ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่มีหินสีดำเป็นผิวดูดรังสี

Solar Drier Having Black Rock as a collector

โดย นายณรงค์ศักดิ์ ทั่งทอง
นายบุญลือ ทั้งวัชรพงศ์

ได้รับพิจารณาเห็นชอบจาก

..../.../... อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ
(นายมนตรี พจนารถลาวัณย์)

..... 16/11/33 กรรมการของภาควิชา
( )

..... 17/11/33 กรรมการของภาควิชา
( )

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

..... 17 พ.ย. 25

(นางสาวเยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์)
หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 17 เดือน พ.ย. พ.ศ. 33

ฝพ.
ณ.2498
2532

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14098

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ (45497)

เรื่อง

เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่มีหินสีดำเป็นผิวดูดรังสี

(Solar Drier Having Black Rock as a collector)

T096699

โดย

นาย ณรงค์ศักดิ์ ทั่งทอง

นาย บุญลือ ทั้งวัชรพงศ์

เสนอ

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร)
พ.ศ. 2532

ปพ.
ณ2ส9ค
2532

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 96699
วัน,เดือน,ปี 24 มิ.ย. 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

ในการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะทำการศึกษาเครื่องอบแห้งแสง-อาทิตย์ที่มีหินสีดำเป็นผิวดูดรังสี สำหรับเครื่องอบแห้งที่ใช้ในการทดลองนี้ได้ดัดแปลงแบบมาจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี โดยค่าตัวแปรที่ศึกษาคืออัตราการไหลของอากาศ และชนิดของผิวดูดรังสี ได้แก่ ไม้และหินชิ่งทาด้วยสีดำชนิดด้าน จากผลของการศึกษาพบว่าในการอบแห้งพริกควรจะใช้ตู้อบแห้งชิ่งมีหินสีดำเป็นผิวดูดรังสี และ มีอัตราการไหลของอากาศเท่ากับ 105 cfm ซึ่งมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีและความชื้นสม่ำเสมอกัน และ ใช้เวลาในการอบแห้งสั้นกว่าในกรณีอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ในการจัดทำปัญหาพิเศษฉบับนี้ ได้รับความกรุณาจากท่านอาจารย์ มนตรี พจนารถลาวัลย์ และคณาจารย์ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่าน ที่ได้ให้แนวคิด ความช่วยเหลือ และแนะนำในการแก้ไขปัญหา ตลอดจนค่าใช้จ่ายในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ จึงขอขอบพระคุณมาไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นอกจากนี้ ปัญหาพิเศษฉบับนี้คงจะสำเร็จลุล่วงไปไม่ได้ ถ้าไม่ได้รับการช่วยเหลือ ตลอดจนความเป็นห่วงเป็นใย และให้กำลังใจ จากเพื่อนๆและน้องๆ ทุกคน ขอขอบคุณ

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญ

	หน้า
สารบาญตาราง	1
สารบาญรูปภาพ	3
คำนำ	4
การตรวจเอกสาร	5
บทนำ	12
วัตถุประสงค์	13
ขอบเขตของปัญหาพิเศษ	13
การสร้างเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ต้นแบบ	14
การดำเนินการทดลอง	16
ผลการทดลอง	18
วิจารณ์ผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	35
สรุปผลการทดลอง	36
เอกสารอ้างอิง	37
ภาคผนวก ก.	38
ภาคผนวก ข.	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงอุณหภูมิภายในตู้อบที่ตำแหน่งต่างๆเทียบกับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมเมื่อมีผิวดูดรังสีเป็นไม้ทาสีดำชนิดด้าน	40
2	แสดงอุณหภูมิภายในตู้อบที่ตำแหน่งต่างๆเทียบกับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมเมื่อมีผิวดูดรังสีเป็นหินทาสีดำชนิดด้าน	41
3	แสดงปริมาณความชื้นที่เหลืออยู่ในพริกที่ผ่านการอบแห้งในเวลาต่างๆในสภาวะที่มีอัตราการไหลของอากาศ = 105 cfm	42
4	แสดงปริมาณความชื้นที่เหลืออยู่ในพริกที่ผ่านการอบแห้งในเวลาต่างๆกันในสภาวะที่มีอัตราการไหลของอากาศ = 210 cfm	43
5	แสดงอุณหภูมิภายในตู้อบเทียบกับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมในสภาวะที่มีอัตราการไหลของอากาศ = 105 cfm	45
6	แสดงอุณหภูมิภายในตู้อบเทียบกับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมในสภาวะที่มีอัตราการไหลของอากาศ = 210 cfm	46
7	แสดงปริมาณความชื้นที่เหลืออยู่ในพริกที่ผ่านการอบแห้งในเวลาต่างๆในสภาวะที่ไม่มีการดูดอากาศออกจากตู้อบ	48
8	แสดงปริมาณความชื้นที่เหลืออยู่ในพริกที่ผ่านการอบแห้งที่เวลาต่างๆในสภาวะที่มีอัตราการไหลของอากาศ = 105 cfm	49
9	แสดงปริมาณความชื้นที่เหลืออยู่ในพริกที่ผ่านการอบแห้งในเวลาต่างๆในสภาวะที่มีอัตร่าการไหลของอากาศ = 210 cfm	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10	แสดงอุณหภูมิภายในตู้อบเทียบกับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม ในสภาวะที่ไม่มีการดึงอากาศออกจากตู้อบ	53
11	แสดงอุณหภูมิภายในตู้อบที่ตำแหน่งต่างๆเทียบกับอุณหภูมิ ของสิ่งแวดล้อมเมื่อมีผิวดูดรังสีเป็นไม้ทาสีดำชนิดด้าน	54
12	แสดงอุณหภูมิภายในตู้อบเทียบกับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม ในสภาวะที่มีอัตราการไหลของอากาศ = 105 cfm	56
13	แสดงอุณหภูมิภายในตู้อบเทียบกับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม ในสภาวะที่มีอัตราการไหลของอากาศ = 210 cfm	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญรูปภาพ

รูปที่		หน้า
1	ตู้อบแสงอาทิตย์ซึ่งมีหินทาสีดำเป็นผิวดูดรังสี	15
2	แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อบเทียบกับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมที่เวลาต่างๆกัน เมื่อมีผิวดูดรังสีเป็นไม้ทาสีดำ	19
3	แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อบเทียบกับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมที่เวลาต่างๆกัน เมื่อมีผิวดูดรังสีเป็นหินทาสีดำ	20
4	แสดงอุณภูมิเฉลี่ยภายในตู้อบที่มีไม้สีดำเป็นผิวดูดรังสีเทียบกับอุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อบที่มีหินสีดำเป็นผิวดูดรังสี	21
5	แสดงปริมาณความชื้นที่เหลืออยู่ในพริกที่ผ่านการอบแห้งที่เวลาต่างๆกันในสภาวะที่มีอัตราการไหลของอากาศ = 105 cfm	23
6	แสดงปริมาณความชื้นที่เหลืออยู่ในพริกที่ผ่านการอบแห้งที่เวลาต่างๆกันในสภาวะที่มีอัตราการไหลของอากาศ = 210 cfm	24
7	แสดงอุณหภูมิในตู้อบเทียบกับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมในสภาวะที่มีอัตราไหลของอากาศ = 105 cfm	25
8	แสดงอุณหภูมิในตู้อบเทียบกับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมในสภาวะที่มีอัตราไหลของอากาศ = 210 cfm	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9	แสดงปริมาณความชื้นที่เหลืออยู่ในพริกที่ผ่านการอบแห้งที่เวลาต่างๆกันในสภาวะที่ไม่มีการดูดอากาศจากตู้อบ	28
10	แสดงปริมาณความชื้นที่เหลืออยู่ในพริกที่ผ่านการอบแห้งที่เวลาต่างๆกันในสภาวะที่มีอัตราการไหลของอากาศ = 105 cfm	29
11	แสดงปริมาณความชื้นที่เหลืออยู่ในพริกที่ผ่านการอบแห้งที่เวลาต่างๆกันในสภาวะที่มีอัตราการไหลของอากาศ = 210 cfm	30
12	แสดงอุณหภูมิในตู้อบเทียบกับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมในสภาวะที่ไม่มีการดูดอากาศออกจากตู้อบ	31
13	แสดงอุณหภูมิภายในตู้อบเทียบกับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมในสภาวะที่มีอัตราการไหลของอากาศ = 105 cfm	32
14	แสดงอุณหภูมิภายในตู้อบเทียบกับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมในสภาวะที่มีอัตราการไหลของอากาศ = 210 cfm	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

การอบแห้งเป็นขบวนการดึงน้ำบางส่วนออกจากผลิตภัณฑ์ โดยอาศัยความร้อนเพื่อระเหยน้ำ กลไกของการอบแห้งจะเกี่ยวข้องกับการถ่ายเทความร้อนและมวลสาร (Mass and Heat Transfer) โดยจะมีการถ่ายเทความร้อนให้กับผลิตภัณฑ์ เพื่อใช้ระเหยน้ำขณะเดียวกันน้ำที่อยู่ภายในผลิตภัณฑ์จะระเหยออกสู่อากาศ

ในการศึกษาการอบแห้งโดยใช้ตู้อบแห้งแสงอาทิตย์ ซึ่งมีหินสีดำเป็นผิวดูดรังสีนี้ ได้ทำการดัดแปลงแบบของตู้อบของ KMITT เพื่อทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้ง เพื่อให้ตู้อบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงที่สุด

ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า จากการศึกษาและทดลองนี้คงจะเป็นประโยชน์ต่อท่านผู้อ่าน

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจเอกสาร

การทำผลิตภัณฑ์ตากแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งที่อาศัยพลังงานแสงอาทิตย์ มีวัตถุประสงค์หลักอยู่ 2 ประการ คือ

1. เพื่อต้องการควบคุมอัตราการอบแห้ง โดยการสร้างตู้หรือห้องที่สามารถเก็บสะสมความร้อนหรือวัสดุที่จะเพิ่มสะสมความร้อนได้ เพื่อทำให้อุณหภูมิภายในตู้อบสูง ทำให้อัตราการอบแห้งเกิดได้เร็วขึ้นและสามารถควบคุมอัตราการอบแห้งได้เร็วขึ้นและสามารถควบคุมการอบแห้งได้

2. เพื่อควบคุมความสะอาดและสุขอนามัยของอาหารแห้ง เนื่องจากอาหารที่จะทำแห้งใส่ไว้ในตู้อบที่มีวัสดุปิดกั้น จึงไม่มีปัญหาเรื่องแมลงวัน สัตว์ปีกหรือสัตว์อื่นๆที่จะมาทำความสกปรกให้อาหาร จึงได้อาหารแห้งที่มีความสะอาดและคุณภาพดี

ตู้อบแห้งแสงอาทิตย์โดยทั่วๆไป มีลักษณะเป็นตู้หรือห้องสี่เหลี่ยมผืนผ้าหรืออื่นๆ ภายในตู้อาจจะมีตะขอสำหรับแขวนผลิตภัณฑ์ที่จะทำแห้งที่มีลักษณะเป็นเส้น หรือถาดใส่อาหารวางเป็นชั้นๆ วัสดุที่ใช้ทำอาจจะเป็นโครงไม้หรือเหล็ก มีผนังทำด้วยแผงสังกะสี ด้านบนที่สัมผัสกับแสงอาทิตย์อาจจะเป็นแผ่นพลาสติกใสที่ยอมให้แสงแดดทะลุผ่านไปสัมผัสกับอาหารได้ นอกจากนั้นที่สำคัญคือต้องมีที่ระบายไอน้ำซึ่งระเหยออกจากอาหารออกจากตู้อบด้วย

การแบ่งชนิดของตู้อบแห้งตามหลักการทำงาน แบ่งออกได้ 3 แบบคือ

1. ตู้อบแห้งแบบที่อาหารได้รับแสงแดดโดยการแผ่รังสี (Direct Absorption or Hot box type)

ตู้แบบนี้มักจะทำเป็นตู้กระจกตั้งอยู่บนขาไม้ที่แข็งแรง ภายในตู้มีชั้นสำหรับวางอาหารที่จะตากแห้ง ด้านข้างตู้ส่วนบนอาจมีช่องว่างเจาะไว้เป็นทางระบายอากาศและไอน้ำให้อากาศไหลเข้าตู้ได้ ภายในตู้จะทาสีดำชนิดด้านโดยรอบเพื่อช่วยในการดูดแสงได้ดีขึ้นอาหารจะได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยการแผ่รังสีโดยตรงทะลุผ่านแผ่นกระจกใสมาถูกที่ตัวอาหาร ซึ่งจะช่วยให้อาหารแห้งได้เร็วกว่าปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมาณ 50 % เพราะสภาพภายในตู้อบแห้งจะมีอุณหภูมิสูงกว่าสิ่งแวดล้อมภายนอก และมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ

2.ตู้อบแห้งแบบที่อาหารได้รับความร้อนจากแสงแดดโดยการพาความร้อน (Indirect or convection type)

ตู้แบบนี้มักจะเป็นตู้ทึบแสง ตั้งอยู่บนชาไม้ที่แข็งแรง ภายในตู้มีชั้นสำหรับวางอาหารที่จะตากแห้ง ด้านล่างของตู้จะต่ออยู่กับส่วนของแผงรับแสงอาทิตย์และด้านข้างส่วนบนๆ ของตู้ จะมีช่องสำหรับระบายอากาศชื้นออก ภายในและภายนอกตู้จะทาสีดำชนิดด้าน เพื่อประสิทธิภาพในการดูดแสงให้กับตัวตู้ อาหารที่อยู่ภายในตู้จะไม่ถูกแสงอาทิตย์โดยตรง แต่จะได้รับความร้อนจากแผงรับแสงอาทิตย์ ในลักษณะการพาความร้อนของอากาศที่ไหลมากระทบกับอาหาร แล้วถ่ายเทความร้อนและความชื้นซึ่งกันและกัน อากาศร้อนชื้นจะเบาตัวและลอยขึ้นสู่ด้านบนของตู้แล้วไหลออกไปทางช่องด้านบน ทำให้อาหารที่อบไว้แห้งขึ้นเรื่อยๆ อย่างช้าๆ

แผงรับแสงอาทิตย์ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ **ส่วนบน** เป็นวัสดุโปร่งใสให้แสงอาทิตย์ส่องทะลุได้ง่าย **ส่วนที่สอง** เป็นวัสดุทึบแสงทาสีดำชนิดด้าน เพื่อประสิทธิภาพในการดูดแสง อาจใช้วัสดุที่มีลักษณะเป็นลูกฟูก เพื่อเพิ่มพื้นที่ในการรับแสงให้มากขึ้น **ส่วนที่สาม** เป็นวัสดุพวกฉนวนความร้อน ซึ่งจะช่วยรักษาความร้อนภายในแผงไว้

