ปีการศึกษา 2533

การออกแบบและศึกษาเครื่องอบแห้งผลิตผลเกษตรแบบถาด

โดย

นายชุติรัจ โสภาพัฒนกุล

นางสาววิภา เจียระไนวชิระ

นายวิรัช แสงสุริยฤทธิ์

อาจารย์ที่ปรึกษา

นายยงยุทธ พืชกมุทร

นางสาวยุพร จรรยงค์วรกุล

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2533

ภาควิชา วิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การออกแบบและศึกษาเครื่องอบแห้งผลิตผลเกษตรแบบถาด

ผู้จัดทำ

1. นายชูติรัฐ โสภาพัฒนกุล
2. นางสาววิภา เจียระไนวชิระ
3. นายวิรัช แสงสุริยฤทธิ์

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(นายยงยุทธ พืชกมุทร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(นางสาวยุพร จรรยงค์วรกุล)

เลขหมู่ T 33106 ส3

เลขทะเบียน 027939

วัน, เดือน, ปี 18 ก.ค. 2534

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

การออกแบบและศึกษาเครื่องอบแห้งผลิตผลเกษตรแบบถาด

นายชูติรัฐ โสภาพัฒนกุล
นางสาววิภา เจียระไนวชิระ
นายวิรัช แสงสุริยฤทธิ์
นายยงยุทธ พิชกมุทร อาจารย์ที่ปรึกษา
นางสาวยุพร จรรยงค์วรกุล อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2533

บทคัดย่อ

การอบแห้งเป็นวิธีการถนอมและรักษาอาหารวิธีหนึ่งที่นิยมกันมาก ดังนั้นปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการออกแบบและศึกษาเครื่องอบแห้งผลิตผลเกษตรแบบถาด โดยอาศัยหลักการถ่ายเทความร้อนของอากาศ อากาศจะเคลื่อนที่เข้าสู่เครื่องอบทางด้านล่างของเครื่องผ่านตัวทำความร้อนโดยพัดลม อากาศร้อนที่ได้จะไหลผ่านด้านข้างของเครื่องอบเข้าสู่ห้องอบแห้งผ่านผิวหน้าของอาหารซึ่งวางบนถาดแต่ละชั้น และพาความชื้นออกจากอาหาร อากาศร้อนที่มีความชื้นส่วนหนึ่งจะไหลออกจากเครื่องอบทางด้านข้าง และอากาศร้อนที่มีความชื้นอีกส่วนหนึ่งจะถูกนำกลับมาใช้ใหม่เพื่อประหยัดพลังงาน

เครื่องอบมีขนาด 100 x 100 x 150 เซนติเมตร สามารถอบผลิตภัณฑ์ได้ครั้งละประมาณ 25 กิโลกรัม ในการทดลองใช้ต้นเผือกเป็นตัวอย่างในการศึกษา โดยศึกษาถึงวิธีการเตรียมผลิตภัณฑ์ก่อนการอบ อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบ ตลอดจนกราฟอัตราการทำแห้ง จะได้ว่าวิธีการเตรียมผลิตภัณฑ์ก่อนการอบที่เหมาะสม คือนำต้นเผือกจุ่มลงในสารละลายซัลเฟอร์ไดออกไซด์เข้มข้น 0.25 เปอร์เซนต์ เป็นเวลา 1 นาที และอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบคือ 70 องศาเซลเซียส จะใช้เวลา 8 ชั่วโมงในการลดความชื้นเริ่มต้น 95 เปอร์เซนต์มาตราฐานเปียก เหลือความชื้นประมาณ 10 เปอร์เซนต์ โดยก้านใบเผือกมีสีและเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับของเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

DESIGN AND STUDY OF A TRAY DRYER FOR AGRICULTURAL PRODUCTS

Chutirath Sopapathanakul
Vipa Jayranaiwachira
Wirat Sangsuriyarid
Yongyuth Puechkamutr Advisor
Yuporn Chanyongvorakul Advisor
1990

Abstract

A tray dryer for Agricultural products operates on principle of convection drying. Air is moved into the dryer at the bottom and passed through the heater by fan The heated air is flowed through the drying chamber and passesd over through the surface of products on each of 6 screen trays and absorbs moisture from the food product. Some of hot and moist air will flow out from the other side of the dryer. The remain air was recycle to the dryer for the energy saving.

The size of this dryer is 100 x 100 x 150 cm., having capacity of 25 kilograms products. This method is suitable for amount of agricultural products to preserve them for a long time. The experiment is proceeded by immerging product into the solution of 0.25 percent of sulphurdioxide for 1 minutes. Then dry it at the temperature of 70 celsius degree for about 8 hours. The product would partty have its colours and can keep for a long time without molds. It can reduced humidity from 95 percent wet basis

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(ก)
สารบัญรูปภาพ	(ค)
สารบัญตาราง	(จ)
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการอบแห้ง	3
2.1 หลักการพื้นฐานของการทำแห้ง	3
2.2 เส้นกราฟอัตราการทำแห้ง	4
2.3 ความชื้นสมดุล	9
2.4 วอเตอร์แอคติวิตี้	9
2.5 หลักการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบถาด	10
2.6 ปัจจัยที่มีอิทธิพลของอัตราการอบแห้ง	11
บทที่ 3 ลักษณะของต้นเผือก	12
3.1 เผือก	12
3.2 ประวัติความเป็นมา	12
3.3 ลักษณะทั่วไป	12
3.4 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์	12
3.5 ทำเลและฤดูปลูก	13
บทที่ 4 การคำนวณและการสร้างเครื่อง	16
4.1 ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ	16
4.2 การคำนวณหาปริมาณลมที่ใช้ในการอบแห้ง	16
4.3 การคำนวณหาขนาดของเครื่องทำความร้อน	17
4.4 การออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้ง	19
4.5 ขั้นตอนการทำงาน	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	(หน้า)
บทที่ 5 การทดลองและผลการทดลอง	26
5.1 การทดลองหาความชื้นในผลิตภัณฑ์	26
5.2 การทดลองหาวิธีการเตรียมผลิตภัณฑ์ก่อนการอบ	28
5.3 การทดลองหาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิในแต่ละชั้น	30
5.4 การทดลองหาอัตราการทำแห้ง	33
5.5 การทดลองหาความสัมพันธ์และอิทธิพลของอุณหภูมิอากาศที่ใช้ในการอบแห้ง	40
บทที่ 6 สรุปวิจารณ์ผลการทดลอง	43
ภาคผนวก	46
กิตติกรรมประกาศ	55
หนังสืออ้างอิง	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 2.1 กราฟแสดงอัตราการทำแห้ง	5
รูปที่ 2.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นอิสระกับเวลา	5
รูปที่ 2.3 กราฟแสดงช่วงต่าง ๆ ของการทำแห้ง	6
รูปที่ 2.4 ลักษณะการระเหยของน้ำในระหว่างการทำแห้ง	8
รูปที่ 2.5 ลักษณะการเกิดปฏิกิริยาและการเกิดจุลินทรีย์ในช่วง a_w ต่าง ๆ	10
รูปที่ 2.6 แสดงคุณสมบัติของอากาศที่มีการนำกลับมาใช้ใหม่	11
รูปที่ 3.1 ลักษณะของต้นเผือก	14
รูปที่ 3.2 ลักษณะของแปลงที่ใช้ปลูกต้นเผือก	15
รูปที่ 4.1 แผนภูมิไซโครเมตริก	22
รูปที่ 4.2 เครื่องอบแห้งแบบถาด	23
รูปที่ 4.3 โครงสร้างภายในของเครื่องอบแห้ง	24
รูปที่ 4.4 แสดงผังวงจรควบคุม	25
รูปที่ 5.1 แสดงกราฟอัตราการทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส	35
รูปที่ 5.2 แสดงกราฟอัตราการทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส	37
รูปที่ 5.3 แสดงกราฟอัตราการทำแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส	39
รูปที่ 5.4 แสดงกราฟอัตราการทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 , 70 และ 80 องศาเซลเซียส	42
ภาพผนวก	
รูปที่ ก. แสดงลักษณะของตู้อบแห้ง	47
รูปที่ ข. แสดงอุปกรณ์ทำความร้อน	48
รูปที่ ค. แสดงพัดลมดูดลมจากภายนอก	48
รูปที่ ง. แสดงพัดลมดูดลมออกจากตู้	49
รูปที่ จ. แสดงแผ่นกั้นลม	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ ฉ.	แสดงกลไกบังคับเปิด-ปิดแผ่นกั้นลมด้านหลังเครื่องอบ	50
รูปที่ ช.	แสดงช่องทางเข้าของอากาศด้านล่าง และช่องทางออกของอากาศด้านบนตู้	51
รูปที่ ซ.	แสดงภายในเครื่องอบแห้งเมื่อยังไม่ได้ใส่ถาด	52
รูปที่ ฌ.	แสดงอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องอบแห้ง	52
รูปที่ ญ.	แสดงการบรรจุต้นเผือกใส่เครื่องอบแห้ง	53
รูปที่ ฎ.	แสดงการเก็บต้นเผือกที่เวลาต่าง ๆ	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 5.1	ความชื้นภายในก้านใบเผือกที่เก็บเกี่ยวจากไร่แล้ว 6 ชั่วโมง	27
ตารางที่ 5.2	ลักษณะของก้านใบเผือกหลังการอบแห้งจากการเตรียมผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ	29
ตารางที่ 5.3	อุณหภูมิ ณ จุดต่าง ๆ ของเครื่องอบแห้งแบบถาด	31
ตารางที่ 5.4	ความชื้นของก้านใบเผือก ณ จุดต่าง ๆ ของเครื่องอบแห้งแบบถาดในแต่ละช่วงเวลา	34
ตารางที่ 5.5	ความชื้นเฉลี่ยของก้านใบเผือกที่ 60 , 70 และ 80 องศาเซนเซียส ในแต่ละช่วงเวลา	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ปัจจุบันนี้การทำแห้งอาหารเป็นวิธีการถนอมอาหารที่ได้รับความนิยมมากขึ้น เนื่องจากเป็นวิธีที่ทำได้ง่าย อาจทำได้โดยการอาศัยธรรมชาติ เช่น แสงแดดจากดวงอาทิตย์ หรือการให้พลังงานเพื่อทำให้เกิดความร้อนนำไปใช้ในการทำแห้ง เช่น พลังงานไฟฟ้า พลังงานจากแกสหรือน้ำมัน เปลี่ยนรูปเป็นพลังงานความร้อนแล้วใช้ตัวกลางเป็นตัวพาความร้อนไปยังอาหาร ได้แก่ ลม หรือการให้ความร้อนแก่อาหารโดยตรง อาหารที่ผ่านการทำแห้งสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานอีกทั้งการทำแห้งอาหารนั้นสามารถลดน้ำหนัก และปริมาตรของอาหารลงทำให้ง่ายต่อการบรรจุ , การเก็บรักษา และการขนส่ง ทำให้มีค่าใช้จ่ายต่ำ

เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ผลผลิตจากการเกษตรมีมากและเกินพอต่อการบริโภค หรือมีมากในบางฤดู ทำให้เกิดการเน่าเสียขึ้น ดังนั้นการนำผลผลิตทางการเกษตรมาแปรรูปเพื่อให้สามารถเก็บไว้ได้นาน ไม่เกิดการเน่าเสีย อีกทั้งสามารถรับประทานได้ตลอดทั้งปี ผลผลิตบางชนิดเรานำเพียงบางส่วนมาบริโภคเท่านั้น ทำให้เกิดของเหลือซึ่งของเหลือเหล่านี้ไม่ได้นำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ของเหลือเหล่านี้ยังมีคุณค่าอาหารอยู่มาก อีกทั้งยังเป็นที่นิยมรับประทานในบางประเทศ เช่น ก้านใบของต้นเผือก ทางแถบประเทศเกาหลีนิยมนำมาบริโภค ซึ่งเมื่อนำมาทำแห้งก็จะสามารถเก็บไว้ได้นาน และขณะนี้ได้เริ่มมีการทำก้านต้นเผือกอบแห้งเพื่อส่งออกไปขายยังประเทศเกาหลีบ้างแล้ว แต่ปัญหาที่พบคือ ปัญหาเรื่องสี เนื่องจากการเกิดสีน้ำตาล และการทำแห้งก้านใบต้นเผือกโดยการตากแดดต้องใช้เวลานาน ดังนั้นจะเห็นว่า ถ้านำก้านใบต้นเผือกมาหาคุณสมบัติที่เหมาะสมมาพัฒนาและปรับปรุง เพื่อรักษาคุณภาพของสี และสามารถเก็บไว้ได้นาน อีกทั้งสร้างเครื่องอบแห้งแบบถาด เพื่อลดเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง ซึ่งถ้าสามารถปรับปรุงและรักษาคุณสมบัติไว้ได้ ก็สามารถผลิตเพื่อส่งออก นำเงินตราเข้าประเทศ อีกทั้งนำของเหลือเหล่านั้นมาทำให้เกิดประโยชน์ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์ของการสร้างเครื่องอบแห้งแบบถาด

1. เพื่อพัฒนาความรู้ในด้านการอบแห้งผลิตภัณฑ์อาหารชนิดถาดให้กว้างขวางขึ้น ทั้งในด้านทฤษฎี และการปฏิบัติ

2. เพื่อทดสอบความสามารถของเครื่องอบแห้งชนิดถาดกับผลิตภัณฑ์อาหาร

3. เพื่อลดน้ำหนักของผลิตภัณฑ์อาหาร เพื่อประโยชน์ในการขนส่ง และคงคุณภาพเดิมให้มากที่สุด

4. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการอบ

5. เพื่อศึกษาถึงวิธีการเตรียมผลิตภัณฑ์ก่อนการอบที่ดีที่สุดในการอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการอบแห้ง

หลักการโดยทั่วไปของการอบแห้งผลิตภัณฑ์ คือการนำน้ำออกจากตัวผลิตภัณฑ์ในรูปของไอน้ำ โดยให้พลังงานที่ทำให้เกิดการกลายเป็นไอของน้ำ อาจเป็นในรูปของความร้อนและในรูปของพลังงานอื่นๆ ได้แก่ พลังงานกล ปฏิกิริยาเคมี ทำให้ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในอาหารลดต่ำลง เนื่องจากถ้าปริมาณน้ำหรือความชื้นที่มีในอาหารมีปริมาณสูง จะทำให้อาหารเน่าเสียได้ง่าย สาเหตุจากเชื้อจุลินทรีย์ และจากปฏิกิริยาในอาหารเอง ดังนั้นการดึงน้ำออกจากอาหารให้มีความชื้นลดลง จนพอเหมาะแก่อาหารจะทำให้อาหารนั้นเก็บรักษาไว้ได้นานขึ้น โดยจุดประสงค์หลักของการอบแห้งอาหารทั่วๆไปมีอยู่ 2 ประการ คือ

1. เพื่อต้องการลดปริมาณน้ำในอาหาร เพื่อป้องกันการเน่าเสียของอาหาร เนื่องจากจุลินทรีย์ซึ่งมีอยู่ทั่วๆไป ทั้งในน้ำ ดิน และอากาศ ดังนั้นโอกาสที่จุลินทรีย์จะสัมผัสกับอาหารก็มีมาก แต่อย่างไรก็ตามจุลินทรีย์จะมีความสามารถเจริญเติบโตในสภาวะแวดล้อมที่มีน้ำอยู่ในช่วงจำกัด ดังนั้นการลดปริมาณความชื้นให้พอเหมาะก็จะสามารถเก็บรักษาอาหารได้นานขึ้น

2. เพื่อต้องการลดน้ำหนักของอาหาร เพื่อสะดวกต่อการขนส่ง โดยการอบแห้งอาหารจะทำให้น้ำหนักเบาลง การบรรจุ การขนส่งก็สะดวก และประหยัด

2.1 หลักการพื้นฐานของการทำแห้ง

ข้อพิจารณาพื้นฐานอย่างหนึ่งของการทำแห้งผลิตภัณฑ์อาหาร คือ ลักษณะของน้ำในผลิตภัณฑ์ ร็อคแลนด์ (Rock Land 1969) ได้เสนอแนวความคิดเกี่ยวกับคุณสมบัติทางเคมี ทางกายภาพ และคุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิคส์ของชนิดของน้ำ (Bound Water) ไว้ว่า มีชนิดของน้ำไว้ 3 ชนิดในผลิตภัณฑ์อาหาร คือ

1. โมเลกุลของน้ำที่อยู่ระหว่างกลุ่มอิออน อันได้แก่ กลุ่มคาร์บอกซิล (Carboxyl group) และกลุ่มอะมิโน (Amino group)

2. โมเลกุลของน้ำที่จับเป็นพันธะไฮโดรเจนกับกลุ่มไฮดรอกซิล และกลุ่มอะมิโน

3. โมเลกุลน้ำอิสระที่พบในช่องว่างภายใน ซึ่งภายในจะมีแรงดันในท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

