



รายงานการวิจัย

โครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบผนังบล็อกคอนกรีตลดความชื้นสัมพัทธ์เพื่อยืดอายุ
การเก็บรักษาของผลิตผลทางการเกษตร

The Concrete Block Development in Humidity Relative
System for Shelf Life of Agriculture Products

ผู้วิจัย

นาย ธรรมมา เจียรธรวานิช

โครงการวิจัยทุนสนับสนุนงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

งบประมาณแผ่นดิน ปี พ.ศ. 2557

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

รายงานการวิจัย

โครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบผนังบล็อกคอนกรีตลดความชื้นสัมพัทธ์เพื่อยืดอายุ

การเก็บรักษาของผลิตผลทางการเกษตร

The Concrete Block Development in Humidity Relative
System for Shelf Life of Agriculture Products

ผู้วิจัย

นาย ธรรมมา เจียรธรวานิช

โครงการวิจัยทุนสนับสนุนงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

งบประมาณแผ่นดิน ปี พ.ศ. 2557

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้คงสำเร็จลุล่วงลงด้วยดีไม่ได้หากขาดการสนับสนุนจากบุคคลหรือหน่วยงานต่าง ๆ ต่อไปนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ หน่วยงานที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปี พ.ศ. 2557

อาจารย์ศุภกิจ เต็กศิริ หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเซนต์จอห์น อาจารย์สุวิมล จันทร์แก้ว อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเซนต์จอห์น ช่วยดูแลแนะนำและให้คำปรึกษาต่าง ๆ ในการทำงานวิจัย และคุณอาณัติ แก้วประเสริฐ ที่คอยช่วยอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการทำวิจัย

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ สำหรับความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในด้านต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาในการทำวิจัย

กองคลัง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ สำหรับความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในด้านต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาในการทำวิจัย

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และพี่ ๆ ทุกคนที่ให้การสนับสนุนในด้านการศึกษา ให้กำลังใจและเข้าใจตลอดระยะเวลาการทำงานวิจัย จนกระทั่งผู้วิจัยสามารถทำงานวิจัยสำเร็จลงได้

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยเรื่องการพัฒนากระบวนการผลิตแผ่นผนังคอนกรีตลดความชื้นสัมพัทธ์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตผลทางการเกษตรครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาประสิทธิภาพการสะสมความร้อนของแผ่นคอนกรีตบล็อกเพื่อลดความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือน โดยการเปรียบเทียบสัดส่วนของเกลื่อ ผงใบยูคาลิปตัส และปูนซีเมนต์ ซึ่งในงานวิจัยนี้เลือกใช้เกลื่อเป็นวัสดุสะสมความร้อน และยูคาลิปตัสเป็นวัสดุกักเก็บความร้อน โดยได้ศึกษาประสิทธิภาพการสะสมความร้อนและความสัมพันธ์กับค่าความชื้นของแผ่นผนังคอนกรีตบล็อก ในการทดลองได้ทำการผสมเกลื่อและยูคาลิปตัสในแผ่นคอนกรีตบล็อกที่อัตราส่วนผสมต่างๆ กัน เทียบกับคอนกรีตบล็อกมาตรฐานทั่วไป และจากผลทดสอบการสะสมความร้อนของคอนกรีตบล็อกโดยขดลวดให้ความร้อน สรุปได้ว่าคอนกรีตบล็อกที่ให้ค่าการสะสมความร้อนได้ดีคือสูตรที่มีอัตราส่วนเกลื่อผสมอยู่น้อยกว่ายูคาลิปตัส ซึ่งมีจำนวน 5 สูตร คือ เกลื่อร้อยละ 20 ยูคาลิปตัสร้อยละ 80 (สูตรที่ 1), เกลื่อร้อยละ 30 ยูคาลิปตัสร้อยละ 70 (สูตรที่ 2), เกลื่อร้อยละ 40 ยูคาลิปตัสร้อยละ 60 (สูตรที่ 3), ยูคาลิปตัสร้อยละ 100 (สูตรที่ 8) และคอนกรีตบล็อกมาตรฐาน (สูตรที่ 10) จึงเลือกนำคอนกรีตบล็อกที่มีการสะสมความร้อนที่ดีทั้ง 5 สูตรมาทดสอบโดยการนำมาสร้างเป็นห้องอบ ผลสรุปว่าคอนกรีตบล็อกสูตรที่ 1 ซึ่งให้ค่าอุณหภูมิการสะสมความร้อนเฉลี่ยภายในห้องอบสูงที่สุดคือ 43 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงเลือกคอนกรีตบล็อกที่มีเกลื่อร้อยละ 20 ต่อยูคาลิปตัสร้อยละ 80 (สูตรที่ 1) เป็นสัดส่วนที่ดีที่สุดในการนำมาสร้างเป็นโรงอบแห้งจำลอง และจากผลการทดลองพบว่า โรงอบแห้งที่สร้างจากคอนกรีตบล็อกสูตรที่ 1 ให้ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายในโรงอบและอุณหภูมิภายนอกสูงกว่าโรงอบที่สร้างจากคอนกรีตบล็อกมาตรฐานทั่วไป และจากการศึกษาความสัมพันธ์ของความชื้นสัมพัทธ์กับอุณหภูมิของคอนกรีตบล็อก สรุปได้ว่าอุณหภูมิจึงมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับความชื้นสัมพัทธ์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ได้สมการความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับอุณหภูมิภายในโรงอบแห้งที่สามารถอธิบายได้ร้อยละ 94.1 ซึ่งสมการถดถอยเพื่อพยากรณ์ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบแห้งจำลอง คือ ความชื้นสัมพัทธ์ = $108 - 1.39 (\text{อุณหภูมิ})$ ด้านต้นทุนการผลิตแผ่นผนังคอนกรีตบล็อก คิดเป็นเงิน 19.25 บาทต่อก้อน และราคาประเมินต้นทุนวัตถุดิบในการสร้างโรงอบแห้งด้วยแผ่นพื้นและผนังคอนกรีตสะสมความร้อนคิดเป็นเงินรวม 6,512.50 บาท

คำสำคัญ: ความชื้นสัมพัทธ์ ผนังบล็อกคอนกรีต อาคารเก็บรักษาผลิตผลทางการเกษตร

Abstract

The research on a development of concrete block system on decreasing relative humidity for shelf-life extension of agricultural products aimed to explore heat accumulation performance of concrete blocks used for decreasing relative humidity in buildings. A comparison of proportions of salt, eucalyptus powder and cement were made. Salt was used as heat accumulation material and eucalyptus was used as heat storage material. The researcher investigated heat accumulation performance and relationship of relative humidity values of concrete block wall. Concrete blocks were made from mixture of different proportions of salt and eucalyptus and were compared to standard concrete blocks. The findings of heat accumulation of concrete blocks with heating coils indicated that concrete blocks that yielded good performance were the ones that contained less salt than eucalyptus. In this study, there were 5 formulas for concrete blocks including 20% of salt and 80% of eucalyptus (Formula 1), 30% of salt and 70% of eucalyptus (Formula 2), 40% of salt and 60% of eucalyptus (Formula 3), 100% of eucalyptus (Formula 8) and standard concrete block (Formula 10). As a result, the researcher built a chamber from the 5 concrete block formulas that well accumulated heat. The results concrete block Formula 1. Which made heat accumulation outside the chamber exceed the highest temperature at 34°C. Therefore, the concrete block formula with 20% of salt and 80% of eucalyptus (Formula 1) was the best proportion for building a model chamber. It was also revealed that a chamber built from concrete block Formula 1 yielded higher indoor and outdoor temperature values than a chamber built from standard concrete blocks. The relationship between relative humidity and temperatures of concrete blocks could be summarized that temperatures had linear relationship at a significant level of 0.05. An equation between relative humidity and indoor temperature was 94.1. A regression equation for predicting relative humidity inside the chambers was relative humidity of 180 – 1.39 (temperature). In terms of production cost, it was 19.25 baht per block and

estimating cost of materials for constructing the chambers from concrete wall that accumulated heat was 6,512.50 in total.

Keywords: Heat Storage System, Concrete Block, Postharvest Building



สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ.....	๗
บทคัดย่อภาษาไทย.....	๘
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	๙
สารบัญ.....	๑๑
สารบัญตาราง.....	๑๒
สารบัญภาพ.....	๑๓
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	3
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำโครงการ.....	3
2 การทบทวนวรรณกรรม.....	4
2.1 วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย.....	4
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการอบแห้ง.....	16
2.3 อัตราการอบแห้ง.....	18
2.4 พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุ (The Role of Thermal Mass).....	19
2.5 ระบบสะสมพลังงาน (Energy Storage).....	21
2.6 เทคโนโลยีของระบบเก็บสะสมพลังงาน (Energy Storage Technology).....	22
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	23
2.8 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	25
3 เนื้อหาการวิจัย.....	33
3.1 การเตรียมตัวอย่าง.....	33

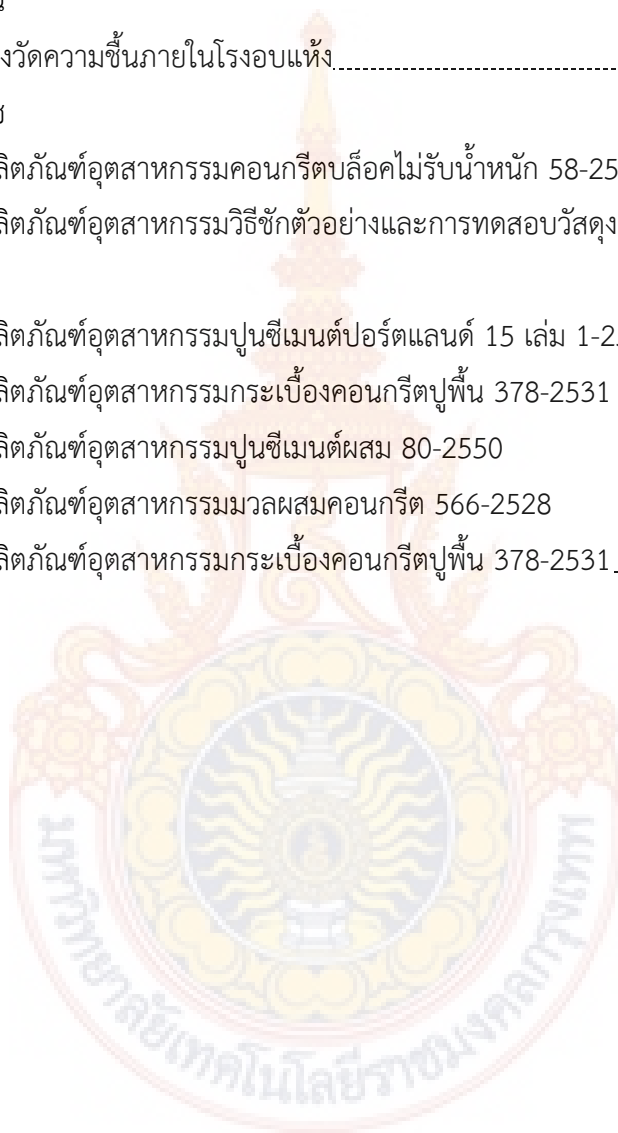
สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 แผนการทดลอง.....	40
3.3 ลักษณะโครงสร้างโรงอบแห้ง.....	47
4 ผลการศึกษาและวิเคราะห์.....	52
4.1 ลักษณะการทดสอบคอนกรีตบล็อก.....	52
4.2 ผลการทดสอบการสะสมความร้อนของคอนกรีตบล็อก.....	53
4.3 ผลการทดสอบความสัมพันธ์ของความชื้นกับอุณหภูมิของคอนกรีตบล็อก.....	84
4.4 การประเมินต้นทุนการผลิตแผ่นพื้นและแผ่นผนังคอนกรีตบล็อก.....	89
5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	92
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	92
5.2 อภิปรายผล.....	98
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	99
บรรณานุกรม.....	101
ภาคผนวก.....	102
ภาคผนวก ก	
หนังสือขอเข้าใช้พื้นที่ในการเก็บข้อมูล.....	103
ภาคผนวก ข	
แบบรายละเอียดโรงต้นแบบ.....	106
ภาคผนวก ค	
ผลการทดสอบค่าอุณหภูมิของการทดลองของโรงอบที่ทำจากคอนกรีตบล็อกธรรมดาและที่ทำจากคอนกรีตบล็อกที่มีส่วนผสมของเปลือกกับใบยูคาลิปตัส (20 : 80).....	111
ภาคผนวก ง	
ผลการทดสอบค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบแห้งจำลอง กรณีที่ฝนไม่ตกและฝนตก.....	122

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก จ	
ผลการวิเคราะห์ผ่านโปรแกรมทางสถิติ.....	128
ภาคผนวก ฉ	
ภาพตำแหน่งวัดความชื้นภายในโรงอบแห้ง.....	131
ภาคผนวก ช	
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก 58-2533	
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุงานก่อซึ่งทำด้วยคอนกรีต	
109-2517	
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ 15 เล่ม 1-2547	
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น 378-2531	
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ผสม 80-2550	
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมวลผสมคอนกรีต 566-2528	
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น 378-2531.....	133



สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 ความหนาของเปลือกและผนังกันโพรง (ข้อ1) หน่วยเป็นมิลลิเมตร.....	6
2.2 ขนาดของคอนกรีตบล็อครับน้ำหนัก (ข้อ2).....	6
2.3 ความต้านแรงอัดและการดูดกลืนน้ำ (ข้อ2).....	8
2.4 ความชื้น (เฉพาะคอนกรีตบล็อครับน้ำหนักประเภทควบคุมความชื้น) (ข้อ3).....	8
2.5 ข้อมูลทั่วไปของยูคาลิปตัส.....	13
2.6 สูตรคำนวณในการสร้างตาราง CRD ANOVA.....	29
2.7 ตารางการคำนวณ CRD ANOVA.....	30
2.8 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกสองทาง.....	31
2.9 ตาราง ANOVA ในการวิเคราะห์แบบ Two Way.....	31
3.1 ตารางสำหรับบันทึกข้อมูลผลการทดสอบการหน่วงความร้อน.....	41
3.2 ตารางสำหรับบันทึกข้อมูลอุณหภูมิของการทดลองของคอนกรีตบล็อกแบบต่างๆ.....	43
3.3 ตารางสำหรับบันทึกข้อมูลอุณหภูมิของการทดลองของคอนกรีตบล็อกแบบต่างๆ.....	45
3.4 ตารางสำหรับบันทึกข้อมูลอุณหภูมิของโรงอบแห้งจุดต่างๆ.....	50
4.1 อุณหภูมิการสะสมความร้อนของคอนกรีตบล็อกที่ทดสอบโดยขดลวดให้ความร้อน.....	53
4.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนการสะสมความร้อนของคอนกรีตบล็อก จำแนกตามประเภท ส่วนผสมต่างๆ ที่เวลาการวัดอุณหภูมิแตกต่างกัน.....	58
4.3 อุณหภูมิที่ทดลองภายในห้องอบจำลอง วันที่ 1.....	60
4.4 อุณหภูมิที่ทดลองภายในห้องอบจำลอง วันที่ 2.....	62
4.5 อุณหภูมิที่ทดลองภายในห้องอบจำลอง วันที่ 3.....	64
4.6 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิที่ทดลองภายในห้องอบจำลองและค่าเฉลี่ยอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง.....	66
4.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนการสะสมความร้อนของคอนกรีตบล็อกห้องอบจำลอง จำแนก ตามประเภทส่วนผสมต่างๆ ที่เวลาการวัดอุณหภูมิแตกต่างกัน.....	69
4.8 อุณหภูมิผนังห้องอบจำลองของคอนกรีตบล็อกสูตรที่ 1 (เกลือร้อยละ 20 ยูคาลิปตัส ร้อยละ 80).....	71
4.9 อุณหภูมิผนังห้องอบจำลองของคอนกรีตบล็อกสูตรที่ 2 (เกลือร้อยละ 30 ยูคาลิปตัส ร้อยละ 70).....	72
4.10 อุณหภูมิผนังห้องอบจำลองของคอนกรีตบล็อกสูตรที่ 3 (เกลือร้อยละ 40 ยูคาลิปตัส ร้อยละ 60).....	73

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
4.11 อุณหภูมิผนังห้องอบจำลองของคอนกรีตบล็อกสูตรที่ 8 (ยุคาลิปต์สร้อยละ 100)	74
4.12 อุณหภูมิผนังห้องอบจำลองของคอนกรีตบล็อกสูตรที่ 10 (คอนกรีตบล็อกมาตรฐาน)	75
4.13 ความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงอบแห้งกับอุณหภูมิภายนอก	80
4.14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนการสะสมความร้อนของโรงอบแห้ง จำแนกตามประเภทของ คอนกรีตบล็อก ที่เวลาการวัดอุณหภูมิแตกต่างกัน	82
4.15 ผลการวิเคราะห์สมการถดถอยของความชื้นสัมพัทธ์กับอุณหภูมิภายในโรงอบแห้ง	88
5.1 อุณหภูมิการสะสมความร้อนเฉลี่ยของคอนกรีตบล็อก	92
5.2 อุณหภูมิการสะสมความร้อนเฉลี่ยภายในห้องอบจำลอง	94
5.3 อุณหภูมิผนังห้องอบจำลอง	95
5.4 ความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงอบแห้งกับอุณหภูมิภายนอก	96