3.ตู้อบแห้งแบบที่อาหารได้รับความร้อนจากแสงแดดโดยการแผ่รังสีและพาความร้อน (Combined Direct and Indirect type)

ตู้อบแห้งแบบนี้มักจะทำเป็นตู้กระจกหรือตู้พลาสติก ตั้งอยู่บนชาตั้งที่แข็งแรงเช่นเดียวกับแบบโดยตรง แต่จะมีแผงรับแสงอาทิตย์ช่วยให้ความร้อนแก่อาหารด้านล่างๆที่ไม่ค่อยได้รับความร้อนจากการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์ การที่อาหารได้รับความร้อนจากการพารังสีของอากาศร้อนที่ไหลมาจากแผงรับแสงอาทิตย์ จะช่วยทำให้ประสิทธิภาพในการทำแห้งของตู้อบแห้งดีขึ้นกว่าสองแบบแรก เพราะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารได้รับความร้อนจากสองทางคือ ทางด้านบนจากการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์ และทางด้านล่างจากการพาความร้อนของอากาศที่ไหลมาจากแผงรับแสงอาทิตย์

ตัวรับรังสีดวงอาทิตย์

Foster and Peart สรุปผลงานการวิจัยเกี่ยวกับการอบแห้งเมล็ดพืชด้วยแสงอาทิตย์ในสหรัฐอเมริกา โดยใช้ตัวรับรังสีและเทคนิคการอบแห้งหลายๆแบบ ตัวรับรังสีดวงอาทิตย์สามารถแบ่งได้ดังต่อไปนี้

1.ตัวรับรังสีแบบพองลม

ตัวรับรังสีแบบพองลม ทำด้วยฟิล์มพลาสติก ซึ่งอาจมีเพียงชั้นเดียวหรือหลายชั้นก็ได้ ชั้นนอกมักทำด้วยพลาสติกใส ส่วนชั้นในทำด้วยพลาสติกสีดำ ซึ่งทำหน้าที่ดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์และเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน พลาสติกใสมีคุณสมบัติที่ยอมให้รังสีดวงอาทิตย์ ซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าคลื่นสั้นทะลุผ่าน แต่ไม่ยอมให้ความร้อน ซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าคลื่นยาวส่องทะลุผ่าน (อาจจะยอมให้ผ่านเป็นบางส่วน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพลาสติก) ดังนั้นพลาสติกใสจึงทำให้การสูญเสียความร้อนลดน้อยลง ตัวรับรังสีแบบพองลม จะแฟบเมื่อไม่มีลมไหล และจะพองตัวเมื่อเป่าลมในตัวรับรังสี รูปทรงเมื่อพองลมแล้วมีหลายแบบ

2.ตัวรับรังสีแบบรูปทรงสามเหลี่ยม

ตัวรับรังสีทำด้วยฟิล์มพลาสติกใสยึดติดบนโครงแข็ง ซึ่งมีหน้าตัดเป็นรูปสามเหลี่ยม ภายในมีพลาสติกสีดำ ทำหน้าที่เป็นตัวดูดกลืนรังสี

3.ตัวรับรังสีแบบแผ่นเรียบ

ประกอบด้วยส่วนสำคัญสามส่วนคือ **แผ่นดูดรังสี** ทำหน้าที่ดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ และเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน และถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศที่ไหลผ่าน **แผ่นปิดใส** อยู่บนสุด ทำหน้าที่ลดการสูญเสียความร้อน โดยการไม่ยอมให้รังสีความร้อนส่องทะลุผ่านแผ่นปิดใส **ฉนวนความร้อน** อยู่ส่วนล่างสุดของตัวรับรังสี ทำหน้าที่ป้องกันการสูญเสียความร้อนทางด้านล่างของตัวรับรังสี ตัวรับรังสีแบบแผ่นเรียบ อาจมีแผ่นปิดใสหลายชั้น ซึ่งอาจทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงขึ้นหรืออาจไม่มีแผ่นปิดใส ซึ่งทำให้ตัวรับรังสีมีต้นทุนต่ำ

ตัวรับรังสีแบบแผ่นเรียบ มักจะติดตั้งในลักษณะที่เอียงทำมุมกับพื้นราบเท่ากับมุมของเส้นรุ้ง (+- 15 องศา) และหันหน้าไปทางทิศใต้ (+- 30 องศา) สำหรับพื้นที่ในเขตเหนือเส้นศูนย์สูตร

4.ตัวรับรังสีบนเครื่องอบแห้ง

ตัวรับรังสีติดตั้งบนผนังของเครื่องอบแห้งเมล็ดพืชรูปทรงกระบอก พื้นที่ที่ติดตั้งตัวรับรังสีเท่ากับประมาณสองในสามของพื้นที่ผนังทั้งหมด และหันหน้าไปทางทิศใต้สำหรับประเทศในเขตเหนือเส้นศูนย์สูตร การติดตั้งตัวรับรังสีบนผนังของเครื่องอบแห้งทำให้สามารถต้นทุนลงได้ โดยการใช้ผนังของเครื่องอบแห้งเป็นตัวดูดรังสี แล้วปิดด้วยแผ่นปิดใส วิธีนี้อาจจะไม่เหมาะสมกับบ้านเราเนื่องจากอัลติจูต (Altitude) ของดวงอาทิตย์ส่วนใหญ่มีค่ามาก ทำให้มุมตกกระทบกับรังสีดวงอาทิตย์บนตัวรับรังสี ซึ่งติดตั้งอยู่บนผนังของเครื่องอบแห้งมีค่ามาก และประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตัวรับรังสีมีค่าต่ำ

5.ตัวรับรังสีบนหลังคาและผนังของโรงเรือน

วัตถุประสงค์ของตัวรับรังสีแบบนี้เหมือนกับตัวรับรังสีบนเครื่องอบแห้ง คือต้องการลดต้นทุนตัวรับรังสีดวงอาทิตย์ ที่ติดตั้งบนหลังคาน่าจะเหมาะสมกับบ้านเรา ซึ่งอัลติจูตของดวงอาทิตย์มีค่ามาก ทำให้มุมตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์บนตัวรับรังสี ซึ่งติดตั้งอยู่บนหลังคามีค่าน้อย และประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตัวรับรังสีมีค่าสูง

6.ตัวรับรังสีและตัวเก็บความร้อน

ตัวรับรังสีและตัวเก็บความร้อนเป็นหน่วยความร้อน ตัวเก็บความร้อนสร้างจากชั้นหิน ซึ่งทาสีดำชนิดด้าน ด้านที่รังสีดวงอาทิตย์ส่องกระทบ ด้านบนสุดปิดด้วยแผ่นปิดใส อากาศจะไหลผ่านชั้นหินก่อนเข้าเครื่องอบแห้ง ตัวเก็บความร้อนแบบนี้ทำหน้าที่ปรับให้ความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของอากาศที่ใช้อบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลดลง

การพัฒนาเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ ในประเทศไทยได้เริ่มเมื่อประมาณปี พ.ศ.2520 สามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบคือ

1. เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบธรรมชาติ (Free - convection)

เครื่องอบแห้งชนิดนี้อาศัยหลักการไหลของอากาศแบบธรรมชาติ ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากความแตกต่างของระดับที่จุดเข้าและจุดออกของอากาศภายในเครื่องอบแห้ง และความแตกต่างของความหนาแน่นของอากาศภายในและภายนอกเครื่องอบแห้ง ซึ่งวิธีนี้เหมาะกับการอบแห้งขนาดเล็กและใช้การลงทุนต่ำ

2. เครื่องอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์แบบพาความร้อนบังคับ (Forced - convection)

เครื่องอบแห้งชนิดนี้ โดยทั่วไปแล้วจะใช้พัดลมเป็นตัวที่ทำให้เกิดความแตกต่างของความดันรวมระหว่างภายในและภายนอกของเครื่องอบแห้ง การอบแห้งวิธีนี้เหมาะกับงานขนาดใหญ่

การศึกษาลักษณะการอบแห้งด้วยตู้อบแสงอาทิตย์แบบพาความร้อนธรรมชาติ (Free - convection)

ปรีดา วิบูลสวัสดิ์ (2522) ได้ทำการดัดแปลงตู้อบแห้งจาก Brace Kescarch Institute เพื่อใช้ในการอบแห้งผลไม้ เนื้อสัตว์และปลา โดยใช้ไม้หนา 10 m.m. ในการประกอบตัวตู้และใช้กระจกใสแผ่นเรียบหนา 2 m.m. เป็นตัวรับรังสี ซึ่งทำการวางในมุมต่างๆกัน (18 องศา,23 องศา,30 องศา) และมีช่องเปิดสำหรับระบายความชื้น มีพื้นที่ 2 - 13 % ของพื้นที่ส่วนรับรังสี จากการทดลองพบว่ากระจกที่ทำมุม 18 องศา และพื้นที่ของช่องระบายความชื้น 13 % ของพื้นที่รับรังสี จะมีประสิทธิภาพดีที่สุด ระยะต่อมาได้ปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งนี้ โดยการเพิ่มตู้อบแห้ง (box drier) เข้าไปอีกและให้กระจกทำมุม 14 องศานี้ และพื้นที่ของช่องระบายความชื้นเท่ากับ 11 % ของส่วนรับรังสี จะมีประสิทธิภาพดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (2523) ได้ทำการศึกษาตู้อบแห้งแบบ cabinet ในการอบแห้งเมล็ดธัญพืช ปลาและเนื้อสัตว์ โดยใช้ตู้ขนาด 1*0.8*11 m^3 โดยที่ด้านบน ด้านหน้าและด้านข้างของตู้ ทำด้วยกระจกใส หนา 3 mm. ซึ่งเปรียบเทียบกับแบบที่ใช้แผ่น polyethylene โดยส่วนของตู้ด้านหลังและพื้นทำด้วยไม้ ผนังด้านนอกและด้านในทาด้วยสีดำชนิดด้าน และที่ส่วนบนของแผ่นหลัง จะเจาะช่องที่สามารถปรับขนาดของพื้นที่ได้ เพื่อจะใช้สำหรับระบายความชื้น จากการทดลองพบว่าตู้อบที่ใช้แผ่นกระจก จะให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าแบบที่ใช้แผ่น polyethylene

รัตนา จิระรัตนานนท์ (พ.ศ.2528) ได้ทำการศึกษาการอบแห้ง ด้วยเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ เปรียบเทียบกับการตากกลางแจ้ง โดยทำการอบแห้งกล้วยน้ำว้าและปลาสลิด เครื่องอบแห้งนี้ประกอบด้วย แผ่นรับรังสีวางทำมุม 14 องศา ซึ่งแยกจากตัวตู้อบ ผนังตู้ด้านหน้า,ด้านข้างและด้านบน ปิดด้วยกระจก ส่วนด้านล่างและด้านหลัง ปิดด้วยไม้อัดทาด้วยสีดำชนิดด้าน มีช่องสำหรับระบายความชื้น ซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 1 % ของพื้นที่ส่วนรับรังสี และทำการติดพัดลมดูดอากาศขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้ว จากการทดลองพบว่า พัดลมดูดอากาศช่วยเพิ่มอัตราการหมุนเวียนของอากาศ ทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งสม่ำเสมอและมีอัตราการลดลงของความชื้นสูงกว่าการตากกลางแจ้ง

<u>การศึกษาลักษณะการอบแห้งด้วยตู้อบแสงอาทิตย์แบบพาความร้อนบังคับ</u>
(Forced - convection)

ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสีก ได้ทำการทดลองหาแบบของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่ออบแห้งผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ จากการทดลองพบว่า ระยะเวลาการอบแห้งของปลาหมึกและปลา ลดลงครึ่งหนึ่งของระยะเวลาของการตากแดดโดยตรง และผลิตภัณฑ์ที่ได้ มีสุขลักษณะและคุณภาพดีกว่า จากการทดลองนี้ใช้ตู้อบแสงอาทิตย์ที่ประกอบด้วยส่วนที่ทำให้อากาศร้อน และเครื่องเป่าอากาศร้อนให้หมุนเวียนภายในตู้อบด้วยความเร็ว 120 m/s อุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อบประมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

45 องศาเซลเซียส

รศ.ดร.มานิจ ทองประเสริฐ ได้ทำการทดลองสร้างโรงอบไม้พลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งประกอบด้วย ห้องอบแห้งไม้ แผงรับรังสีผลิตอากาศร้อนและพัดลมบังคับการไหลของอากาศภายในห้องอบ ให้ไหลผ่านแผงรับรังสี และผ่านกองไม้ โดยที่แผ่นรับรังสีจะอยู่บนหลังคามีพัดลมดูด และเป่าอากาศให้ถ่ายเทภายในห้องอบ จากการทดลองพบว่า ระยะเวลาของการอบแห้งไม้ลดลงประมาณ 60 % ของการตากแห้งตามธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ชิงมีหินเป็นตัวรับรังสี

(Solar Driver Having Black Rock as a Collector)

บทนำ

การนำเอาพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในการอบแห้งผลิตผลทางการเกษตรได้ทำมาตั้งแต่โบราณ ในช่วงระยะเวลา 10 ปีที่ผ่านมา เทคโนโลยีเกี่ยวกับพลังงานแสงอาทิตย์ได้รับการพัฒนาให้ทันสมัยขึ้น ตัวรับรังสีได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อผลิตอากาศร้อน เพื่อใช้ในการระเหยน้ำจากผลิตภัณฑ์ที่ต้องการทำแห้ง

โดยทั่วไปตัวรับรังสีจะทำจากไม้ หรือ สังกะสีทาสีดำด้าน และปิดด้านบนด้วยกระจกใส เพื่อลดการสูญเสียความร้อนเนื่องจากการพาความร้อน ตัวรับรังสีดังกล่าวได้ใช้ในการผลิตอากาศร้อนเพื่อใช้ในการอบแห้ง เฉพาะช่วงเวลาที่มีแสงอาทิตย์เท่านั้น ซึ่งสำหรับประเทศไทยเฉลี่ยประมาณ 7-8 ชม.ต่อ 1 วัน

ตัวรับรังสีซึ่งใช้หินทาสีดำด้าน จะสามารถกักเก็บพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ในช่วงกลางวัน และสามารถนำเอาพลังงานความร้อนที่เก็บไว้มาใช้ได้ในช่วงที่ไม่มีแสงอาทิตย์ การอบแห้งโดยใช้ตัวรับรังสีชนิดนี้ยังไม่ค่อยมีการศึกษามากนัก สำหรับสภาพการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ของประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

ปัญหาพิเศษนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ซึ่งมีหินสีดำเป็นผิวดูดรังสี โดยทำการดัดแปลงมาจากของ KMITT นอกจากนี้ได้ศึกษาสมรรถนะของเครื่องอบแห้งดังกล่าว โดยใช้พริกเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการอบแห้ง