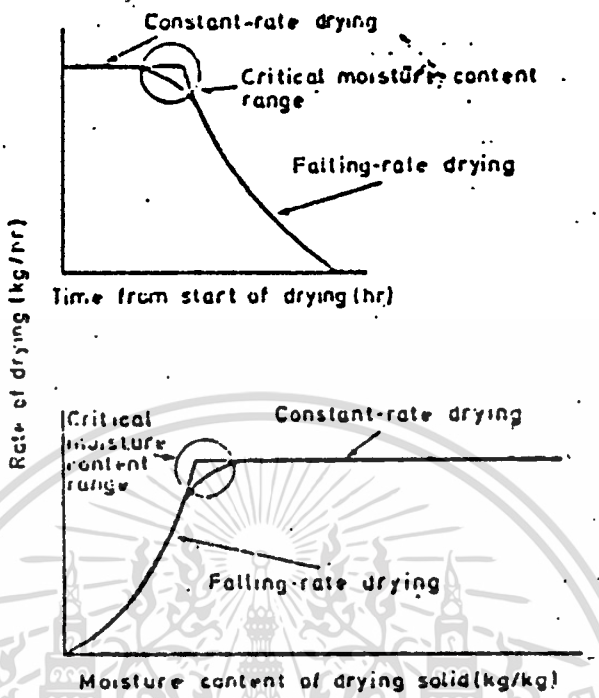
(Capillary force) และมีสารละลายประกอบอยู่ภายใน เป็นเหตุให้มีความดันไอต่ำ ความยากง่ายในการเคลื่อนที่ออกมาของน้ำจากภายในอาหารในระหว่างการทำแห้งขึ้นอยู่กับประเภทของน้ำที่ถูกทำแห้ง การลดความยากในการนำน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ โมเลกุลน้ำอิสระจะต้องถูกระเหยออกไปเป็นอันดับแรก ตามด้วยโมเลกุลของน้ำที่ทำพันธะไฮโดรเจน และสุดท้ายคือโมเลกุลของน้ำที่จับตัวกับกลุ่มอิออนิก ดังนั้นประเภทของโมเลกุลน้ำในผลิตภัณฑ์มีผลเกี่ยวเนื่องถึงพลังงานที่ต้องการในการเคลื่อนที่ความชื้นออกจากผลิตภัณฑ์ ซึ่งน้ำแต่ละชนิดจะต้องการปริมาณพลังงานที่แตกต่างกัน การออกแบบเครื่องมือที่ใช้ในการทำแห้งจึงมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องมากมาย

2.2 <u>เส้นกราฟอัตราการทำแห้ง</u> (Rate of Drying Curve)

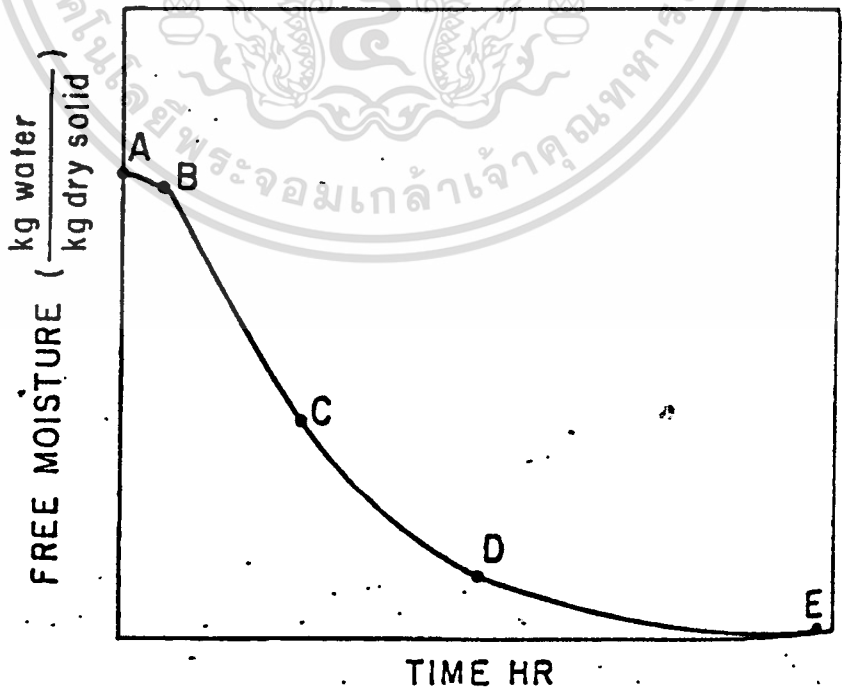
เส้นกราฟอัตราการทำแห้ง สามารถหาได้จากข้อมูลของความชื้นภายในจากการกระจายตัวของความชื้นจากผลิตภัณฑ์ไปยังกระแสของอากาศ โดยกระแสของอากาศนั้นมีอุณหภูมิ ความชื้น ความเร็ว คงที่ และทิศทางการไหลผ่านไปยังผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการทำแห้ง น้ำหนักของผลิตภัณฑ์จะถูกบันทึกไว้อย่างต่อเนื่องตลอดช่วงเวลาของการทำแห้ง ข้อมูลเหล่านี้ใช้ในการคำนวณค่าความชื้นภายในแบบมาตรฐานแห้ง (dry basis) w ต่อจากนั้นความชื้นภายในอิสระ ($w - w_e$) ก็จะถูกคำนวณขึ้น เมื่อ w_e คือ ความชื้นสมดุล (Equilibium moisture content) กราฟที่ได้ระหว่างความชื้นอิสระกับเวลา ดังแสดงในรูป 2.1 กราฟการทำแห้งที่แสดงในรูปสามารถอธิบายเป็นช่วงเวลาดังนี้ ช่วงแรกความชื้นจะเคลื่อนที่ออกไป โดยระเหยจากผิวหน้าที่อิ่มตัว ผิวหน้าที่อิ่มตัวจะค่อย ๆ ลดลง ตามมาโดยการระเหยของน้ำในส่วนภายในของผลิตภัณฑ์

กราฟความชื้นอิสระกับเวลาดังรูป 2.2 และ 2.3 อธิบายได้ในรูปของกราฟอัตราการทำแห้ง เส้นกราฟแสดงถึง ช่วงการอุ่นตัวเอง (Warming-up period AB), ช่วงอัตราคงที่ (Contant-rate period BC)และช่วงอัตราลดลง (Falling-rate period CE) ความชื้นที่จุด C เป็นจุดที่อัตราการทำแห้งเปลี่ยนแปลงจากอัตราคงที่ไปเป็นอัตราลดลง เรียกว่าจุดความชื้นวิกฤต (Critical moisture content) ความชื้นวิกฤตนี้มีค่าขึ้นกับปัจจัยหลาย ๆ อย่าง ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการทำแห้ง ในช่วงอัตราลดลงนั้นสามารถแบ่งออกเป็นช่วงย่อย ๆ ได้ 2 ช่วง คือ ช่วงอัตราลดลงช่วงแรก CD และช่วงอัตราลดลงช่วงที่สอง DE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

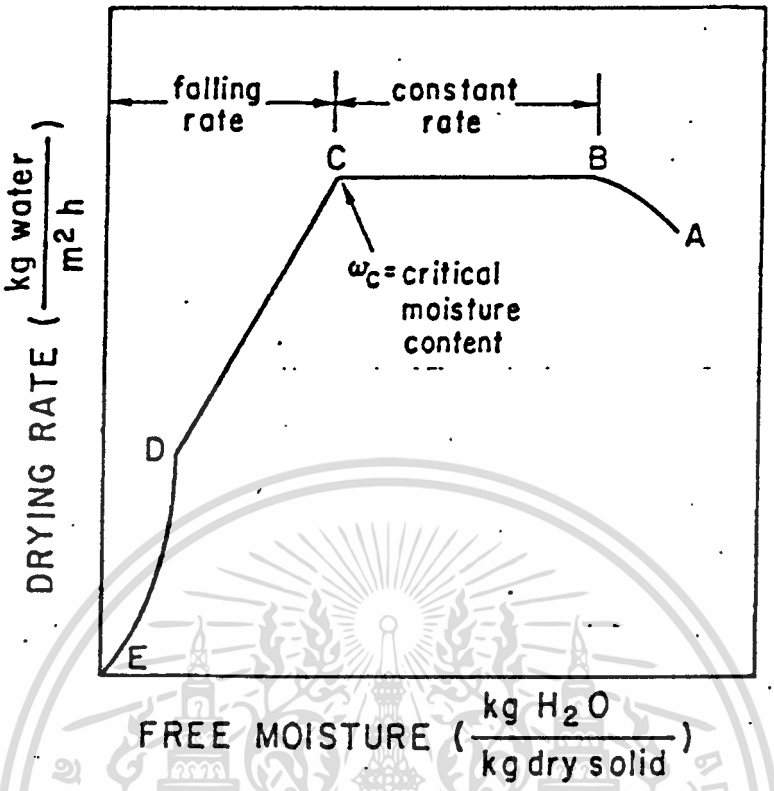


รูปที่ 2.1 กราฟแสดงอัตราการทำแห้ง



รูปที่ 2.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นอิสระกับเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 กราฟแสดงช่วงต่าง ๆของการทำแห้ง

1. ช่วงอัตราการทำแห้งคงที่

ในระหว่างช่วงที่อัตราการทำแห้งคงที่นั้น อัตราการเคลื่อนที่ออกของความชื้นจากผลิตภัณฑ์นั้นถูกจำกัดโดยอัตราการระเหยของน้ำจากบนผิวหน้าหรือภายในผลิตภัณฑ์ อัตราการทำแห้งยังคงดำเนินไปเรื่อย ๆ นานเท่าที่ความชื้นภายในเคลื่อนที่ออกมายังผิวหน้าที่มีการระเหยเป็นไปอย่างรวดเร็วกว่าการระเหยที่เป็นการนำน้ำออกมายังผิวหน้า

อัตราการระเหยบริเวณผิวหน้านั้นขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ตัว ดังแสดงในสมการ

$$\frac{dw}{dt} = \frac{hA(T_{\infty}-T_s)}{L} = k_m A(H_{\infty}-H_s) \text{ ----------(2.1)}$$

เมื่อ h คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (Heat-transfer coefficient) บอกถึงสภาวะบริเวณผิวหน้าของผลิตภัณฑ์

k_m คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวล (Mass-transfer coefficient) บอกถึงความชื้นที่ถ่ายเทไปยังอากาศรอบ ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ta คือ อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศ (dry bulb temperature)

Tw คือ อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศ (wet bulb temperature)

H_w คือ ความชื้นสมบูรณ์ที่สภาวะกระเปาะเปียก

จากสมการ (2.1) อัตราการระเหยถูกจำกัดโดยค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนที่มีค่าต่ำจากอากาศไปยังน้ำบริเวณผิวหน้า หรืออัตราการถ่ายเทมวลที่ต่ำของความชื้นที่เคลื่อนที่จากน้ำบริเวณผิวหน้าไปยังอากาศ

การวัดค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลนั้นทำได้ไม่ง่ายนัก ในช่วงสภาวะที่อยู่ระหว่างอัตราการทำแห้งคงที่ โดยทั่วไปใช้ค่าประมาณที่นำไปใช้กับเลวิสนัมเบอร์ (Lewis Number) ดังนี้

$$N_{Lc} = \frac{h}{k_m C_p} \qquad \text{----------(2.2)}$$

โดยปกติแล้วในสภาวะที่อยู่ระหว่างอัตราการทำแห้งคงที่ ค่าเลวิสนัมเบอร์มีค่าประมาณหนึ่งหน่วย และค่า $k_m \sim 0.8h$ เมื่อ $C_p = 1.21$ กิโลจูลต่อกิโลกรัมต่อองศาเซลเซียส สำหรับอากาศ

2. ช่วงอัตราการทำแห้งลดลง

หลังจากที่ถึงจุดความชื้นวิกฤตแล้ว กระบวนการทำแห้งจะดำเนินต่อไปโดยมีอัตราที่ลดลงในลักษณะเชิงเส้นด้วยการลดลงของความชื้น ในผลิตภัณฑ์บางชนิดจะมีช่วงอัตราการทำแห้งลดลงมากกว่าหนึ่งช่วง

ในช่วงแรกของอัตราการทำแห้งลดลง บริเวณผิวหน้าอิ่มตัวจะลดลงเนื่องจากความชื้นจะเคลื่อนที่ออกไป ซึ่งเป็นช่วงที่ไม่ยาวนักเนื่องจากไม่มีความชื้นสนับสนุนเพียงพอ อัตราการทำแห้งจะลดลง ขณะเดียวกันบริเวณผิวหน้าที่ไม่ตัวอิ่มจะเพิ่มขึ้น ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการทำแห้งลดลงคืออิทธิพลของความชื้นที่เคลื่อนที่ออกจากผลิตภัณฑ์ นั่นคือความชื้นภายในที่เคลื่อนที่ออกมา ดังรูปที่ 2.4

กอรลิ่ง (Gorling 1958) ได้อธิบายถึงกลไกที่มีผลในความชื้นที่เคลื่อนที่ออกจากเซลภายในผลิตภัณฑ์ คือ

ก) ของเหลวเคลื่อนที่โดยแรงดันภายในท่อ (Capillary force)

ข) การแพร่กระจายของของเหลว

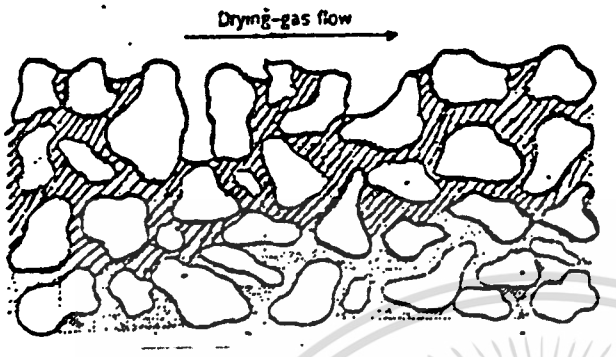
ค) พื้นผิวการกระจาย

ง) การกระจายของความดันไอน้ำ

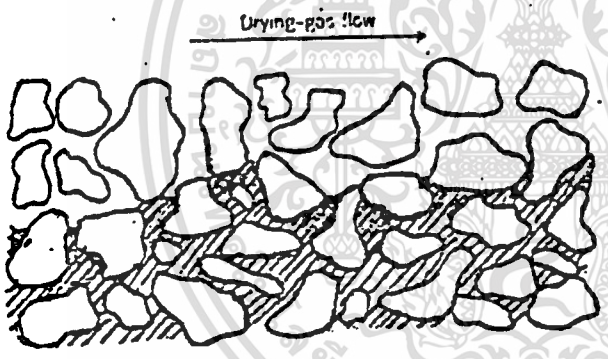
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค) พื้นผิวการกระจาย

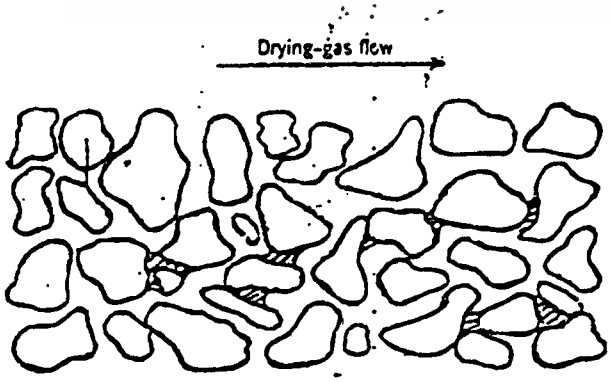
ง) การกระจายของความดันไอน้ำ



การกระจายตัวของน้ำในช่องว่างระหว่างอนุภาคของแข็งในช่วงแรกที่อัตราการอบแห้งลดลง (First falling rate period)



การกระจายตัวของน้ำในช่องว่างระหว่างที่อัตราการอบแห้งลดลงในช่วงที่สอง (Second falling rate period)



หลังจากการอบแห้งเสร็จ จะมีน้ำกระจายตัวอยู่ตามช่องว่าง ที่ไม่สามารถระเหยออกมาได้

รูปที่ 2.4 ลักษณะการระเหยของน้ำในระหว่างการทำแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2.3 ความชื้นสมดุล (Equilibrium moisture content , W_e)

เป็นปริมาณความชื้นที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ หลังจากอัตราการทำแห้งลดลงเรื่อย ๆ จนเป็นศูนย์แล้ว ความชื้นที่เหลือนี้จะคงอยู่ในผลิตภัณฑ์แห้งไม่ว่าจะใช้ระยะเวลาอบแห้งนานสักเท่าใด ถ้าไม่เปลี่ยนสภาวะของอากาศร้อนที่ใช้ในการอบแห้ง

2.4 วอเตอร์แอคติวิตี้ (Water activity)