สารบัญภาพ

ภาพประกอบ

หน้า

2.1	ลักษณะใบของยูคาลิปตัส.....	11
2.2	แสดงการนำความร้อนผ่านแผ่นสี่เหลี่ยม.....	20
2.3	แสดงปริมาณพลังงานที่โลกได้รับจากดวงอาทิตย์ในแต่ละวัน.....	22
3.1	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ตราช้าง มาตรฐานปูนหล่อ ASTM C150.....	33
3.2	ลักษณะของแผ่นคอนกรีตบล็อก.....	34
3.3	ร่อนหินผ่านตะแกรงขนาด 3/4 นิ้ว และล้างทำความสะอาดหิน.....	35
3.4	เตรียมหินแกรนิตบด.....	35
3.5	การเตรียมแผ่นพาราฟิน.....	36
3.6	การเตรียมแบบหล่อ และ ทาน้ำมันที่แบบ.....	36
3.7	การผสมและถอดแบบคอนกรีตตามมาตรฐาน มอก. 378-2531.....	37
3.8	ลักษณะวางแผ่นพาราฟินและการถอดออกจากแบบ.....	37
3.9	ใบยูคาลิปตัสที่ตากแห้งและปั่นบดละเอียด.....	38
3.10	คอนกรีตบล็อกตามมาตรฐาน มอก.58-2533.....	39
3.11	การใส่เกลือและผงใบยูคาลิปตัสในคอนกรีตบล็อกตาม มอก.58-2533	40
3.12	การทดสอบการทดสอบโดยชดลวดให้ความร้อน.....	41
3.13	แสดงการก่อคอนกรีตบล็อก.....	42
3.14	ตัวอย่างการทดสอบหาค่าความร้อนในช่วงเวลาต่างๆ.....	42
3.15	โรงอบแห้งโดยใช้คอนกรีตสะสมความร้อนเป็นฐานและผนังคอนกรีตบล็อก ผสมเกลือและยูคาลิปตัส	47
3.16	แบบรายละเอียดโรงต้นแบบ.....	48
3.17	รูปแบบการติดตั้งจุดวัดอุณหภูมิภายใน.....	49
3.18	การติดตั้งจุดวัดอุณหภูมิภายใน.....	49
3.19	ตำแหน่งการทดลองวางพริกชี้ฟ้าแห้งภายในห้องอบแห้ง.....	51

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ

หน้า

4.1	อุณหภูมิการสะสมความร้อนของคอนกรีตบล็อกในอัตราส่วนต่างๆ ทั้ง 10 สูตร.....	58
4.2	อุณหภูมิภายในห้องอบจำลองของคอนกรีตบล็อกทั้ง 5 สูตร.....	69
4.3	ค่าเฉลี่ยความแตกต่างของอุณหภูมิของคอนกรีตบล็อกทั้ง 5 สูตร.....	70
4.4	อุณหภูมิผนังด้านในของคอนกรีตบล็อกสูตรที่ 1 (เกลือร้อยละ 20 ยูคาลิปตัสร้อยละ 80).....	76
4.5	อุณหภูมิผนังด้านในของคอนกรีตบล็อกสูตรที่ 2 (เกลือร้อยละ 30 ยูคาลิปตัสร้อยละ 70).....	76
4.6	อุณหภูมิผนังด้านในของคอนกรีตบล็อกสูตรที่ 3 (เกลือร้อยละ 40 ยูคาลิปตัสร้อยละ 60).....	77
4.7	อุณหภูมิผนังด้านในของคอนกรีตบล็อกสูตรที่ 8 (ยูคาลิปตัสร้อยละ 100).....	78
4.8	อุณหภูมิผนังด้านในของคอนกรีตบล็อกสูตรที่ 10 (คอนกรีตบล็อกมาตรฐาน).....	78
4.9	ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิภายในของโรงอบแห้งเปรียบเทียบ 4 จุด.....	80
4.10	ความแตกต่างของอุณหภูมิภายในโรงอบแห้งและอุณหภูมิภายนอกของโรงอบแห้ง ที่สร้างจากคอนกรีตบล็อกทั้ง 2 ประเภท.....	83
4.11	ตำแหน่งการวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของโรงอบแห้งจำลอง.....	84
4.12	การจำลองการวางพริกในโรงอบแห้งจำลองเพื่อตากแห้ง.....	85
4.13	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบแห้งจำลอง ในช่วงเวลาปกติ.....	85
4.14	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบแห้งจำลอง ในช่วงเวลาฝนตก.....	86
4.15	เปรียบเทียบค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบแห้งจำลองของวันปกติ กับวันที่ฝนตก.....	87
4.16	ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบแห้งจำลอง.....	89

บทที่ 1

บทนำ

การศึกษาวิจัยเริ่มต้นมาจากการเห็นถึงความสำคัญของปัญหาที่เกิดขึ้นและนำมาวิเคราะห์หาคำตอบหรือหนทางแก้ไขปัญหาโดยใช้หลักทฤษฎีประกอบ ซึ่งต้องเริ่มจากการวางกรอบการวิจัย กำหนดวัตถุประสงค์ ขอบเขตของการศึกษา ระบุขั้นตอนการดำเนินงาน และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษาวิจัย

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

คอนกรีตบล็อกเป็นผลิตภัณฑ์ในงานก่อสร้างใช้เพื่องานอาคารและสิ่งปลูกสร้างต่างๆในปัจจุบัน โดยที่ถูกปรับใช้ตามแต่วัตถุประสงค์ และมีการพัฒนาไปอย่างมาก ในประเทศไทยคอนกรีตที่ใช้เพื่อลดความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารยังเป็นคอนกรีตแนวใหม่ และประเทศไทยยังมีการตื่นตัวเพื่อใช้วัสดุและผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น สำหรับในกิจกรรมเกี่ยวกับการเกษตรยังถือว่าคอนกรีตที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อเป็นทางเลือกและใช้สำหรับเพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาเพื่อให้คุณภาพที่ยอมรับได้นั้น ยังมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง

อาคารที่ผนังได้รับแสงแดดตลอดวันมีการสะสมพลังงานความร้อนและส่งผ่านความร้อนเข้าสู่ภายในห้อง ทั้งนี้เป็นผลเนื่องจากแสงอาทิตย์ที่ส่องผ่านมายังประเทศไทยมีปริมาณความเข้มของแสงโดยเฉลี่ย $17.4 \text{ MJ/m}^2\text{-day}$ ส่งผลให้ผนังของอาคารที่ทำจากคอนกรีตบล็อกนั้นสะสมความร้อนไว้ตลอดวัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยที่เป็นพื้นที่เพาะปลูกเกษตรกรนิยมใช้ลานพื้นคอนกรีตเป็นตัวช่วยในการลดความชื้นที่สะสมอยู่ในพืชผลทางการเกษตร เช่น ข้าว ข้าวโพด มันสำปะหลัง เป็นต้น และหลังจากตากแห้งแล้วยังคงต้องเก็บพืชผลไว้ในโรงเก็บต่ออีกครั้ง แม้ผนังคอนกรีตยังสะสมความร้อน แต่ในขณะที่ความชื้นยังคงเหลืออยู่ในตัวพืชผลทางการเกษตร ก็ยังคงสะสมและมีโอกาสที่จะกลั่นตัวกลายเป็นน้ำและพบปัญหาการเน่าเสียและเชื้อรา ดังนั้นผนังคอนกรีตจึงมีโอกาสนี้ช่วยระบายความชื้นโดยสะสมอยู่ในตัวผนังและมีกลไกถ่ายเทออกไปได้ ถ้าหากออกแบบรูปร่างและวัสดุผสมเพิ่มเติม ทั้งนี้ได้มีนักวิจัยหลายท่านได้พยายามออกแบบเทคนิคและอุปกรณ์ต่างๆเพื่อนำมาใช้ในการอบแห้ง ซึ่งถือว่าเป็นเทคนิคที่ช่วยเหลือเกษตรกรได้เป็นอย่างดี แต่ในระดับของการผลิตในภาคเกษตรกรรมแล้ว ยังพบว่าพืชผลที่ผลิตได้ต่อช่วงฤดูการเก็บเกี่ยวยังมีสูงมากและเครื่องมือและเทคนิคที่มีอยู่แล้วยังไม่เพียงพอต่อความต้องการ อีกทั้งยังมีการลงทุนในระดับสูง

โดยภูมิปัญญาของเกษตรกรในสมัยโบราณยังพบว่าเทคนิคที่ทำภายหลังจากการเก็บเกี่ยวแล้วที่เรียกว่า การเก็บรักษานั้น คือภายหลังจากตากแห้งแล้วจะจัดเก็บไว้ในยุ้งฉางเพื่อรอการจำหน่าย แต่ภายหลังจากวิวัฒนาการด้านการเก็บเกี่ยวสูงขึ้นทำให้เกษตรกรเลิกใช้วิธีนี้ และหันไปพึ่งการขายโดยทันทีที่บริเวณด้านหน้าโรงสีข้าว ทำให้ราคาต่ำกว่าที่ควรจะเป็นเนื่องจากข้าวเองยังมีความชื้น และในกรณีของพริกแห้งที่พบว่ามีการค้าหลายแห่งที่นำพริกแห้งที่ยังมีความชื้นอยู่ไปแปรรูปทำให้ปนเปื้อนเชื้อรา เกิดเป็นสารพิษอะฟาทอกซิน

ผนังของโรงเก็บรักษาพืชผล โดยส่วนใหญ่ทำจากคอนกรีตและถูกก่อสร้างขึ้นเพื่อให้ง่ายต่อการก่อสร้างและราคาถูก โดยปัจจุบันนิยมใช้คอนกรีตบล็อกนำมาก่อเป็นรูปร่างผนัง ซึ่งคอนกรีตบล็อกนี้มีโพรงอากาศภายใน และพบว่ามีข้อดีคืออากาศผ่านได้สะดวกไม่ทำให้เกิดการกลั่นตัว ทางกลุ่มผู้วิจัยจึงสนใจในข้อดีนี้เพื่อนำมาพัฒนาระบบการสร้างผนังที่ระบายอากาศ ลดความชื้น อีกทั้งยังให้ความร้อนแก่พืชผลทางการเกษตรเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา โดยมุ่งหวังที่จะทำให้ความชื้นภายในห้องเก็บรักษาลดลง ทางคณะผู้วิจัยจึงมีความเห็นที่จะศึกษาสมบัติทางความร้อน และการดูดความชื้น ที่เหมาะสมของผนังพร้อมทั้งมีระบบระบายอากาศโดยมุ่งเน้นที่เลือกใช้พลังงานแสงอาทิตย์มาใช้เป็นกระแสไฟฟ้า เพื่อสร้างระบบไหลเวียนภายในโรงเก็บอีกทางหนึ่งด้วย

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาคุณสมบัติการสร้างสมบัติการดูดความชื้นของแผ่นคอนกรีตบล็อกโดยการเปรียบเทียบสัดส่วนของเกลียว ผงไบยูคาลิปตัส และปูนซีเมนต์

1.2.2 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการสะสมความร้อนของแผ่นคอนกรีตบล็อกทดสอบ

1.2.3 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของการดูดความชื้นและการระบายอากาศของผนังคอนกรีตทดสอบในโรงเก็บพืชผลทางการเกษตร

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 วัสดุที่ใช้คือปูนซีเมนต์ตราช้าง สีแดง ผงไบยูคาลิปตัส และใช้เกลียวแกง โดยใช้เกลียวและผงไบยูคาลิปตัส ในอัตราส่วนต่างๆกันลงในช่องว่างตรงกลางของคอนกรีตบล็อก

1.3.2 คอนกรีตบล็อกขนาดมาตรฐาน โดยให้มีขนาดของบล็อกมีความกว้าง 90 มิลลิเมตร ความยาว 390 มิลลิเมตร และความสูง 190 มิลลิเมตร

1.3.3 ศึกษาการถ่ายเทความร้อนผ่านคอนกรีตบล็อกเข้าสู่บรรยากาศภายในห้องทดสอบ

1.3.4 ศึกษาการส่งผ่านความร้อนของแผ่นคอนกรีตบล็อกในตู้อบทดสอบ โดยทดสอบที่อุณหภูมิทดสอบ 70 องศาเซลเซียส

1.3.5 ศึกษาประสิทธิภาพของการดูดความชื้น โดยทดสอบวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

- 1.4.1 การเตรียมข้อมูลเพื่อดำเนินการวิจัย การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
- 1.4.2 การติดต่อสถานที่ที่จะดำเนินการทดสอบเก็บข้อมูล
- 1.4.3 การตั้งสมมติฐานการวิจัย เกี่ยวกับการพัฒนาระบบผนังบล็อกดูดความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตผลทางการเกษตร และออกแบบผลการทดสอบที่ครอบคลุมปัจจัยดังกล่าว
- 1.4.4 การทดสอบเก็บรวบรวมข้อมูล
- 1.4.5 ประมวลผลด้วยเครื่องมือทางสถิติวิจัยเพื่อสรุปผลการวิจัย
- 1.4.6 นำเสนอผลการวิจัยเมื่อดำเนินการวิจัยแล้วเสร็จ ต่อที่ประชุมคณะกรรมการฝ่ายวิจัย
- 1.4.7 ผู้วิจัยตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิจัยต่อสาธารณะชน เพื่อเป็นประโยชน์ในมุมกว้างต่อไป

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำโครงการ

- 1.5.1 เพื่อใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เพื่อใช้เป็นวัสดุดูดซับความร้อนในอาคารเก็บพืชผลทางการเกษตร
- 1.5.2 เพิ่มประสิทธิภาพในการลดความชื้นของโรงอบด้วยกลไกของระบบความร้อนจากธรรมชาติ
- 1.5.3 ลดการใช้พลังงานเพื่ออบผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร
- 1.5.4 ลดความชื้นในโรงอบแห้งลงด้วยระบบพึ่งพาตนเอง

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม

การศึกษาวิจัยหลังจากกำหนดกรอบของการวิจัยแล้ว ต้องศึกษาข้อมูลทั่วไปของงานที่จะทำการวิจัย และทบทวนงานวรรณกรรมที่เคยมีผู้ศึกษาวิจัยไว้ ซึ่งสามารถอธิบายรายละเอียดต่าง ๆ ได้ดังนี้

2.1 วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

2.1.1 คอนกรีตบล็อก งานผนังโดยทั่วไป นิยมที่จะใช้วัสดุจำพวกของอิฐมาใช้ในการก่อสร้าง ซึ่งปัจจุบันได้มีการพัฒนารูปแบบไปมากมาย และมีอยู่หลายประเภท ทั้งที่ผลิตจากดินเป็นหลัก เช่น อิฐมอญ หรือ อิฐก่อสร้างสามัญ หรืออิฐมาตรฐาน ,หรือใช้ปูนซีเมนต์ในการเป็นวัตถุดิบ เช่น คอนกรีตบล็อก ,คอนกรีตมวลเบา หรืออิฐมวลเบา หรือใช้ทั้งอย่าง เช่น อิฐประสาน หรืออิฐดินซีเมนต์ซึ่งวัสดุในการก่อแต่ละชนิดจะมีกระบวนการในการผลิต ,การขึ้นรูป ,คุณสมบัติ และการใช้งานที่แตกต่างกัน ดังนั้นในการเลือกใช้สินค้าจึงต้องศึกษาและเลือกใช้ให้เหมาะสม

คอนกรีตบล็อก (Concrete Block) เป็นวัสดุก่ออีกประเภทหนึ่งที่มีความนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศ โดยมีลักษณะเป็นก้อนสี่เหลี่ยมขนาดโดยประมาณกว้าง 20 เซนติเมตร และยาว 40 เซนติเมตร หนาระหว่าง 7 – 20 เซนติเมตร ซึ่งลักษณะของการใช้งานก่ออิฐจะก่อเหมือนงานอิฐมอญ แต่จะมีข้อดีกว่า คือ สามารถที่จะก่อได้เร็วกว่า และมีขนาดที่มาตรฐานกว่า ทำให้สามารถที่จะทำการประมาณการจำนวนของวัสดุได้ง่ายกว่า และเมื่อรวมค่าแรงในงานก่อสร้างแล้วจะถูกลงกว่า การก่ออิฐมอญคอนกรีตบล็อกที่ทำการผลิตนั้นสามารถที่จะเลือกใช้ได้ทั้ง 2 ประเภท คือ คอนกรีตบล็อกชนิดที่รับน้ำหนัก และไม่รับน้ำหนัก ซึ่งคอนกรีตบล็อกแบบชนิดรับน้ำหนักจะมีลักษณะเป็นแท่งผิวเรียบ มีรูตรงกลางในแนวตั้ง ส่วนแบบที่ไม่รับน้ำหนัก หรือที่เรียกว่า Screen Block จะเป็นบล็อกที่มีลักษณะเป็นลวดลาย เมื่อทำการก่อแล้วสามารถที่จะเกิดเป็นลวดลายหรือให้แดดลมผ่านได้ นิยมเรียกเป็นภาษาชาวบ้านทั่วไปว่า บล็อกช่องลม