ขอบเขตของปัญหาพิเศษ

1. สร้างเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ต้นแบบ
2. เปรียบเทียบอุณหภูมิภายในตู้อบเมื่อมีผิวดูดรังสีเป็นหินสีดำและไม้สีดำ
3. ทำการอบแห้งพริกในตู้อบแห้งในสภาวะที่มีหินดำเป็นผิวดูดรังสี โดยเปลี่ยนอัตราการไหลของอากาศที่ดูดออกจากเครื่องอบแห้ง
4. ทำการอบแห้งพริกในตู้อบแห้งในสภาวะที่มีไม้สีดำเป็นผิวดูดรังสี โดยเปลี่ยนอัตราการไหลของอากาศที่ดูดออกจากเครื่องอบแห้ง
5. ทำการอบแห้งพริกในตู้อบแห้งในสภาวะที่มีหินสีดำเป็นผิวดูดรังสี โดยไม่มีพัดลมดูดอากาศออกจากตู้อบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสร้างเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ต้นแบบ

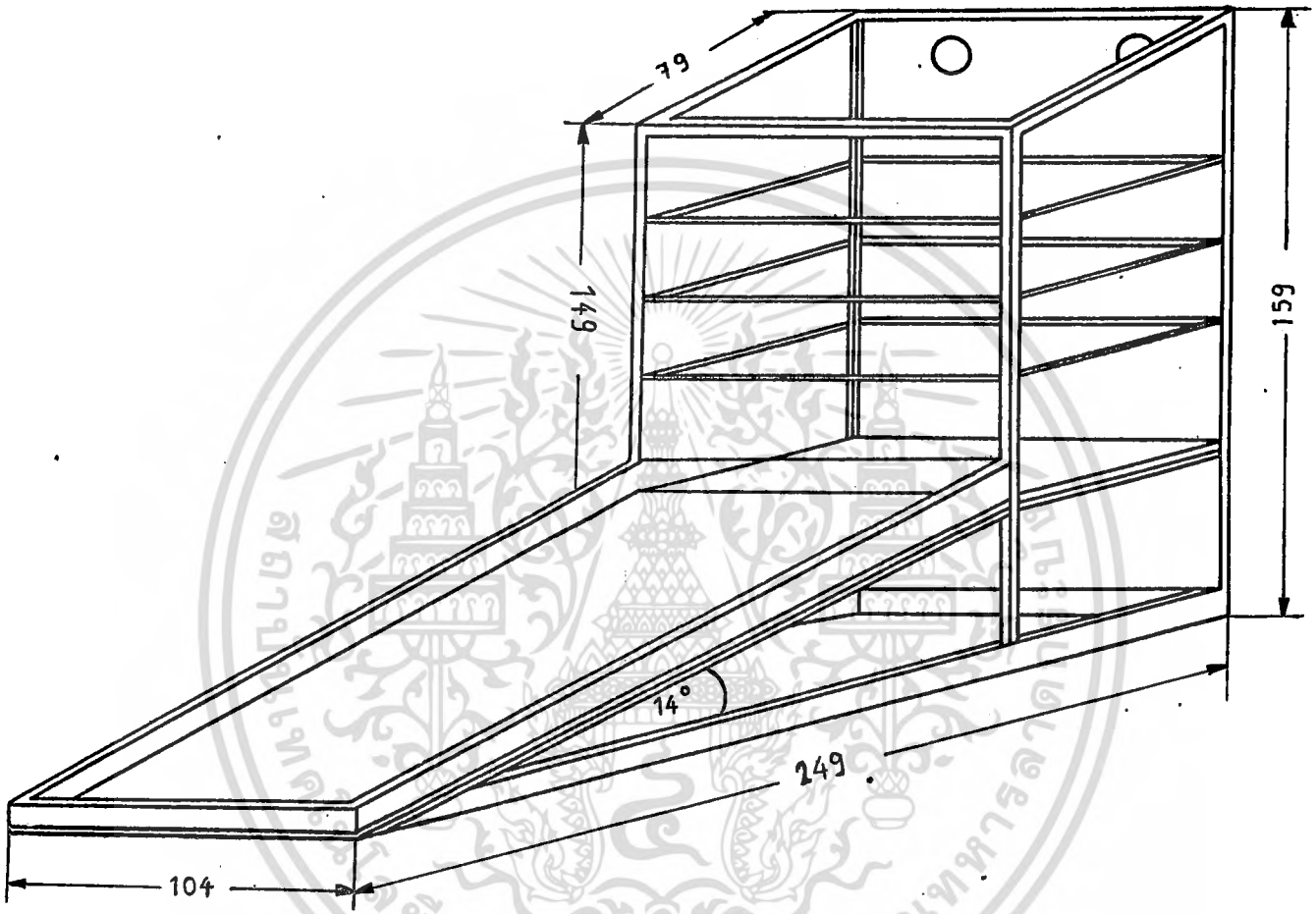
ในการสร้างตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ต้นแบบ เพื่อให้เกิดความสะดวกในการติดตั้งและแข็งแรงจึงใช้เหล็กฉากในการสร้างโครงตู้อบ โดยทำการสร้างจากฐานไปก่อน โดยใช้เหล็กขนาด 1 1/2 นิ้ว ทำเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดกว้าง 104 cm. และยาว 249 cm. และใช้เหล็กฉากขนาด 1 นิ้ว ทำเป็นขาตั้งให้คู่หน้าสูง 149 cm. คู่หลัง 159 cm. เพื่อให้ด้านบนเอียงเป็นมุม 14 องศา และใช้เหล็กฉากขนาดเดิมยึดขาทั้งสี่ไว้ และเอียงทำมุมเพื่อทำเป็นแผงรับแสงอาทิตย์ด้านหน้า พร้อมกับใช้เหล็กฉากทำเป็นชั้นอีก 3 ชั้น เพื่อรองรับตะแกรงที่ใช้วางผลิตภัณฑ์ที่จะนำมาอบแห้ง เมื่อประกอบโครงสร้างตู้แล้วทาสีดำชนิดด้านเพื่อป้องกันสนิม

สำหรับการติดตั้งไม้กระดานอัด จะวัดขนาดของชิ้นไม้ที่ติดตั้งให้มีขนาดพอดีกับโครงเหล็กก่อนแล้วทาสีดำชนิดด้าน โดยจะติดตั้งที่ด้านข้าง ด้านบน และด้านหลังซึ่งเป็นประตูเปิดปิด ซึ่งใช้ไม้อัดขนาด 4 mm. สำหรับพื้นด้านล่างจะใช้ไม้กระดานอัดหนาขนาด 10 mm. เพื่อความแข็งแรงในการรับน้ำหนักของก้อนหิน

ก่อนที่จะติดตั้งกระจกต้องมีการตัดยางและพรมอัด เพื่อรองพื้นกระจกซึ่งมีขนาด 1 นิ้ว โดยใช้กาวยึดกับโครงเหล็กด้านหน้าและด้านแผงรับแสงอาทิตย์ ต่อจากนั้นวางกระจกในแนวตั้งด้านหน้าก่อน แล้วใช้ฉากอลูมิเนียมยึดไว้ ส่วนในแนวนอนจะใช้กระจกตัดเป็น 2 ส่วน เพื่อป้องกันการแตกได้ง่าย และใช้ฉากอลูมิเนียมยึด

ส่วนการติดตั้งพัดลมจะเจาะรูทางด้านหลังส่วนบนเป็นวงกลม ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว จำนวน 2 รู และติดตั้งพัดลมโดยใช้สกรูยึดไว้ ซึ่งมีการต่อสวิทช์ไฟฟ้าเพื่อควบคุมการทำงานของพัดลม ซึ่งลักษณะต่างๆดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นมีแสดงอยู่ในรูปที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1 ตู้อบแสงอาทิตย์ซึ่งมีหินสีดำเป็นผิวดูดรังสี

การดำเนินการทดลอง

ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการอบแห้ง คือ พริกชี่งผ่านการลวกด้วยน้ำเดือด 3 นาที โดยพริกดังกล่าวจะถูกนำไปอบแห้งในตู้อบแห้ง ชี่งมีผิวดูดรังสีเป็นหินสีดำและไม้สีดำ ในการทดลองกับผิวดูดรังสีทั้ง 2 ชนิดจะเปลี่ยนค่าอัตราการไหลของอากาศที่ออกจากตู้อบ และวัดอุณหภูมิของอากาศภายในตู้อบ และอากาศที่ออกจากตู้อบทุกๆชั่วโมง การอบแห้งนี้จะเสร็จสิ้นเมื่อความชื้นของพริกลดลงเหลือ 13-14 % มาตรฐานเปียก

1. เปรียบเทียบอุณหภูมิภายในตู้อบเมื่อมีผิวดูดรังสีเป็นไม้สีดำและหินสีดำ
   1.1 วางตู้ในตำแหน่งที่หันด้านหน้าเข้าหาทิศใต้
   1.2 ติดตั้ง Thermocouple บนตะแกรงชั้นบนสุด,ล่างสุด และหลังพัดลมดูดอากาศ
   1.3 ติดตั้ง Thermometer เพื่อใช้สำหรับวัดอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมภายนอกตู้
   1.4 บันทึกอุณหภูมิทุกๆชม.จนกระทั่งอุณหภูมิภายในตู้มีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมภายนอกตู้
2. ทำการอบแห้งพริกในตู้อบแห้ง สามารถแบ่งตามสภาวะของการทดลองดังนี้
   2.1 ในสภาวะที่มีหินสีดำเป็นผิวดูดรังสี โดยการเปลี่ยนอัตราการไหลของอากาศที่ดูดออกจากเครื่องอบแห้ง โดยทำการเปิดพัดลม 1 ตัว,พัดลม 2ตัว และไม่เปิดพัดลม ชี่งมีอัตราการไหลของอากาศเท่ากับ 105 cfm,210 cfm และไม่มีการดูดอากาศออก ตามลำดับ
   2.2 ในสภาวะที่มีไม้สีดำเป็นผิวดูดรังสี โดยเปลี่ยนอัตราการไหลของอากาศที่ดูดออกจากเครื่องอบแห้งโดยทำการเปิดพัดลม 1 ตัว และพัดลม 2 ตัว ชี่งมีอัตราการไหลของอากาศเท่ากับ 105 cfm และ 210 cfm ตามลำดับ

หมายเหตุ

ในการทดลองข้อ 2.1 และ 2.2 จะติงพริกทุกๆชม.เพื่อนำมาหาความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยวิธีดังกล่าวอยู่ในภาคผนวก

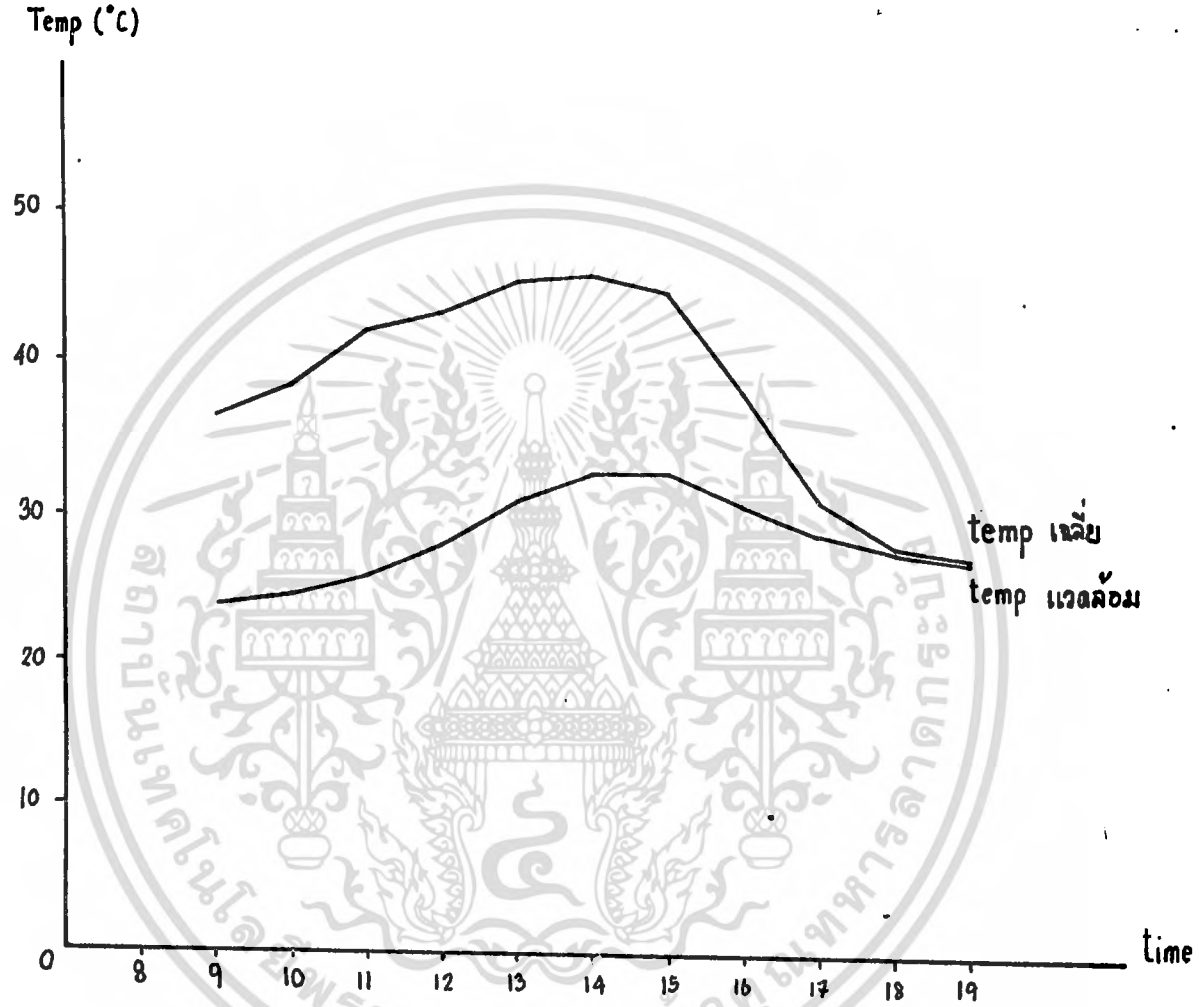
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
96699