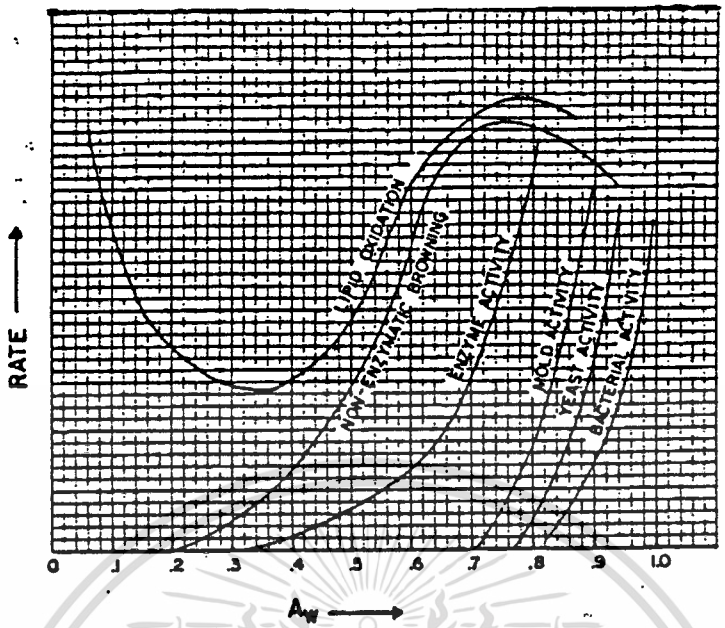
การทำแห้งอาหารถือว่าเป็นการถนอมอาหาร เพราะว่าค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของน้ำถูกทำให้ลดลงถึงระดับที่จุลินทรีย์ไม่สามารถทำงานได้ และปฏิกิริยาเคมีไม่สามารถเกิดขึ้นได้ อัตราการเกิดปฏิกิริยาชีวเคมีถูกทำให้ลดลงเหลือน้อยที่สุด ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) สามารถวัดได้ในรูปของความชื้นสัมพัทธิ์ , เปอร์เซนต์ความชื้นสัมพัทธิ์ของบรรยากาศที่สัมผัสกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการดูดกลืนหรือคายน้ำ หรือหาได้จากอัตราส่วนความชื้นย่อยของน้ำในผลิตภัณฑ์ (P) ความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ (P^o) ที่อุณหภูมิเดียวกัน ดังสมการ

$$a_w = ERH = \frac{P}{P^o} \qquad \text{----------(2.3)}$$

ความสัมพันธ์ระหว่าง a_w และอัตราการเกิดปฏิกิริยาการเสื่อมเสียในอาหาร ดังรูปที่ 2.5 เมื่อ a_w ลดลงต่ำกว่า 0.7 สามารถป้องกันการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าอาหารจะไม่เสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ที่ a_w เท่ากับ 0.7 ปฏิกิริยาการเสื่อมเสียอื่น ๆ ยังคงเกิดขึ้น และเพื่อที่จะถนอมรักษาผลิตภัณฑ์อาหารโดยวิธีการทำแห้ง ค่า a_w จะต้องมีค่าต่ำ จนถึงระดับที่ซึ่งปฏิกิริยาการเสื่อมเสียมีอัตราน้อยที่สุด

027939

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



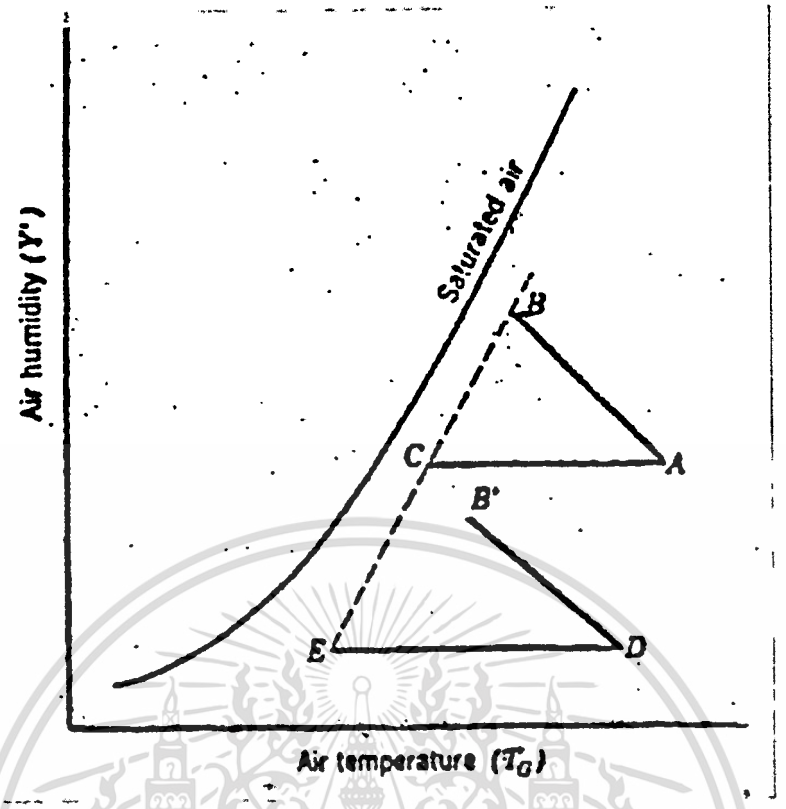
รูปที่ 2.5 ลักษณะการเกิดปฏิกิริยาและการเกิดจุลินทรีย์ในช่วง a_w ต่าง ๆ

2.5 หลักการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบถาด

เพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน อากาศร้อนที่พัดผ่านผิวหน้าของอาหารมาแล้ว จะมีการนำอากาศร้อนบางส่วนกลับมาใช้ใหม่ อากาศใหม่ที่ได้จะเป็นอากาศผสม คือมีทั้งอากาศร้อนชื้นที่ผ่านการใช้ในเครื่องอบแห้งมาแล้ว (Recycle Air) และอากาศบริสุทธิ์ (Fresh Air) ดังรูปที่ 2.6 โดยเริ่มต้นอากาศผสมถูกทำให้ร้อน และเข้าสู่เครื่องอบที่จุด A หลังจากเข้าสู่เครื่องอบและถ่ายเทความร้อนให้กับอาหารในเครื่องอบแล้ว อากาศผสมนี้จะดูดความชื้นไว้ ทำให้มีความชื้นมากขึ้น และอุณหภูมิลดลง ไหลออกจากเครื่องอบด้วยสภาวะที่แสดงด้วยจุด B หลังจากนั้นอากาศชื้นที่ออกมาตรงจุดนี้จะไปผสมกับอากาศบริสุทธิ์ซึ่งมีคุณสมบัติอยู่ที่จุด E อากาศผสมจะมีความชื้นและอุณหภูมิอยู่ที่จุด C เมื่อทำให้ร้อนจนถึงจุด A ก็จะนำกลับไปใช้ในการถ่ายเทความร้อนในตู้อบใหม่วนเวียนไปในลักษณะนี้

ในกรณีที่ไม่มีการนำอากาศร้อนชื้นกลับมาใช้ใหม่ ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของอากาศจะเป็นไปตามเส้น E-C-B'

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แสดงคุณสมบัติของอากาศที่มีการนำกลับมาใช้ใหม่

2.6 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการอบแห้ง

ในการอบแห้งอาหารนั้น ปัจจัยต่าง ๆ ที่จะทำให้การอบแห้งเกิดขึ้นเร็วหรือช้านั้น มีดังนี้

1. ลักษณะทางธรรมชาติของอาหาร อาหารที่มีพื้นที่ผิวมาก ๆ จะทำให้อัตราการอบแห้งเกิดขึ้นได้เร็ว ดังนั้นอาหารที่มีรูพรุนมาก ๆ การอบแห้งก็จะทำได้เร็ว

2. ขนาดและรูปร่างของอาหาร โดยทั่ว ๆ ไปจะคำนึงเฉพาะขนาดความหนาของอาหาร อาหารที่มีความหนาสูงก็จะแห้งช้ากว่าอาหารที่มีความหนาต่ำ

3. ปริมาณและการจัดเรียงอาหาร ถ้าใส่อาหารมากเกินไปในเครื่องอบแห้ง ก็จะทำให้การทำแห้งทำได้ไม่ทั่วถึง น้ำระเหยออกได้ไม่ดี ความร้อนเข้าไปไม่ค่อยถึง และถ้าจัดเรียงอาหารไม่ดี ก็จะทำให้อัตราการอบแห้งเกิดได้ช้ามาก

4. อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลมก็เป็นปัจจัยที่สำคัญ และต้องสอดคล้องกันด้วย กล่าวคือ ถ้าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ อุณหภูมิได้ตามที่ต้องการ และสัมพันธ์กับความเร็วลม อัตราการทำแห้งก็จะเร็ว

เอกสารนี้ ... ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ลักษณะของต้นเผือก

3.1 เผือก

เผือกเป็นพืชหัวชนิดหนึ่ง เป็นพืชล้มลุก ต้นมีลักษณะคล้ายต้นบอน ประชากรของประเทศในเขตร้อนเกือบทั่วโลกรู้จักเผือกเป็นอย่างดี ส่วนใหญ่นิยมบริโภคส่วนหัวของต้นเผือก สำหรับบางประเทศ เช่น เกาหลี นิยมรับประทานต้นเผือกบริเวณก้านใบ ประเทศไทยนั้นรับประทานเผือกโดยประกอบเป็นอาหารคาว และทำขนม ปริมาณการใช้ยังไม่มากเหมือนพืชชนิดอื่น

3.2 ประวัติความเป็นมา

เผือกมีชื่อสามัญเป็นภาษาอังกฤษว่า ทาโร (Taro) ซึ่งแปลว่า เผือกในภาษาโพลีเชี่ยนที่ชาวเกาะตาฮิติใช้กันอยู่ นอกจากนี้ยังมีชื่ออื่นอีก คือ โอลด์ โคโคแยม (Old Cocoyam), แดชเชน (Dashen หรือ Dasheen) และ เอดโด (Eddo หรือ Eddoe)

เผือกมีถิ่นกำเนิดอยู่ในแถบตะวันออกเฉียงใต้ของทวีปเอเชีย และแถบมหาสมุทรแปซิฟิก เป็นอาหารหลักของชาวนิวกินี ประเทศไทยในปัจจุบันมีการปลูกเผือกในจังหวัดต่างๆทั่วประเทศ มีการปลูกมากที่สุดในจังหวัดในภาคกลาง ซึ่งมีเนื้อที่ปลูกมากกว่าครึ่งหนึ่งของเนื้อที่ปลูกทั้งหมดของประเทศ

3.3 ลักษณะทั่วไป

เผือกเป็นพืชที่มีอายุมากกว่า 1 ปีขึ้นไป เพอเรนเนียล (perennial) หัวเผือกเป็นลำต้นที่เกิดอยู่ใต้ดินประกอบด้วยหัวใหญ่ 1 หัว และมีหัวเล็กๆ แตกออกรอบๆ ขนาด รูปร่างของ สีของเนื้อเผือก มีความแตกต่างกันออกไปตามพันธุ์ ลักษณะก้านใบและใบคล้ายต้นบอน

3.4 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

เผือกมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า โคโลคาเซีย เอสคูเล็นตา (แอล) ชอตต์ (*Colocacia esculenta (L) Schott*) อยู่ในตระกูล อราเซีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Araceae) ที่ทราบมีเผือกอยู่กว่า 200 พันธุ์ ในเมืองไทยนั้นมีอยู่หลายพันธุ์เหมือนกัน เผือกเป็นพืชล้มลุกที่มีอายุอยู่ได้หลายฤดู ลำต้นใต้ดินเจริญเติบโตกลายเป็นหัวและมีหัวเล็กๆ ล้อมรอบ หัวมีขนาดและรูปร่างแตกต่างกันออกไป ต้นสูงประมาณ 1 - 2 เมตร ใบใหญ่ เป็นรูปหัวใจ มีขนาดสีต่างๆกัน เผือกต้นหนึ่งจะมีใบไม่เกิน 16 ใบ ใบเกิดจากใต้ดิน ดอกมีถึง 2 - 5 ช่อดอกอยู่ในก้านใบ ช่อดอกมีก้านยาว 15 - 30 เซนติเมตร ดอกจะบานทยอยกันเรื่อยๆ ดอกตัวเมียมักไม่มี ดอกตัวผู้หนึ่งดอกจะมีก้านเกสรตัวผู้ 2 - 3 อัน ผลมีสีเขียว เปลือกบาง ไม่ค่อยมีเมล็ด

นักพฤกษศาสตร์ได้แบ่งเผือกออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. ประเภทเอดโด (eddoe) ได้แก่ ซี. เอสคูเล็นตา วาร์. แอนติโควรุม (*C. esculenta var. antiquorum*) หรือ ซี. เอสคูเล็นตา วาร์. โกลบุลิเฟอรา (*C. esculenta var. grobulifera*) ได้แก่ เผือกที่มีหัวขนาดไม่ใหญ่ และมีหัวเล็กกว่าล้อมรอบหลายหัว ทุกหัวรับประทานได้ และใช้ทำพันธุ์ได้

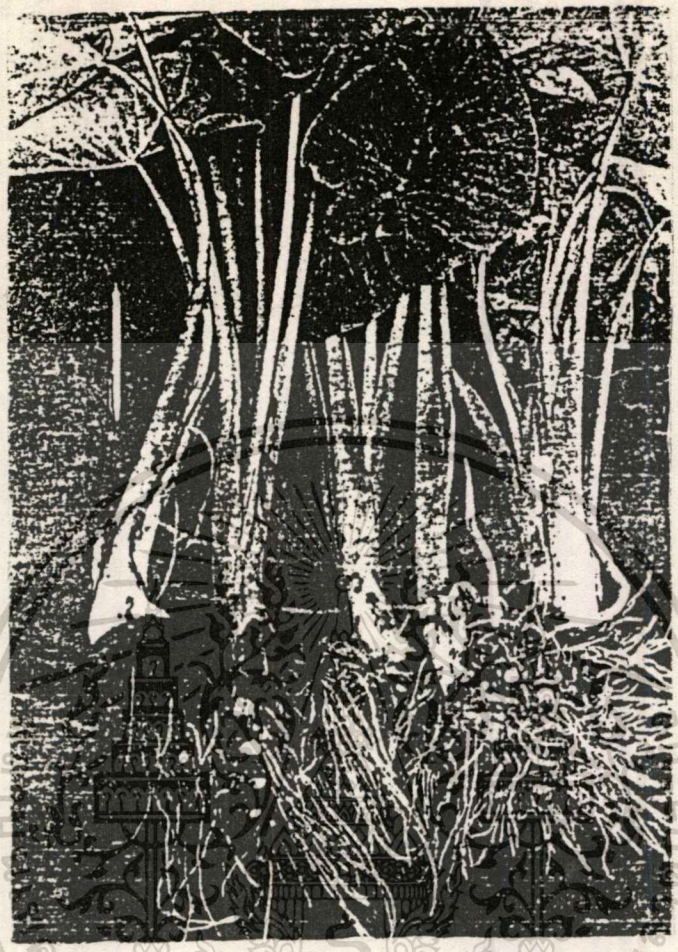
2. ประเภทแดชชีน (dasheen) ได้แก่ ซี. เอสคูเล็นตา วาร์. เอสคูเล็นตา (*C. esculenta var. esculenta*) ได้แก่ เผือกที่มีหัวขนาดใหญ่และมีหัวขนาดเล็กๆล้อมรอบ หัวใหญ่ใช้รับประทาน ส่วนหัวเล็กมักใช้ทำพันธุ์ เผือกประเภทนี้ได้แก่เผือกหอม ซึ่งเป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกกันโดยทั่วไปในประเทศไทย

3.5 <u>ทำเลและฤดูปลูก</u>

เผือกขึ้นได้ทั้งในดินที่มีความชื้นสูง ที่ลุ่มและที่ดอนน้ำไม่ท่วมจึงมีการปลูกในที่ทั้ง 2 ประเภท ถึงแม้เผือกจะขึ้นได้ทั้งที่ดอนและที่ลุ่มก็ตามแต่ถ้าขาดน้ำเผือกจะไม่เจริญเติบโต เผือกชอบดินร่วนปนทราย เผือกที่ปลูกในดินเหนียวหัวมักจะผอมยาวไม่อวบสวยเหมือนปลูกในดินร่วน เผือกชอบดินที่มีหน้าดินลึก มีการระบายน้ำดี

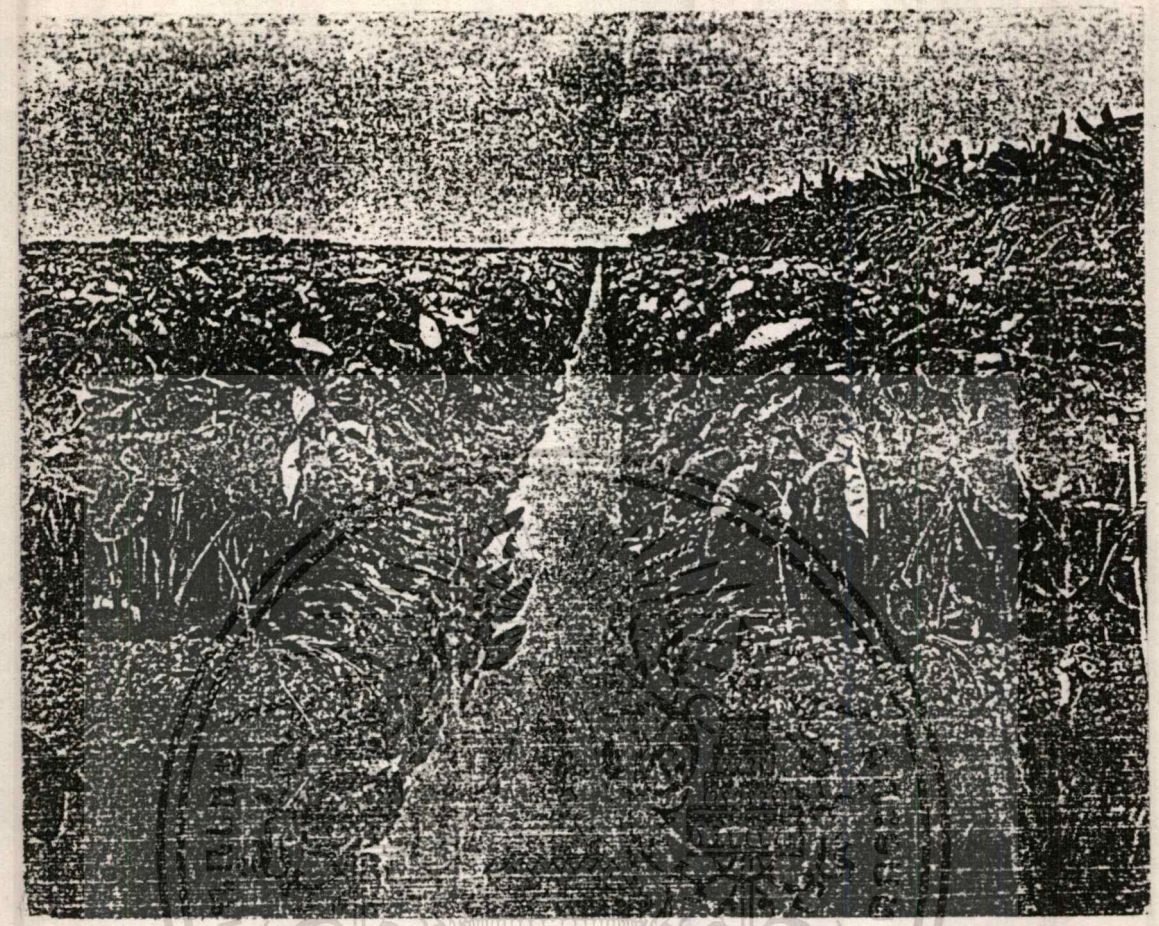
ถ้าจะปลูกเผือกเป็นพืชหลังนา ควรจะลงมือปลูกตั้งแต่เดือน 3 (กุมภาพันธ์) ไม่ควรเกินเดือน 5 (เมษายน) เมื่อเก็บเกี่ยวเผือกแล้วจะปลูกข้าวได้ทันฝน และไม่ทำให้หัวเผือกเน่าเสียหายเพราะฝนตกชุก น้ำขังนาในระยะที่เผือกแก่ แต่ถ้าปลูกเผือกเป็นพืชหลักโดยเฉพาะและทำเลอยู่ในเขตชลประทานก็สามารถที่จะปลูกเผือกได้ตลอดทั้งปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 ลักษณะของต้นเผือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 ลักษณะของแปลงที่ใช้ปลูกต้นเผือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การคำนวณและการสร้างเครื่อง