ตามมาตรฐาน มอก.58-2533 (ภาคผนวก ข) ระบุว่า นิยามคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับงานบล็อกผนังความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

1. คอนกรีตบล็อก (Hollow concrete block or hollow concrete masonry unit) หมายถึงก้อนคอนกรีตที่ทำมาจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ น้ำ และวัสดุผสมที่เหมาะสมชนิดต่างๆ และจะมีสารอื่นผสมอยู่ด้วยหรือไม่ก็ได้ สำหรับการก่อผนังหรือกำแพง มีรูหรือโพรงขนาดใหญ่ทะลุตลอด

ก้อน และมีพื้นที่หน้าตัดสุทธิที่ระนาบขนานกับผิวน้อยกว่าร้อยละ 75 ของพื้นที่หน้าตัดรวมที่ระนาบเดียวกัน

2. คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก (Hollow load-bearing concrete masonry unit) หมายถึง คอนกรีตบล็อกใช้สำหรับผนังที่ออกแบบให้รับน้ำหนักบรรทุกและน้ำหนักตัวเอง
3. เปลือก (Face-shell) หมายถึง ผนังด้านนอกของคอนกรีตบล็อก
4. ผนังกันโครง (Web) หมายถึง ผนังภายในซึ่งแบ่งโครงในคอนกรีตบล็อก

ประเภทและชั้นคุณภาพ

1. ประเภทคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก ซึ่งทำขึ้นตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทควบคุมความชื้น และประเภทไม่ควบคุมความชื้น
2. ชั้นคุณภาพคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักแต่ละประเภท แบ่งออกเป็น 3 ชั้นคุณภาพคือ
 - 2.1 ชั้นคุณภาพ ก ใช้สำหรับกำแพงภายนอกทั้งต่ำกว่าและเหนือระดับดิน โดยไม่มีการป้องกันผิวแต่อย่างใด เช่น ใช้ในกรณีซึ่งการรั่วซึมจากน้ำใต้ดินหรือฝน ไม่ทำความเสียหายต่องานนั้น
 - 2.2 ชั้นคุณภาพ ข ใช้สำหรับกำแพงภายนอกทั้งต่ำกว่าและเหนือระดับดิน แต่มีการป้องกันผิว
 - 2.3 ชั้นคุณภาพ ค ใช้ทั่วไปสำหรับกำแพงภายใน และกำแพงภายนอกเหนือระดับดินที่มีการป้องกันความเสียหายเนื่องจากดิน ฟ้า อากาศ

ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

1. ความหนาของเปลือกและผนังกันโครงต้องเป็นไปตามตารางที่ 2.1 หมายเหตุ คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักที่ออกแบบพิเศษให้มีโลหะทนต่อการกัดกร่อนเพื่อยึดระหว่างเปลือกของก้อน อาจอนุญาตให้ทำได้ ในเมื่อการทดสอบแสดงว่าโลหะยึดนั้นมีสภาพโครงสร้างเทียบเท่ากับผนังกันโครงคอนกรีตในทางความ ยึดตัวแข็งกำลังและการยึดกับผนังกันโครง
2. ขนาดของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักให้มีขนาดดังแสดงในภาพที่ 1 และตารางที่ 2 โดยจะมีความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± 2 มิลลิเมตร

ตารางที่ 2.1 ความหนาของเปลือกและผนังกันโพรง (ข้อ1) หน่วยเป็นมิลลิเมตร

ความหนาของ ก๊อบ	ความหนาของ เปลือกต่ำสุด 1)	ความหนาของผนังกันโพรง 2)	
		ผนังกันโพรงต่ำสุด 1)	ความหนาของผนังกันโพรง เทียบเท่าต่ำสุดต่อความยาว 1 เมตร
90	19	19	135
140	25	25	185
190	31	25	185

หมายเหตุ

1) เฉลี่ยจากการวัด 5 ก๊อบ โดยวัดจากส่วนที่บางที่สุดเมื่อวัดตามวิธีที่กำหนด ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุงานก่อ ซึ่งทำด้วยคอนกรีต มาตรฐานเลขที่ มอก.109 (ภาคผนวก ข)

2) ผลรวมจากการวัดความหนาของผนังกันโพรงทั้งหมดในก๊อบ คูณด้วย 1000หารด้วยความยาวของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักเป็นมิลลิเมตร

ตารางที่ 2.2 ขนาดของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก (ข้อ2)

มิติพิกัด หนา × สูง × ยาว	ขนาดที่ทำ หนา × สูง × ยาว มิลลิเมตร × มิลลิเมตร × มิลลิเมตร
1 × 2 × 1 1/2	90 × 190 × 140
1 1/2 × 2 × 1 1/2	140 × 190 × 140
2 × 2 × 1 1/2	190 × 190 × 140
1 × 2 × 2	90 × 190 × 190
1 1/2 × 2 × 2	140 × 190 × 190
2 × 2 × 2	190 × 190 × 190
1 × 2 × 3	90 × 190 × 290
1 1/2 × 2 × 3	140 × 190 × 290
2 × 2 × 3	190 × 190 × 290
1 × 2 × 4	90 × 190 × 390
1 1/2 × 2 × 4	140 × 190 × 390
2 × 2 × 4	190 × 190 × 390

หมายเหตุ ขนาดของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักที่กำหนดนี้ เป็นขนาดที่ออกแบบเพื่อให้เป็นไปตามระบบการประสานทางพิคัด ในการก่อสร้างอาคารซึ่งได้กำหนดหน่วยพิคัดมูลฐาน พ ให้เท่ากับ 100 มิลลิเมตร และกำหนดความหนาของปูนก่อในรอยต่อมาตรฐาน เท่ากับ 10 มิลลิเมตร

วัสดุ

1. ปูนซีเมนต์ ให้ใช้อย่างใดอย่างหนึ่ง ดังต่อไปนี้

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 1 ข้อกำหนดเกณฑ์คุณภาพมาตรฐานเลขที่ มอก.15 เล่ม 1 (ภาคผนวก ข) ปูนซีเมนต์ผสม ควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ผสม มาตรฐานเลขที่ มอก.80 (ภาคผนวก ข)

2. มวลผสมคอนกรีต ควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมวลผสมคอนกรีต มาตรฐานเลขที่ มอก.566 (ภาคผนวก ข) ยกเว้นเกณฑ์กำหนดการคัดขนาดมวลผสมคอนกรีต

3. ส่วนผสมอื่นๆ ตัวทำฟองอากาศ สี สารกันน้ำ ฯลฯ ที่นำมาใช้ ควรเป็นสารที่เหมาะสมสำหรับ ใช้กับคอนกรีตและควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง

คุณลักษณะที่ต้องการ

ลักษณะทั่วไป คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักทุกก้อนต้องแข็งแรง ปราศจากรอยแตกร้าวหรือส่วนเสียอื่นใดอัน เป็นอุปสรรคต่อการก่อคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักอย่างถูกต้อง หรือทำให้สิ่งก่อสร้างเสียวก้างหรือความคงทนถาวรรอยร้าวเล็กน้อยที่มักเกิดขึ้นในกรรมวิธีผลิตตามปกติหรือรอยปริเล็กน้อยเนื่องจากวิธีการเคลื่อนย้ายหรือขนส่งอย่างธรรมดา จะต้องไม่เป็นสาเหตุอ้างในการไม่ยอมรับคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก ซึ่งต้องการฉาบปูนหรือแต่งปูน ต้องมีผิวหน้าหยาบพอควรแก่การจับยึดของปูนฉาบ หรือปูนแต่งได้อย่างดีคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก ซึ่งต้องการก่อแบบผิวต้องไม่มีรอยบิ่น รอยร้าวหรือตำหนิอื่น ๆ ถ้าในการสังเคราะห์หนึ่งมีก้อนซึ่งมีรอยบิ่นเล็กน้อยที่ยาวมากกว่า 25 มิลลิเมตรเป็นจำนวนไม่มากกว่าร้อยละ 5 จะต้องไม่ถือเป็นสาเหตุในการไม่ยอมรับ

การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

1. ความต้านแรงอัดและการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักเมื่อส่งถึงที่ก่อสร้างต้องเป็นไปตามตารางที่ 2.3 การทดสอบให้ปฏิบัติตาม มอก.109 (ภาคผนวก ข)

ตารางที่ 2.3 ความต้านแรงอัดและการดูดกลืนน้ำ (ข้อ2)

ชั้น คุณภาพ	เฉลี่ยจากพื้นที่รวม		เฉลี่ยจากพื้นที่สุทธิ		น้ำหนักคอนกรีตเมื่ออบแห้ง กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร					
	เฉลี่ย จาก คอนกรีต บล็อก 5 ก้อน	คอนกรีต บล็อกแต่ ละก้อน	เฉลี่ยจาก คอนกรีต บล็อก 5 ก้อน	คอนกรีต บล็อกแต่ ละก้อน	1 680 และ น้อยกว่า	1 681 ถึง 1 760	1 761 ถึง 1 840	1 841 ถึง 1 920	1 921 ถึง 2 000	มาก กว่า 2 000
ก	7	5.5	14	11	240	224	208	192	176	160
ข	7	5.5	-	-	288	272	256	240	224	208
ค	5	4	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ 1) ดูวัตถุประสงค์ในการใช้คอนกรีตบล็อกชั้นคุณภาพต่าง ๆ

2. ปริมาณความชื้น (เฉพาะคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักประเภทควบคุมความชื้น) เมื่อส่งถึง
ที่ก่อสร้างต้องเป็นไปตามตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ความชื้น(เฉพาะคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักประเภทควบคุมความชื้น) (ข้อ3)

การหัดตัวทางยาว 1) ร้อยละ	ความชื้นสูงสุด ร้อยละของการดูดกลืนน้ำทั้งหมด (เฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อก 5 ก้อน)		
	ความชื้นสัมพัทธ์รายปีเฉลี่ยร้อยละ 2)		
	น้อยกว่า 50	50 ถึง 75	มากกว่า 75
0.03 และน้อยกว่า	35	40	45
มากกว่า 0.03 ถึง 0.045	30	35	40
มากกว่า 0.045	20	30	35

หมายเหตุ 1) ทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีทดสอบการหดแห้งของคอนกรีต
บล็อก (ในกรณีที่ยังมิได้มีการประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าวให้เป็นไปตาม ASTM C 426) และ
ทดสอบก่อนกำหนดจำหน่ายไม่เกิน 12 เดือน

2) อาศัยสถิติตามประกาศของกรมอุตุนิยมวิทยาสำหรับสถานที่ใกล้แหล่งผลิตมากที่สุด

มาตรฐานในการออกแบบงานบล็อกผนังคอนกรีต

บล็อกผนังโดยทั่วไปมักที่จะถูกออกแบบมาเพื่อที่ใช้ในเรื่องของงานก่อ เพื่อที่จะไม่ต้องทำการรับน้ำหนัก โดยทั่วไปจะมุ่งเน้นในเรื่องของกระบวนการที่ใช้ในการก่ออิฐ และการฉาบปูนเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจะเป็นกระบวนการสำคัญที่สุดที่จะทำให้ผนังมีความแข็งแรงทนอยู่ได้ และยังมีประสิทธิภาพเพียงพอต่อการรับน้ำหนักอื่นๆที่วางทับโดยไม่เกิดการเสียหาย หรือพังทลายได้

2.1.2 วัสดุเปลี่ยนเฟส (Phase change materials; PCMS)

วัสดุที่เปลี่ยนเฟส (PCMS) เป็นสารที่มีความร้อนสูงจากฟิวชั่นซึ่งละลายและของแข็งที่อุณหภูมิบางมีความสามารถในการจัดเก็บและปล่อยพลังงานจำนวนมาก ความร้อนจะถูกดูดซึมหรือปล่อยออกมาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงวัสดุจากของแข็งเป็นของเหลวและในทางกลับกัน ซึ่ง PCMS จะจัดเป็นที่เก็บความร้อนแฝง (LHS) หน่วย PCMS เก็บความร้อนแฝงสามารถทำได้ผ่านทั้งสถานะของแข็งของแข็ง สถานะของแข็งของเหลว และสถานะของแข็งก๊าซ รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงเฟส สถานะของเหลวก๊าซ อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงเฟสเดียวที่ใช้สำหรับ PCMS คือการเปลี่ยนแปลงที่เป็นสถานะของแข็งของเหลว สถานะของเหลวก๊าซการเปลี่ยนแปลงเฟสไม่ได้ในทางปฏิบัติสำหรับการใช้งานเป็นที่เก็บความร้อนเนื่องจากปริมาณขนาดใหญ่หรือแรงกดดันสูงจำเป็นต้องจัดเก็บวัสดุเมื่ออยู่ในขั้นตอนก๊าซ เปลี่ยนสถานะของเหลวก๊าซจะมีความร้อนสูงกว่าของการเปลี่ยนแปลงการเปลี่ยนสถานะของแข็งของเหลว สถานะของแข็งของแข็งการเปลี่ยนเฟสมักจะช้ามากและมีความร้อนค่อนข้างต่ำของการเปลี่ยนแปลง

พาราฟิน (C_nH_{2n+2}) และกรดไขมัน ($CH_3(CH_2)_{2n}COOH$)

ข้อดี

- โดยไม่ต้องแช่แข็ง super cooling มาก
- ความสามารถในการละลายสอดคล้อง
- คุณสมบัติ nucleating ตนเอง
- ความเข้ากันได้กับวัสดุธรรมชาติของการก่อสร้าง
- แยกไม่มี
- ความเสถียรทางเคมี
- ความร้อนสูงของฟิวชั่น

- ปลอดภัยและไม่เกิดปฏิกิริยา
- ไร้โซเคิล

ข้อเสีย

- การนำความร้อนต่ำในสถานะของแข็ง อัตราการถ่ายโอนความร้อนสูงจะต้องอยู่ในวงจรการแช่แข็ง
- แผงความร้อนความจุปริมาตรต่ำ
- ไวไฟ นี้สามารถบรรเทาได้อย่างง่ายดายโดยภาชนะที่เหมาะสม

คุณสมบัติทางเคมีของพาราฟินแว็กซ์

- ลักษณะ/รูปร่าง แบบแผ่น/แบบเม็ด
- สี ขาว มีกลิ่น เล็กน้อยและค่าพีเอช (PH) ความเป็นกรด/ด่าง 5.8 - 6.3
- ปริมาณน้ำมันในแว็กซ์ ร้อยละ 0.1 – 5 ของน้ำหนักแว็กซ์
- ค่าความถ่วงจำเพาะ 0.82 - 0.92 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
- จุดหลอมเหลว 48 - 68 องศาเซลเซียส และจุดเริ่มกลับแข็งตัว (วุ้น) 66 - 69 องศาเซลเซียส
- จุดวาบไฟ 204 - 271 องศาเซลเซียส และจุดเริ่มติดไฟ 238 - 263 องศาเซลเซียส
- จุดเดือด 350 - 430 องศาเซลเซียส
- ค่าความอ่อนแอที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส 20 max/ค่าสูงสุด
- ค่าความหนืดที่ 100 องศาเซลเซียส 3.1 - 7.1 เซนติสโตก
- จำนวนคาร์บอนในห่วงโซ่โมเลกุล - 9 - 36

การจำแนกประเภท

พาราฟิน แวกซ์ แบ่งเกรดโดยการใช้ปริมาณน้ำมันในแว็กซ์ (Oil Content) โดยแบ่งออกได้เป็น 3 เกรด ดังนี้

1. พาราฟิน แวกซ์ ฟูลรีไฟน์ (Paraffin wax Fully refined) จะมีค่าของปริมาณน้ำมันในแว็กซ์ ตั้งแต่ ร้อยละ 0.1 - 0.5 ของน้ำหนักพาราฟิน แวกซ์ (%wt)
2. พาราฟิน แวกซ์ เซมิ รีไฟน์ (Paraffin wax Semi refined) จะมีค่าของปริมาณน้ำมันในแว็กซ์ ตั้งแต่ ร้อยละ 0.5 - 1.5 ของน้ำหนักพาราฟิน แวกซ์ (%wt)

3. พาราฟิน แวกซ์ เซมิ รีไฟน์ (Paraffin wax Semi refined) หรือ สแลค แวกซ์ (Slack wax) จะมีค่าของปริมาณน้ำมันในแวกซ์ ตั้งแต่ ร้อยละ 3 - 5 ของน้ำหนักพาราฟิน แวกซ์ (%wt)

พาราฟิน แวกซ์ แบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

1. พาราฟิน แวกซ์แบบแผ่น (Slab form)
2. พาราฟิน แวกซ์แบบเม็ด (Granule form)

กระบวนการผลิตพาราฟิน แวกซ์พาราฟิน แวกซ์ เป็นแวกซ์ที่ได้มาจากกากส่วนที่เหลือ ที่ได้จากกระบวนการกลั่นน้ำมันดิบ โดยกระบวนการกลั่นน้ำมันแบบหากลั่นลำดับส่วน ไชหรือกากแวกซ์ ที่ได้จากกระบวนการกลั่นนี้ เรียกว่า สแลค แวกซ์ (Slack wax) ซึ่งยังมีปริมาณน้ำมันในแวกซ์สูง นำสแลค แวกซ์ ที่ได้ มาผ่านกระบวนการการสกัดน้ำมันออกจากแวกซ์ เพื่อให้ได้พาราฟิน แวกซ์ ที่มีปริมาณน้ำมันในแวกซ์ตามค่ามาตรฐานของพาราฟิน แวกซ์ที่สามารถนำมาใช้ทำเทียนและใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอื่นๆ