ผลการทดลอง

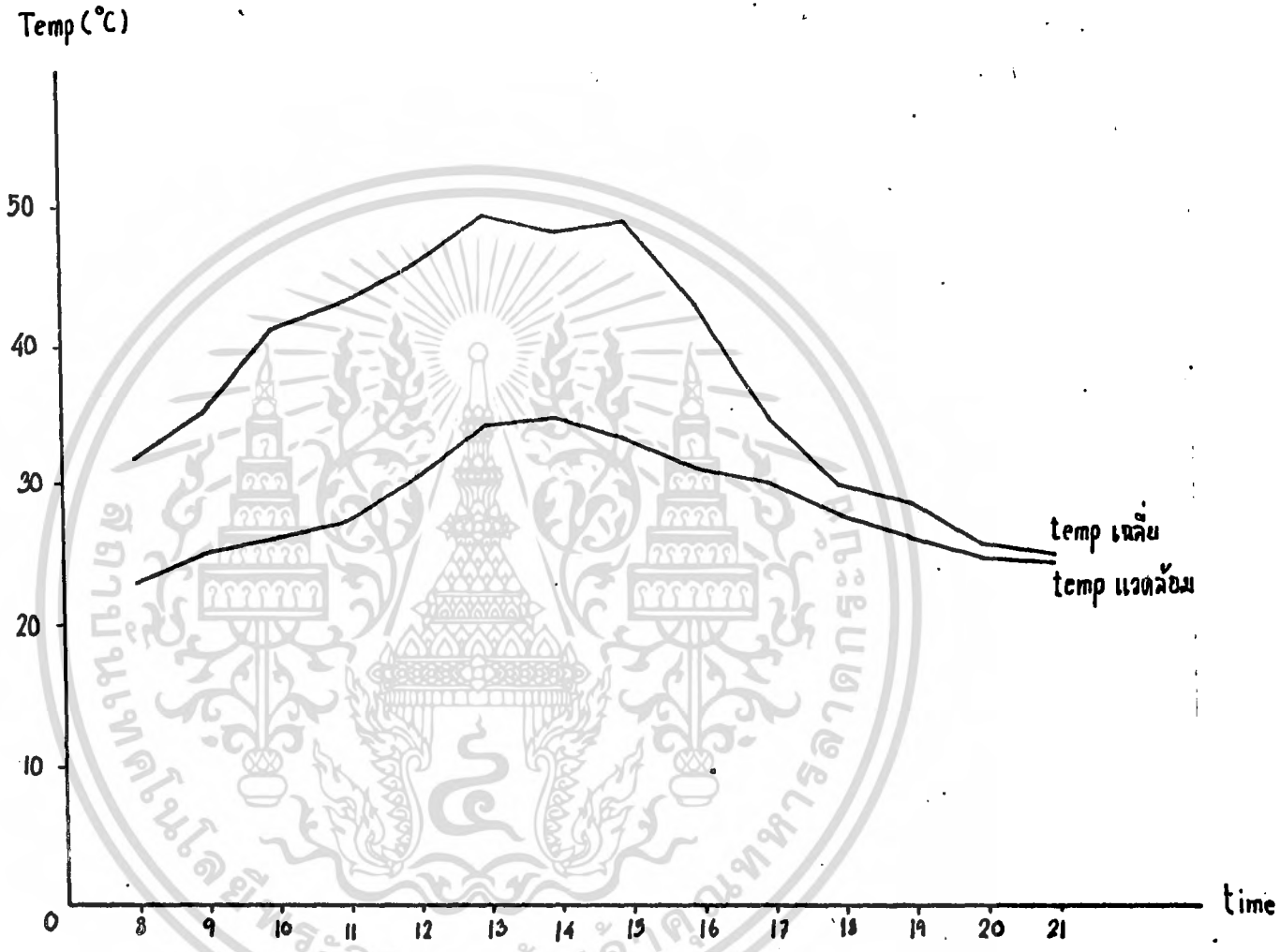
การเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในตู้อบเมื่อมีผิวดูดรังสีเป็นหินสีดำและไม้สีดำ จากกราฟรูปที่ 2,3 และ4 พบว่า

1. อุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อบที่มีหินสีดำเป็นผิวดูดรังสี จะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อบที่มีไม้สีดำเพียงอย่างเดียวเป็นผิวดูดรังสี ประมาณ 5 ℃
2. ระยะเวลาที่อุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อบสูงกว่าอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม ของตู้อบที่มีหินสีดำเป็นผิวดูดรังสี จะนานกว่าตู้ที่มีไม้สีดำเป็นผิวดูดรังสี ประมาณ 3 ช.ม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

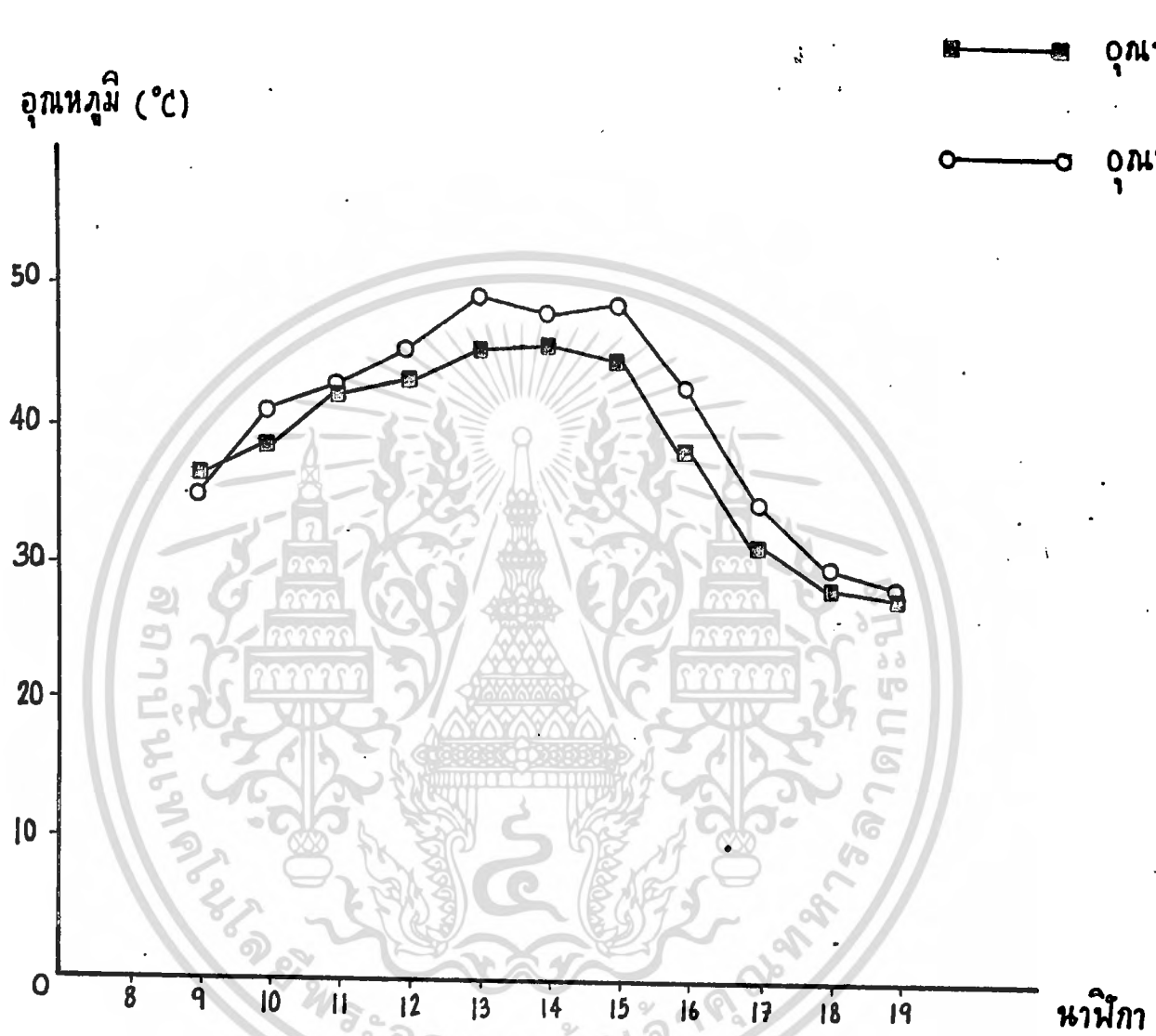


รูปที่ 2 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อบเทียบกับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมที่เวลาต่าง ๆ กัน เมื่อมีผิวดูดรังสีเป็นไม้สีดำ



รูปที่ 3 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อบเทียบกับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมที่เวลาต่าง ๆ กัน เมื่อมีผิวดูดรังสีเป็นหินสีดำ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อบที่มีไม้สีดำเป็นผิวดูดรังสีเทียบกับอุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อบที่มีหินสีดำเป็นผิวดูดรังสี