4.1 ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ

- ความชื้นในก้านใบเผือกเริ่มต้น	95 % (มาตรฐานเปียก)
- ความชื้นในก้านใบเผือกที่ต้องการ	10 % (มาตรฐานเปียก)
- น้ำหนักก้านใบเผือกก่อนอบ	50 กิโลกรัม
- ปริมาตรต้อบ	0.8 ลูกบาศก์เมตร
- อุณหภูมิลมจากภายนอก	25 องศาเซลเซียส
- ความชื้นสัมพัทธ์ของลมจากภายนอก	70 %
- อุณหภูมิลมที่ออกจากเครื่องทำความร้อน	70 องศาเซลเซียส
- ความชื้นสัมพัทธ์ของลมที่ออกจากเครื่อง	85 %
- เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง	12 ชั่วโมง

4.2 การคำนวณหาปริมาณลมที่ใช้ในการอบแห้ง

ต้องการลดความชื้นภายในก้านใบเผือกจาก 95 % เป็น 10 %

จาก น้ำหนักแห้งก่อนอบ = น้ำหนักแห้งหลังอบ

$$(100 - MC_1)\, W_1 = (100 - MC_2)\, W_2 \qquad (1)$$

เมื่อ MC_1 : ความชื้นภายในก้านใบเผือกก่อนอบ

MC_2 : ความชื้นภายในก้านใบเผือกหลังอบ

W_1 : น้ำหนักก้านใบเผือกก่อนอบ

W_2 : น้ำหนักก้านใบเผือกหลังอบ

แทนค่าใน (1)

$$(100 - 95)\, 50 = (100 - 10)\, W_2$$

$$W_2 = 2.78 \text{ กิโลกรัม}$$

เพราะฉะนั้น ปริมาณน้ำที่ต้องนำออก $= W_1 - W_2$

$$= 50 - 2.78$$

$$= 47.22 \text{ กิโลกรัม}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก แผนภูมิไซโครเมตริก (รูปที่ 4.1)

อัตราส่วนความชื้นที่ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70 %

(w_1) = 0.014 กิโลกรัมน้ำ/กิโลกรัมอากาศ

อัตราส่วนความชื้นที่ 34 องศาเซลเซียส* ความชื้นสัมพัทธ์ 85 %

(w_2) = 0.029 กิโลกรัมน้ำ/กิโลกรัมอากาศ

เพราะฉะนั้น $w_2 - w_1$ = 0.029 - 0.014

= 0.015 กิโลกรัมน้ำ/กิโลกรัมอากาศ

จาก อัตราการอบแห้ง = $\frac{\text{ปริมาณน้ำที่ต้องนำออก}}{\text{เวลาที่ใช้ในการอบ}}$

= $\frac{47.22}{12}$

= 3.935 กิโลกรัมน้ำ/ชั่วโมง

ดังนั้น มวลอากาศที่ใช้ในการอบแห้ง = $\frac{3.935}{0.015}$

= 262.33 กิโลกรัมอากาศ/ชั่วโมง

จาก แผนภูมิไซโครเมตริก ที่ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % ปริมาตรจำเพาะ = 0.865 ลูกบาศก์เมตร/กิโลกรัมอากาศ

ปริมาณลมที่ใช้ = 262.33 x 0.865

= 226.92 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

4.3 การคำนวณหาขนาดของเครื่องทำความร้อน

จาก แผนภูมิไซโครเมตริก

เอนทาลปี (h_1) = 61 กิโลจูล/กิโลกรัมอากาศ

เอนทาลปี (h_2) = 109 กิโลจูล/กิโลกรัมอากาศ

Δh = $h_2 - h_1$

= 109 - 61

= 48 กิโลจูล/กิโลกรัมอากาศ

* เป็นค่าที่ได้จากแผนภูมิไซโครเมตริก เป็นอุณหภูมิสุดท้ายของการลดความชื้นอาหารที่อุณหภูมิ 70 องศาเซนเซียส ที่เอนทาลปีคงที่จนเหลือความชื้นสัมพัทธ์ 85 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะฉะนั้น ความร้อนที่ต้องการ = 262.33 x 48

= 12591.84 กิโลจูล/ชั่วโมง

1 กิโลจูล/ชั่วโมง เท่ากับ 2.778×10^{-4} กิโลวัตต์

= 3.498 กิโลวัตต์

จากการคำนวณที่ได้ สามารถเลือกขนาดและชนิดของพัดลมและมอเตอร์ และเครื่องทำความร้อนให้เป็นไปตามมาตรฐานของท้องตลาดได้ดังนี้

ชนิดของมอเตอร์และพัดลม คือ พัดลมชนิดไหลตามแนวแกน ขนาด 1/4 แรงม้า ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใบพัด 12 นิ้ว อัตราการไหลของลม 750 ลูกบาศก์ฟุต/นาที (21 ลูกบาศก์เมตร/นาที)

ชนิดของเครื่องทำความร้อน คือ เครื่องทำความร้อนแบบครีบ รูปตัวยู ขนาด 1000 วัตต์ จำนวน 4 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้ง

จากขนาดของเครื่องอบแห้งที่ต้องการ ขนาดของพัดลม และเครื่องทำความร้อนสามารถออกแบบเครื่องอบแห้งแบบถาด ดังรูปที่ 4.2 และ 4.3

โดยมีส่วนประกอบของเครื่องดังนี้

1. ตู้เหล็กบุฉนวนทรงสูง ขนาด 105 x 105 x 155 เซนติเมตร (41.33 x 41.33 x 61.02 นิ้ว) เป็นส่วนที่คลุมตู้อบภายใน พัดลม เครื่องทำความร้อน และอุปกรณ์ควบคุมทั้งหมด ที่ผนังทางด้านขวา เจาะรูขนาด 30 x 30 เซนติเมตร (11.81 x 11.81 นิ้ว) ทางด้านล่างเพื่อเป็นทางเข้าของอากาศจากภายนอกที่ใช้ในการอบแห้ง ส่วนทางด้านบน ติดตั้งพัดลมดูดอากาศขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12.5 เซนติเมตร(5 นิ้ว) เพื่อเป็นทางออกของอากาศร้อนชื้นที่ใช้ในการอบแห้งแล้ว

2. ประตู ขนาด 105 x 112 x 5 เซนติเมตร (41.33 x 44.09 x 2 นิ้ว) บานเดียว เปิดออกทางด้านขวา ด้านนอกเป็นแผ่นเหล็ก ด้านในเป็นแผ่นสเตนเลส ภายในประตูบุด้วยฉนวน

3. ตู้อบหรือห้องอบภายใน (Drying Chamber) ทำด้วยสแตนเลส รูปทรงสี่เหลี่ยม ขนาด 85 x 100 x 100 เซนติเมตร (33.46 x 40 x40 นิ้ว) เจาะรูด้านข้างทั้งสองด้าน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.2 เซนติเมตร (0.89 นิ้ว) เพื่อให้ลมร้อนผ่านเข้าทางด้านซ้าย และออกทางด้านขวาอยู่ภายในตู้เหล็กบุฉนวน ภายในมีชั้นวางถาดที่ใช้ในการอบแห้ง จำนวน 6 ชั้น

4. ถาดที่ใช้วางอาหาร ทำด้วยตะแกรงอลูมิเนียม เพื่อให้มีน้ำหนักเบา และลมพัดผ่านอาหารได้สะดวก ขนาด 83 x 95 เซนติเมตร (32.68 x 37.40 นิ้ว)

5. แผ่นกั้นลม ทำด้วยสแตนเลส มีหน้าที่ควบคุมการไหลของลมให้ไหลเวียนกลับมาใช้ใหม่ได้

6. เครื่องทำความร้อนแบบครีบรูปตัวยู ขนาด 1000 วัตต์ 4 ตัว (5.36 แรงม้า) เรียงเป็นแผงอยู่ส่วนล่างของตู้อบภายใน หน้าพัดลม

7. พัดลมและมอเตอร์ชนิดไหลตามแนวแกน ขนาด 186.5 วัตต์ (1/4 แรงม้า) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร(12 นิ้ว) อยู่ด้านล่างของตู้อบ อยู่ระหว่างช่องทางเข้าของอากาศ และเครื่องทำความร้อน มีอัตราไหลของลมประมาณ 21 ลูกบาศก์เมตร/นาที (750 ลูกบาศก์ฟุต/นาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. พัดลมระบายอากาศ เป็นพัดลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 12.5 เซนติเมตร (5 นิ้ว) มีอัตราไหลของลมประมาณ 3.22 ลูกบาศก์เมตร/นาที (115 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที) ติดตั้งอยู่บริเวณส่วนบนของด้านข้าง ซึ่งเป็นด้านเดียวกับพัดลมดูดอากาศจากภายนอก

9. แผงกรองอากาศ ติดที่ทางเข้าและทางออกของอากาศ

10. อุปกรณ์ควบคุม ประกอบด้วย

ก. เครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Control) มีหน้าที่ควบคุมให้แมคเนติค คอนแทคเตอร์ (magnetic Contactor) ทำงานตามอุณหภูมิที่ตั้งไว้ และยังเป็นตัวแสดงอุณหภูมิขณะนั้นด้วย

ข. เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) ชนิด CA(K) มีหน้าที่วัดอุณหภูมิภายในตู้อบ

ค. แมคเนติคคอนแทคเตอร์ (magnetic Contactor) มีหน้าที่ที่ช่วยเครื่องควบคุมอุณหภูมิตัดต่อวงจรให้ได้ตามต้องการ

ง. เบรคเกอร์ (Breaker) 30A มีหน้าที่ตัดกระแสไฟฟ้าเกิน 30 แอมแปร์ และยังทำหน้าที่ตัดต่อไฟฟ้าเข้าสู่ระบบควบคุมด้วย

จ. ฟิวส์ลูกถ้วย คอยควบคุมไม่ให้ไฟฟ้าลัดวงจรเมื่อมีกระแสเกิน 30 แอมแปร์

ฉ. สวิทช์และไฟเตือน สวิทช์มี 3 ตัว ทำหน้าที่ปิด-เปิดการทำงานของพัดลมดูดอากาศจากภายนอก การทำงานของพัดลมระบายอากาศ และการทำงานของเครื่องทำความร้อน ส่วนไฟเตือนมี 2 ดวง สีเขียวแสดงว่ามีไฟฟ้าเข้าสู่ระบบ และสีส้มแสดงการทำงานของเครื่องทำความร้อน

4.5 ขั้นตอนการทำงาน

1. สับสวิทช์เบรคเกอร์ ไปยังจุด ON ไฟสีเขียวจะติดเมื่อมีไฟฟ้าเข้าสู่เครื่องอบ

2. ตั้งอุณหภูมิที่เครื่องควบคุมอุณหภูมิตามที่ต้องการ

3. เปิดสวิทช์เครื่องทำความร้อนและพัดลมดูดอากาศจากภายนอก

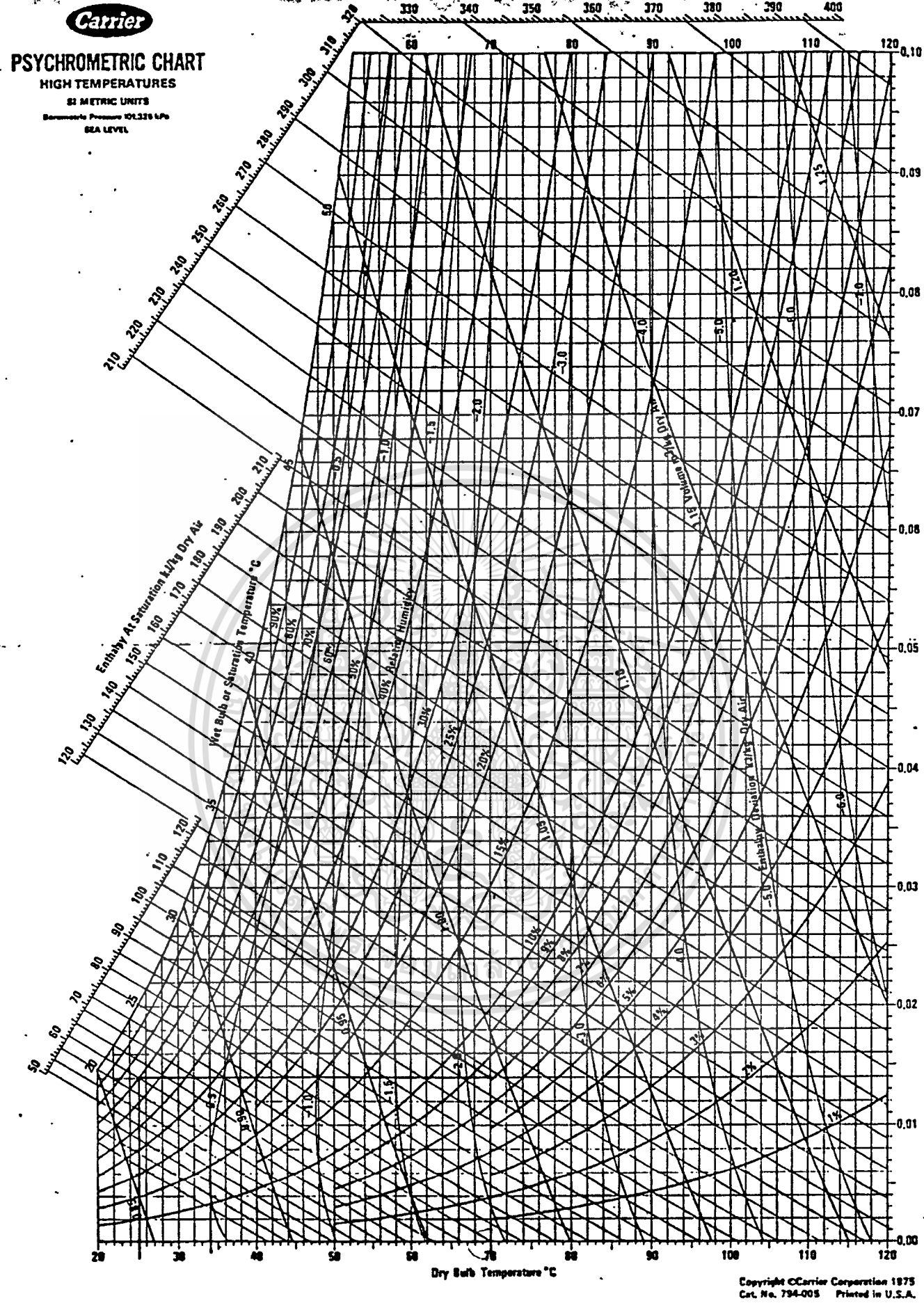
4. เปิดพัดลมระบายอากาศ

5. เมื่อการทำแห้งเข้าสู่ช่วงอัตราการทำแห้งลดลง ก็เปิดแผ่นกั้นลมให้ลมย้อนกลับได้ และปิดพัดลมระบายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