2.1.3 ความเป็นมาของต้นยูคาลิปตัส

ยูคาลิปตัส (อังกฤษ: Eucalyptus) เป็นพรรณไม้มีถิ่นกำเนิดในทวีปออสเตรเลีย เกาะแทสเมเนีย มีการกระจายพันธุ์ตั้งแต่หมู่เกาะมินดาเนา เซลิเบส ปาปัวนิวกินี ในพื้นที่ชุ่มที่มีน้ำขังในเขตร้อนมีมากกว่า 700 ชนิดในประเทศไทยเริ่มมีการนำเข้ามาปลูกครั้งแรกที่ พระที่นั่งวิมานเมฆ สมัยรัชกาลที่ 5 เมื่อปี พ.ศ. 2444

2.1.3.1 การวิเคราะห์ใบยูคาลิปตัส



ภาพที่ 2.1 ลักษณะใบของยูคาลิปตัส

ใบสดของยูคาลิปตัสที่ไม่อ่อนหรือแก่เกินไป การทดลองละ 300 กรัม หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ยาวประมาณ 1 เซนติเมตร นำชิ้นส่วนใบใส่ลงใน flask แก้วกันกลมทนไฟ ขนาด 3 ลิตร แล้วเติมน้ำให้ท่วมตัวอย่าง แต่ไม่เกิน 3 ใน 4 ของความจุ flask แล้วนำไปกลั่นในเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยขนาดเล็ก แบบกลั่นในน้ำเดือด เป็นเวลา 3 ชั่วโมง วัดปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้ คำนวณเปอร์เซ็นต์น้ำมันหอมระเหยในแต่ละช่วงเวลาที่น้ำมันหอมระเหยในใบยูคาลิปตัส ยังมีสารที่มีประโยชน์ในใบยูคาลิปตัส

2.1.3.2 สารที่เป็นประโยชน์ในใบยูคาลิปตัส

ไม่ว่าจะเป็นใบยูคาลิปตัสสดหรือแห้งต่างก็มีน้ำมันหอมระเหยที่เรียกว่า “เทอร์ปีน” (Terpenes) สะสมอยู่ซึ่งสารที่ชื่อ Cineon และ alpha-Pinene อันเป็นส่วนประกอบของเทอร์ปีนนั้นมีคุณสมบัติช่วยในการ ขับไล่ศัตรูพืช

2.1.3.3 สรรพคุณในใบยูคาลิปตัส

ใช้รักษาอาการทางระบบทางเดินหายใจ เช่นอาการไอ จาม น้ำมูกไหล เจ็บคอ หอบหืด หายใจไม่ออก ปอดอักเสบ หรือเป็นไซนัส น้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัสนี้มีฤทธิ์ต่อต้านแบคทีเรีย เชื้อรา เชื้อไวรัส ลดอาการอักเสบ อาการบวม วิธีการใช้ให้หยดน้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัสในสำลีสุดคม หรือหยดในอ่างน้ำร้อนแล้วคลุมศีรษะด้วยผ้าขนหนู ให้ไอระเหยขึ้นมาสูดดมหายใจลึกๆ หรือผสมกับน้ำมันชนิดอื่น เช่น โห้โฮบา หรือน้ำมันมะพร้าว แล้วทาบริเวณหน้าอกจากนั้นพันคอด้วยผ้า เพื่อให้ความร้อนในตัวเร่งให้น้ำมันระเหยเข้าทางลมหายใจ

ตารางที่ 2.5 ข้อมูลทั่วไปของยูคาลิปตัส

ชื่อพื้นเมือง :	ยูคาลิปตัส
ชื่อวิทยาศาสตร์ :	Eucalyptus citriodora Hook.
ชื่อวงศ์ :	MYRTACEAE
ชื่อสามัญ :	Eucalyptus
สรุปลักษณะและข้อมูลพันธุ์ไม้ :	ไม้ต้นสูง 16 เมตร จัดเป็นพืชรากอากาศอยู่กลางแจ้ง ทรงพุ่มรูปไข่ กว้าง 3 เมตร ผิวลำต้นเรียบ เห็นข้อปล้อง ไม้ชัดเจน ลำต้นสีขาวอมเทา ไม่มีน้ำยาง ใบเรียงตัวแบบเรียงสลับระนาบเดียว ใบเดี่ยว แผ่นใบรูปลิ้นแฉก ใบอ่อนสีเขียวอ่อน ใบแก่สีเขียวแก่ ขนาดกว้าง 4.5 – 5 เซนติเมตร ยาว 16 – 17 เซนติเมตร ลักษณะพิเศษของใบเรียวยาว ปลายใบแหลม โคนใบมน ขอบใบเรียบ ใบมีกลิ่นฉุนเฉพาะ
ประโยชน์ :	เนื้อไม้ลำต้นนำมาทำกระดาษ ใบสามารถนำมาสกัดเป็นน้ำมันได้ ทำน้ำยาหอมระเหยไธระเหยแก้หวัด ลำต้นสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุในการก่อสร้าง เสาเข็ม ทำกระดาษสร้างบ้านเรือน ทำเครื่องเรือน เครื่องใช้สอย เผาถ่าน

2.1.4 เกลือทะเล

2.1.4.1 ข้อมูลทั่วไปของเกลือทะเล

เกลือเป็นสารเคมีชนิดหนึ่ง มีชื่อทางเคมีว่า “โซเดียมคลอไรด์” (NaCl) มีลักษณะเป็นผลึกสีขาว รสเค็ม เกลือเป็นอาหารธรรมชาติที่มีความสำคัญต่อมนุษย์ และสัตว์มาตั้งแต่สมัยโบราณจนถึงปัจจุบัน มนุษย์ต้องบริโภคเกลือประมาณวันละ 5-10 กรัม เพื่อนำไปช่วยรักษาสมดุลของน้ำในร่างกายให้เซลล์เนื้อเยื่อต่างๆ ทำงานอย่างปกติ นอกจากนี้เกลียยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่างๆ ได้มากมาย เช่น ปรุงอาหาร ถนอมอาหาร ผสมกับน้ำแข็งเพื่อเพิ่มความเย็น ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตสารเคมีต่างๆ ได้แก่ โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต (NaHCO_3) หรือโซดาทำขนมโซเดียมคาร์บอเนต (NaCO_3) หรือโซดาแอส โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) หรือโซดาไฟ และ ไฮโดรคลอริก (HCl) หรือกรดเกลือ เป็นต้น เกลือมีคุณสมบัติในการดูดความชื้น (Hygroscopic) และจะมีคุณสมบัตินี้มากขึ้น ถ้าเกลือนั้นไม่บริสุทธิ์ แต่ในการนำเกลือมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารนั้นจึงมีการนำเกลือมา

ทำบริสุทธิ์ก่อน การเก็บเกลือเป็นจำนวนมากในโรงงานอุตสาหกรรมนั้น ปัญหาที่มักพบคือ ความชื้น กล่าวคือเกลือจะดูดความชื้นเข้าไปจนละลายหรือเกิดการเกาะติดกันหรือที่เรียกว่า “caking” หรือ “hardening” ดังนั้นควรเก็บไว้ในสถานที่ที่ค่อนข้างแห้ง และ ไม่เก็บในลักษณะเดียวกันเป็นเวลานาน ๆ เกินไป ถ้ามีการวางซ้อนกันนานๆ ควรคอยสับเปลี่ยนถุงจากล่างขึ้นบน เมื่อใดที่มีความชื้นสูงขึ้นเกลือจะดูดความชื้นแล้วกลายเป็นสารละลายอีกและตกผลึกเมื่อความชื้นลดลงหรือเมื่อน้ำระเหยออกไปเป็นเช่นนี้ซ้ำแล้วซ้ำเล่าตลอดเวลา ผลึกเกลือจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นทีละน้อยๆ เกลือแต่ละชนิดจะมีความสามารถในการดูดความชื้นที่แตกต่างกัน เกลือปรุงอาหาร Cooking salt หรือ Table Salt มีชื่อทางเคมีว่า โซเดียมคลอไรด์ : NaCl มีสถานะเป็นผลึกสีขาว มีรสเค็ม ละลายน้ำได้ดี มีคุณสมบัติในการดูดความชื้น hygroscopicity การดูดความชื้น เกิดจากสมบัติของสารที่แสดงถึงแนวโน้มของสารนั้นในการดูดน้ำเมื่อความดันไอของความชื้นในอากาศสูงกว่าความดันไอของสารละลายอิ่มตัวของสารนั้น

2.1.4.2 ประเภทของเกลือ

การผลิตเกลือของประเทศไทย แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ เกลือทะเลหรือเกลือสมุทร และเกลือหินหรือเกลือสินเธาว์ โดยแต่ละประเภทมีที่มาแตกต่างกัน ดังนี้

1. เกลือทะเลหรือเกลือสมุทร (Sea Salt) คือเกลือที่ผลิตขึ้นโดยการนำน้ำทะเลขึ้นมาตากแดดให้น้ำระเหยไปเหลือแต่ผลึก เกลือตกอยู่ (Solar Evaporation System) เกลือ ประเภทนี้มีการผลิตและการใช้มาตั้งแต่สมัยโบราณและถือเป็นอาชีพเก่าแก่อาชีพหนึ่งของโลกและของคนไทย โดยได้มีการกำหนดเป็นสินค้าเกษตรกรรมขึ้นต้นตามพระราชบัญญัติธนาคารเพื่อการ เกษตรและสหกรณ์ การเกษตร พ.ศ. 2509

2. เกลือหินหรือเกลือสินเธาว์ (Rock Salt) คือเกลือที่ทำจากดินที่น้ำชะดินละลายแล้วแห้งปรากฏเป็นคราบเกลือติดอยู่บนผิว ดิน เรียกว่า “สาติน” เมื่อน้ำผิวดินหรือสาตินมาละลายน้ำ แล้วต้มจะได้เกลือสินเธาว์ ต่อมาในปี พ.ศ. 2512 ได้มีการค้นพบเกลือหินที่อยู่ใต้ดินในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้รูปแบบการผลิตเกลือสินเธาว์เปลี่ยนแปลงไปเป็นการใช้เกลือหินแทน โดยใช้วิธีฉีดน้ำลงไปละลายเกลือในบ่อเกลือ หรือใช้วิธีสูบน้ำเกลือใต้ดินขึ้นมาตากแดด หรือโดยการต้มเพื่อให้ได้ตะกอนเกลือ และหากใช้เครื่องจักรที่ทันสมัยสามารถผลิตได้ตลอดปี ปัจจุบัน เกลือหินได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลายและเป็นคู่แข่งกับเกลือทะเล เพราะสามารถใช้ทดแทนกันได้ แต่เกลือหินมีข้อแตกต่างจากเกลือทะเลที่ไม่มีธาตุไอโอดีน (ป้องกันโรคคอหอยพอกและโรคเอ๋อ) และได้ถูกกำหนดเป็นสินค้าอุตสาหกรรมตามพระราชบัญญัติแร่ พ.ศ. 2510

2.1.4.3 การผลิตเกลือ

การผลิตเกลือทะเลหรือเกลือสมุทร จะต้องใช้น้ำทะเลเป็นวัตถุดิบ ดังนั้นแหล่งผลิตจึงต้องอยู่บริเวณใกล้ชายฝั่งทะเล ถึงแม้ประเทศไทยจะมีชายฝั่งทะเลยาวถึง 2,600 กิโลเมตร แต่แหล่งที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเกลือมีค่อนข้างจำกัดคือ ต้องมีลักษณะทางภูมิประเทศเป็นที่ราบสภาพดินต้องเป็นดินเหนียว สามารถอุ้มน้ำได้ดีป้องกันไม่ให้น้ำเค็มซึมลงไปได้ดิน และป้องกันไม่ให้น้ำจืดซึมขึ้นมาบนดิน มีกระแสนลมและแสงแดดช่วยในการตกผลึกเกลือ

แหล่งผลิตที่สำคัญแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1. กลุ่มที่มีการผลิตมาก ประมาณร้อยละ 90 ของผลผลิตทั้งประเทศ อยู่ที่ 3 จังหวัดภาคกลาง คือ จังหวัดเพชรบุรี สมุทรสาคร และสมุทรสงคราม

2. กลุ่มที่มีการผลิตเล็กน้อย ประมาณร้อยละ 10 ของผลผลิตทั้งประเทศ อยู่ที่ 4 จังหวัดในภาคกลางและภาคใต้ คือ จังหวัดชลบุรี จันทบุรี ฉะเชิงเทรา และปัตตานี

ประเทศไทยมีพื้นที่ทำนาเกลือทั้งหมดประมาณ 81,485 ไร่ โดยจังหวัดเพชรบุรีมีพื้นที่มากที่สุด ร้อยละ 47.0 รองลงมาได้แก่ จังหวัดสมุทรสาคร ร้อยละ 43.1 จังหวัดสมุทรสงคราม ร้อยละ 7.7 จังหวัดชลบุรี ร้อยละ 1.0 จังหวัดจันทบุรี ร้อยละ 0.6 จังหวัดปัตตานี ร้อยละ 0.4 และจังหวัดฉะเชิงเทรา ร้อยละ 0.2 ตามลำดับ

2.1.4.4 ฤดูกาลผลิตเกลือทะเล

การทำนาเกลือในภาคกลางจะเริ่มในช่วงฤดูแล้งตั้งแต่ต้นเดือนพฤศจิกายน ถึงประมาณกลางเดือนพฤษภาคมของปีถัดไป ระยะเวลาประมาณ 6 - 7 เดือน ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศเนื่องจากการทำนาเกลือไม่สามารถจะทำได้ในช่วงฤดูฝน และจะเริ่มเก็บผลผลิตเกลือได้ประมาณกลางเดือนมกราคม เป็นต้นไป

สำหรับการนำเกลือในภาคใต้ที่จังหวัดปัตตานี มีระยะเวลานานกว่าภาคกลางโดยสามารถผลิตได้ปีละ 2 ครั้ง ครั้งแรกเริ่มประมาณเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมิถุนายน ประมาณ 5 เดือน และครั้งที่สองเริ่มประมาณเดือนกรกฎาคมถึงเดือนกันยายน ประมาณ 3 เดือน รวมมีช่วงการผลิตประมาณ 8 เดือน ส่วนในช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนมกราคม จะมีฝนตกชุกไม่สามารถทำนาเกลือได้ ผลผลิตเกลือทะเลในสภาพอากาศปกติ โดยเฉลี่ยทั้งประเทศมีประมาณปีละ 990,000 ตัน (ผลผลิตปี 2550 - 2553) ผลผลิตจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสภาพอากาศว่าปีใดมีฝนตกมากหรือน้อย ต้นทุนการผลิตเกลือทะเล ส่วนใหญ่จะเป็นต้นทุนด้านค่าจ้างแรงงาน รองลงมาเป็นค่าน้ำมันเชื้อเพลิง สำหรับวัตถุดิบที่ใช้ผลิตคือน้ำทะเลไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย โดยมีต้นทุนการผลิตเฉลี่ยประมาณ 737 บาทต่อตันและมีผลพลอยได้คือ

1. สัตว์น้ำทะเลต่างๆ เกษตรกรชาวนาเกลือที่มีพื้นที่กักเก็บน้ำทะเล (วัง) ก็จะมีสัตว์น้ำทะเลต่างๆ เช่น กุ้งขาว กุ้งแชบ๊วย ปลาหมอเทศ ปลากะพง ปูทะเล ฯลฯ อยู่ภายในวัง เป็นการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบธรรมชาติเพื่อเป็นรายได้เสริมทางหนึ่ง

2. น้ำเค็ม เนื่องจากน้ำในนาเกลือมีความเค็มมากกว่าน้ำทะเล เกษตรกรชาวนาเกลือสามารถจำหน่ายน้ำเค็มให้กับเกษตรกรชาวนากุ้ง เพื่อนำไปผสมกับน้ำปกติเพื่อใช้เพาะเลี้ยงกุ้ง

3. เกลือจืด (ยิปซั่ม) เกลือจืดหรือยิปซั่มเป็นสินแร่ที่เกิดในนาเกลือเฉพาะแปลงที่ใช้กักเก็บน้ำแก่ (นารองเชื้อและนาเชื้อ) เกลือจืดจะเกิดอยู่บนหน้าดิน เกษตรกรชาวนาเกลือจะทำเกลือจืดในฤดูฝน หลังจากหมดฤดูทำนาเกลือแล้ว โดยจะขังน้ำฝนไว้ในแปลงนาที่มีเกลือจืด แล้วรวบรวมเกลือจืดเข้าเป็นกองๆ จากนั้นก็จะร่อนและล้างเอาเศษดินเศษโคลนออกให้เหลือแต่เม็ดเกลือจืดที่แข็ง คล้ายทรายหยาบๆ และไม่ละลายน้ำ การทำเกลือจืดมักเป็นงานของผู้หญิงที่รวมกลุ่มกัน 4 - 5 คนช่วยกันทำ เป็นงานที่ไม่หนักเหมือนการทำนาเกลือ แต่เป็นงานที่ซ้ำและเสียเวลา รวมทั้งต้องแช่อยู่ในน้ำตลอดเวลาที่ทำเกลือจืด โดยปกติราคาเกลือจืดจะสูงกว่าเกลือทะเล สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตปูนปลาสเตอร์ ทำยาสีฟันชนิดผง และแป้งผัดหน้า เป็นต้น