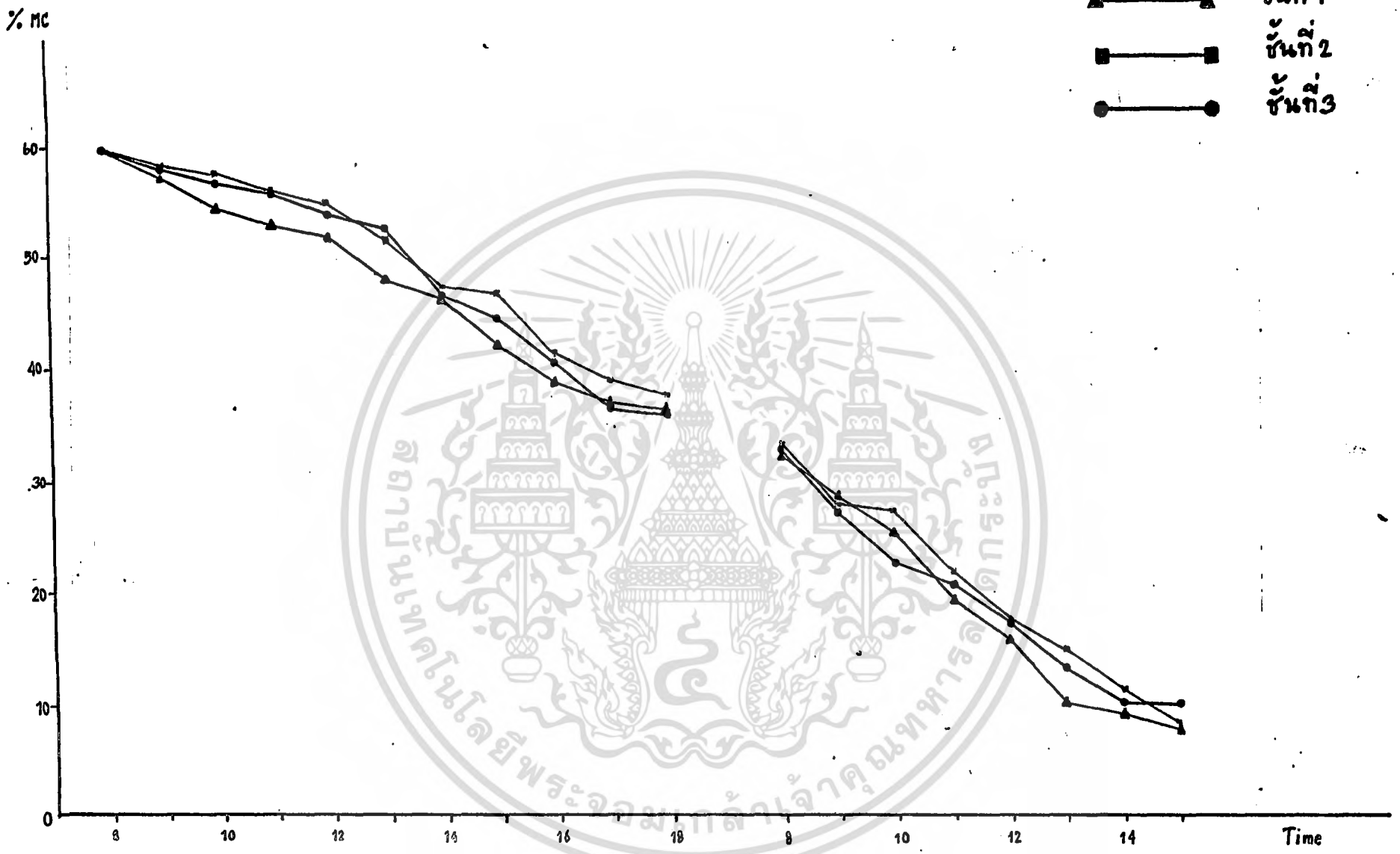
14098

จากการศึกษาทดลองถึงผลของอัตราการไหลของอากาศในตู้อบที่มีไม้สีดำเป็นผิวดูดรังสี

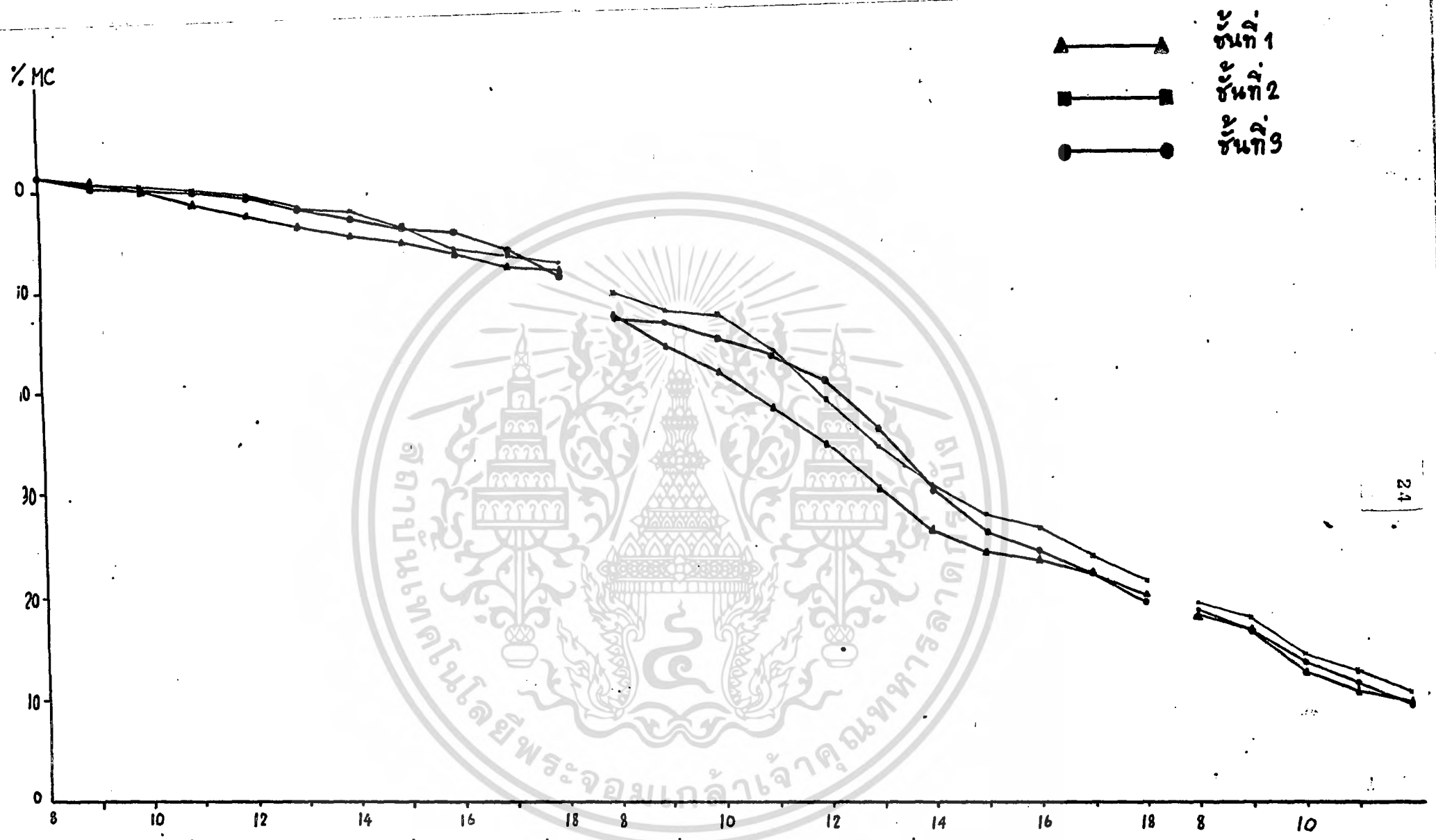
จากกราฟรูป 5,6,7,8 พบว่า

1. อุณหภูมิสูงสุดภายในตู้อบที่มีอัตราการไหลของอากาศ = 105 cfm เท่ากับ 53 °c ในตู้อบที่มีอัตราการไหลของอากาศ = 210 cfm เท่ากับ 46 °c
2. ความชื้นของพริกที่ผ่านการอบแห้งในแต่ละชั้นในตู้อบจะมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด
3. ระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งพริกให้มีความชื้นเหลือ 12 - 14 % ตู้อบที่มีอัตราการไหลของอากาศ = 105 cfm จะใช้เวลา 16 ชม. ส่วนตู้อบที่มีอัตราการไหลของอากาศ = 210 cfm จะใช้เวลา 24 ชม.
4. ลักษณะของพริกที่ผ่านการอบแห้งในตู้อบที่มีอัตราการไหลของอากาศ = 105 cfm พบว่าสีของผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่สม่ำเสมอ สำหรับพริกที่ผ่านการอบแห้งในตู้อบที่มีอัตราการไหลของอากาศ = 210 cfm พบว่าสีของผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่สม่ำเสมอ บางส่วนมีสีดำไหม้ เนื่องจากใช้เวลาในการอบนานและความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ได้ในช่วงแรกไม่สม่ำเสมอ แต่จะเริ่มสม่ำเสมอในช่วงหลังของการอบแห้ง (เมื่อมีความชื้นเหลือประมาณ 20-12 %)

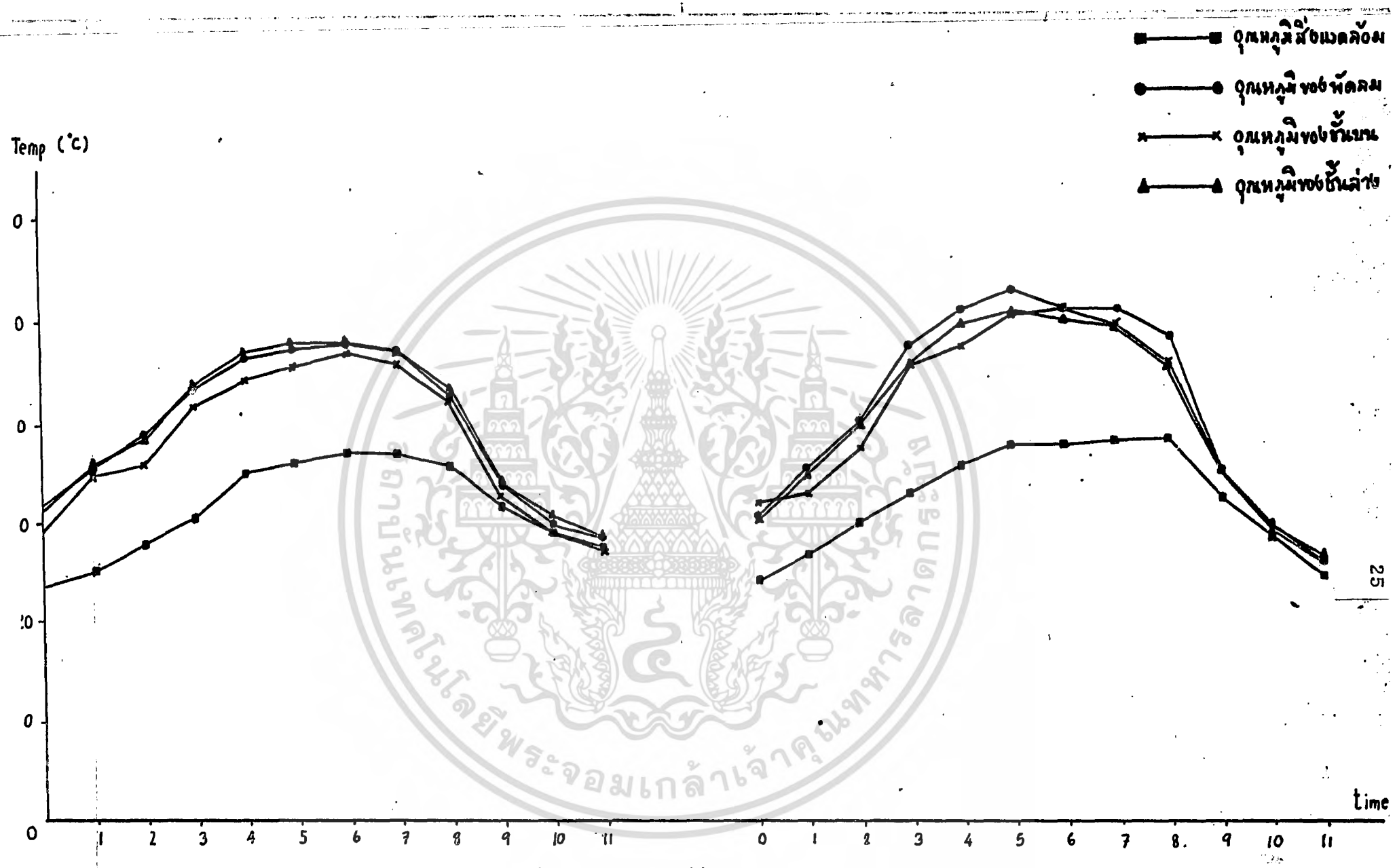
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



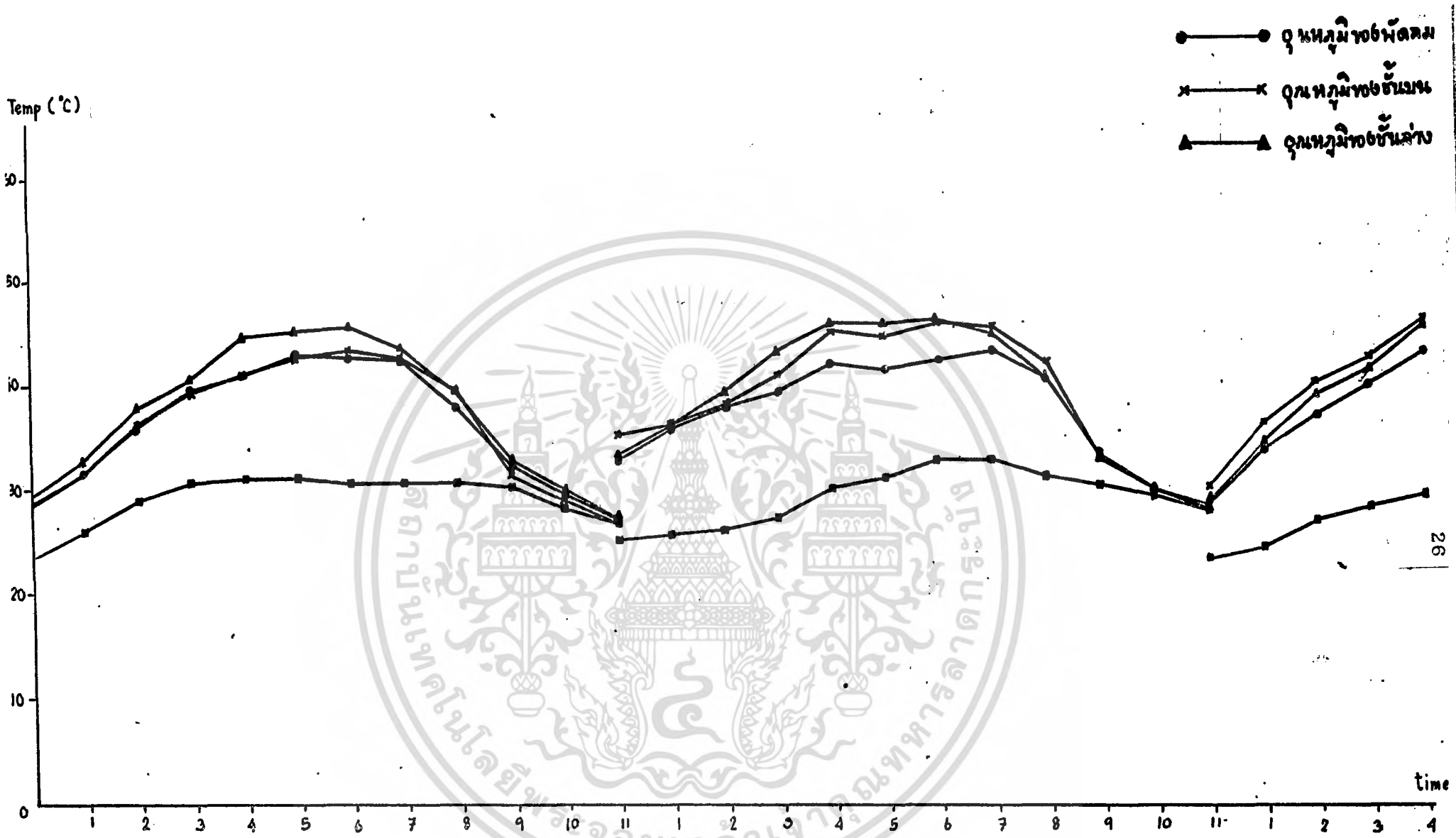
รูปที่ 5 แสดงปริมาณความชื้นที่เหลืออยู่ในพริกที่ผ่านการอบแห้งที่เวลาต่าง ๆ กันในสภาวะที่มีอัตราการไหลของอากาศ = 105 cfm



รูปที่ 6 แสดงปริมาณความชื้นที่เหลืออยู่ในพริกที่ผ่านการอบแห้งที่เวลาต่าง ๆ กัน ในสภาวะที่มีอัตราการไหลของอากาศ = 210 cfm



รูปที่ 7 แสดงอุณหภูมิในตู้อบเทียบกับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมในสภาวะที่มีอัตราการไหลของอากาศ = 105 cfm

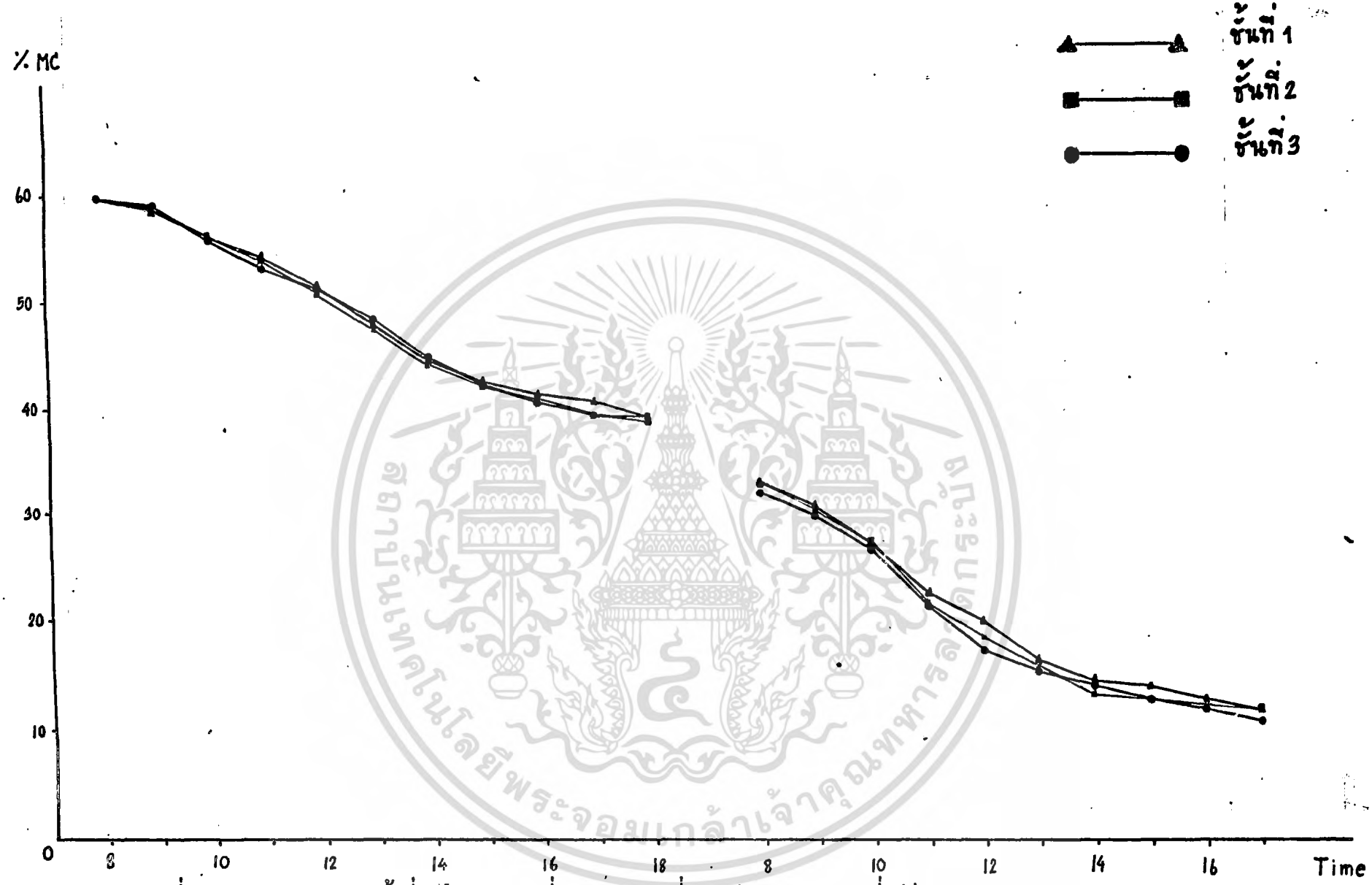


รูปที่ 8 แสดงอุณหภูมิในตู้อบเทียบกับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมในสภาวะที่มีอัตราการไหลของอากาศ = 210 cfm