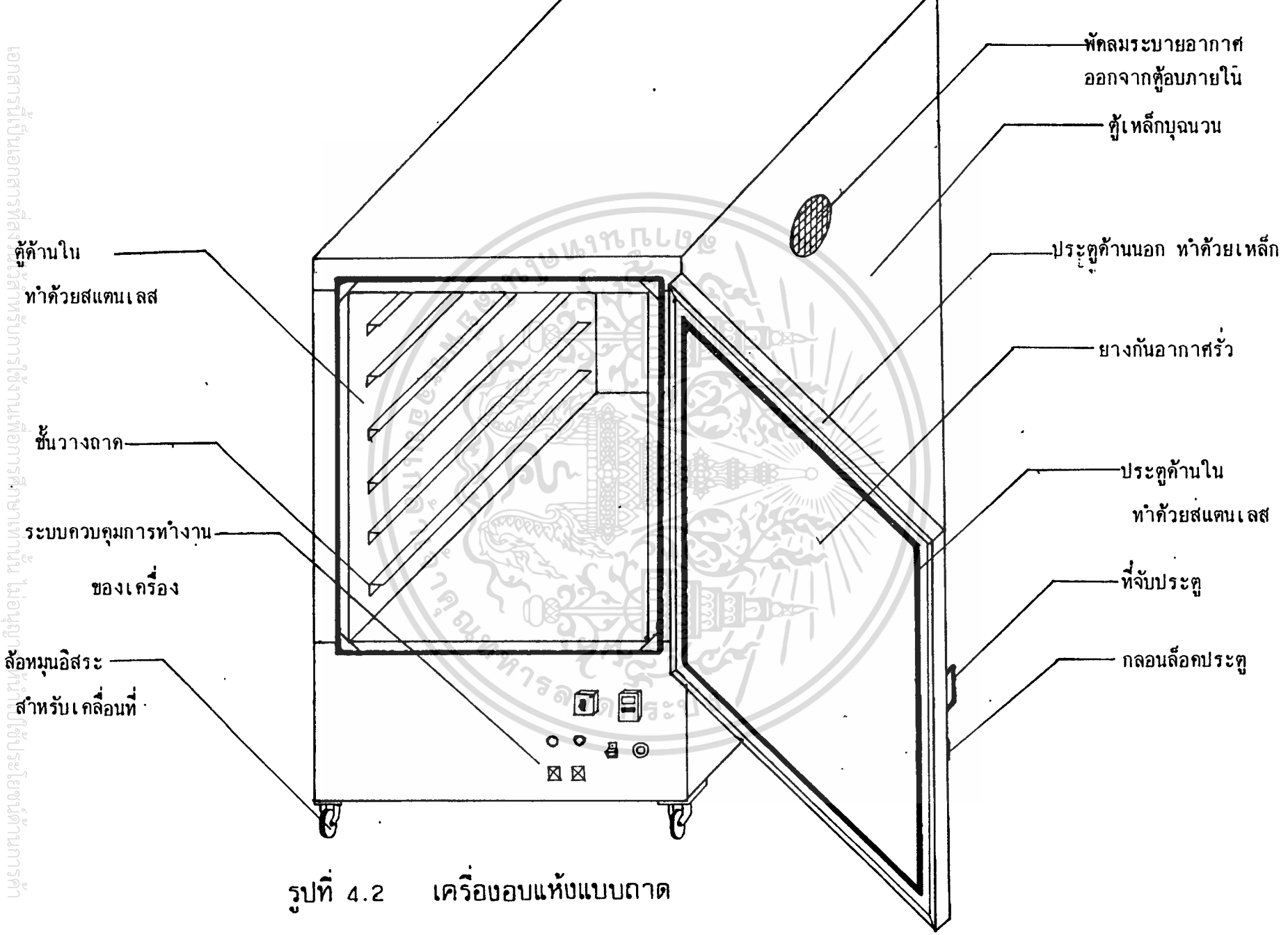
6. หลังจากใช้งานต้องสับสวิทช์ทุกตัวไปที่ตำแหน่ง OFF และ สับสวิทช์เบรคเกอร์ไปยังตำแหน่ง OFF ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

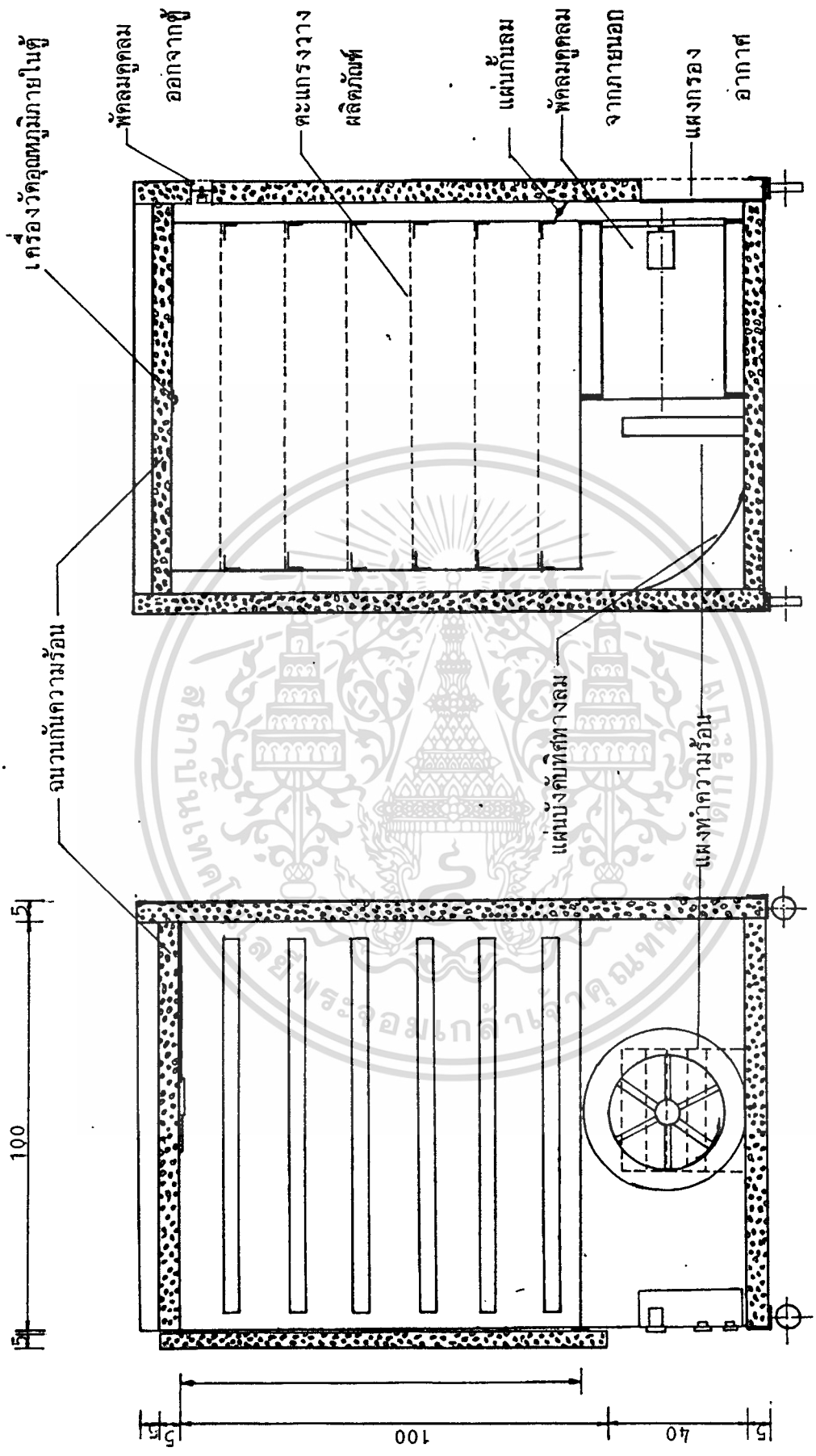


รูปที่ 4.1 แผนภูมิไซโครเมตริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

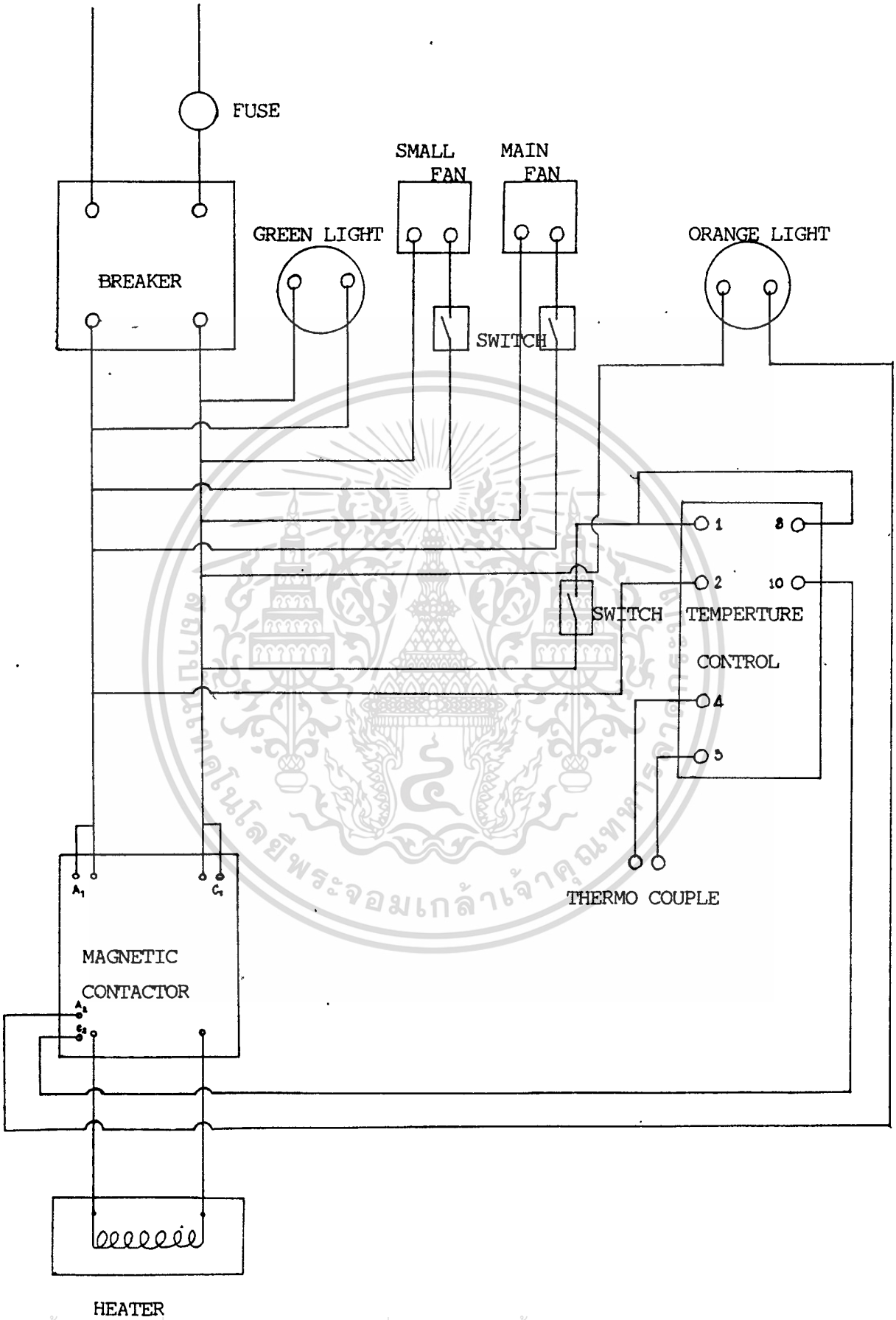


รูปที่ 4.2 เครื่องอบแห้งแบบถาด



รูปที่ 4.3 โครงสร้างภายในของเครื่องอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แสดงผังวงจรควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การทดลองและวิธีการทดลอง

5.1 <u>การทดลองหาความชื้นภายในผลิตภัณฑ์</u> (Moisture content)

<u>วัตถุประสงค์</u> - เพื่อหาค่าความชื้นที่มีในผลิตภัณฑ์ และนำค่าที่ได้เป็นข้อมูลในการคำนวณหาขนาดของเครื่องอบแห้งผลิตภัณฑ์

- นำค่าความชื้นที่ได้มาประเมินช่วงเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. นำก้านใบเผือกมาทำความสะอาด ลอกเปลือกภายนอกออก และตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ ยาวประมาณ 1 เซนติเมตร

2. นำกระป๋องที่ใช้อบ (Can) ประมาณ 10 กระป๋อง มาอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

3. ใช้คีมจับคีบกระป๋องออกจากตู้อบ นำมาเก็บไว้ในหม้อดูดความชื้น (Desiccator) ทิ้งไว้จนเย็น

4. นำชิ้นก้านใบเผือกที่ตัดไว้ใส่ลงกระป๋องประมาณ 2-3 ชิ้น ชั่งน้ำหนักและบันทึกผล

5. นำกระป๋องที่มีก้านใบเผือกไปอบในตู้อบ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง

6. นำกระป๋องออกจากตู้อบ และเก็บไว้ในหม้อดูดความชื้น ทิ้งไว้จนเย็นแล้วจึงนำมาชั่งน้ำหนัก และบันทึกผล

7. นำค่าที่ได้จากการทดลอง คำนวณหาความชื้นภายในก้านใบเผือก จากสูตร

$$\% MC = \frac{w - d}{w} \times 100$$

เมื่อ % MC : ค่าเปอร์เซนต์ความชื้นในก้านใบเผือก (มาตรฐานเปียก

w : น้ำหนักของก้านใบเผือกก่อนอบ

d : น้ำหนักของก้านใบเผือกหลังอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 ความชื้นภายในก้านใบเผือกที่เก็บเกี่ยวจากไร่แล้ว 6 ชั่วโมง

ตัวอย่างที่	ความชื้นภายในผลิตภัณฑ์ (%)
1	94.99
2	94.63
3	95.27
4	94.91
5	94.58
6	95.16
7	95.36
8	94.79
9	95.17
10	94.66
ค่าเฉลี่ย	94.942

หมายเหตุ : หากระยะเวลาจากการเก็บเกี่ยวนานกว่านี้ จุลินทรีย์ในก้านใบเผือกจะเริ่มย่อยสลายทำให้ความชื้นภายในผลิตภัณฑ์ลดลง จึงไม่สามารถใช้ค่าความชื้นนี้ได้

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การทดลองหาวิธีการเตรียมผลิตภัณฑ์ก่อนการอบ (Pretreatment)

วัตถุประสงค์ - ทดลองหาวิธีการเตรียมผลิตภัณฑ์ก่อนการอบที่เหมาะสม เพื่อรักษาสีของผลิตภัณฑ์ ไม่ทำให้เกิดสีน้ำตาลในระหว่างการอบ

วิธีการทดลอง

ศึกษาผลแตกต่างของวิธีการเตรียมผลิตภัณฑ์ก่อนการอบ 3 วิธีคือ

(1) การจุ่มในน้ำเดือด 1 นาที ก่อนการอบ

(2) การจุ่มในน้ำที่มีสารละลายซัลเฟอร์ไดออกไซด์(SO_2) 0.25 เปอร์เซนต์ เป็นเวลา 1 นาที

(3) การจุ่มในน้ำเดือดที่มีสารละลายซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 0.25 เปอร์เซนต์ เป็นเวลา 1 นาที

โดยเปรียบเทียบกับวิธีซึ่งไม่ต้องเตรียมผลิตภัณฑ์ก่อนการอบ (Control) ดำเนินการทดลองดังนี้

1. ทำความสะอาดก้านใบเผือกและลอกเปลือกนอกออก ตัดก้านใบเผือกออกเป็นท่อน ๆ ท่อนละประมาณ 10 เซนติเมตร

2. แบ่งตัวอย่างเป็น 4 ชุด

- ตัวอย่างหนึ่งจุ่มในน้ำเดือด 1 นาที
- ตัวอย่างที่สองจุ่มในน้ำที่มีซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 1 นาที
- ตัวอย่างที่สามจุ่มในน้ำเดือดที่มีซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 1 นาที
- ตัวอย่างสุดท้ายนำเข้าเครื่องอบโดยไม่ต้องผ่านขั้นตอนใด ๆ

3. เมื่อผ่านกระบวนการดังกล่าวนำตัวอย่างทั้ง 4 เข้าอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง

4. นำก้านใบเผือกออกจากตู้อบ สังเกตสีของก้านใบเผือก บันทึกผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.2 ลักษณะของก้านใบเผือกหลังการอบแห้งจากการเตรียมผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ

ชนิดของการเตรียม	ผลจากการสังเกต
น้ำเดือด	ผิวมีลักษณะเหี่ยวและมีสีขาวซีด
น้ำที่มีซัลเฟอร์ไดออกไซด์	มีสีเขียวสด
น้ำเดือดที่มีซัลเฟอร์ไดออกไซด์	ผิวมีลักษณะเหี่ยวแต่มีสีเขียวอ่อน
ไม่มีการเตรียม	มีสีน้ำตาลเข้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 <u>การทดลองหาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิในแต่ละชั้น</u>

<u>วัตถุประสงค์</u> - เพื่อตรวจสอบความแน่นอน (uniform) ของอุณหภูมิในแต่ละชั้น

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. นำเครื่องวัดอุณหภูมิเข้าไปวัดอุณหภูมิในแต่ละถาดที่จุดต่าง ๆ คือ ทางซ้าย ตรงกลาง และทางขวาของถาดที่อุณหภูมิ 60 , 70 และ 80 องศาเซนเซียส

2. หาค่าเฉลี่ยของแต่ละถาดที่อุณหภูมิ 60 , 70 และ 80 องศาเซนเซียส

3. นำผลการทดลองที่ได้บันทึกลงในตารางที่ 5.3 และนำค่าที่ได้มาหาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิในแต่ละถาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.3 อุณหภูมิ ณ จุดต่าง ๆ ของเครื่องอบแห้งแบบถาด