4. ดิเกลือ การทำดิเกลือจะทำแปลงเฉพาะไม่ปนกับแปลงนาเกลือ โดยนำน้ำจากการรื้อเกลือแต่ละครั้งไปขังรวมกันไว้ ทิ้งไว้ระยะหนึ่งก็จะมีดิเกลือเกิดขึ้นเกาะอยู่ตามพื้นนา เกษตรกรชาวนาเกลือจะเก็บดิเกลือทุกวันในเวลาเช้ามืดก่อนแดดออก (ถ้าแดดจัดดิเกลือจะละลายไปกับน้ำ) ดิเกลือชนิดนี้จะเป็เม็ดสีขาวมีรสขม นำไปใช้ประกอบเป็นเครื่องยาไทยโบราณประเภทยาระบายหรือยาถ่าย และน้ำที่อยู๋ในนาดิเกลือจะมีความเค็มจัดมากเรียกว่า “น้ำดิเกลือ” นำไปใช้เป็นส่วนประกอบในการทำเต้าหู้ เป็นสารทำให้เต้าหู้แข็งตัว

5. ชี้แดด เป็นส่วนที่อยู่บนผิวดินของนาเกลือ มีลักษณะเป็นแผ่นร้อนอยู่บนผิวนา ซึ่งเกษตรกรชาวนาเกลือต้องทำการเก็บชี้แดดก่อนทำการบดดินตอนต้นฤดูการทำนาเกลือ ชี้แดดนี้สามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยปลูกพืชได้

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับการอบแห้ง

การอบแห้ง คือ กระบวนการที่ให้ความร้อนกับวัสดุที่มีความชื้น เพื่อระเหยน้ำออกไปจนกลายเป็นผลิตภัณฑ์ของแข็ง วัสดุที่พึ่งกระบวนการอบแห้งนั้น มีตั้งแต่จำพวกที่มีรูปร่างและสัดส่วนชัดเจน อย่างเช่น เครื่องสุกัณฑ์ วัสดุไม้ ไปจนถึงวัสดุอื่นๆ เช่น วัสดุที่มีสภาพเป็นเม็ดผง โคลน แป้งเปียก หรือมีสภาพเป็นของเหลว เป็นต้น กระบวนการอบแห้งนี้เป็นตัวอย่างที่เด่นชัดของปรากฏการณ์การถ่ายเทมวลและความร้อนในเวลาเดียวกันโดยมีการเปลี่ยนแปลงเฟส เพราะระเหยน้ำออกไปโดยการให้ความร้อน

2.2.1 สมบัติของอากาศชื้น

อากาศแห้งที่ปราศจากไอน้ำมีองค์ประกอบของไนโตรเจนร้อยละ 79 โดยโมล กับออกซิเจนร้อยละ 21 โดยโมล และถือว่าเป็นก๊าซที่มีมวลโมเลกุลปรากฏเท่ากับ 29 g mol^{-1} บรรยากาศประกอบด้วยไอน้ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และองค์ประกอบที่มีปริมาณน้อยอีกหลายชนิด แต่ว่าการคำนวณในกระบวนการอบแห้งนั้นอากาศชื้นสามารถถือว่าเป็น อากาศรวมกับน้ำ อนึ่งถ้าใช้ก๊าซเผาไหม้ในการอบแห้ง จะถือว่าเป็นก๊าซผสมของ อากาศ กับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และไอน้ำ

2.2.2 ความชื้น (Humidity)

ถ้าให้ความดันย่อยของไอน้ำในอากาศเป็น p ความดันไออิ่มตัวของน้ำที่อุณหภูมิของอากาศเป็น p_s ความดันรวมเป็น p_t และให้โมเลกุลของอากาศและน้ำเป็น M_a และ M_w ตามลำดับแล้ว ความชื้นของอากาศจะนิยามได้ดังนี้

ความชื้นสัมพัทธ์

$$\phi = p/p_s \quad \dots (2.1)$$

ความชื้น(สัมบูรณ์)

$$H = \frac{M_w p}{M_a (p_t - p)} = \frac{18}{29} \frac{p}{p_t - p} = 0.62 \frac{p}{p_t - p} \quad \dots (2.2)$$

ความชื้น(สัมบูรณ์) เชิงโมล

$$H_{mol} = \frac{p}{p_t - p} \quad \dots (2.3)$$

ถ้าเอา p_s เข้าไปแทนที่ p ในสมการ (2.1) กับ (2.2) จะได้ความชื้นอิ่มตัว H_s และความชื้นอิ่มตัวเชิงโมล H_{mol} ในกรณีของกระบวนการอบแห้ง ปริมาณของไอน้ำในอากาศที่อยู่ในเครื่องอบแห้งจะเปลี่ยนแปลงค่าตามเวลาหรือตำแหน่ง ดังนั้นการใช้ H , H_{mol} ซึ่งใช้อากาศแห้งที่ไม่เปลี่ยนไปตามความคืบหน้าของการอบแห้งเป็นฐานของการคำนวณ ซึ่งจะสะดวกในการใช้ค่า

2.2.3 ค่าสมบัติต่างๆ ของอากาศชื้น

2.2.3.1 ความร้อนจำเพาะชื้น

ความร้อนจำเพาะชื้น คือ ปริมาณความร้อนที่ต้องใช้ในการทำให้อากาศแห้ง 1 kg กับไอน้ำ H kg ที่รวมอยู่ในอากาศชื้นมีอุณหภูมิสูงขึ้น 1 K ถ้าให้ความร้อนจำเพาะเฉลี่ยที่ความดันคงที่ในช่วง 0

- 200 °C ของอากาศแห้งเป็น 1.00 และของไอน้ำเป็น 1.93 kJ kg⁻¹ K⁻¹ แล้ว C_H ก็จะสามารถแสดงได้ด้วยสมการถัดไป

$$C_H = 1.00 + 1.93H \quad \dots (2.4)$$

2.2.3.2 ปริมาณจำเพาะชื้น

ปริมาณจำเพาะชื้น คือ ผลบวกของปริมาณ v_a ของอากาศแห้ง 1 kg และปริมาณ v_w ของไอน้ำ H kg ที่รวมอยู่ในอากาศชื้น ถ้าให้อุณหภูมิอากาศเป็น t [K] แล้ว ปริมาณจำเพาะชื้น v_H ก็จะเป็นดังสมการถัดไป

$$v_H = v_a + v_w = (0.772 + 1.24H) \frac{t}{273} \quad \dots (2.5)$$

2.3 อัตราการอบแห้ง

2.3.1 อัตราการอบแห้งที่คงที่ (R_c)

กรณีของเงื่อนไขการอบแห้งที่คงที่ พิจารณาอัตราการอบแห้งของวัสดุที่ถูกวางไว้โดนลมร้อนที่มีความชื้นคงที่ H และอุณหภูมิคงที่ t ในกรณีที่ลมร้อนปริมาณมากไหลผ่านชิ้นวัสดุ จะสามารถคิดได้ว่า t และ H มีค่าคงที่ และเรียกกรณีนี้ว่า “ เงื่อนไขการอบแห้งที่คงที่ ” ในช่วงเวลาของการอบแห้งที่อัตราคงที่นั้น t_m จะถูกรักษาไว้ให้คงที่ เมื่อประยุกต์ใช้ความสัมพันธ์ของ Lewis แล้ว อัตราการอบแห้งที่คงที่ R_c [kg-น้ำ · h⁻¹ · (m²-พื้นที่การอบแห้งของวัสดุ)⁻¹] จะเป็นดังนี้คือ

$$R_c = \left(\frac{W}{A}\right) \left(-\frac{dw}{dt}\right) = k (H_m - H) \approx \left(\frac{h}{C_H}\right) (H_m - H) \quad \dots (2.6)$$

อนึ่ง ในกรณีของวัสดุที่รูปทรงซับซ้อนหรือมีรูปทรงที่ไม่แน่นอน ซึ่งไม่สามารถกำหนดพื้นที่ผิวของการอบแห้งได้แน่ชัด จะแสดงอัตราการอบแห้งเป็น $R_w = \left(-\frac{dw}{dt}\right) (\text{kg-น้ำ}) \cdot \text{h}^{-1}$

ในกรณีที่วัสดุรับความร้อนจากลมร้อนอย่างเดียว t_m จะมีค่าเท่ากับอุณหภูมิกระเปาะเปียก t_w ของลมร้อนตลอดช่วงเวลาการอบแห้งที่อัตราคงที่ โดยได้

$$R_c = h \frac{t - t_m}{r_m} \quad \dots (2.7)$$

2.4 พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุ (The Role of Thermal Mass)

อุณหภูมิอากาศภายในอาคารนั้นขึ้นอยู่กับอิทธิพลและปัจจัยภายนอกหลายอย่าง โครงสร้างและคุณสมบัติของวัสดุก็เช่นกัน อาคารที่ใช้งานโดยปราศจากเครื่องช่วยลดอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารโดยไม่ให้อากาศภายในอาคารอบอ้าว ส่วนใหญ่ก็จะขึ้นอยู่กับปัจจัยตัวแปรภายในมากมาย เช่นลักษณะทางกายภาพของอาคารที่เกิดขึ้นภายในและภายนอกอาคาร ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 กรณี

1. การนำความร้อน (Heat Conduction)
2. การพาความร้อน (Heat Convection)
3. การแผ่รังสีความร้อน (Heat Radiation)

การถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้นเมื่อมีความร้อนแตกต่างของอุณหภูมิระหว่าง 2 สิ่ง โดยที่จะถ่ายเทจากสิ่งที่มีอุณหภูมิสูงไปยังอุณหภูมิที่ต่ำ เมื่อระยะเวลาผ่านไปหลังจากเริ่มมีการถ่ายเทความร้อน สิ่งที่มีอุณหภูมิเริ่มสูงในตอนเริ่มต้นก็จะมีอุณหภูมิลดต่ำลง และสิ่งที่มีอุณหภูมิต่ำในตอนเริ่มต้น ก็จะมีอุณหภูมิเริ่มสูงขึ้น จนทั้งสองมีอุณหภูมิเท่ากันจึงหยุดการถ่ายเทความร้อนหรือเรียกว่า มีความสมดุลทางพลังงานความร้อน

2.4.1 การนำความร้อน

การนำความร้อน คือ การถ่ายเทความร้อนผ่านในเนื้อวัสดุ ซึ่งจะเป็นวัตถุที่เป็นของแข็งโดยความร้อนมีการถ่ายเกิดขึ้นได้ เนื่องจากพลังงานของการสั่นสะเทือน ในการปะทะกันของอะตอมหรือโมเลกุลของของแข็งนั้น สำหรับของแข็งที่เป็นประเภทโลหะ จะมีอิเล็กตรอนอิสระที่เคลื่อนที่เป็นจำนวนมาก จึงมีค่าสภาพการนำความร้อนสูง เหมาะกับการนำ (Insulator) ในงานที่ไม่ต้องการให้ความสูญเสียพลังงานความร้อน

กฎการนำความร้อนเป็นไปตามสมการของฟูเรียร์ (Fourier's equation) คือ

$$\dot{Q} = -kA \frac{dT}{dx} \quad \dots (2.8)$$

$$q' = -k \frac{dT}{dx} \quad \dots (2.9)$$

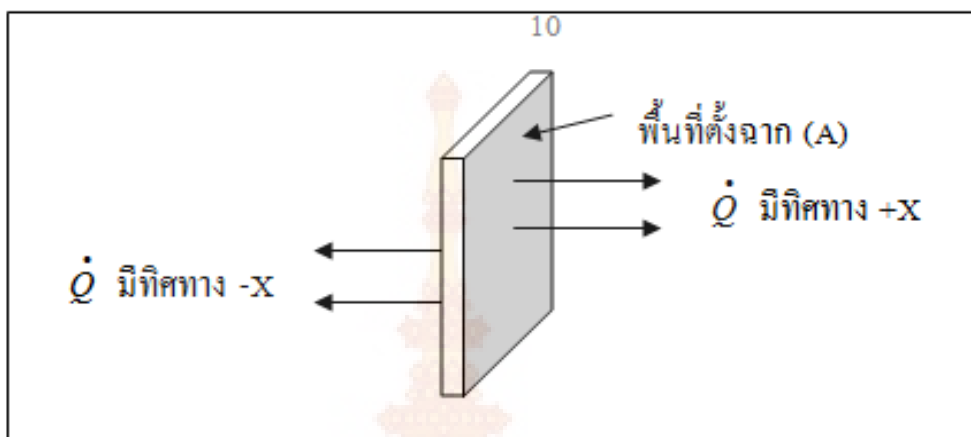
$\dot{Q}$ คือ อัตราการถ่ายเทความร้อน, หน่วยวัตต์ (W)

Q คือ ค่าความหนาแน่นของอัตราการถ่ายเทความร้อนต่อหน่วยพื้นที่หน่วย วัตต์ต่อตารางเมตร

K คือ ค่าสภาพการนำความร้อนของเนื้อวัสดุ หน่วย วัตต์ต่อตารางเมตรเซลเซียส

A คือ พื้นที่ตัดฉากกับพื้นที่ถ่ายเทความร้อน หน่วย ตารางเมตร

$\frac{dT}{dx}$ คือ ฟังก์ชันการเปลี่ยนของอุณหภูมิตามระยะความหนา (x) ของเนื้อวัตถุ



ภาพที่ 2.2 แสดงการนำความร้อนผ่านแผ่นสี่เหลี่ยม

ที่มา : (<http://einstein.sc.mahidol.ac.th>)

สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Conductivity: k) หน่วย วัตต์ต่อตารางเมตรเคลวิน (W/m.K) คือค่าการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนผ่านสารในความหนา ช่วงเวลา พื้นที่และค่าความแตกต่างอุณหภูมิหนึ่งๆ ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนใช้ในการวัดค่าการนำความร้อนของวัสดุ เช่น คอนกรีตมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนเท่ากับ 12.0 วัตต์ต่อตารางฟุตเคลวิน หมายความว่า คอนกรีตขนาด 1 ตารางฟุต หนา 1 นิ้ว มีค่าความแตกต่างอุณหภูมิของสองด้านคอนกรีตเท่ากับ 1.0 บีทียู (BTU) แล้วจะมีการนำความร้อน 12.0 บีทียู (BTU) ผ่านในวัสดุใน 1 ชั่วโมง

2.4.2 การแผ่รังสีความร้อน

การถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีความร้อน ต่างจากการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนและการพาความร้อนที่ได้กล่าวมา คือ เป็นการถ่ายเทความร้อนโดยที่ไม่มีตัวกลาง โดยการแผ่รังสีความร้อนเกิดขึ้นได้ เนื่องจากผิววัตถุที่อุณหภูมิสูงมากจนสามารถส่งถ่ายพลังงานความร้อนออกมาในรูปของคลื่นแสงในช่วงความยาวคลื่นช่วงหนึ่ง ตัวอย่างที่เห็นได้ชัด ได้แก่ ดวงอาทิตย์ส่งพลังงานความร้อนมายังพื้นผิวโลกโดยการแผ่รังสีความร้อน

อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีความร้อนออกจากพื้นผิวหนึ่ง เมื่อคิดเป็นเชิงอุดมคติเรียกพื้นผิวนั้นว่า เป็นแบบวัตถุดำ (Black body) ซึ่งจากการที่ได้มีการวิเคราะห์ถึงกายภาพของคลื่น จะได้ว่าอัตราการถ่ายเทความร้อนเป็นสัดส่วนกับค่าอุณหภูมิสัมบูรณ์ของพื้นผิวกกำลังสี่

$$\dot{Q} = AT^4 \quad \dots (2.10)$$

เมื่อ T คืออุณหภูมิสัมบูรณ์ในหน่วยเคลวิน (K) สำหรับระบบสากลมาตรฐาน หรือ ในหน่วยแรงคิน (R) สำหรับระบบอังกฤษ

คือ ค่าคงที่ของการแผ่รังสีมีชื่อเรียกตามผู้ที่ได้ศึกษาวิเคราะห์ถึงการแผ่รังสีความร้อน คือ ค่าคงที่ของสเตฟาน โบลซ์มานน์ (Stefan – Boltzmann’s Constant) มีค่าเท่ากับ 5.669×10^{-8} วัตต์ต่อตารางเมตรเคลวิน ($W/m^2 \cdot K$) ในระบบสากลมาตรฐาน