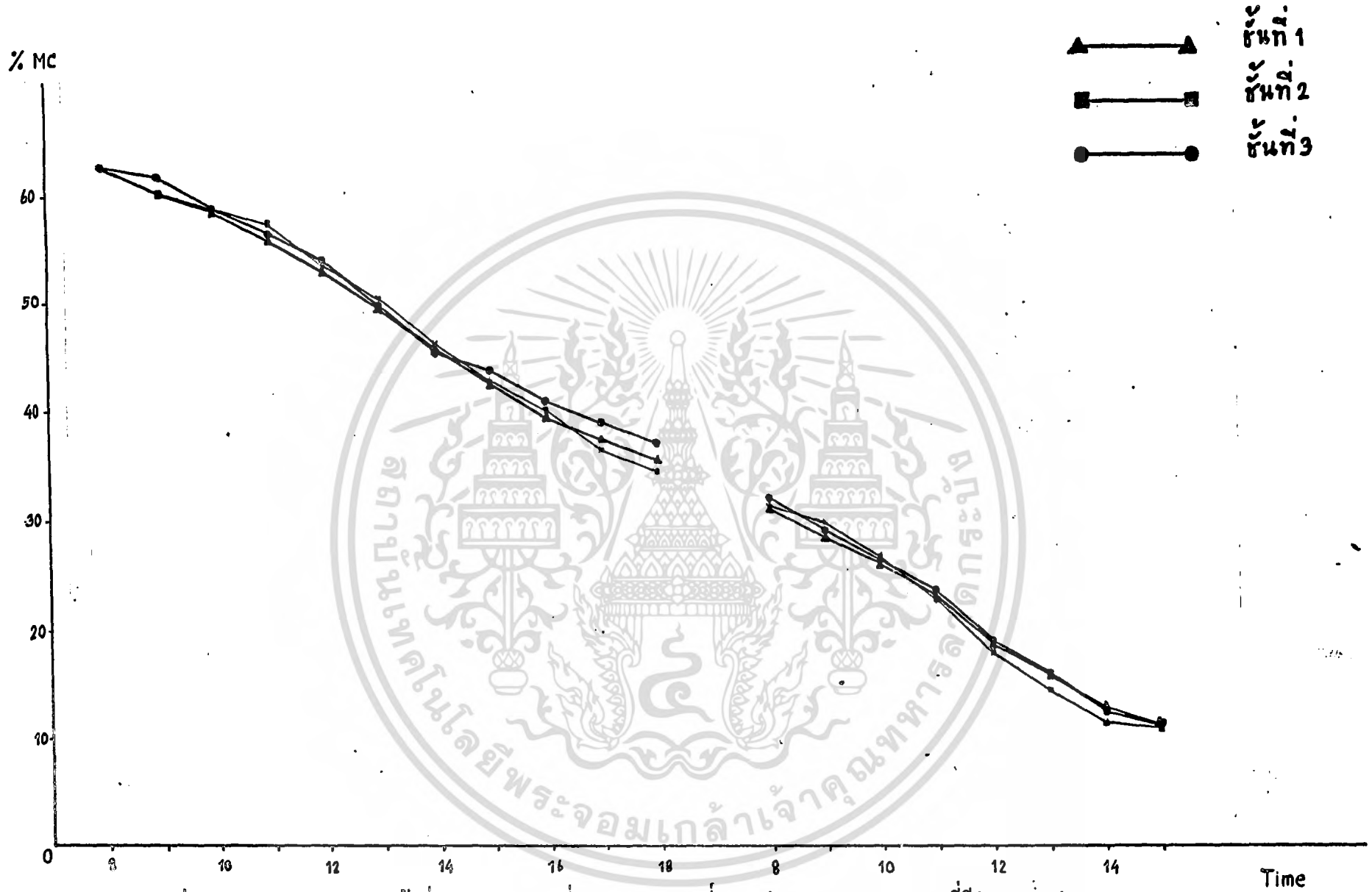
จากการศึกษาถึงผลของอัตราการไหลของอากาศภายในตู้อบที่มีหินสีดำเป็นผิวดูดรังสี จากกราฟรูปที่ 9 ถึง 14 พบว่า

1. อุณหภูมิสูงสุดภายในตู้อบที่มีอัตราการไหล = 105 cf เท่ากับ 57 °c
   อุณหภูมิสูงสุดภายในตู้อบที่มีอัตราการไหล = 210 cfm เท่ากับ 53 °c
   อุณหภูมิสูงสุดภายในตู้อบที่ไม่มีการดูดอากาศออก เท่ากับ 60 °c
2. ความชื้นของพริกที่ผ่านการอบแห้งในแต่ละชั้นภายในตู้อบ ที่เวลาต่างๆ พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันเนื่องจากหินสีดำมีส่วนช่วยในการสะสมความร้อนและปรับอุณภูมิภายในตู้อบให้สม่ำเสมอ
3. ระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งพริกให้มีความชื้นเหลือประมาณ 12 - 14 %
   ตู้อบที่ไม่มีการดูดอากาศออก ใช้เวลา 19 ชม.
   ตู้อบที่มีอัตราการไหลของอากาศ = 105 cfm ใช้เวลา 17 ชม.
   ตู้อบที่มีอัตราการไหลของอากาศ = 210 cfm ใช้เวลา 20 ชม.
4. ลักษณะของพริกที่ผ่านการอบแห้งจะมีสี และความชื้นค่อนข้างสม่ำเสมอ โดยเฉพาะพริกที่ผ่านการอบจากตู้ที่มีอัตราการไหลของอากาศ = 105 cfm จะมีลักษณะที่ดีกว่า คือ พริกจะมีสีแดงสดและที่ผิวของพริกจะแห้งและใสสม่ำเสมอ

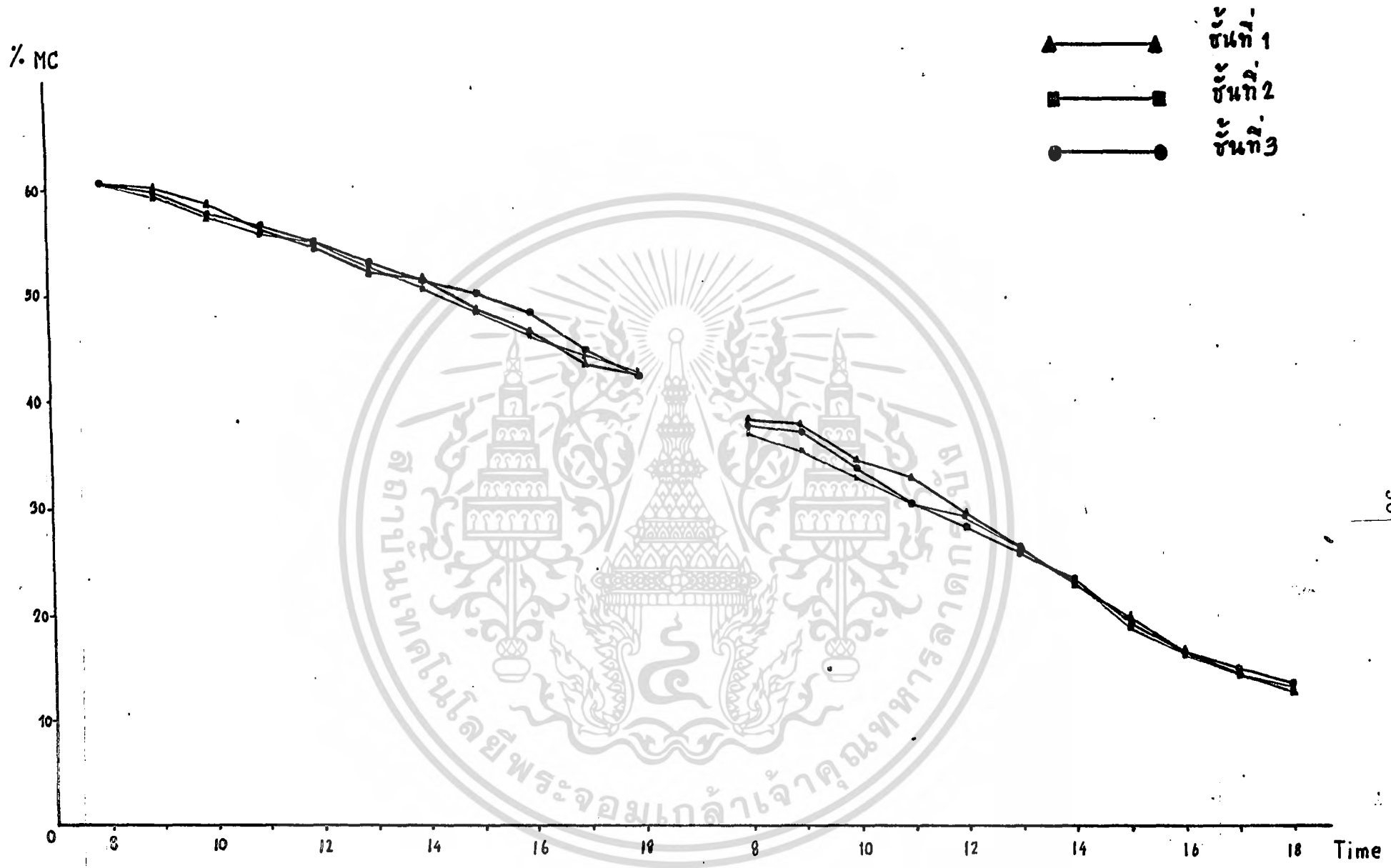
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



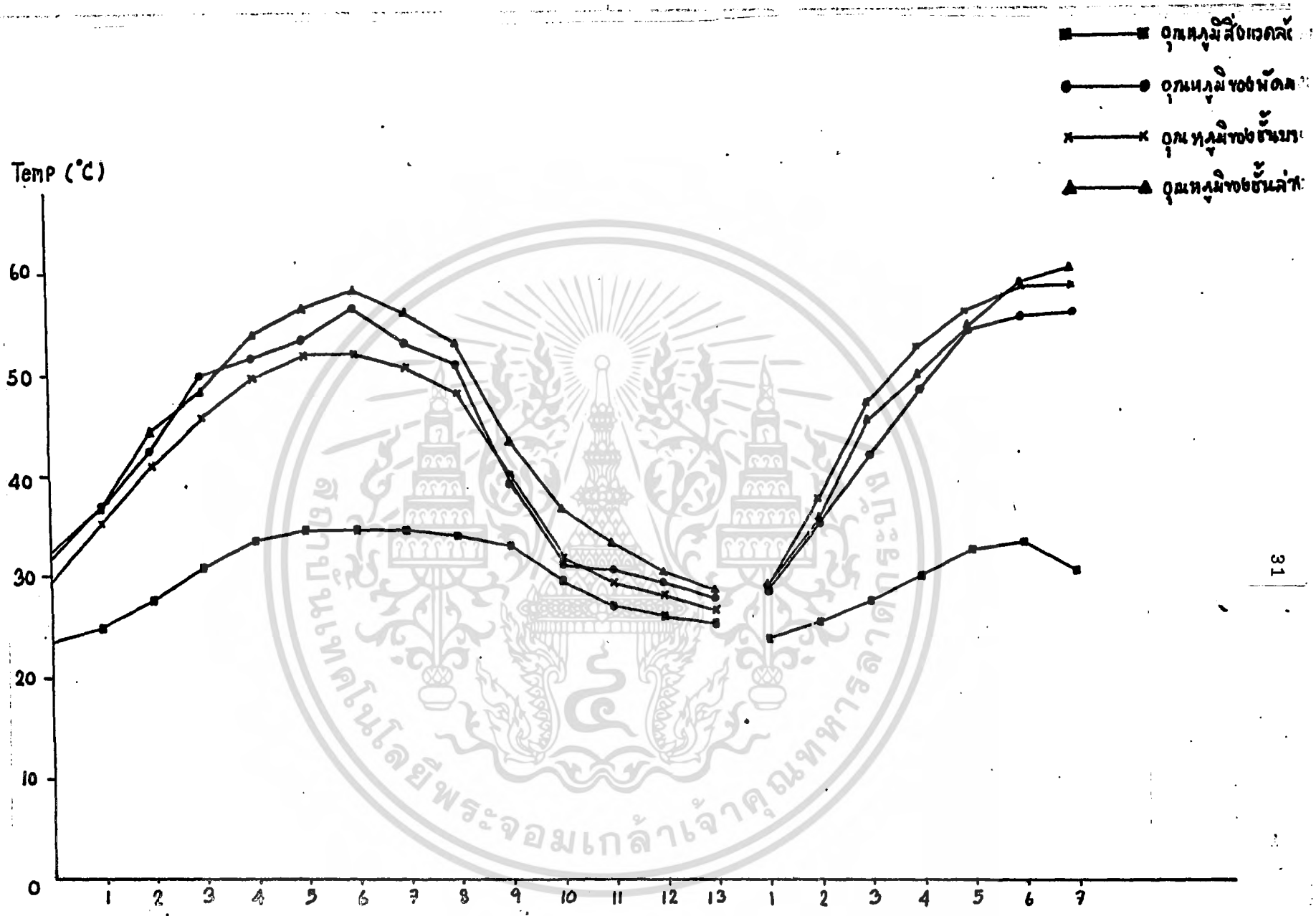
รูปที่ 9 แสดงปริมาณความชื้นที่เหลืออยู่ในพริกที่ผ่านการอบแห้งที่เวลาต่างกันในสภาวะที่ไม่มีการดูดอากาศจากตู้อบ