(1) ที่อุณหภูมิควบคุม 60 องศาเซลเซียส

ถาดที่	ซ้าย	กลาง	ขวา	เฉลี่ย
1	60	60	60	60
2	60	60	60	60
3	59	59	59	59
4	58	58	59	58
5	57	57	57	57
6	55	55	55	55

(2) ที่อุณหภูมิควบคุม 70 องศาเซลเซียส

ถาดที่	ซ้าย	กลาง	ขวา	เฉลี่ย
1	70	70	70	70
2	70	70	70	70
3	69	69	69	69
4	69	69	69	69
5	67	67	67	67
6	66	66	66	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) ที่อุณหภูมิควบคุม 80 องศาเซลเซียส

ถาดที่	ซ้าย	กลาง	ขวา	เฉลี่ย
1	80	80	80	80
2	80	80	80	80
3	79	79	79	79
4	79	79	79	79
5	78	78	78	78
6	76	76	76	76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 การทดลองหาอัตราการทำแห้ง (Drying Curve)

วัตถุประสงค์ - หาวิธีการทำแห้งและกราฟของอัตราการทำแห้ง (drying rate curves) สำหรับวัสดุเปียกชื้น โดยกำหนดให้ลมร้อนที่ใช้เป็นตัวกลาง (drying medium) มีอุณหภูมิและความชื้นที่แน่นอน

วิธีการทดลอง

1. นำก้านใบเผือกที่ลอกเปลือกและทำความสะอาดแล้ว ตัดเป็นท่อน ๆ ท่อนละประมาณ 6 - 7 เซนติเมตร

2. จุ่มก้านใบเผือกลงในน้ำที่มีซัลเฟอร์ไดออกไซด์เจือจางประมาณ 0.25 เปอร์เซนต์ เป็นเวลา 1 นาที แล้วนำขึ้นสะเด็ดน้ำ[1]

3. นำก้านใบเผือกเข้าอบในเครื่องอบที่อุณหภูมิ 60 , 70 และ 80 องศาเซลเซียส โดยกำหนดเวลาเริ่มต้นที่ทำการทดลอง ($t=0$)

4. เก็บก้านใบเผือกที่เวลาต่าง ๆ ตามที่กำหนดไว้ดังตารางที่ 5.4 โดยเก็บก้านใบเผือกจากถาดทั้ง 6 ชั้น

5. นำก้านใบเผือกที่เก็บในเวลาต่าง ๆ มาหาปริมาณความชื้น ตามวิธีการทดลองที่ 5.1

6. นำผลการทดลองที่ได้บันทึกลงในตารางที่ 5.4 และนำค่าที่ได้มาเขียนกราฟระหว่างความชื้นกับเวลาที่ใช้ในการอบ

[1] Normen N. Potter ,"Food Science" ,4th edition , page 526.

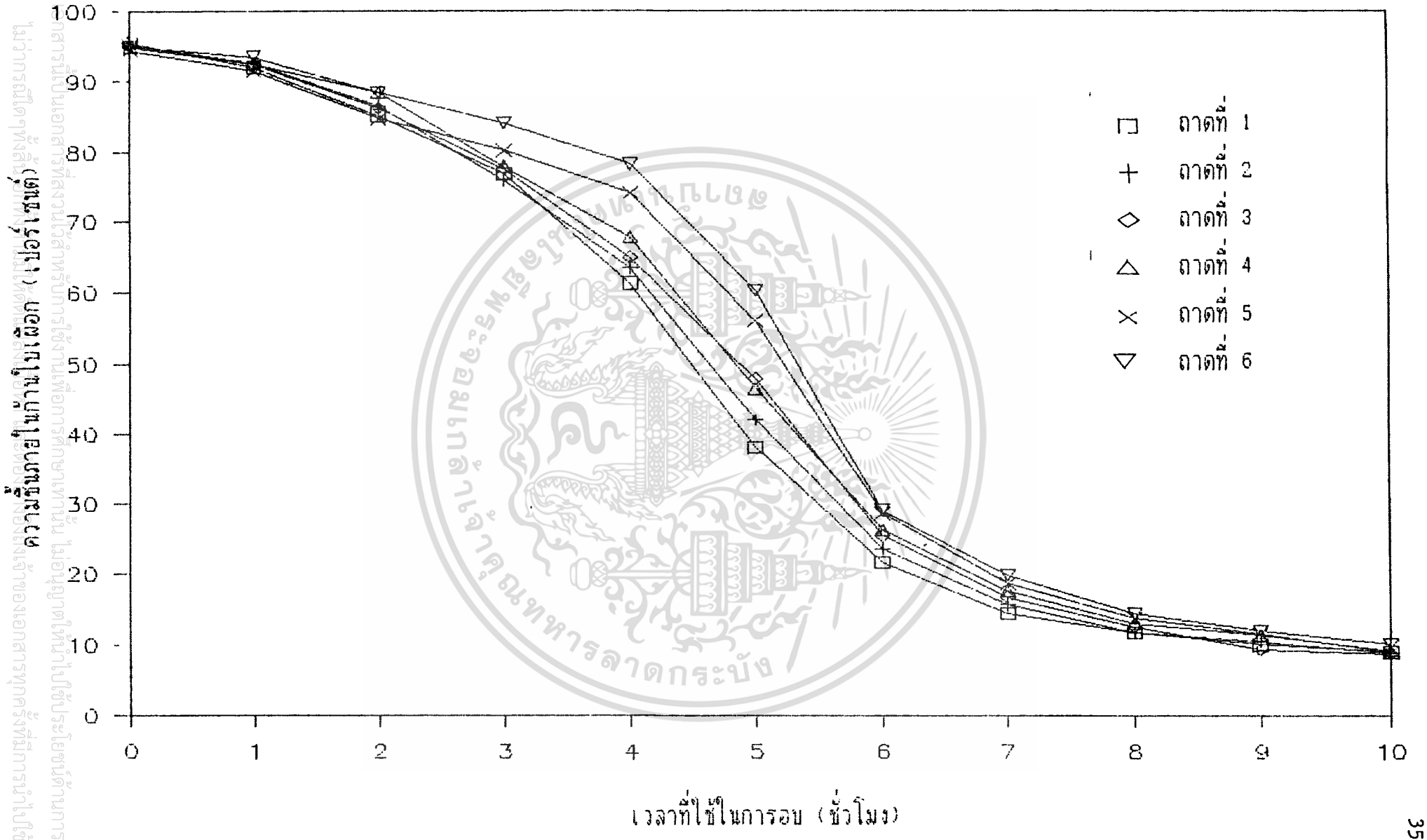
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.4 ความชื้นของก้านใบเผือก ณ จุดต่าง ๆ ของเครื่องอบแห้งแบบถาดในแต่ละช่วงเวลา

(1) ที่อุณหภูมิควบคุม 60 องศาเซลเซียส

ถาดที่ / ชั่วโมง	1	2	3	4	5	6	ค่าเฉลี่ย
0	95.45	95.21	95.11	94.87	94.46	95.02	95.02
1	92.03	92.56	92.49	92.54	91.48	92.46	92.43
2	85.16	86.51	86.22	89.17	84.78	88.41	86.58
3	76.94	76.92	77.59	77.69	80.25	84.14	78.92
4	61.33	68.60	64.98	67.84	74.14	73.33	68.37
5	38.14	42.03	47.92	46.52	56.04	60.33	48.51
6	21.68	23.55	25.43	26.23	28.67	29.04	25.79
7	14.46	15.67	16.72	17.72	19.72	19.98	17.11
8	11.72	11.79	12.54	13.06	13.74	14.52	12.89
9	10.13	10.49	9.36	11.47	11.59	12.19	10.96
10	8.97	8.94	8.69	9.24	9.00	10.17	9.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

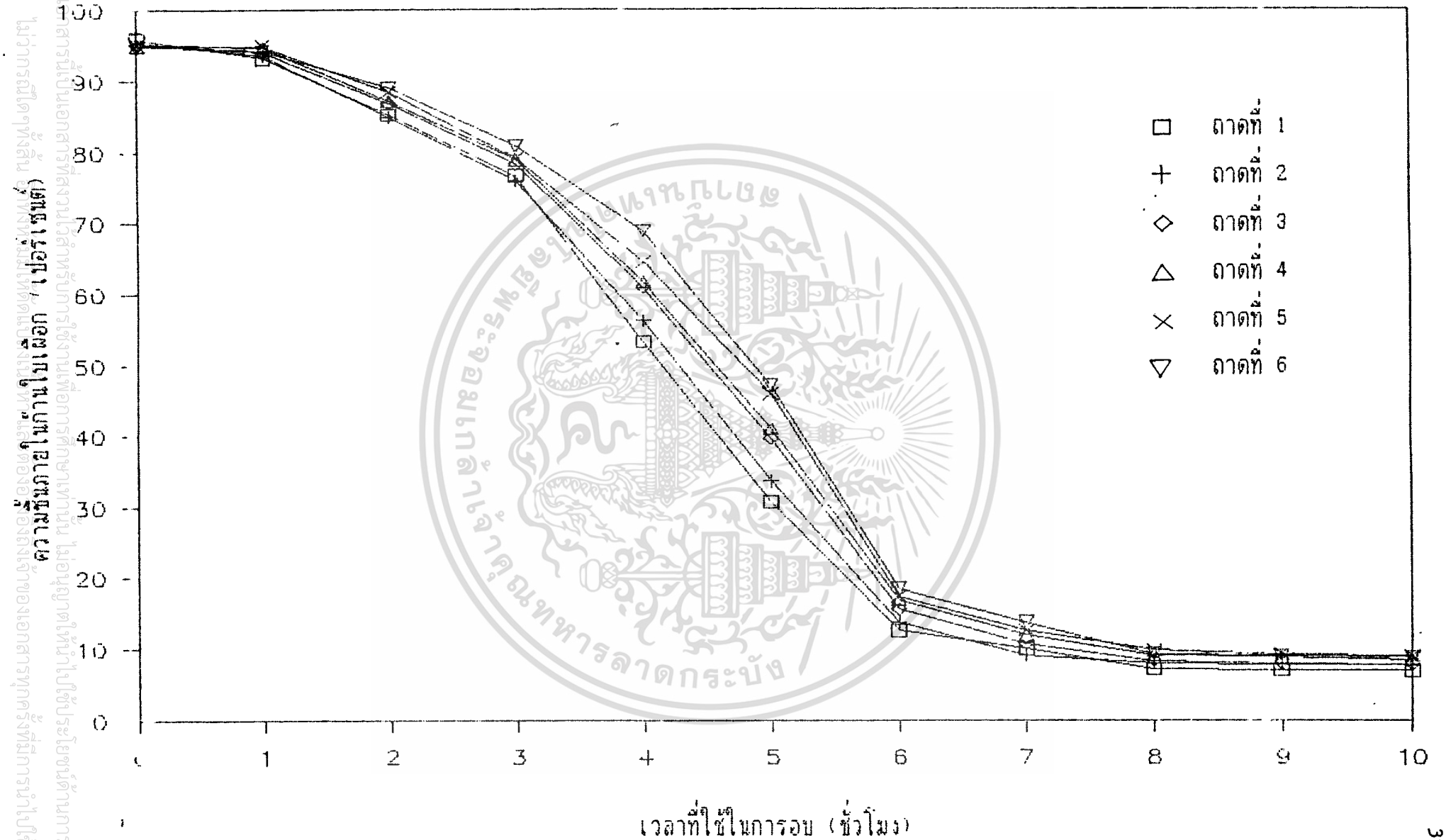


รูปที่ 5.1 แสดงกราฟอัตราการทำแห้ง ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

(2) ที่อุณหภูมิควบคุม 70 องศาเซลเซียส

ลาดที่ ชั่วโมง	1	2	3	4	5	6	ค่าเฉลี่ย
0	95.02	95.33	94.97	94.92	95.03	94.37	95.19
1	93.21	93.57	94.03	94.68	94.37	94.23	94.10
2	85.24	84.93	86.87	87.21	93.43	89.09	86.96
3	76.70	76.01	78.34	78.97	79.17	80.91	79.35
4	53.34	56.83	60.97	61.74	64.59	68.99	60.90
5	30.67	33.60	39.58	41.03	45.89	47.16	39.66
6	12.46	13.72	15.51	16.38	17.43	18.52	15.75
7	9.97	9.04	10.67	11.84	12.57	13.71	11.30
8	7.11	7.97	8.22	9.11	9.76	9.26	8.57
9	7.04	7.92	7.95	8.24	8.25	8.04	7.92
10	6.91	7.77	7.81	8.42	8.01	8.81	8.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

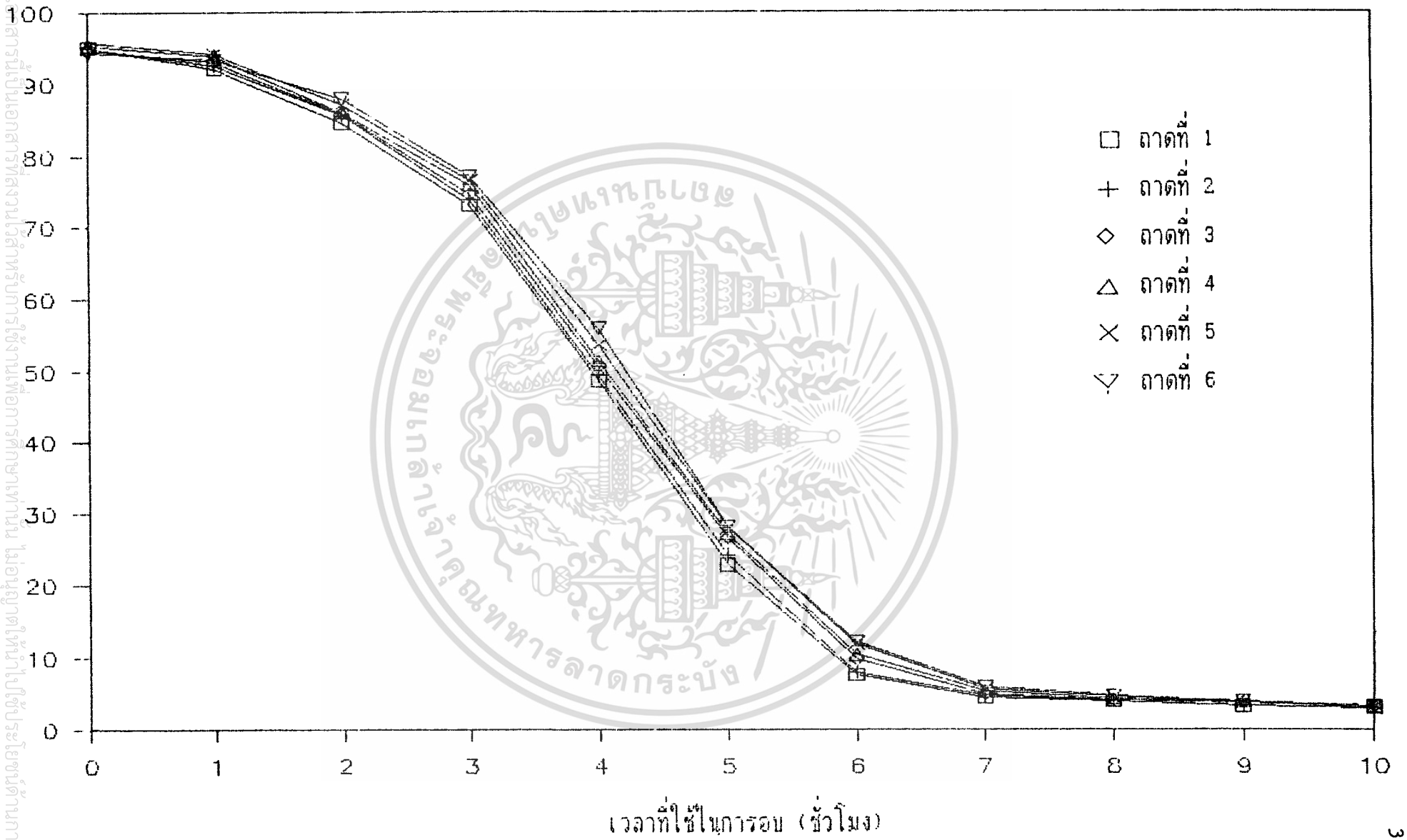


รูปที่ 5.2 แสดงกราฟอัตราการทำแห้ง ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

(3) ที่อุณหภูมิควบคุม 80 องศาเซลเซียส

ลำดับที่ / ชั่วโมง	1	2	3	4	5	6	ค่าเฉลี่ย
0	95.09	94.98	94.69	95.41	95.37	94.46	95.07
1	92.21	92.57	93.11	93.92	94.24	93.42	93.25
2	84.63	85.76	85.98	86.15	87.20	88.02	86.30
3	73.17	70.99	74.69	75.99	76.69	77.26	75.23
4	48.60	49.28	50.61	51.38	53.67	55.39	51.57
5	22.37	24.28	26.67	27.13	27.95	29.13	26.19
6	7.59	7.97	9.77	10.42	11.95	12.25	9.99
7	4.99	4.69	4.89	5.26	5.63	5.93	5.13
8	3.92	3.96	4.03	4.27	4.54	4.68	4.23
9	3.22	3.23	3.71	3.74	3.90	3.90	3.60
10	3.04	3.04	3.14	3.15	3.13	3.26	3.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.3 แสดงกราฟอัตราการทำแห้ง ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

