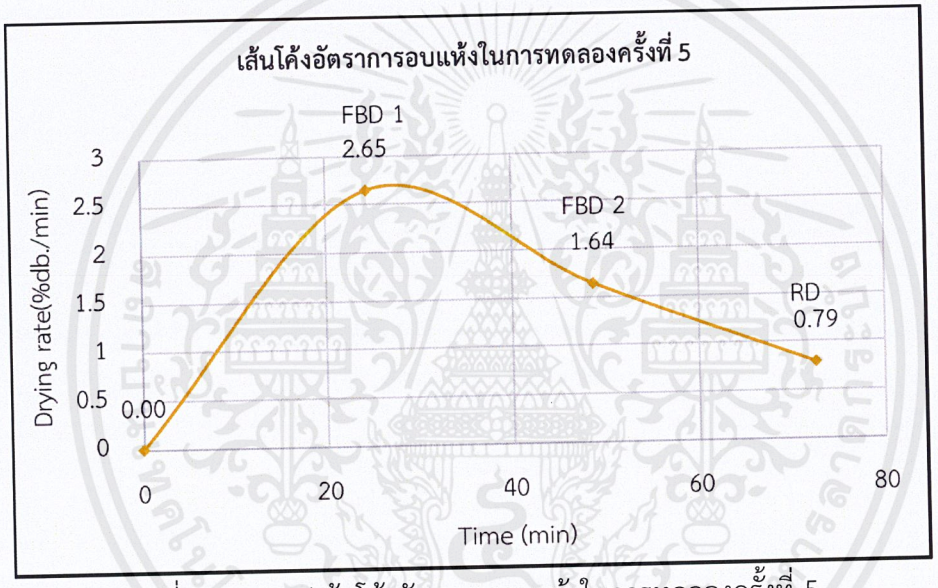


รูปที่ 4.17 สภาวะการอบแห้งและความชื้นของมันเต๋าจากการทดลองการอบแห้งที่ 5

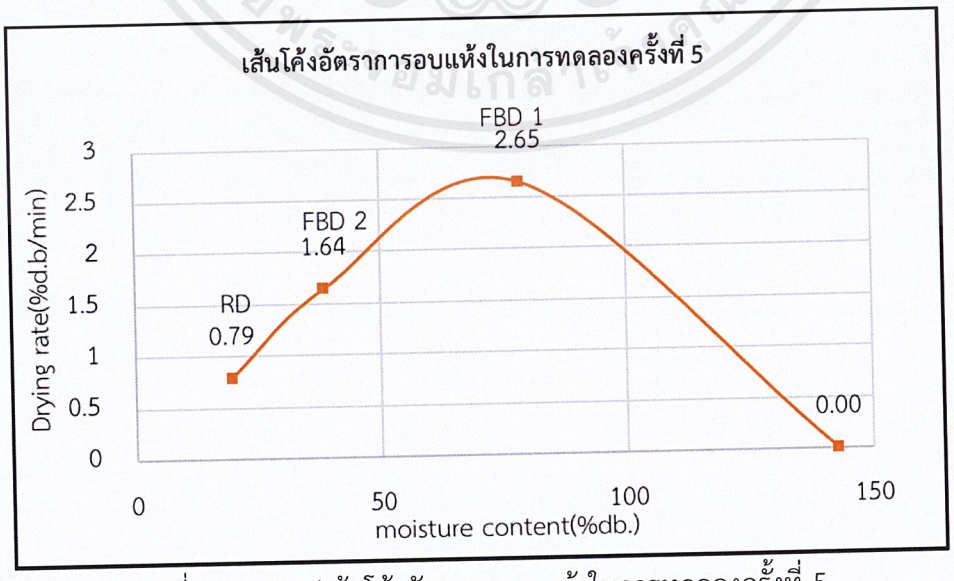
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 กราฟเส้นโค้งการอบแห้งในการทดลองครั้งที่ 5