สมการที่ 2.10 นี้ใช้สำหรับเพียงหาอัตราการแผ่รังสีความร้อนของผิวหนึ่ง เป็นแบบวัตถุดำเท่านั้น แต่อย่างไรก็ตามในการหาอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีความร้อนระหว่าง 2 พื้นผิวก็จะเป็นตามกฎแบบนี้ คือเป็นสัดส่วนกับผลต่างของกำลังสี่ของอุณหภูมิสัมบูรณ์ของพื้นผิวทั้งสอง

$$\dot{Q} \propto \sigma A (T_1^4 - T_2^4) \quad \dots (2.11)$$

2.4.3 การพาความร้อน (Convection)

การพาความร้อนคือการถ่ายเทความร้อนโดยการเคลื่อนที่ของของไหลผ่านตัวกลาง เช่น อากาศและน้ำ เมื่อสสารถูกทำให้ร้อนโมเลกุลจะเคลื่อนไหวเร็วและแตกกระจายออกไปในทิศทางต่างๆก่อให้เกิดการขยายตัวของสสารนั้นๆ โดยของแข็งจะมีการเพิ่มปริมาตรขึ้น ของเหลวและก๊าซจะมีความหนาแน่นต่ำลงและลอยตัวขึ้น

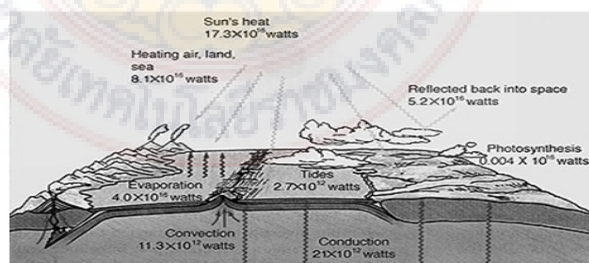
2.5 ระบบสะสมพลังงาน (Energy Storage)

ระบบเก็บสะสมพลังงาน คือ การเก็บสะสมพลังงานส่วนเกินจากที่ผลิตได้ แล้วนำมาใช้ในยามจำเป็น เพื่อรักษาสมดุลของการผลิตกับการบริโภคพลังงานที่เกิดขึ้น ณ ช่วงเวลาหนึ่ง เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วก็คล้ายคลึงกับการออมทรัพย์เพื่อเก็บสำรองไว้ใช้เมื่อยามขาดแคลน แต่แตกต่างกันตรงที่รูปแบบเทคโนโลยีของระบบการเก็บสะสมทางพลังงานนั้นมีหลากหลายรูปแบบ ซึ่งขึ้นอยู่กับแหล่งพลังงานตั้งต้นกับการนำไปประยุกต์ใช้ ดังนั้นก่อนที่จะนำเข้าสู่รายละเอียดของระบบเก็บสะสมพลังงาน ผู้เขียนจึงขอเกริ่นนำเกี่ยวกับรูปแบบของพลังงานที่นำมาใช้ในปัจจุบันเสียก่อน เพื่อปรับฐานความเข้าใจของผู้อ่านให้ตรงกัน แหล่งพลังงานหลักที่ถือเป็นกลไกหลักในการขับเคลื่อนโลกหมุนมา

จากดวงอาทิตย์ ค่าพลังงานจากดวงอาทิตย์ที่เดินทางมาถึงโลกมีค่าถึง 18×10^{14} วัตต์ โดยที่ 1 วัตต์ เท่ากับ พลังงาน 1 จูล ที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องในเวลา 1 วินาที ลองคิดดูว่า 10^{14} วัตต์ จะมีปริมาณที่มากมายเพียงใด ซึ่งพลังงานจากดวงอาทิตย์นี้จะมีการเก็บสะสมอยู่ในหลายรูปแบบตามธรรมชาติทั่วไป เช่น พื้นดิน, พื้นน้ำ, อากาศ และ พืช เป็นต้น แต่เมื่อจำแนกตามลักษณะรูปแบบของพลังงาน ที่บริโภคนกันอยู่ในชีวิตประจำวัน โดยผ่านองค์ความรู้ในรูปแบบของเทคโนโลยี สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆคือ พลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้า (Thermal and Electricity) สำหรับแหล่งพลังงานที่นำมาใช้เพื่อผลิตพลังงานทั้ง 2 รูปแบบนี้ มาจากแหล่งพลังงานฟอสซิล (Primary Energy Sources) และแหล่งพลังงานหมุนเวียน (Secondary Energy Sources) โดยระบบเก็บสะสมพลังงานนี้จะมีหน้าที่สำคัญในการเสริมสร้างเสถียรภาพให้แก่ระบบการผลิตพลังงาน ณ ช่วงเวลาต่างๆ ซึ่งมีอัตราการบริโภคพลังงานที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา

2.6 เทคโนโลยีของระบบเก็บสะสมพลังงาน (Energy Storage Technology)

รูปแบบของพลังงานตั้งต้นที่นำมาเก็บสะสมนี้ สามารถจำแนกได้ตามรูปแบบของพลังงานที่นำมาใช้ในชีวิตประจำวัน อันได้แก่ พลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน โดยรูปแบบของเทคโนโลยีในการเก็บสะสมพลังงานสามารถจำแนกเป็น 5 กลุ่มใหญ่ โดยเทคโนโลยีของการเก็บสะสมพลังงานที่เก่าแก่นั้นเกิดขึ้นเมื่อ 1 พันล้านปีมาแล้ว ด้วยจุดประสงค์ที่นำไปประยุกต์ใช้ในการเกษตร และการป้องกัน อาณาเขต โดยเทคโนโลยีที่ใช้นั้นมีรูปแบบที่ไม่ซับซ้อนมากนักเมื่อเทียบกับปัจจุบัน เช่น การกักเก็บน้ำไว้บนที่สูง เพื่อขยายพื้นที่เพาะปลูกให้มากขึ้น หรือการนำก้อนหินไปเก็บรวมกันบนบ่อปรการ เพื่อใช้เป็นอาวุธในสงครามปกป้องอาณาเขต เป็นต้น แต่เมื่อมีการค้นพบพลังงานไฟฟ้า ซึ่งมีความสะดวกสบายในการใช้งาน จึงทำให้เกิดการพัฒนาเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆให้สอดคล้องกับรูปแบบของพลังงานไฟฟ้า รวมทั้งระบบของการเก็บสะสมพลังงานก็มีความซับซ้อนมากขึ้นตามลำดับ



ภาพที่ 2.3 แสดงปริมาณพลังงานที่โลกได้รับจากดวงอาทิตย์ในแต่ละวัน

ที่มา : (Source:[http://ess.geology.ufl.edu/ess/Notes/020-](http://ess.geology.ufl.edu/ess/Notes/020-Intro_ESS/Fig2.html)

[Intro_ESS/Fig2.html](http://ess.geology.ufl.edu/ess/Notes/020-Intro_ESS/Fig2.html))

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในระบบอบแห้งจากพลังงานแสงอาทิตย์ในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องนั้น ได้มีผู้วิจัยศึกษาระบบการอบแห้งและการสร้างโรงอบแห้งในหลายรูปแบบ โดยรูปแบบของโรงอบแห้งนั้นอาศัยการแผ่รังสีความร้อนเข้ามาในโรงอบแห้งที่หลังคาทำจากกระจกใส และมีผลทำให้อากาศภายในโรงอบแห้งสูงขึ้น ในหลักการดังกล่าวนี้เองมีความเกี่ยวข้องกับงานวิจัยที่ทางคณะสนใจศึกษาว่า จากรูปแบบที่ได้มีนักวิจัยหลายท่านได้ศึกษามา มีความเกี่ยวข้องและสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้จริง จึงได้ศึกษาจากงานวิจัยต่างๆดังนี้คือ

Amouzou et al., (1986) [1] เขาได้รับการออกแบบระบบการดูดซับความร้อนและการใช้ปูนซีเมนต์เป็นวัสดุที่ใช้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์ โดยออกแบบให้มีลักษณะของห้องอบนั้นมีขนาดยาว 1.12 เมตร กว้าง 1.3 เมตร และสูง 0.67 เมตร มีแผ่นรับความร้อนเป็นแผ่นสังกะสีทาสีดำ มีห้องอบที่สามารถอบแห้งได้ถึง 10-15 กิโลกรัม หลักการทำงานของห้องอบนี้พบว่าเมื่อแสงแดดตกกระทบผ่านกระจกใสมาแล้วสัมผัสกับแผ่นสังกะสีสีดำ เกิดการนำความร้อนและแผ่ความร้อนให้ห้องอบขึ้น และความร้อนดังกล่าวได้ผ่านเข้าไปสู่ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ผลคือความร้อนทำให้น้ำบริเวณระเหยกลายเป็นไอและผลิตผลมีความแห้งไม่ขึ้น ทั้งนี้ระยะเวลาในการอบแห้งใช้เวลาในห้องอบถึง 3 วัน และจากงานวิจัยนี้ได้สามารถนำไปใช้ได้จริงในชนบท

Hallack et al., (1996) [2] ได้ศึกษาพัฒนาการทำตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ ให้สามารถสร้างขึ้นมาแบบง่ายๆ โดยอาศัยการวางแผ่นเหล็ก 2 ชั้นที่ใช้รับพลังงานแสงอาทิตย์และยังสร้างฉนวนกันความร้อนไว้ใต้แผ่นเหล็กดังกล่าว เพื่อไม่ให้ความร้อนสะสมในแผ่นเหล็กสูญเสียไปในทิศทางอื่น จากนั้นสร้างปล่องระบายอากาศขึ้นมาโดยมีรูปร่างเป็นทรงกระบอก ขนาดความสูง 10 เซนติเมตร และมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตรด้วยเช่นกัน ปล่องระบายอากาศนี้ประยุกต์ใช้เพื่อระบายอากาศภายในห้องอบให้มีการไหลเวียนของอากาศร้อนและอากาศเย็นที่จะเข้ามาแทนที่ ทั้งนี้การระบายอากาศช่วยให้เกิดความสมดุลของระบบและจากผลงานวิจัยพบว่าใช้เวลาในการอบแห้งสั้นลง

Madhlopa et al., (2002) [3] ได้พัฒนาการอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์ โดยอาศัยการใช้หลักการวัสดุ คอมโพสิต ที่ทำหน้าที่หลายอย่างในแผ่นเดียวกัน ประกอบด้วยแผ่นเพลทนำความร้อน ตะแกรงเหล็ก และแผ่นกระจก ผลที่ได้จากการศึกษาพบว่าการที่มีตะแกรงเหล็กนี้ช่วยเพิ่มความร้อนให้แก่ตู้อบสูงขึ้นมากกว่า 40 องศาเซลเซียส และยังพบว่ามีประสิทธิภาพในการอบแห้งสูงเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 21

Pangavhane et al., (2002) [4] ได้ออกแบบระบบการอบแห้งด้วยการระบายความร้อนแบบมีอากาศหมุนเวียนซึ่งมีส่วนประกอบอยู่ 2 ส่วน คือชุดให้ความร้อน และชุดตู้อบ โดยที่ชุดให้ความร้อนทำเป็นช่องทางไหลของอากาศร้อนที่ทำจากอะลูมิเนียมเป็นรูปตัวยู และชุดนี้สัมผัสแสงแดด

โดยตรงทำให้ความร้อนจากการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์สัมผัสผิวอะลูมิเนียม และทำให้เกิดการนำความร้อนอากาศภายในห้องตัวเรือนขึ้น และไหลเข้าไปสู่ชุดห้องอบทำให้อุณหภูมิของห้องอบสูงขึ้น

Zhang et al., (2004) [5] ได้ศึกษาการสะสมความร้อนของคอนกรีต เพื่อนำไปใช้ในการอบตู้อบแห้ง โดยได้อาศัยหลักการการเปลี่ยนแปลงสถานะของซีเมนต์พาราฟินเหลวที่ถูกไหลแพร่ซึมเข้าไปในวัสดุพูน ที่นำไปใช้สร้างเป็นแผ่นคอนกรีต ผลการศึกษาพบว่าพูนที่เกิดขึ้นนี้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสถานะของพาราฟินเหลว เนื่องจากปริมาณและขนาดที่พาราฟินเหลวใช้ดูดซับเอาความร้อนในปริมาณสูงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเฟสที่ช้าลง

Koyuncu (2006) [6] ได้สร้างโรงอบแห้งขนาดใหญ่โดยอาศัยหลักการทางธรรมชาติ คือการไหลเวียนของอากาศร้อน ซึ่งอากาศร้อนนี้สามารถนำพาความชื้นที่ผิวของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรออกไปได้ง่าย และเป็นการใช้พลังงานราคาถูก โดยอาศัยแหล่งพลังงานคือแสงอาทิตย์ ทั้งนี้ยังพบว่าการสร้าง โรงอบแห้งจากหลักการดังกล่าวนี้สามารถเพิ่มอุณหภูมิของห้องให้สูงขึ้นจากเดิม 5-6 องศาเซลเซียส

Serm et al., (2006) [7] ได้สร้างโรงอบแห้งชื่อ โรงอบแห้งศิลปากร โดยพัฒนาจากโรงอบแห้งเดิมที่อาศัยแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานให้ความร้อน และได้ออกแบบให้พื้นโรงอบแห้งเป็นพื้นคอนกรีตที่เป็นสีดำ สามารถดูดซับความร้อนจากแสงอาทิตย์ และใช้เป็นแหล่งความร้อนภายในโรงอบแห้ง นอกจากนี้ยังประยุกต์ใช้พัดลมที่ใช้ไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์เป็นตัวช่วยระบายอากาศภายในโรงอบแห้งอีกด้วย จากผลการศึกษาพบว่าโรงอบแห้งนี้สามารถอบแห้งพริกที่มีความชื้นร้อยละ 80 ให้เหลือร้อยละ 10 ในเวลา 3 วันได้เป็นอย่างดี

Rangsit et al., (2011) [8] ได้ศึกษาการใช้คอนกรีตเพื่อเป็นตัวสะสมความร้อน โดยได้ออกแบบให้เพดานคอนกรีตของตึกมีท่อน้ำ PVC ฝังอยู่ภายใน จากนั้นปล่อยน้ำให้วิ่งผ่านท่อดังกล่าวแล้วทำการศึกษาความร้อนที่ได้ พบว่าอุณหภูมิของน้ำเมื่อไหลผ่านท่อ PVC ที่ฝังอยู่ในคอนกรีตนั้นมีอุณหภูมิสูงอยู่ที่ 40 - 50 องศาเซลเซียส

Pairoj et al., (2012) [9] ทำการศึกษาและดำเนินการออกแบบโรงอบแบบแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาเพื่อทำการอบยางแผ่นให้แห้งและลดระยะเวลาการผึ่งยางได้ 5 เท่า จากเดิมที่เกษตรกรต้องผึ่งยางไว้ไม่น้อยกว่า 15 วัน นอกจากนี้ยังทำการแก้ไขปัญหในช่วงที่ไม่มีแดดหรือฝนตกในการอบยางให้แห้งโดยใช้ความร้อนจากเตาเผา เพื่อให้ได้ยางแผ่นคุณภาพดี สีสวย ไม่ขึ้นรา ดำเนินการทดลองระหว่างเดือน ตุลาคม 2551 - กันยายน 2553 ณ ศูนย์วิจัยยางสงขลา ซึ่งต่อยอดจากการออกแบบโรงอบแบบพลังงานแสงอาทิตย์หรือโรงอบแบบต้นแบบที่จะอบยางได้ดีในช่วงที่มีแดดเท่านั้น โรงอบแบบร่วมกับเตาเผานี้ทำด้วยโครงเหล็กขนาดกว้าง 2 เมตร ยาว 5 เมตร สูง 3 เมตร ผึงและหลังคาปูด้วยสังกะสีทาสีดำเพื่อรับความร้อนจากแสงอาทิตย์ให้มากที่สุดโดยไม่ให้แดดสัมผัสกับผิวยางเป็นการป้องกันยางเสื่อมสภาพที่ทำให้ยางมีสีคล้ำ มีปล่องระบายความชื้นอยู่บริเวณหลังคา