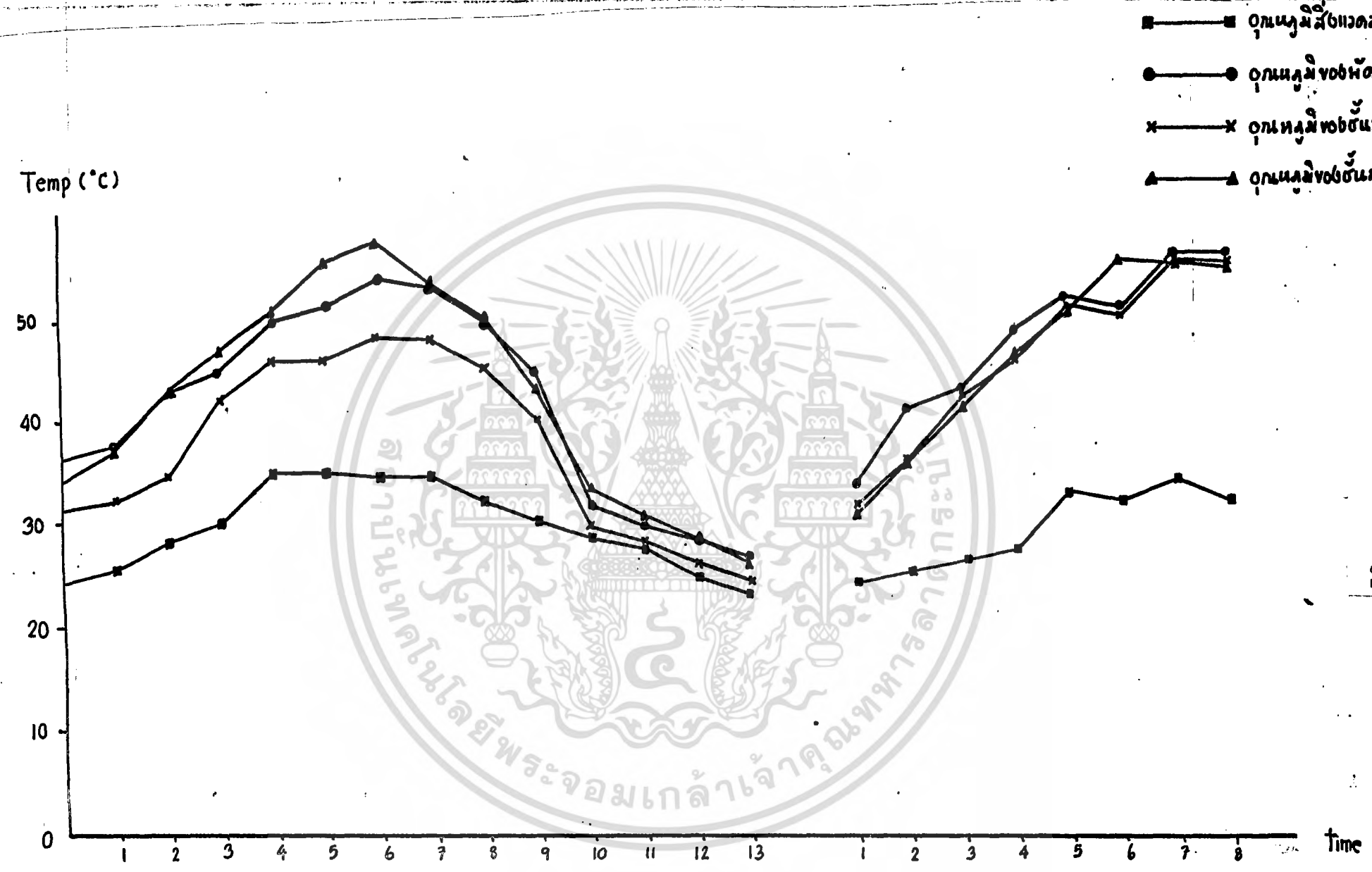
รูปที่ 10 แสดงปริมาณความชื้นที่เหลืออยู่ในพริกที่ผ่านการอบแห้งที่เวลาต่าง ๆ กัน ในสภาวะที่มีอัตราการไหลของอากาศ = 105 cfm



รูปที่ 11 แสดงปริมาณความชื้นที่เหลืออยู่ในพริกที่ผ่านการอบแห้งที่เวลาต่าง ๆ กัน ในสภาวะที่มีอัตราการไหลของอากาศ = 210 cfm

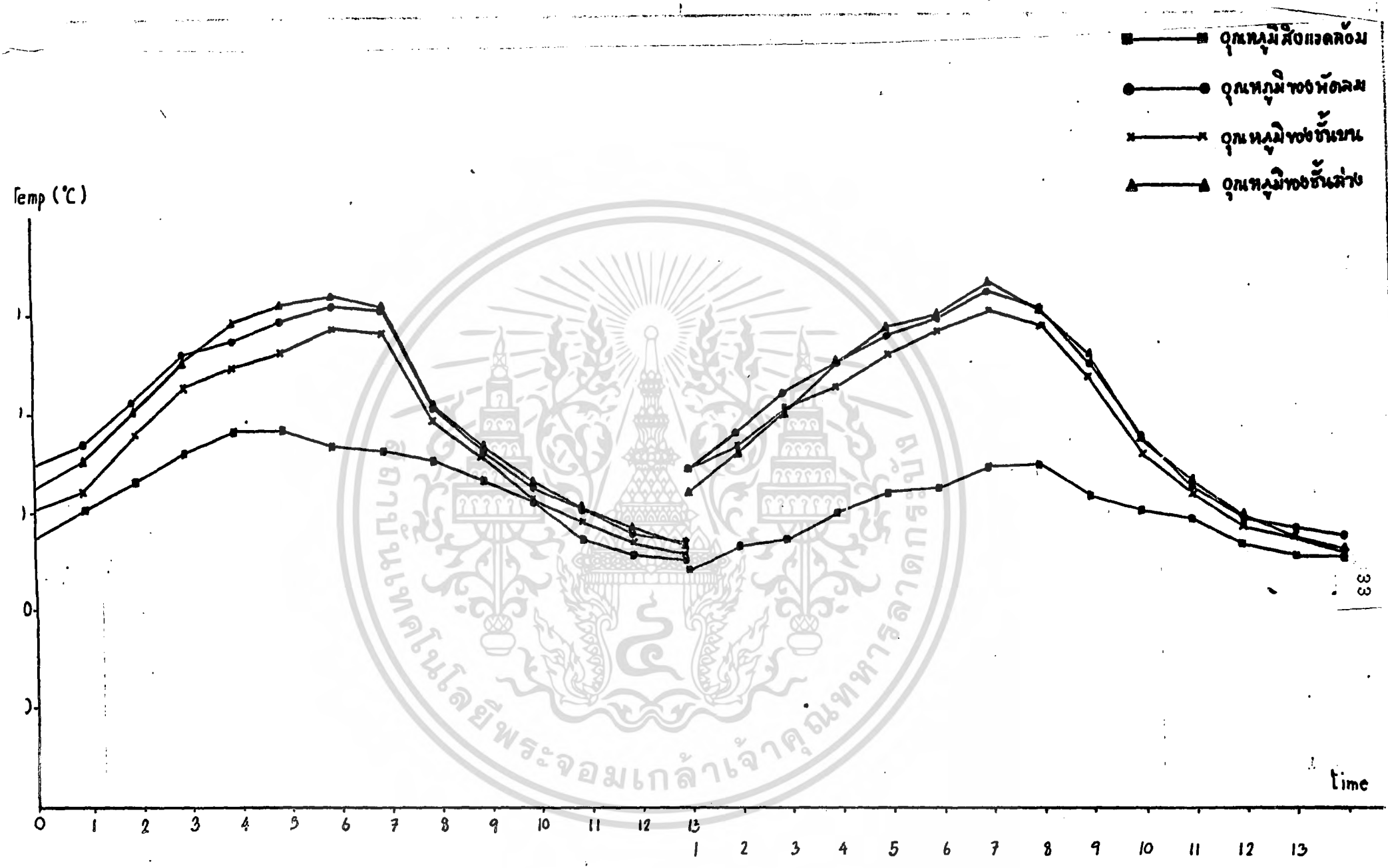


รูปที่ 12 แสดงอุณหภูมิในตู้อบเทียบกับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมในสภาวะที่ไม่การดูดอากาศออกจากตู้อบ



สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รูปที่ 13 แสดงอุณหภูมิภายในตู้อบเทียบกับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมในสภาวะที่มีอัตราการไหลของอากาศ = 105 cfm



รูปที่ 14 แสดงอุณหภูมิภายในตู้อบเทียบกับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมในสภาวะที่มีอัตราการไหลของอากาศ = 210 cfm

จากการศึกษาผลของผิวดูดรังสีที่มีต่อการอบแห้งพริก และอุณหภูมิภายในตู้อบเมื่ออัตราการไหลของอากาศออกจากตู้อบคงที่ พบว่า

1. อัตราการไหลของอากาศออกจากตู้อบ =105 cfm
   1.1 หินสีดำมีผลทำให้ปริมาณความชื้นที่มีเหลืออยู่ในพริกที่ผ่านการอบแห้งในแต่ละชั้นมีความแตกต่างกันน้อย
   1.2 หินสีดำมีผลทำให้ระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งลดลง 1 ช.ม.
   1.3 หินสีดำมีผลทำให้อุณหภูมิสูงสุดภายในตู้อบสูงกว่าอุณหภูมิของตู้ที่มีไม้สีดำเป็นผิวดูดรังสี 4 องศาเซลเซียส
   1.4 หินสีดำมีผลทำให้ผิวของพริกและความชื้นของพริกสม่ำเสมอ
2. อัตราการไหลของอากาศออกจากตู้อบ = 210 cfm
   2.1 หินสีดำมีผลทำให้ปริมาณความชื้นที่มีเหลืออยู่ในพริกที่ผ่านการอบแห้งในแต่ละชั้นมีความแตกต่างกันน้อย
   2.2 หินสีดำมีผลทำให้ระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งลดลง 4 ช.ม.
   2.3 หินสีดำมีผลทำให้อุณหภูมิสูงสุดภายในตู้อบสูงกว่าอุณหภูมิของตู้อบที่มีไม้สีดำเป็นผิวดูดรังสี 7 องศาเซลเซียส
   2.4 หินสีดำมีผลทำให้ผิวของพริกและความชื้นของพริกสม่ำเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิจารณ์ผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการทดลองกับผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นๆ เนื่องจากสภาวะที่ใช้ในการทดลองดังกล่าวเหมาะสำหรับการอบแห้งพริก
2. จากการทดลองนี้ ได้ทำการทดลองในช่วงเดือน พฤศจิกายน-ธันวาคม เท่านั้น ซึ่งเป็นช่วงที่มีแสงแดดจัด หากทำการทดลองในช่วงเดือนอื่นๆ อาจทำให้ผลการทดลองเปลี่ยนไปได้
3. ควรทำการทดลองโดยทำการเปลี่ยนค่าอัตราการไหลของอากาศอีกหลายๆ ค่า ซึ่งอาจจะมีผลต่อการอบแห้ง
4. ควรจะทำการจำลองสภาพ (simulation) การอบแห้ง ภายใต้เงื่อนไขต่างๆ เพื่อดูผลของตัวแปรที่มีต่อการอบแห้ง
5. ควรจะทดลองกับก้อนหินชนิดอื่นๆ
6. ควรจะศึกษาความหนาของชั้นก้อนหิน ซึ่งอาจจะมีผลต่อการกักเก็บความร้อนและการอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองทำให้สามารถสรุปได้ว่า ในการอบแห้งพริกควรจะใช้ตู้อบแห้งชนิดมีหินสีดำเป็นผิวดูดรังสี และมีอัตราการไหลของอากาศออกจากตู้อบเท่ากับ 105 cfm มีผลทำให้ใช้เวลาในการอบแห้งสั้นกว่าในกรณีอื่นๆ และผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีและความชื้นสม่ำเสมอกัน

ผลสรุปที่ได้จะเป็นจริงภายใต้เงื่อนไขการทดลองนี้ ในกรณีที่เงื่อนไขแตกต่างไปจากการทดลองนี้ ผลสรุปดังกล่าวอาจจะเปลี่ยนไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

ณอคุณ สิทธิพงศ์ ดร. และ โชคชัย เจวประเสริฐพันธ์. การอบแห้งลำไยในโรงบ่มใบยาสูบโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ช่วย. คณะวิศวกรรมศาสตร์ ม.เชียงใหม่

มานิจ ทองประเสริฐ รศ.ดร. โรงอบไม้พลังงานแสงอาทิตย์. คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ

รัตนา จีระรัตนานนท์,พจนา วงษ์ศิริ และ วารุณี วาคะบุตร. 2528. การอบแห้งผลิตภัณฑ์อาหารโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบมีแผงรับรังสี. KMITT.

สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ ผศ.ดร. 2528. การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหาร. KMITT.

สมบัติ ขอทวีวัฒนา. 2529. กรรมวิธีการอบแห้ง. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร ม.เกษตร

Soponronnarit S. Strategies for Drying paddy under tropical climate

Wibulswas P. Recent Development On Solar Drying in Thailand. KMITT.

Wibulswas P. and S. Thaina. Comparative Performances of Cabinet Drivers with seperate air heaters. KMITT.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

อุปกรณ์

Aluminium can

ตู้อบแสงอาทิตย์

Desidcator

ตาชั่งละเอียด

วิธีการวิเคราะห์

อบ Aluminium can ที่ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่ ทิ้งไว้ให้เย็นใน Desiccator

ใส่น้ำหนักตัวอย่าง อบที่ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่ ทิ้งไว้ให้เย็นใน Desiccator นำมาชั่งน้ำหนัก หลังนำค่ามาคำนวณ ดังต่อไปนี้

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ-น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}*100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ตารางแสดงอุณหภูมิภายในตู้อบและปริมาณความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 : แสดงอุณหภูมิภายในตู้อบที่ตำแหน่งต่างๆ เทียบกับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมเมื่อมีผิวดูดรังสีเป็นไม้ทาสีดำชนิดด้าน

: ทำการทดลองวันที่ 30 พฤศจิกายน 2532

เวลา (น.)	อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม	อุณหภูมิของชั้นบน	อุณหภูมิของชั้นล่าง	อุณหภูมิของอากาศออก	อุณหภูมิที่เฉลี่ย
8	24	37.3	34.3	38.6	36.73
9	25	38.8	38.9	38.5	38.73
10	26	41.8	42.5	42.1	42.13
11	28	43.1	44.4	43.6	43.70
12	31	44.3	45.5	45.3	45.03
13	33	44.9	46.0	45.9	45.60
14	33	43.7	44.2	44.6	44.17
15	31	38.6	37.0	38.8	38.13
16	29	31.6	31.4	31.6	31.53
17	28	28.2	28.2	28.1	28.17
18	27	27.9	28.1	27.7	27.90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 : แสดงอุณหภูมิภายในตู้อบที่ตำแหน่งต่างๆ เทียบกับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมเมื่อมีผิวดูดรังสีเป็นหินทาสีดำชนิดด้าน

: ทำการทดลองวันที่ 14 ธันวาคม 2532

เวลา (น.)	อุณหภูมิของสิ่งแสดล้อม	อุณหภูมิของชั้นบน	อุณหภูมิของชั้นล่าง	อุณหภูมิของอากาศออก	อุณหภูมิที่เฉลี่ย
8	23	32.0	32.7	30.7	31.80
9	25	36.3	35.0	34.7	35.33
10	26.3	40.7	40.0	42.9	41.20
11	27.5	44.1	41.9	45.2	43.73
12	30.5	46.0	44.5	47.9	46.13
13	34	49.2	47.8	50.8	49.27
14	34.5	47.2	45.9	49.6	47.57
15	33	48.6	48.3	49.7	48.87
16	31	44.0	42.9	44.5	43.80
17	30	35.0	33.9	34.7	34.53
18	27.5	30.1	29.0	30.2	29.77
19	26	28.0	26.9	27.4	27.43
20	24.5	26.2	25.2	25.7	25.70
21	24	25.4	24.2	24.1	24.57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 : แสดงปริมาณความชื้นที่เหลืออยู่ในพริกที่ผ่านการอบแห้งในเวลาต่างๆในสภาวะที่มีอัตราการไหลของอากาศ = 105 cfm