5.5 การทดลองหาความสัมพันธ์และอิทธิพลของอุณหภูมิอากาศที่ใช้ในการอบแห้ง

วัตถุประสงค์ - เพื่อทดสอบหาอิทธิพลของอุณหภูมิของอากาศที่มีผลต่ออัตราการทำแห้งของก้านใบเผือก

วิธีการทดลอง

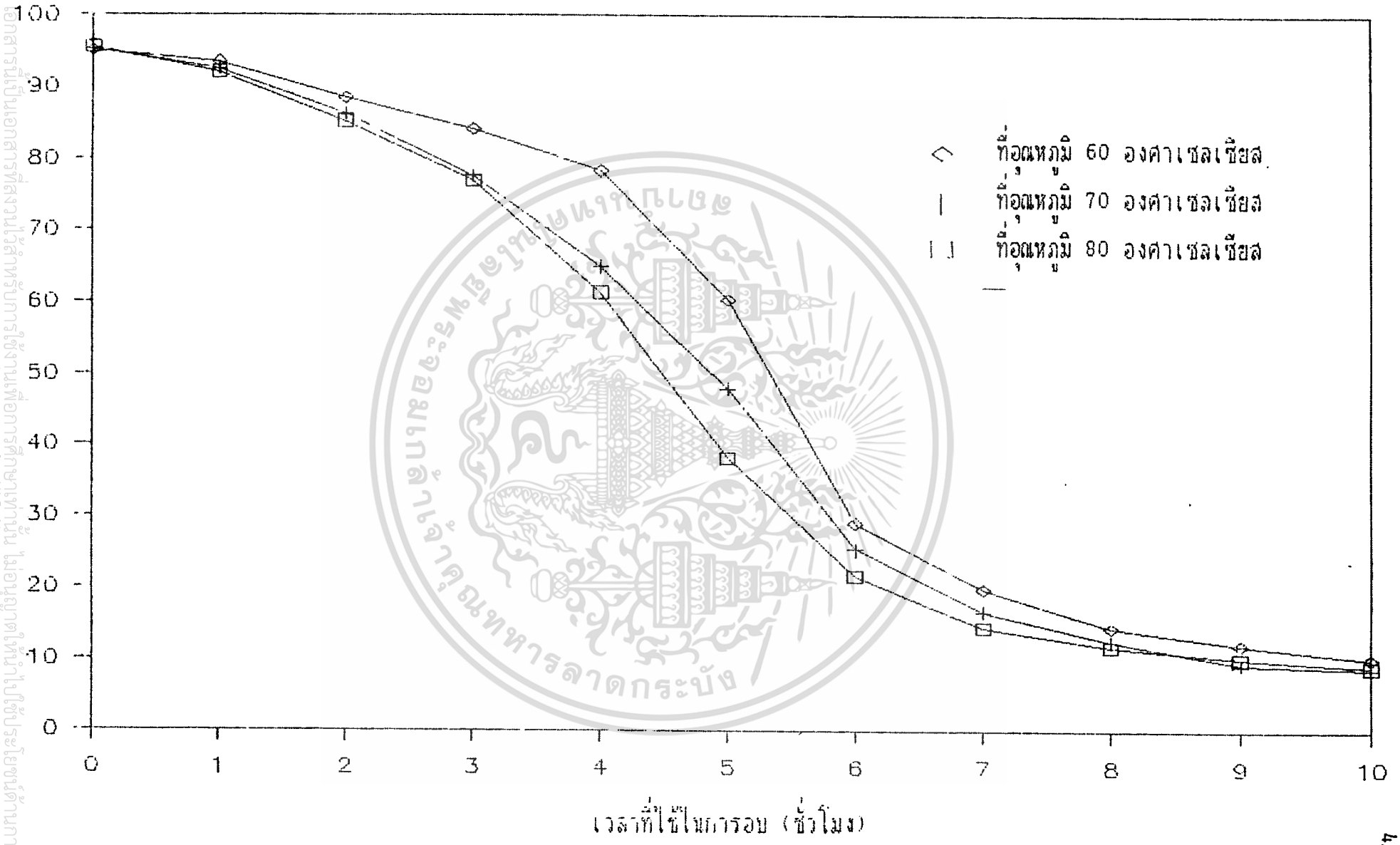
นำค่าเฉลี่ยที่อุณหภูมิ 60 , 70 และ 90 องศาเซลเซียส มาเขียนกราฟระหว่างความชื้นกับเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.5 ความชื้นเฉลี่ยของก้านใบเผือกที่ 60 ,70 และ 90 องศาเซลเซียสในแต่ละช่วงเวลา

เวลาที่ใช้อบ	อุณหภูมิที่ใช้อบ		
	60	70	90
0	95.02	95.16	95.07
1	92.43	94.12	93.25
2	86.58	86.36	86.20
3	78.32	78.35	75.28
4	68.37	60.38	51.57
5	48.51	38.66	28.13
6	25.78	15.75	9.99
7	17.11	11.20	5.13
8	12.39	9.57	4.20
9	10.96	8.32	3.60
10	9.17	8.12	3.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 แสดงกราฟอัตราการทำแห้ง ที่อุณหภูมิ 60 , 70 , 80 องศาเซลเซียส

บทที่ 6
สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การทดลองหาความชื้นภายในผลิตภัณฑ์

ในการทดลองหาความชื้นของก้านใบเผือกที่เก็บเกี่ยวจากไร่แล้ว 6 ชั่วโมง (ตารางที่ 5.1) จะเห็นได้ว่าความชื้นภายในก้านใบเผือกมีค่าใกล้เคียงกัน คือ มีค่าอยู่ระหว่าง 94.58 ถึง 55.36 เปอร์เซนต์ เมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยจะได้ 95 เปอร์เซนต์ (มาตราฐานเปียก) ซึ่งสามารถใช้ข้อมูลนี้ในการคำนวณหาขนาดของเครื่องอบได้

2. การทดลองหาวิธีการเตรียมผลิตภัณฑ์ก่อนการอบ

พิจารณาตารางที่ 5.2 แสดงลักษณะของก้านใบเผือกหลังการอบแห้งจากการเตรียมผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซนเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง จะได้ว่าการจุ่มก้านใบเผือกในน้ำที่มีซัลเฟอร์ไดออกไซด์ประมาณ 0.25 เปอร์เซนต์ เป็นเวลา 1 นาที จะได้ก้านใบเผือกมีสีเขียวสดและมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่เหนียว ไม่แห้งกรอบ และเหี่ยว ถ้าไม่จุ่มก้านใบเผือกลงในน้ำที่มีซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก้านใบเผือกที่ได้จะมีสีขาวขุ่น และถ้าจุ่มในน้ำร้อนก้านใบเผือกที่ได้จะมีเนื้อสัมผัสที่เหี่ยว

ดังนั้นการเตรียมผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม คือ การจุ่มก้านใบเผือกลงในน้ำที่มีซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 0.25 เปอร์เซนต์ นาน 1 นาที

3. การทดลองหาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิในแต่ละชั้น

จากผลของอุณหภูมิ ณ จุดต่าง ๆ ของเครื่องอบแห้งแบบถาด/ตารางที่5.3 จะได้ว่า ที่ชั้นเดียวกัน อุณหภูมิที่วัดได้มีค่าเท่ากัน แสดงว่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของแต่ละชั้นมีค่าสม่ำเสมอ (uniform) ส่วนอุณหภูมิในแต่ละชั้นจะมีค่าไม่เท่ากัน คือ ที่ถาดชั้นบนจะมีค่าอุณหภูมิแตกต่างจากที่ถาดชั้นล่าง ประมาณ 5 องศาเซนเซียส ในช่วงอุณหภูมิ 60 ถึง 80 องศาเซนเซียส

4. การทดลองหาอัตราการทำแห้ง

ผลการทดลองหาความชื้นของก้านใบเผือก ณ จุดต่าง ๆ ของเครื่องอบแห้งแบบถาดในแต่ละช่วงเวลา ตารางที่5.4 จะได้ว่า เมื่อเวลาผ่านไป ความชื้นที่เหลืออยู่ของก้านใบเผือกในแต่ละถาดจะมีค่าแตกต่างกัน คือ ที่ถาดชั้นบนจะมีความชื้นหลังการอบน้อยกว่าที่ถาดชั้นล่าง แสดงว่าอัตราการทำแห้งที่ถาดชั้นบนมีค่าสูงกว่าที่ถาดชั้นล่างค่อนข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แน่นอน และเมื่อพิจารณาจากกราฟในรูปที่ 5.1 ถึง 5.3 (อุณหภูมิ 60 ถึง 80 องศาเซนเซียส) จะสามารถแบ่งกราฟออกเป็น 3 ส่วน คือ

- ที่เวลา 0 - 2 ชั่วโมง อัตราการทำแห้งของก้านใบเผือกที่ถาดแต่ละชั้นจะมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย เนื่องจากเป็นช่วงเวลาเริ่มต้นของการอบแห้ง (preheat)

- ที่เวลา 2 - 5 ชั่วโมง อัตราการทำแห้งของก้านใบเผือกจะคงที่ ทำให้เส้นกราฟที่ได้เป็นเส้นตรง และเนื่องจากก้านใบเผือกในช่วงนี้มีอัตราการระเหยน้ำสูงสุด ฉะนั้นจะเห็นว่าความชื้นของก้านใบเผือกในแต่ละถาดจะมีค่าแตกต่างกัน

- ที่เวลา 5 - 10 ชั่วโมง เนื่องจากปริมาณน้ำที่เหลือในก้านใบเผือกมีน้อย จึงเห็นได้ว่าอัตราการทำแห้งของถาดแต่ละชั้นมีค่าลดลง

5. การทดลองหาความสัมพันธ์และอิทธิพลของอุณหภูมิอากาศที่ใช้ในการอบแห้ง

พิจารณากราฟรูปที่ 5.4 ความชื้นเฉลี่ยของก้านใบเผือกที่ 60 , 70 และ 80 องศาเซนเซียสในแต่ละช่วงเวลา ในการลดความชื้นของก้านใบเผือกเริ่มต้นโดยเฉลี่ยประมาณ 95 เปอร์เซนต์มาตราฐานเปียก เหลือ 10 เปอร์เซนต์ สามารถสรุปได้ดังนี้

- ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซนเซียส ต้องใช้เวลาในการอบ 10 ชั่วโมง ลักษณะของก้านใบเผือกที่ได้มีสีเขียวสด ไม่เปราะ แต่เหนียว

- ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซนเซียส ต้องใช้เวลาในการอบ 8 ชั่วโมง ลักษณะของก้านใบเผือกที่ได้มีลักษณะเหมือนการอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซนเซียส แต่ใช้เวลาน้อยกว่า

- ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซนเซียส ต้องใช้เวลาในการอบ 6 ชั่วโมง ลักษณะของก้านใบเผือกที่ได้มีลักษณะสีเขียว แต่มีบางส่วนไหม้ และลักษณะผิวจะแห้งการอบ

ฉะนั้น ในการอบแห้งก้านใบเผือกความชื้นเริ่มต้นโดยเฉลี่ยประมาณ 95 เปอร์เซนต์มาตราฐานเปียกเหลือ 10 เปอร์เซนต์ จึงควรใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซนเซียส ซึ่งใช้เวลาในการอบ 8 ชั่วโมง เพราะว่าลักษณะของก้านใบเผือกหลังการอบมีลักษณะเป็นที่ต้องการ

ข้อเสนอแนะ

1. การปิด-เปิดแผ่นกั้นลม จะทำการปิดแผ่นกั้นลมเมื่อกราฟอยู่ในช่วงอัตราการ[illegible] และเปิดแผ่นกั้นลมเมื่อกราฟอยู่ในช่วงอัตราการทำแห้งลดลง ซึ่งคือ จะเปิดแผ่นกั้นลมตั้งแต่เวลา 0 - 5 ชั่วโมง และปิดแผ่นกั้นลมหลังจาก 6 ชั่วโมงไปแล้ว

2. การปิด-เปิดบังลมเล็ก จะใช้ร่วมกับแผ่นกั้นลม คือเมื่อเปิดแผ่นกั้นลมก็จะปิดบัง

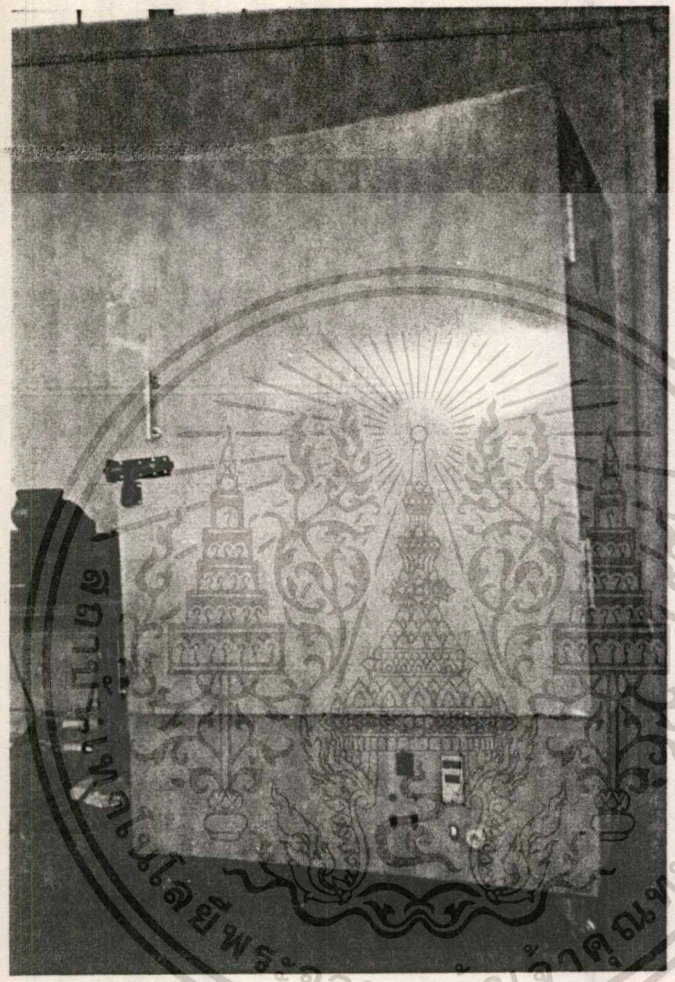
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลมเล็ก เนื่องจากเส้นกราฟอยู่ในช่วงอัตราการทำแห้งลดลง เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานโดยใช้ลมร้อนมาหมุนเวียน และปิดแผ่นกั้นลมก็จะเปิดพัดลมเล็ก เนื่องจากเส้นกราฟอยู่ในช่วงอัตราการทำแห้งคงที่ เนื่องจากลมร้อนที่ผ่านผลิตภัณฑ์อาหารมีความชื้นสูง จึงต้องมีการถ่ายเทอากาศในช่วงนี้ออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

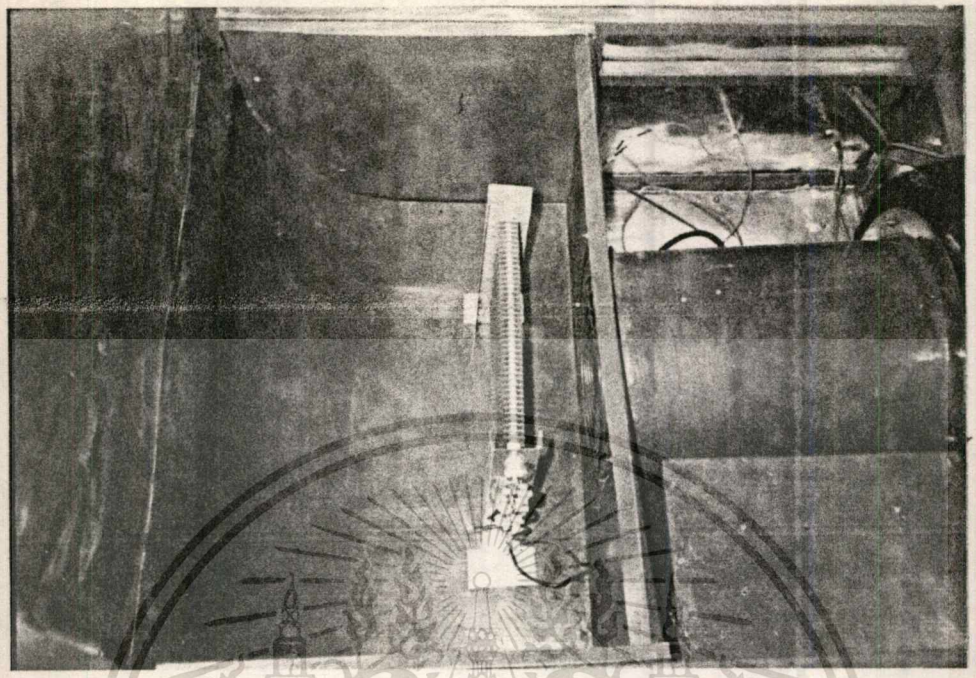
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