รูปที่ 4.19 กราฟเส้นโค้งอัตราการอบแห้งในการทดลองครั้งที่ 5



รูปที่ 4.20 กราฟเส้นโค้งอัตราการอบแห้งในการทดลองครั้งที่ 5

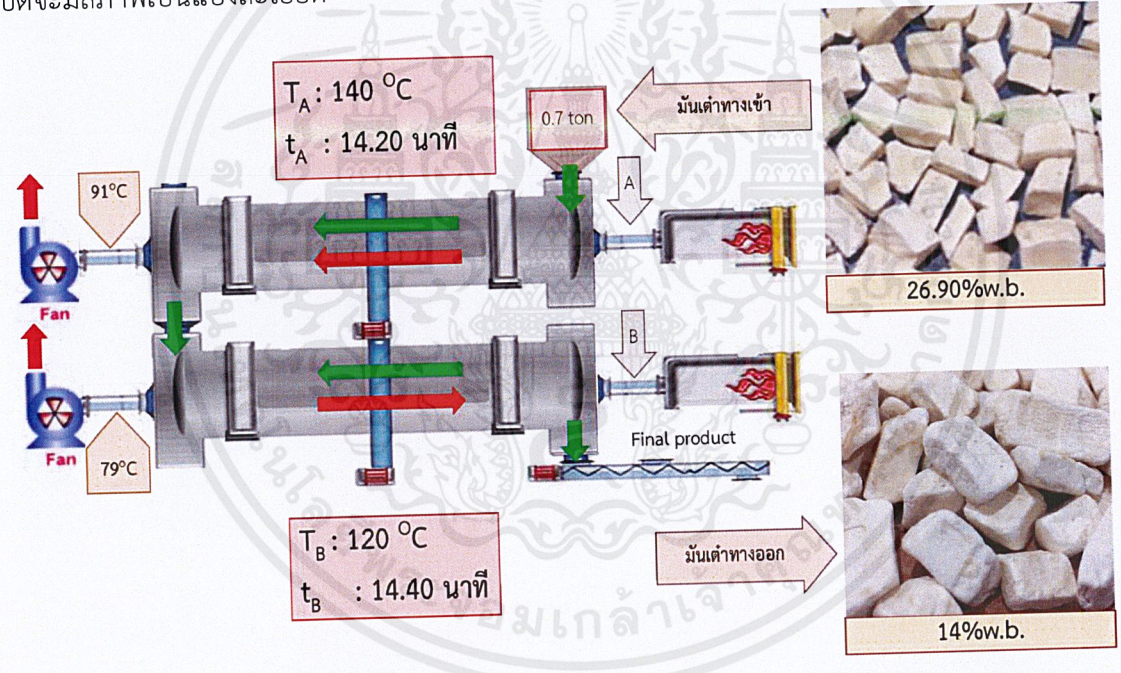
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 การทดลองที่ 6 : เพิ่มเวลาในการอบแห้ง

: เพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้ง

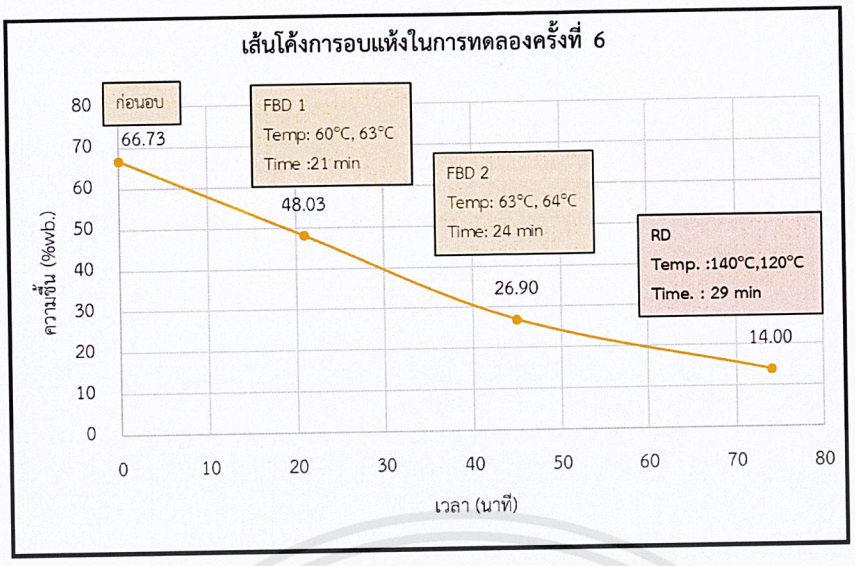
จากการทดลองที่ 5 มันเต๋าที่ผ่านกระบวนการอบแห้งเรียบร้อยแล้วมีความชื้น 16.38%w.b.ซึ่งมากกว่าความชื้นที่ต้องการ ในการทดลองครั้งที่ 6 จึงต้องการให้มันเต๋าที่ผ่านกระบวนการอบแห้งมีความชื้นไม่เกิน 14%w.b. มันเต๋าที่ทางเข้าเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนมีความชื้น 26.9%w.b. เป็นความชื้นที่ต่ำกว่าความชื้นที่สามารถเกิดกระบวนการเจลาติไนเซชั่นขึ้นได้(ต่ำกว่า 30%w.b.) ดังนั้นจึงสามารถใช้อุณหภูมิที่สูงในการอบแห้งได้ การทดลองครั้งที่ 6 จึงได้ทำการเพิ่มอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบโดยเพิ่มขึ้นจากการทดทองครั้งที่ 5 ที่จุด A เพิ่มอุณหภูมิจาก 120°C เป็น 140°C ที่จุด B จาก 110°C เป็น 120°C และเพิ่มเวลาที่ใช้ในการอบแห้งมันเต๋าจาก 24 นาทีเป็น 29 นาที