: ทำการทดลองวันที่ 9,10 ธันวาคม 2532

เวลา	ปริมาณความชื้น (%)		
	ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 2	ชั้นที่ 3
8	59.68	59.68	59.68
9	57.08	58.24	57.96
10	54.08	57.40	56.67
11	52.81	55.71	55.66
12	51.52	54.60	53.60
13	47.75	51.47	52.28
14	46.04	47.05	46.21
15	41.94	46.68	44.37
16	38.72	41.16	40.43
17	36.95	38.93	36.34
18	36.27	37.63	35.84
8	32.37	33.28	32.73
9	28.46	27.59	26.86
10	25.32	27.10	22.40
11	19.26	21.61	20.59
12	15.96	17.45	17.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13	10.19	14.87	13.03
14	9.11	11.39	10.18
15	7.70	8.30	10.01

ตารางที่ 4 : แสดงปริมาณความชื้นที่เหลืออยู่ในพริกที่ผ่านการอบแห้งในเวลาต่างๆ กันในสภาวะที่มีอัตราการไหลของอากาศ = 210 cfm
: ทำการทดลองวันที่ 6,7,8 ธันวาคม 2532

เวลา	ปริมาณความชื้น (%)		
	ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 2	ชั้นที่ 3
8	61.64	61.64	61.64
9	60.89	60.51	60.46
10	60.42	60.22	60.17
11	58.82	60.09	60.02
12	57.54	59.59	59.20
13	56.63	58.36	58.35
14	55.57	57.95	57.34
15	54.93	56.51	56.12
16	53.51	54.13	55.80
17	52.32	53.41	54.03
18	51.90	52.76	51.38
8	47.24	49.61	47.04
9	44.35	47.85	46.63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10	41.79	47.42	45.27
11	38.32	43.98	43.17
12	34.88	38.93	40.99
13	30.26	34.22	36.24
14	26.13	30.62	30.55
15	24.22	27.75	26.35
16	23.41	26.53	24.43
17	22.27	23.88	22.28
18	20.26	21.81	19.51
8	18.32	19.30	18.58
9	16.79	17.70	16.73
10	12.73	14.36	13.61
11	10.92	12.54	11.63
12	9.74	10.64	9.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 : แสดงอุณหภูมิภายในตู้อบเทียบกับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมในสภาวะที่มีอัตราการไหลของอากาศเท่ากับ 105 cfm

: ทำการทดลองวันที่ 9,10 ธันวาคม 2532

เวลา (น.)	อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม	อุณหภูมิของชั้นบน	อุณหภูมิของชั้นล่าง	อุณหภูมิของอากาศออก	อุณหภูมิที่เฉลี่ย
8	23.5	29.0	31.6	31.9	30.8
9	25	34.6	35.9	35.8	35.4
10	28	36.2	38.8	38.7	37.9
11	30.5	41.7	43.9	43.9	43.2
12	35.3	44.6	47.4	46.4	46.1
13	36.3	45.7	47.7	47.3	46.9
14	37.2	46.9	48.0	47.7	47.5
15	37.0	45.8	47.3	47.1	46.7
16	36.0	42.2	43.5	43.4	43.0
17	31.5	32.8	34.3	33.7	33.6
18	29.0	28.6	30.9	29.6	29.7
8	24.0	31.9	30.2	30.6	30.9
9	26.8	32.8	34.7	35.5	34.3
10	30.0	37.7	39.9	40.7	39.4
11	33.0	45.5	46.3	47.6	46.5
12	36.0	47.7	49.3	51.1	49.4
13	38.0	50.5	50.9	53.1	51.5
14	38.0	50.9	50.0	51.2	50.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15	38.5	49.7	49.4	51.7	50.3
16	38.5	46.0	45.5	48.6	46.7
17	32.5	35.1	34.9	35.2	35.1
18	28.5	28.9	29.3	29.5	29.2

ตารางที่ 6 : แสดงอุณหภูมิภายในตู้อบเทียบกับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมในสภาวะที่มีอัตราการไหลของอากาศเท่ากับ 210 cfm

: ทำการทดลองวันที่ 6,7,8 ธันวาคม 2532

เวลา (น.)	อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม	อุณหภูมิของชั้นบน	อุณหภูมิของชั้นล่าง	อุณหภูมิของอากาศออก	อุณหภูมิที่เฉลี่ย
8	23.5	28.8	29.4	28.6	28.9
9	26.0	31.3	32.5	31.7	31.8
10	29	36.4	37.5	35.8	36.6
11	30.8	39	40.9	39.6	39.8
12	31	41.4	44.5	41.1	42.3
13	31	42.4	45.1	42.8	43.4
14	30.5	43.3	45.4	42.4	43.7
15	30.5	42.6	43.7	41.8	42.7
16	30.5	39.0	38.7	37.4	38.4
17	30	31.0	32.5	32.0	31.8
18	28	27.8	29.3	28.9	28.6
8	25	35.0	33.1	32.3	33.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9	25.5	35.9	35.7	35.3	35.6
10	26	38.3	39.1	37.5	38.3
11	27	40.4	43.1	39.2	40.9
12	30	44.7	45.5	41.8	44
13	31	44.2	45.7	41.2	43.7
14	32.5	45.2	46.1	42.1	44.5
15	32.5	45.1	44.7	43.2	44.3
16	31.0	41.8	40.1	40.3	40.7
17	30	32.4	32.6	32.6	32.5
18	29	29.6	29.7	29.6	29.6
8	23	29.7	28.0	28.0	28.6
9	24	35.9	33.9	33.8	34.5
10	26.5	39.3	38.3	36.6	38.1
11	28	42.2	41.5	39.6	41.1
12	29	45.9	45.3	43.1	44.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 : แสดงปริมาณความชื้นที่เหลืออยู่ในพริกที่ผ่านการอบแห้งในเวลาต่างๆในสภาวะที่ไม่มีการดูดอากาศออกจากตู้อบ

: ทำการทดลองวันที่ 25,26 ธันวาคม 2532

เวลา	ปริมาณความชื้น (%)		
	ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 2	ชั้นที่ 3
8	59.87	59.87	59.87
9	58.59	58.63	58.81
10	56.15	56.12	55.97
11	54.26	53.78	53.18
12	51.45	50.51	51.07
13	47.98	47.46	48.23
14	44.16	43.98	44.79
15	42.43	42.00	42.32
16	41.35	40.86	40.83
17	40.53	39.11	39.21
18	39.02	38.96	38.55
8	32.74	32.60	31.95
9	30.33	29.87	29.54
10	26.95	26.89	26.10
11	22.21	21.36	21.08
12	19.71	18.03	17.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13	16.16	15.63	15.28
14	14.43	13.15	13.93
15	13.98	12.75	12.86
16	12.78	12.02	11.98
17	11.52	11.75	10.56

ตารางที่ 8 : แสดงปริมาณความชื้นที่เหลืออยู่ในพริกที่ผ่านการอบแห้งที่เวลาต่างๆในสภาวะที่มีอัตราการไหลของอากาศ = 105 cfm
: ทำการทดลองวันที่ 19,20 ธันวาคม 2532

เวลา	ปริมาณความชื้น (%)		
	ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 2	ชั้นที่ 3
8	62.79	62.79	62.79
9	60.05	60.47	61.74
10	58.65	58.55	58.66
11	55.63	57.14	56.23
12	52.86	53.44	53.81
13	49.12	50.05	49.51
14	45.72	45.86	45.24
15	42.41	42.44	43.89
16	39.09	39.81	40.78
17	37.36	36.02	38.96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18	35.47	34.43	36.92
8	30.94	31.01	31.94
9	28.08	29.59	28.93
10	25.81	26.52	26.03
11	22.97	22.76	23.49
12	18.43	17.65	18.61
13	15.68	14.28	15.92
14	12.47	11.42	12.40
15	11.42	10.93	11.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 : แสดงปริมาณความชื้นที่เหลืออยู่ในพริกที่ผ่านการอบแห้งในเวลาต่างๆ ในสภาวะที่มีอัตราการไหลของอากาศ = 210 cfm

: ทำการทดลองวันที่ 12,13 ธันวาคม 2532

เวลา	ปริมาณความชื้น (%)		
	ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 2	ชั้นที่ 3
8	60.68	60.68	60.68
9	60.18	59.49	59.81
10	58.51	57.48	57.68
11	56.35	55.87	56.55
12	54.68	54.95	55.10
13	52.10	52.49	53.02
14	51.67	54.60	51.41
15	48.87	48.20	50.38
16	46.59	45.90	48.20
17	43.35	43.95	44.89
18	42.49	42.78	42.15
8	38.01	36.71	37.52
9	37.80	35.04	36.96
10	34.26	32.55	33.64
11	32.63	30.06	30.09
12	29.48	28.83	28.25
13	26.38	26.00	25.63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14	22.60	22.94	23.23
15	19.67	18.68	19.34
16	16.13	16.11	16.33
17	14.33	14.08	14.91
18	12.68	12.89	13.49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 : แสดงอุณหภูมิภายในตู้อบเทียบกับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมในสภาวะที่ไม่มีการดึงอากาศออกจากตู้อบ

: ทำการทดลองวันที่ 25,26 ธันวาคม 2532

เวลา (น.)	อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม	อุณหภูมิของชั้นบน	อุณหภูมิของชั้นล่าง	อุณหภูมิของอากาศออก	อุณหภูมิที่เฉลี่ย
8	23.5	29.2	31.0	32.2	30.9
9	25	35.1	36.4	37.2	36.2
10	27.5	41.2	44.5	42.9	42.9
11	31	46.1	48.5	49.9	48.2
12	33.5	49.8	53.9	51.6	51.8
13	34.5	51.8	53.4	56.5	53.9
14	34.5	51.9	58.1	56.4	55.5
15	34.5	50.6	56.3	53.0	53.3
16	34	48.3	52.8	51.0	50.7
17	33	40.1	43.6	39.0	40.9
18	29.5	31.5	36.4	30.9	32.9
8	23.8	29.1	29	28.7	28.9
9	26	37.5	35.7	35	36.1
10	27.5	47.3	45.6	42.2	45
11	30.0	52.5	50	48.3	50.3
12	32.7	56.3	54.6	54.1	55
13	33.2	58.5	58.1	55.2	57.3
14	30.4	58.6	60.3	55.8	58.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 : แสดงอุณหภูมิภายในตู้อบที่ตำแหน่งต่างๆ เทียบกับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมเมื่อมีผิวดูดรังสีเป็นไม้ทาสีดำชนิดด้าน

: ทำการทดลองวันที่ 19,20 ธันวาคม 2532

เวลา (น.)	อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม	อุณหภูมิของชั้นบน	อุณหภูมิของชั้นล่าง	อุณหภูมิของอากาศออก	อุณหภูมิที่เฉลี่ย
8	24	31.5	30.3	36.2	34
9	25.2	31.9	37.2	37.5	35.5
10	28	36.8	43.3	42.9	41
11	30	42.1	46.8	45.2	44.7
12	35	46.1	51.1	49.6	48.9
13	35	45.8	55.3	51.2	50.8
14	34.5	48.5	57.2	53.9	53.2
15	34.5	48.2	53.7	53.1	51.6
16	32.5	45.3	50.1	49.7	48.4
17	30	39.7	42.8	44.5	42.3
18	28.5	29.3	32.9	31.5	31.2
8	24.2	31.8	30.2	33.4	31.8
9	25	36.2	35.8	40.9	37.6
10	26	41.8	40.8	43.3	42
11	27	46.4	46.7	48.8	47.3
12	33	51.3	50.5	52.4	51.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13	32	50.2	55.1	51.1	52.1
14	34	55.6	55	56.2	55.6
15	32	55.2	54.9	56.0	55.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12 : แสดงอุณหภูมิภายในตู้อบเทียบกับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมในสภาวะที่มีอัตราการไหลของอากาศเท่ากับ 105 cfm

: ทำการทดลองวันที่ 19,20 ธันวาคม 2532

เวลา (น.)	อุณหภูมิของสิ่งแสดล้อม	อุณหภูมิของชั้นบน	อุณหภูมิของชั้นล่าง	อุณหภูมิของอากาศออก	อุณหภูมิที่เฉลี่ย
8	24	31.5	34.3	36.2	34.0
9	25.2	31.9	37.2	37.5	35.5
10	28	36.8	43.3	42.9	41.0
11	30	42.1	46.8	45.2	44.7
12	35	46.1	51.1	49.6	48.9
13	35	45.8	55.3	51.2	50.8
14	34.5	48.5	57.2	53.9	53.2
15	34.5	48.2	53.7	53.1	51.6
16	32.5	45.3	50.1	49.7	48.4
17	30	39.7	42.8	44.5	42.3
18	28.5	29.3	32.9	31.5	31.2
8	24.2	31.8	30.2	33.4	31.8
9	25	36.2	35.8	40.9	37.6
10	26	41.8	40.8	43.3	42.0
11	27	46.4	46.7	48.8	47.3
12	33	51.3	50.5	52.4	51.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13	32	50.2	55.1	51.1	52.1
14	34	55.6	55.0	56.2	55.6
15	32	55.2	54.9	56.0	55.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13 : แสดงอุณหภูมิภายในตู้อบเทียบกับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมในสภาวะที่มีอัตราการไหลของอากาศเท่ากับ 210 cfm

: ทำการทดลองวันที่ 12,13 ธันวาคม 2532

เวลา (น.)	อุณหภูมิของสิ่งแสดล้อม	อุณหภูมิของชั้นบน	อุณหภูมิของชั้นล่าง	อุณหภูมิของอากาศออก	อุณหภูมิที่เฉลี่ย
8	27	30.0	32.0	34.5	32.2
9	30	32.1	35.0	36.7	34.6
10	33	37.7	40.2	41.1	39.6
11	36	42.4	44.8	45.5	49.2
12	38	44.6	48.7	46.9	46.7
13	38	46.1	50.8	48.8	48.6
14	36.5	48.1	51.4	50.3	49.9
15	36	47.6	50.5	49.9	49.3
16	35	38.7	40.3	40.0	39.6
17	33	34.6	36.6	35.9	35.7
18	31	31.0	32.8	32.1	32.0
8	24	34.1	31.9	34.1	33.4
9	26.3	36.4	36.0	37.8	36.7
10	27	40.5	40.4	41.8	40.9
11	30	42.5	44.9	45.2	44.2
12	32	45.5	48.4	47.6	47.2
13	32.5	48.1	49.6	48.8	48.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14	34.5	50.1	52.8	51.7	51.5
15	34.5	48.4	50.1	50.2	49.6
16	31.5	43.4	45.0	44.7	44.4
17	30.0	35.7	36.8	36.8	36.4
18	29	31.4	32.9	32.2	32.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้