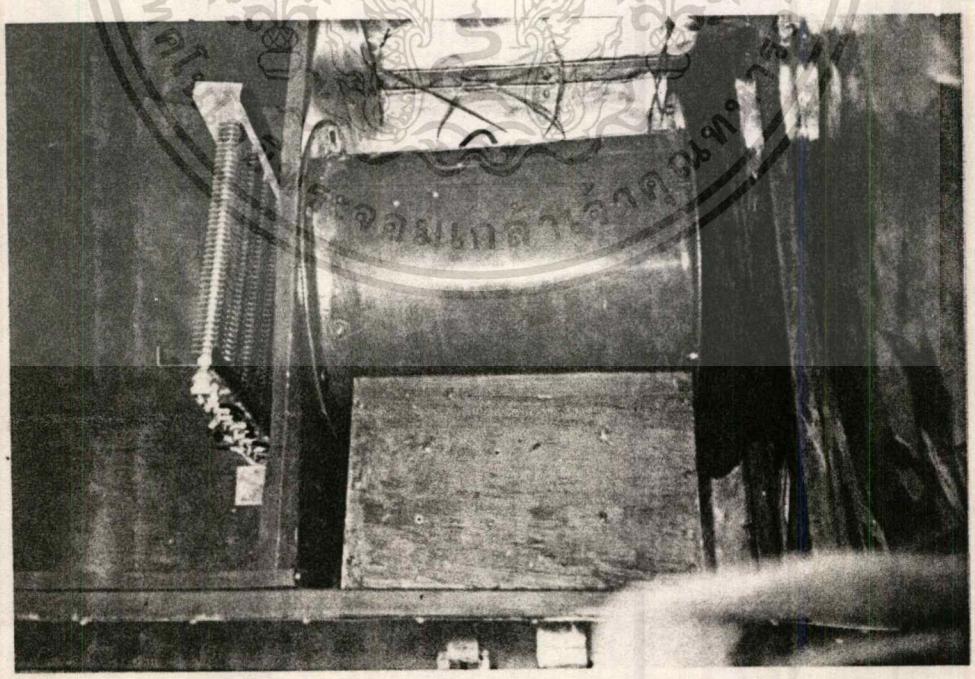


รูปที่ ก. แสดงลักษณะของตู้อบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข. แสดงอุปกรณ์ทำความร้อน

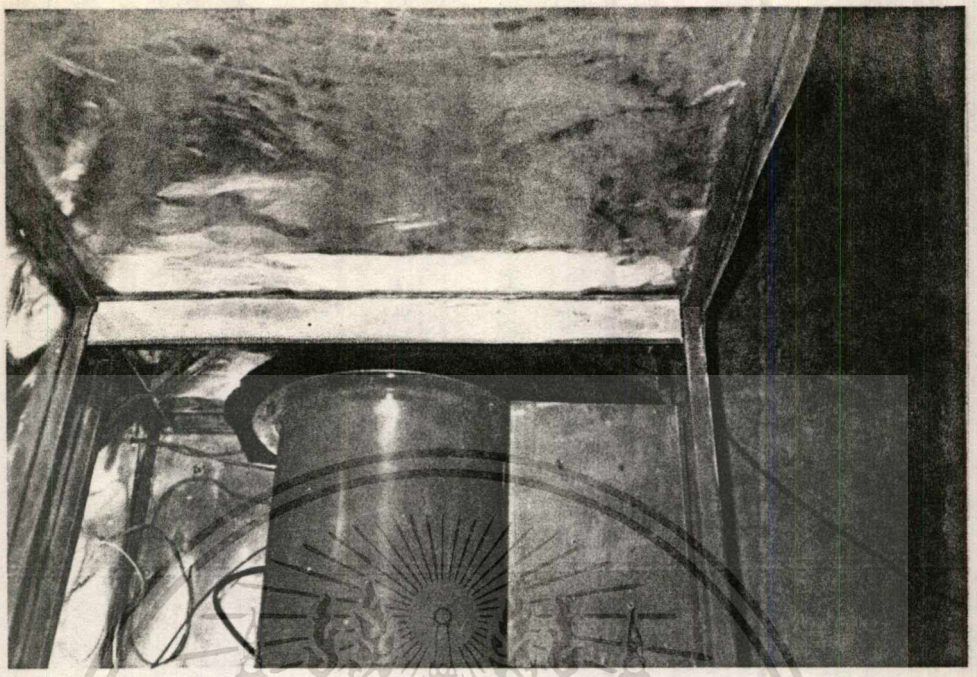


รูปที่ ค. แสดงพัดลมดูดลมจากภายนอก

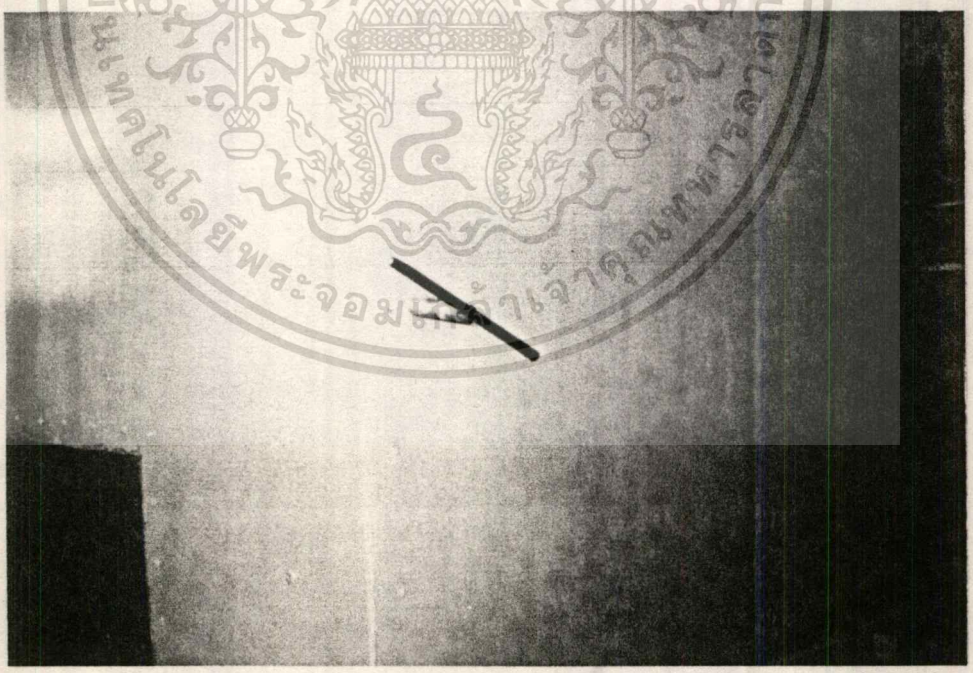
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ง. แสดงพัดลมดูดลมออกจากตู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

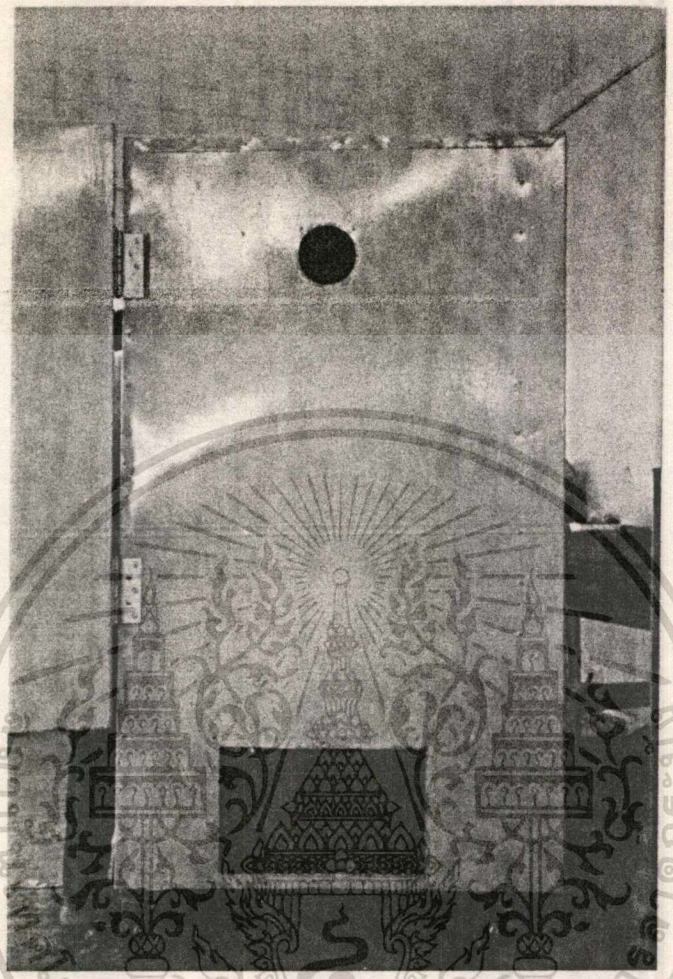


รูปที่ จ. แสดงแผ่นกั้นลม



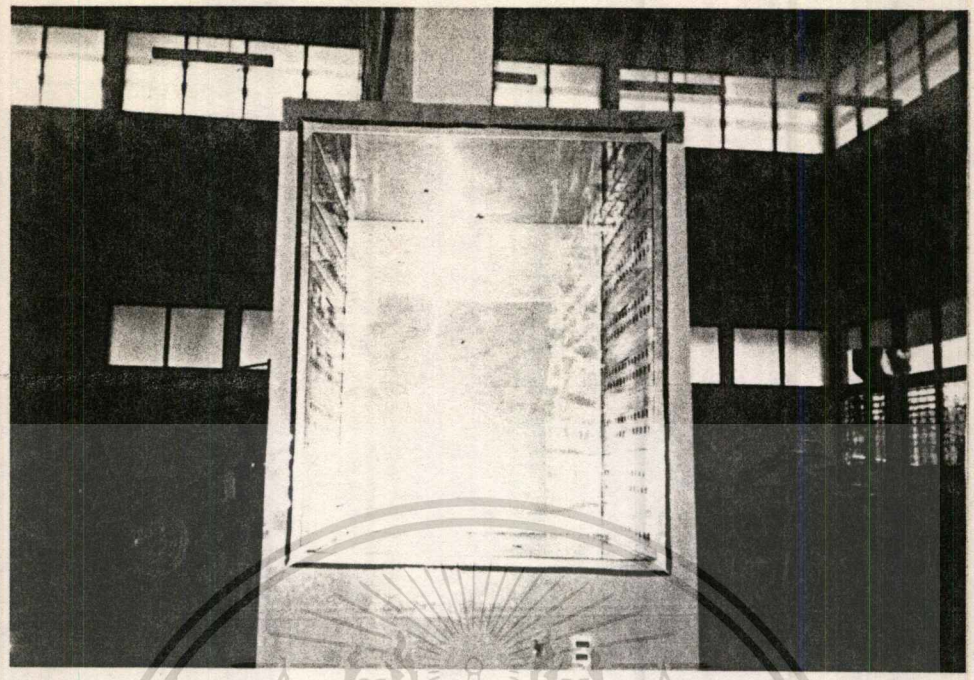
รูปที่ ฉ. แสดงกลไกบังคับเปิด-ปิดแผ่นกั้นลมด้านหลังเครื่องอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

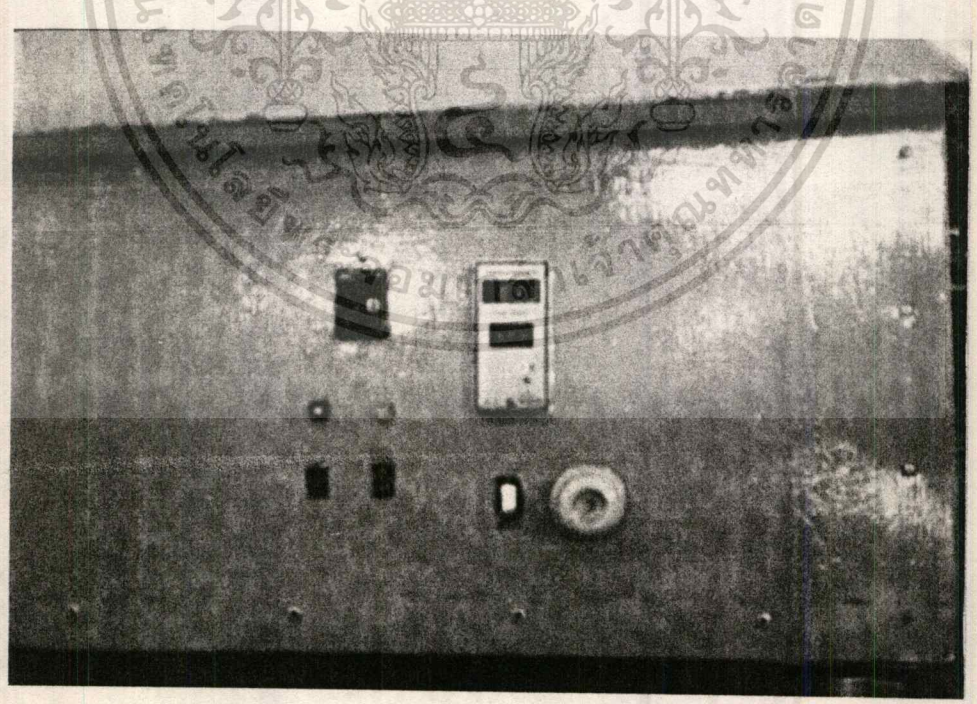


รูปที่ ช. แสดงช่องทางเข้าของอากาศด้านล่าง และ
ช่องทางออกของอากาศด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

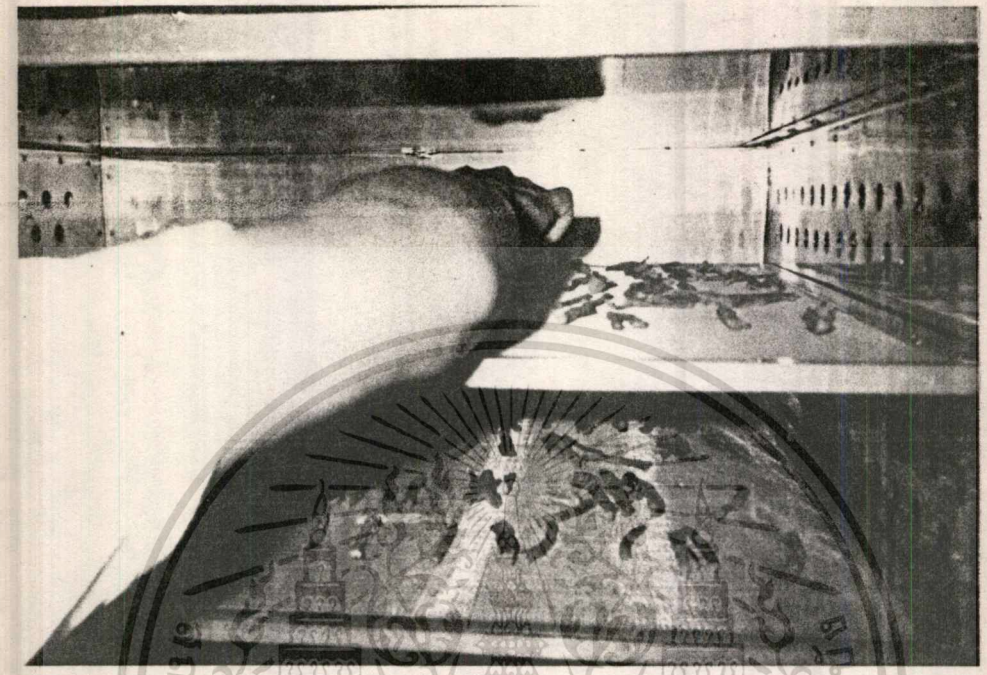


รูปที่ ช. แสดงภายในเครื่องอบแห้งเมื่อยังไม่ได้ใส่ถาด



รูปที่ ฌ. แสดงอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ญ. แสดงการบรรจุต้นเผือกใส่เครื่องอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ฎ. แสดงการเก็บต้นเผือกที่เวลาต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จขึ้นมาได้ด้วยความอนุเคราะห์ของหลาย ๆ ท่าน ที่ได้ให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ทางผู้จัดทำขอขอบคุณ

อาจารย์นิมพ์พร ถิรพร ที่ให้คำแนะนำและปรึกษา

นายชัยศักดิ์ นักศึกษาภาควิศวกรรมเกษตร ปี 3 ให้ความช่วยเหลือในการทำการทดลอง

และเพื่อน ๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจแก่ผู้จัดทำ

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. กรมส่งเสริมการเกษตร, "การปลูกเผือกหอม", กองเกษตรสัมพันธ์ กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 8 หน้า, 2529.

2. ป.ประมณฑ์ปัญญา, "เผือกหอมกำลังมาแรง", นิตยสารชาวเกษตร, ปีที่ 3, ฉบับที่ 29, 2526, หน้า 3-14.

3. วิวัฒน์ ตันทะพานิชกุล, "อุปกรณ์ในการอบแห้งอุตสาหกรรม", โครงการสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 139 หน้า, 2522.

4. สถาปัตย์ ปรีดา, "การปลูกเผือก", ต้นไม้-ใบหญ้า ชุด 2, สำนักพิมพ์โอเดียน-สโตร์, หน้า 19-24.

5. ดร.สมชาติ โสภณรณฤทธิ์, "การถนอมอาหารและเมล็ดพืช", คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า วิทยาเขตธนบุรี, 161 หน้า, 2526.

6. สมบัติ ยอทวีวัฒน์, "กรรมวิธีการอบแห้ง", ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 287 หน้า, 2529.

7. สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน, "เผือก", สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน โดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว, เล่ม 5, หน้า 163-170.

8. Ber S.Luh., "Commercial Vegetable Process", AVI Publishing Company, INC., 1975.

9. Charm,S.E., "The Foundamentals of Food Engineer", AVI Publishing Company, 1978.

10. Dennis R. Heldman., "Food Process Engineering", AVI Publishing Company, INC., 2nd edition, 1981, pp.281-290.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้