โรงอบทั้ง 4 ด้านมีแผงรับความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่ทำด้วยแผ่นพลาสติกกลอนเล็ก มีพื้นที่ 78 ตารางเมตร เพื่อให้แสงอาทิตย์ส่องผ่าน ด้านล่างปูด้วยทราย และหินตามลำดับ หนาประมาณ 10 เซนติเมตร มีความลาดชันประมาณ 15 องศา เพื่อเป็นตัวกักเก็บความร้อนเท่าที่จะรับได้แล้วความร้อนจะไหลผ่านเข้าห้องอบได้สะดวก ตัวโรงอบมีประตูเข้าออก 2 ด้าน เพื่อความสะดวกในการนำยางเข้าอบและนำยางที่แห้งแล้วออกอีกด้านหนึ่ง ส่วนที่สำคัญของโรงอบนี้คือเตาเผา ภายในปูด้วยอิฐทนความร้อนจนเต็มทุกด้าน หลังเตาเผาจะต่อเชื่อมด้วยท่อเหล็กทอดใต้ฐานและไปเชื่อมต่อกับท่อกระจายความร้อนซึ่งวางตามความยาวของโรงอบ ด้านในมีรถตากยาง สำหรับตากยางได้ 744 แผ่น เหมาะสำหรับเกษตรกรที่มีสวนยางขนาด 75 – 100 ไร่ จากการศึกษาพบว่า ในช่วงฤดูร้อน ระหว่างเดือนมีนาคม – สิงหาคม ยางแผ่นจะแห้งได้เร็วโดยจะคายความชื้นได้ดีที่สุดในช่วงวันแรก ได้ถึงร้อยละ 21.69 – 27.90 หลังจากวันที่ผ่านไปอัตราการคายความชื้นจะลดลงอย่างช้าๆและจะคงที่ในวันที่ 5 เป็นต้นไป หากอบยางแผ่นในโรงอบอัตราการคายความชื้นโดยเฉลี่ยจะสูงกว่าในโรงเรือนยางแผ่นจึงแห้งได้ดีกว่า ในสภาพแดดจัดภายในโรงอบจะมีอุณหภูมิอยู่ที่ระดับ 42 – 53 องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมิภายในสูงกว่าภายนอกประมาณ 7 – 14 องศาเซลเซียส ปริมาณความชื้นในยางแผ่นน้อยกว่าร้อยละ 1 ในช่วงที่มีฝนจะใช้ความร้อนจากเตาเผาที่มีอุณหภูมิไม่เกิน 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 3 วัน หรือใส่ฟืนในอัตรา 0.5 กิโลกรัม ต่อยางแผ่น 1 กิโลกรัม ยางแผ่นที่ได้จึงมีคุณภาพดี สีเหลืองใส สามารถเก็บได้นานโดยไม่ขึ้นรา ยางแผ่นอบแห้งเมื่อนำไปรมควันจะใช้ระยะเวลาเพียง 1 วันเท่านั้น จากเดิมที่ต้องทำการรมควันนานถึง 3 - 4 วัน สามารถลดต้นทุนการผลิตยางแผ่นรมควันได้ถึง 3 เท่า

และจากงานวิจัยที่ได้อ้างถึงมา มีความเป็นไปได้และมีความน่าสนใจที่จะนำเอาแนวคิดของการสะสมความร้อนของแผ่นคอนกรีตมาใช้ในการสร้างโรงเก็บพืชผลทางการเกษตร

2.8 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.8.1 การทดสอบสมมติฐานโดยวิธีการทางสถิติ

การทดสอบในขั้นตอนนี้ เพื่อวิเคราะห์หาความแตกต่างของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง โดยในการศึกษารั้งนี้จะใช้วิธีการทางสถิติ คือ การวิเคราะห์ค่าทางสถิติในเบื้องต้น การทดสอบ t-test การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One -Way Analysis of Variances) และการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two -Way Analysis of Variances) ดังนี้

1. การทดสอบ t-test

กระบวนการทางสถิติ t-test เป็นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 2 ค่า นอกจากนั้นยังแสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในแต่ละตัวแปรด้วย ซึ่งสถิติ t-test สามารถแบ่งการวิเคราะห์ได้เป็น 2 กรณี

กรณีที่ 1 กลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 ไม่สัมพันธ์กัน (อิสระต่อกัน) เรียกว่า Independent t-test

ถ้ากลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 ไม่สัมพันธ์กัน (อิสระต่อกัน) ในการทดสอบสมมติฐานที่ต้องการหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มหนึ่งว่าแตกต่างจากอีกกลุ่มหนึ่งหรือไม่ เช่น ต้องการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มที่ได้รับการสอนแบบปกติกับกลุ่มที่ได้รับการสอนแบบพิเศษว่าจะมีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันหรือไม่ ในกรณีนี้กลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มเป็นอิสระจากกัน ซึ่งสามารถตั้งสมมติฐานได้ดังนี้

สมมติฐาน 1 $H_0: \mu_1 = \mu_2$

$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$ หรือ

สมมติฐาน 2 $H_0: \mu_1 = \mu_2$

$H_1: \mu_1 > \mu_2$ หรือ

สมมติฐาน 3 $H_0: \mu_1 = \mu_2$

$H_1: \mu_1 < \mu_2$

สูตรคำนวณ

ขั้นแรก คำนวณหาว่ากลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มมีความแปรปรวนแตกต่างกันหรือไม่ ด้วยสูตร F-test มีสมมติฐานดังนี้

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

$$H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

คำนวณด้วยสูตร

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2}; \quad df_1 = n_1 - 1; df_2 = n_2 - 1$$

พิจารณาค่า F-test ถ้า F-test ที่คำนวณได้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($\text{Sig} > \alpha$) นั่นคือยอมรับ H_0 แสดงว่าความแปรปรวนของทั้งสองกลุ่มเท่ากัน จะใช้สูตรที่ 1 (Pooled Variance) ถ้าค่า F-test ที่คำนวณได้มีนัยสำคัญทางสถิติ ($\text{Sig} < \alpha$) นั่นคือปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1 แสดงว่าความแปรปรวนของทั้งสองกลุ่มไม่เท่ากัน จะใช้สูตรที่ 2 แทน (Separate Variance)

ขั้นที่สอง เลือกใช้สูตรคำนวณค่า t-test

สูตรที่ 1 เมื่อ $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \left[\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right]}}$$

$$df = n_1 + n_2 - 2$$

สูตรที่ 2 เมื่อ $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

$$df = \frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2} \right)^2}{\frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1} \right)^2}{n_1 - 1} + \frac{\left(\frac{S_2^2}{n_2} \right)^2}{n_2 - 1}}$$

การพิจารณาหาค่าสถิติ t ที่คำนวณได้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($\text{Sig} > \alpha$) นั่นคือยอมรับ H_0 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน ถ้าค่า t ที่คำนวณได้มีนัยสำคัญทางสถิติ ($\text{Sig} < \alpha$) นั่นคือปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1 แสดงว่ามีค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มแตกต่างกัน (มากกว่า หรือน้อยกว่า)

2. การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบมีปัจจัยเดียว (Single – Factor Analysis of Variance : Single – Factor ANOVA หรือ One – Way ANOVA)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบมีปัจจัยเดียว เป็นการจำแนกข้อมูลด้วยตัวแปรหรือปัจจัยเพียงตัวเดียว นั่นคือวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลโดยพิจารณาจากปัจจัยที่มีผลต่อข้อมูลเพียงปัจจัยเดียว หรือเป็นการวิเคราะห์ความแตกต่างกันของระดับต่างๆ ของปัจจัยเพียงปัจจัยเดียวนั่นเอง ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบมีปัจจัยเดียว คือ การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรที่ได้รับปัจจัยที่ต่างระดับตั้งแต่ 3 ระดับขึ้นไป นั่นคือเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยประชากรตั้งแต่ 3 ประชากรขึ้นไป

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยประชากรโดยการทดสอบสมมติฐานนั้น จะต้องเก็บข้อมูลตัวอย่าง หรือทำการทดลองการกำหนดระดับของปัจจัยให้แก่หน่วยทดลอง (Experimental Unit) อย่างสุ่ม โดยที่จะเรียกปัจจัยว่าสิ่งทดลอง หรือ ทรีทเมนต์ (Treatment) ดังนั้นทรีทเมนต์ คือ ปัจจัยที่ทำให้ข้อมูลแตกต่างกัน หรือทรีทเมนต์ หมายถึง วิธีการหรือลักษณะต่างๆ ที่ต้องการเปรียบเทียบ โดยข้อมูลที่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบจะวัดได้จากหน่วยทดลอง

สำหรับการทดลองเพื่อให้ได้ข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์สำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบมีปัจจัยเดียวในกรณีที่มี k ระดับ ($k \geq 3$) หรือเปรียบเทียบ k ทรีทเมนต์แบ่งเป็นสองแบบใหญ่ๆ ดังนี้

1. การทดลองแบบสุ่มโดยสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD)

เป็นการทดลองทรีทเมนต์เพื่อเปรียบเทียบ k ทรีทเมนต์ โดยการสุ่มอย่าง k กลุ่มอย่างเป็นอิสระกันแล้วกำหนดทรีทเมนต์ให้ตัวอย่างแต่ละกลุ่มอย่างสุ่ม

2. การทดลองแบบสุ่มโดยสมบูรณ์ภายในกลุ่ม (Randomized Block Design: RBD)

เป็นการทดลองเพื่อเปรียบเทียบ k ทรีทเมนต์ โดยแบ่งหน่วยทดลองแบบ k กลุ่ม/ชุด โดยให้แต่ละกลุ่มมีจำนวนหน่วยทดลองเท่ากับจำนวนทรีทเมนต์ โดยให้แต่ละทรีทเมนต์มีจำนวนหน่วยทดลองเท่ากัน คือ b หน่วย หรือเรียกว่า b บล็อกและให้หน่วยทดลองภายในแต่ละบล็อกมีลักษณะคล้ายคลึงกันมากที่สุด

สำหรับในข้อนี้จะกล่าวถึงการทดลองแบบสุ่มโดยสมบูรณ์ CRD โดยละเอียดดังได้กล่าวแล้ว เมื่อต้องการเปรียบเทียบประชากร 2 กลุ่ม หรือ 2 ทรีทเมนต์จะต้องสุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มอย่างเป็นอิสระกัน และใช้สถิติทดลอง Z หรือ t แต่ถ้าเปรียบเทียบตั้งแต่ 3 ทรีทเมนต์ขึ้นไปจะใช้สถิติทดสอบ F

เงื่อนไขของการวิเคราะห์ความแปรปรวน

ในการทดสอบสมมติฐานการเท่ากันของค่าเฉลี่ยของประชากรตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไป จะต้องมียุเงื่อนไขดังนี้

1. ประชากรทั้ง k กลุ่ม มีการแจกแจงแบบปกติ
2. ค่าแปรปรวนของแต่ละประชากรเท่ากัน
3. การสุ่มตัวอย่างแต่ละชุดจากแต่ละประชากรจะเป็นอิสระกัน

ตารางที่ 2.6 สูตรคำนวณในการสร้างตาราง CRD ANOVA

$CM \text{ (Correction for Mean)} = (SS_{xij})^2 / n = (S_{xi})^2 / n$	
$SST = SS_{x2ij} - CM$	$SST_{rt} = ST_{2i} / n_i - CM \quad SSE = SST - SST_{rt}$
$MSE = SSE / (n - k)$	$MST_{rt} / (k - 1)$
สถิติทดสอบ $MST_{rt} / MSE \sim F_{k-1; n-k}$	

ตารางที่ 2.7 ตารางการคำนวณ CRD ANOVA

แหล่งแปรปรวนหรือ แหล่งความผันแปร	องศาอิสระ df	ผลบวกกำลังสอง SS (Sum of Square)	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง MR (Mean Square) = SS/DF	F MST_{rt} / MSE
ระหว่างทรีตเมนต์ (Treatment)	k-1	SST_{rt}	MST_{rt}	
ภายในทรีตเมนต์ (ความคลาดเคลื่อน)	n-k	SSE	MSE	
ผลรวม (Total)	n-1	SST		

สรุปการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบมีปัจจัยเดียว เพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยประชากร k กลุ่ม

เขตปฏิเสธ จะปฏิเสธ H_0 ถ้า $F > F_{1-\alpha; k-1, n-k}$

สมมติฐาน $H_0 : (\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 \dots = \mu_k)$

$H_1 : \text{มี } \mu_i \neq \mu_j \text{ อย่างน้อย 1 คู่ ; } i \neq j$

สถิติทดสอบ $F = MST_{rt} / MSE$

3. การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกสองทาง (Two – Factor Analysis of Variance : Two – Factor ANOVA หรือ Two – Way ANOVA)

เป็นวิธีที่ใช้วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย โดยมีลักษณะที่ต้องการวิเคราะห์อยู่ 2 ลักษณะ เช่น โดยลักษณะแรกที่น่าสนใจมักจะเรียกกันว่า Treatment และลักษณะที่สองมักจะเรียกกันว่า Block ซึ่งตารางการจำแนกข้อมูลชนิด 2 ทางก็จะเป็นดังนี้

ตารางที่ 2.8 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกสองทาง

Block (ลักษณะที่ 2)	Treatment (ลักษณะแรกที่ต้องการเปรียบเทียบ)					รวม
	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3	...	กลุ่มที่ k	
1	x_{11}	x_{21}	x_{31}	...	x_{k1}	B_1
2	x_{12}	x_{22}	x_{32}	...	x_{k2}	B_2
3	x_{13}	x_{23}	x_{33}	...	x_{k3}	B_3
:	:	:	:	...	:	:
n	x_{1n}	x_{2n}	x_{3n}	...	x_{kn}	B_n
ผลรวม	T_1	T_2	T_3	...	T_k	TB

$$TB = \text{ผลรวมของค่าสังเกตทั้งหมด} = \sum \sum x_{ij} \quad i = 1 \text{ ถึง } k, j = 1 \text{ ถึง } n$$

T_i = ผลรวมของ Treatment

B_j = ผลรวมของ Block

$$SST = \sum \sum x_{ij}^2 - CM \quad SStr = \sum \frac{T_i^2}{n} - CM \quad SSB = \sum \frac{B_j^2}{k} - CM$$

$$SSE = SST - SStr - SSB$$

ตารางที่ 2.9 ตาราง ANOVA ในการวิเคราะห์แบบ Two Way

Source (แหล่งของความแปรปรวน)	องศาอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง	F
	df	SS	MS=SS/df	
ระหว่าง Treatment	k-1	SSTr	MSTr	MSTr/MSE
ระหว่าง Block	n-1	SSB	MSB	MSB/MSE
ความคลาดเคลื่อน	(k-1)(n-1)	SSE	MSE	
รวม	N-1	SST		

การวิเคราะห์ความแปรปรวน 2 ทาง

1. ตั้งสมมติฐาน

สำหรับ Treatment $H_0 : \mu_{T1} = \mu_{T2} = \dots = \mu_T$ ค่าเฉลี่ยทุก Treatment เท่ากัน

H_1 : มีอย่างน้อย 1 Treatment ที่มีค่าเฉลี่ยไป จาก Treatment อื่น

สำหรับ Block $H_0 : \mu_{B1} = \mu_{B2} = \dots = \mu_B$ ค่าเฉลี่ยของทุก Block เท่ากัน

H_1 : มีอย่างน้อย 1 Block ที่ค่าเฉลี่ยต่างไปจาก Block อื่น

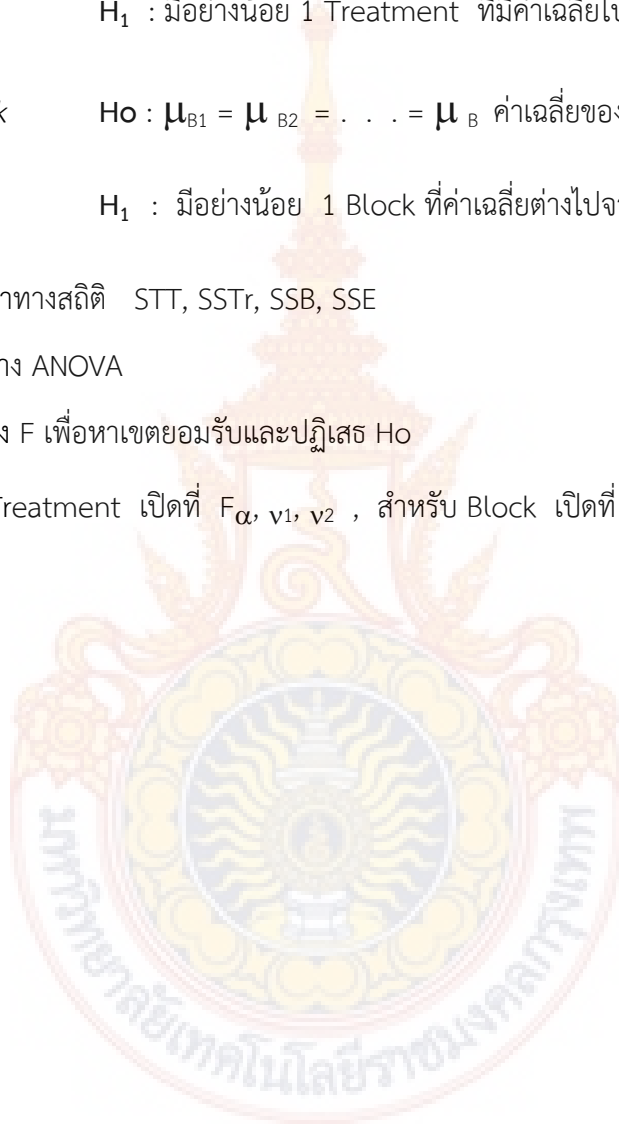
2. คำนวณค่าทางสถิติ STT, SSTr, SSB, SSE

3. สร้างตาราง ANOVA

4. เปิดตาราง F เพื่อหาเขตยอมรับและปฏิเสธ H_0

สำหรับ Treatment เปิดที่ F_{α, v_1, v_2} , สำหรับ Block เปิดที่ F_{α, v_1, v_2}

5. สรุปผล



บทที่ 3

เนื้อหาการวิจัย

หลักการวิจัยเป็นการศึกษาในรูปแบบการวิจัยเชิงประยุกต์ โดยการตั้งสมมติฐานการวิจัย มีการศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารและการทบทวนวรรณกรรม การทดสอบเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลการทดลอง และนำข้อมูลที่ได้มาประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ซึ่งสามารถอธิบายรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