มันเต๋าหลังจากผ่านกระบวนการอบบแห้งโดยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนเรียบร้อยแล้วได้ความชื้นหลังการอบแห้ง 14%w.b. เป็นความชื้นที่ต้องการ มันเต๋ามีสีขาวอมเหลือ ภายในไม่เกิดเจล เมื่อถูกบดจะมีสภาพเป็นแป้งละเอียด

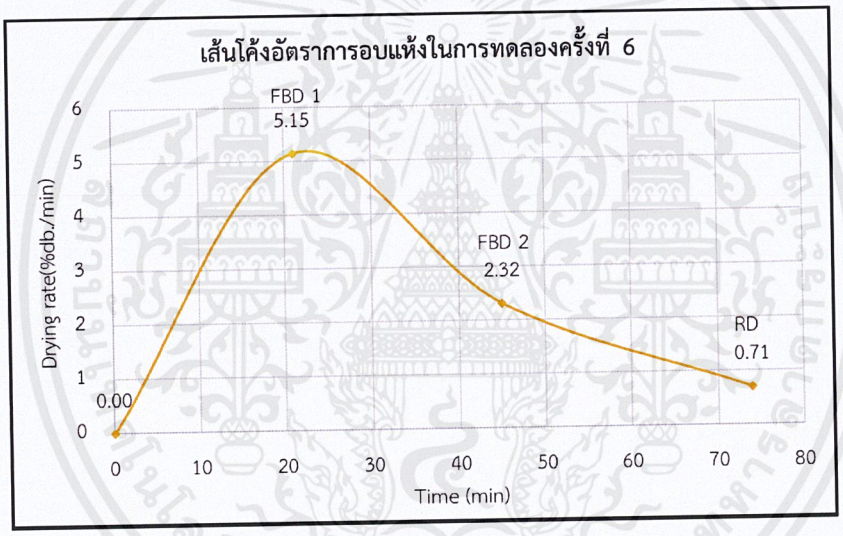


รูปที่ 4.21 สภาวะการอบแห้งและความชื้นของมันเต๋าจากการทดลองการอบแห้งที่ 6

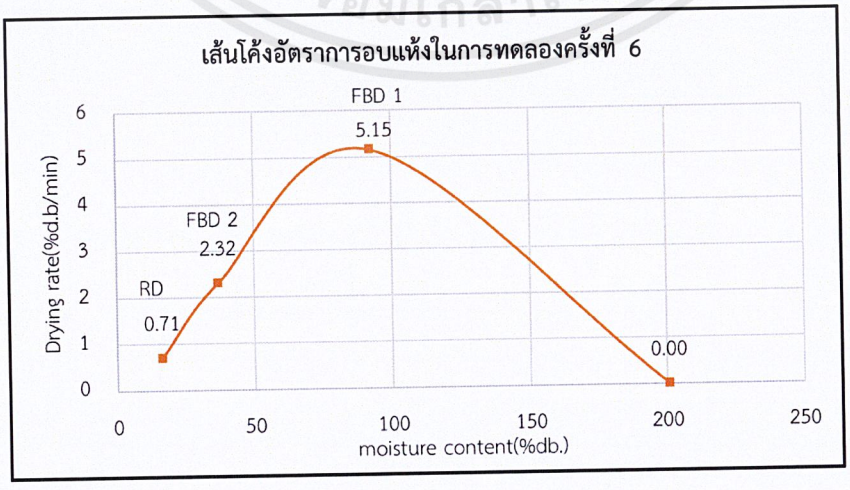
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.22 กราฟเส้นโค้งการอบแห้งในการทดลองครั้งที่ 6



รูปที่ 4.23 กราฟเส้นโค้งอัตราการอบแห้งในการทดลองครั้งที่ 6



รูปที่ 4.24 กราฟเส้นโค้งอัตราการอบแห้งในการทดลองครั้งที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

ที่อัตราการป้อนมันเต๋า 0.7 ตันต่อชั่วโมง ควบคุมความชื้นมันเต๋าทางเข้าเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนให้มีความชื้นไม่เกิน 30%w.b. มันเต๋าที่ผ่านการอบแห้งโดยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนจะไม่เกิดเจลขึ้น สามารถอบมันเต๋าให้แห้งได้ที่อุณหภูมิ 140°C ที่ห้องอบห้องบน และอุณหภูมิ 120°C ที่ห้องอบห้องล่าง ใช้เวลาในการอบแห้งโดยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุน 29 นาที มันเต๋าทางออกมีความชื้น 14%w.b. และไม่เกิดเจล

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ปรับปรุงชุดปรับอุณหภูมิให้มีความเสถียรมากยิ่งขึ้นโดยอาจติดตั้งตัวควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ
2. ศึกษาการอบแห้งมันเต๋าต่อเพื่อให้สามารถอบมันเต๋าที่มีเปอร์เซ็นต์แป้งที่ต่ำได้
3. ปรับปรุงเครื่องจักรเพื่อเพิ่มปริมาณการผลิตให้ตอบสนองต่อความต้องการของตลาด

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อ้างอิง

[1] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2562). **มันสำปะหลังโรงงาน : เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ ปี 2562**. สืบค้นเมื่อวันที่ 5 ธันวาคม 2562. จากเว็บไซต์ : http://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/casava62.pdf

[2] iEnergyGuru. (2558). **การอบแห้ง.** สืบค้นเมื่อวันที่ 10 ธันวาคม 2562. จากเว็บไซต์ : https://ienergyguru.com/2015/09/drying/

[3] Food Wiki. (2562). **การเจลาติไนซ์**. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2562. จากเว็บไซต์ : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0350/gelatinization-%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%80%E0%B8%88%E0%B8%A5%E0%B8%B2%E0%B8%95%E0%B8%B4%E0%B9%84%E0%B8%99%E0%B8%8B%E0%B9%8C

[4] เรียวโซ โทเอ. (2529). **อุปกรณ์อบแห้งในอุตสาหกรรม.** แปลโดย วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล. พิมพ์ครั้งที่ 3 : กรุงเทพมหานคร สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

[5] วิชาการเกษตร. **พันธุ์มันสำปะหลังที่เหมาะสมเฉพาะพื้นที่**. สืบค้นเมื่อวันที่ 5 ธันวาคม 2562. จากเว็บไซต์ : http://at.doa.go.th/mealybug/varsite.htm

[6] อนุชิต ฉ่ำสิงห์. (2556). **วิจัยและพัฒนาการตรวจสอบปริมาณแป้งในหัวมันสำปะหลังสด.** โครงการวิจัย กรมวิชาการเกษตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุลผู้เขียน นางสาววันศิริ สระรัมย์

วัน เดือน ปีเกิด 12 สิงหาคม พ.ศ. 2540

ที่อยู่ปัจจุบัน 584/14 ถนนสุขุมวิท ซอยเกษมสุวรรณ แขวงพระโขนง เขตคลองเตย 10110 กรุงเทพมหานคร

โทรศัพท์ 090-8906887

อีเมล wansiri5420@gmail.com

ประวัติการศึกษา

พ.ศ.2553 ระดับมัธยมศึกษา สายวิทย์-คณิต โรงเรียนมัธยมวัดธาตุทอง จังหวัดกรุงเทพมหานคร

พ.ศ. 2559 ปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้