3.1 การเตรียมตัวอย่าง

3.1.1 ฐานของโรงอบใช้คอนกรีตสะสมพลังงาน

3.1.1.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 (ปูนที่ใช้ในงานโครงสร้าง เทเสา คาน เช่น ปูนตราช้างแดง) ได้รับมาตรฐาน มอก.15 เล่มที่ 1-2547 (ภาคผนวก ข) ดังภาพที่ 3.1

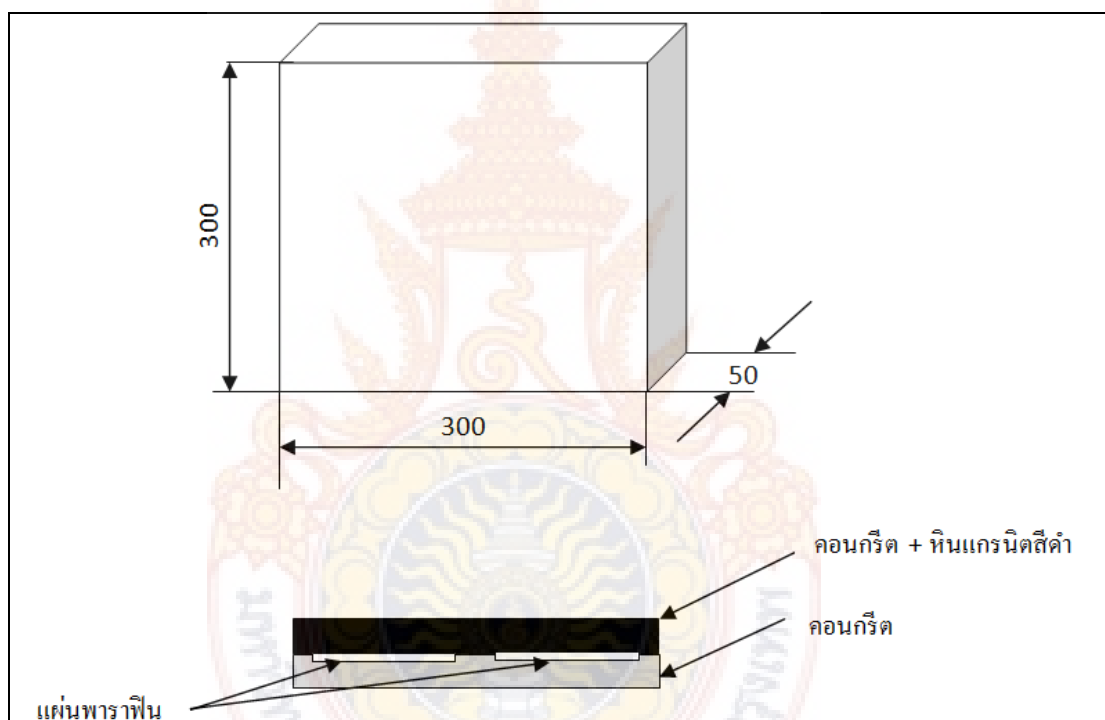


ภาพที่ 3.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ตราช้าง มาตรฐานปูนหล่อ ASTM C150

- ทรายแม่น้ำอย่างละเอียด โดยมีความละเอียดในระดับ 40 MESH
- หินฝุ่น
- ฝุ่นผงไฟเบอร์กลาส ขนาดความละเอียด 70 ไมโครเมตร

- เกลือแกง ทรายดอกทานตะวัน
- น้ำเปล่า
- ถังปูน
- ชันตวงอัตราส่วน

ในการทดสอบวัดค่าความชื้นและการขึ้นรูปเป็นแผ่นบล็อกคอนกรีตนั้น กำหนดขนาดของคอนกรีตให้มีขนาดความกว้าง 50 มิลลิเมตร ความยาว 300 มิลลิเมตร และความสูง 300 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 ลักษณะของแผ่นคอนกรีตบล็อก

ทั้งนี้ในส่วนของผิวหน้าคอนกรีตผสมกับหินแกรนิตสีดำนั้น โดยสัดส่วนได้ผสมส่วนของเกลือแกงลงไปเพื่อศึกษาการดูดความชื้นที่เกิดขึ้น และที่ด้านล่างของแผ่นได้ผสมส่วนของผงไฟเบอร์ลงเพื่อป้องกันการถ่ายเทความร้อนลงสู่พื้นล่างของแผ่นคอนกรีต สูตรทั่วไป คือคอนกรีตเทหล่อทั่วไป ปูน : ทราย : หิน : น้ำ = 1 : 2 : 4 : 1 สูตรมาตรฐาน สัดส่วนผสมคอนกรีตและปูนอย่างง่าย (โดยน้ำหนัก หรือสัดส่วน) การผสมคอนกรีตโดยน้ำหนัก (By weight) หรือโดยสัดส่วนนั้น หมายถึง การผสมคอนกรีตโดยการชั่งน้ำหนักของส่วนผสมตามอัตราส่วนที่กำหนด การผสมคอนกรีตโดยวิธีนี้จะทำให้

ค่าที่แน่นอน สะดวกต่อการปรับปรุงส่วนผสมเมื่อมีความชื้นที่เปลี่ยนแปลงไปในวัสดุผสม ส่วนใหญ่ การผสมคอนกรีตโดยน้ำหนักรวมจะผสมในโรงงานผลิตคอนกรีตที่มีอุปกรณ์พร้อม เช่น ผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ (Ready-mixed concrete) ผลิตชิ้นส่วนโครงสร้างคอนกรีตสำเร็จรูป โดย แผ่นพื้นคอนกรีตที่มีวัสดุพาราฟินร้อยละ 40 ของพื้นที่หน้าตัดและผสมเกลือที่ผิวหน้าร้อยละ 5

3.1.1.2 ขั้นตอนของการเตรียมตัวอย่าง

3.1.1.2.1 ร่อนหินผ่านตะแกรงขนาด 3/4 นิ้ว และล้างทำความสะอาดหิน



ภาพที่ 3.3 ร่อนหินผ่านตะแกรงขนาด 3/4 นิ้ว และล้างทำความสะอาดหิน

3.1.1.2.2 เตรียมทรายเพื่อที่จะนำไปชั่ง

3.1.1.2.3 ล้างฝุ่นออกจากหินแกรนิตบด



ภาพที่ 3.4 เตรียมหินแกรนิตบด



ภาพที่ 3.5 การเตรียมแผ่นพาราฟิน

3.1.1.2.4 เตรียมปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1

3.1.1.2.5 นำพาราฟินที่ยังเป็นแท่งไปต้มให้ละลายแล้วเทลงในพิมพ์และตัดให้ได้ตามขนาดที่คำนวณไว้

3.1.1.2.6 ประกอบแบบกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นที่จัดทำไว้ ทาน้ำมันเครื่อง เพื่อป้องกันไม่ให้ก้อนตัวอย่างติดกับแบบหล่อ

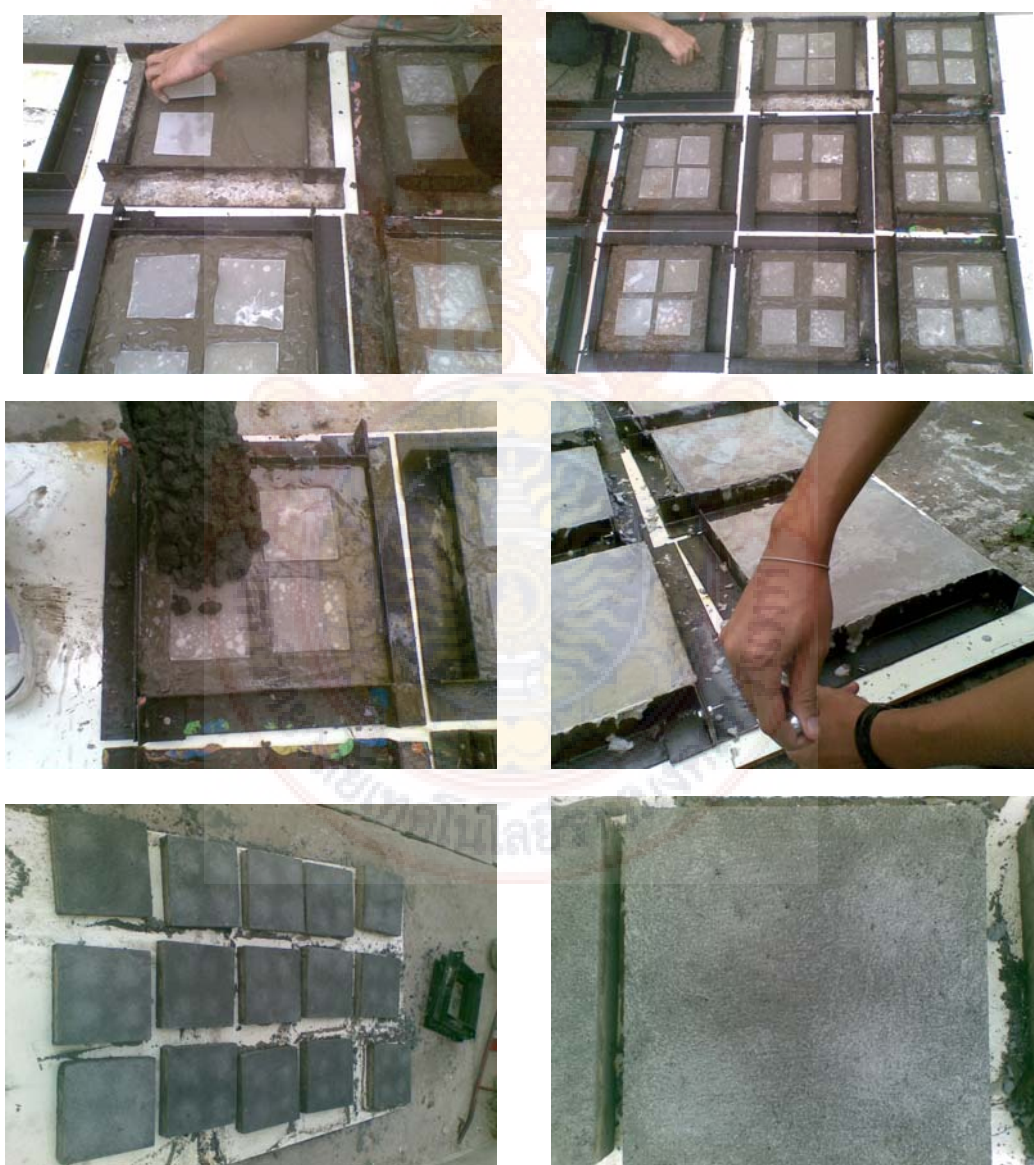


ภาพที่ 3.6 การเตรียมแบบหล่อ และ ทาน้ำมันที่แบบ

3.1.1.2.7 ผสมคอนกรีตตามมาตรฐานมอก.378-2531 (ภาคผนวก ข) ในอัตราส่วนที่ได้คำนวณไว้ตามรายการคำนวณและเทคอนกรีตลงในแบบหล่อที่เตรียมไว้โดยคอนกรีตมีความหนา 50 มิลลิเมตร ทิ้งไว้จนแผ่นตัวอย่างแห้งหรือ 24 ชั่วโมงแล้วค่อยถอดออกจากแบบ



ภาพที่ 3.7 การผสมและถอดแบบคอนกรีตตามมาตรฐาน มอก. 378-2531 (ภาคผนวก ข)



ภาพที่ 3.8 ลักษณะวางแผ่นพาราฟินและการแกะออกจากแบบ

3.1.2 คอนกรีตบล็อคมวลเกลือและผงยูคาลิปตัสในช่องว่าง

3.1.2.1 การเตรียมใบยูคาลิปตัส

นำใบยูคาลิปตัสที่ได้จากต้นมาทำความสะอาดและแยกก้านออกจากใบ นำใบยูคาลิปตัสมาตากแดดเป็นเวลา 1 อาทิตย์ แล้วปั่นให้ละเอียดเป็นผง



ภาพที่ 3.9 ใบยูคาลิปตัสที่ตากแห้งและปั่นบดละเอียด



ภาพที่ 3.10 คอนกรีตบล็อกตามมาตรฐาน มอก.58-2533 (ภาคผนวก ข)

3.1.2.2 คอนกรีตบล็อก

เป็นคอนกรีตบล็อกแบบมีลักษณะเป็นก้อนสี่เหลี่ยมขนาดโดยประมาณกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 40 เซนติเมตร หนาระหว่าง 7 – 20 เซนติเมตร ความหนาของเปลือกและผนังกันโพรงตามมาตรฐานมอก.58-2533 (ภาคผนวก ข) ดังแสดงในภาพที่ 3.10 ซึ่งเป็นคอนกรีตบล็อกแบบชนิดรับน้ำหนักจะมีลักษณะเป็นแท่งผิวเรียบ มีรูตรงกลางในแนวตั้งที่ได้รับความนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศ คอนกรีตที่ทำมาจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ น้ำ และวัสดุผสมที่เหมาะสมชนิดต่างๆ และจะมีสารอื่นผสมอยู่ด้วยหรือไม่ก็ได้ สำหรับการก่อผนังหรือกำแพง มีรูหรือโพรงขนาดใหญ่ทะลุตลอดก่อน และมีพื้นที่หน้าตัดสุทธิที่ระนาบขนานกับผิวน้อยกว่าร้อยละ 75 ของพื้นที่หน้าตัดรวมที่ระนาบเดียวกัน ลักษณะทั่วไป คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักทุกก้อน ต้องแข็งแรง ปราศจากรอยแตกร้าวหรือส่วนเสียอื่นใดอันเป็นอุปสรรคต่อการก่อคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักอย่างถูกต้อง หรือทำให้สิ่งก่อสร้างเสียกำลังหรือความคงทนถาวร รอยร้าวเล็กน้อยที่มักเกิดขึ้นในกรรมวิธีผลิตตามปกติหรือรอยปริเล็กน้อยเนื่องจากวิธีการเคลื่อนย้ายหรือขนส่งอย่างธรรมดา จะต้องไม่เป็นสาเหตุอ้างในการไม่ยอมรับคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก ซึ่งต้องการฉาบปูนหรือแต่งปูน ต้องมีผิวหน้าหยาบพอควรแก่การจับยึดของปูนฉาบ หรือปูนแต่งได้อย่างดี คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก ซึ่งต้องการก่อแบบผิวจะต้องไม่มีรอยป็น รอยร้าวหรือตำหนิอื่นๆ ถ้าในการสังเคราะห์หนึ่งมีก้อนซึ่งมีรอยป็นเล็กน้อยที่ยาวมากกว่า 25 มิลลิเมตร เป็นจำนวนไม่มากกว่าร้อยละ 5 จะต้องไม่ถือเป็นสาเหตุในการไม่ยอมรับ

3.2 แผนการทดลอง

3.2.1 การผสมของใบยูคาลิปตัสและเกลือ มีอัตราส่วนผสมดังนี้

- สูตรที่ 1 เกลือร้อยละ 20 ยูคาลิปตัสร้อยละ 80
- สูตรที่ 2 เกลือร้อยละ 30 ยูคาลิปตัสร้อยละ 70
- สูตรที่ 3 เกลือร้อยละ 40 ยูคาลิปตัสร้อยละ 60
- สูตรที่ 4 เกลือร้อยละ 50 ยูคาลิปตัสร้อยละ 50
- สูตรที่ 5 เกลือร้อยละ 60 ยูคาลิปตัสร้อยละ 40
- สูตรที่ 6 เกลือร้อยละ 70 ยูคาลิปตัสร้อยละ 30
- สูตรที่ 7 เกลือร้อยละ 80 ยูคาลิปตัสร้อยละ 20
- สูตรที่ 8 ยูคาลิปตัสร้อยละ 100
- สูตรที่ 9 เกลือร้อยละ 100
- สูตรที่ 10 คอนกรีตบล็อกเปล่าโดยทั่วไป



ภาพที่ 3.11 การใส่เกลือและผงใบยูคาลิปตัสในคอนกรีตบล็อกตาม มอก.58-2533 (ภาคผนวก ข)

3.2.2 การทดสอบหาค่าความร้อน

3.2.2.1 การทดสอบด้วยเครื่องขดลวดให้ความร้อน

นำคอนกรีตบล็อกไปทดสอบหาค่าความร้อน เมื่อนำคอนกรีตบล็อกไปวางจะมีการอัดซิลิโคน เพื่อกันไม่ให้ความร้อนระบายออกและมีตารางแสดงการวัดค่าอุณหภูมิตลอดเวลาที่ 70 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 3.12 การทดสอบการทดสอบโดยขดลวดให้ความร้อน

ตารางที่ 3.1 ตารางสำหรับบันทึกข้อมูลผลการทดสอบการนำความร้อน

อัตราส่วน	ชั้นที่	อุณหภูมิห้อง (°C)	ด้าน	เวลา (นาที)					
				30	60	90	120	150	180
สูตรที่	1	23	T1						
			T2						
			ΔT						
	2	22	T1						
			T2						
			ΔT						
	3	23	T1						
			T2						
			ΔT						
	Avg. ΔT								

3.2.2.2 การทดสอบโดยสร้างห้องอบจำลอง

เตรียมคอนกรีตบล็อกเพื่อสร้างเป็นกล่องสี่เหลี่ยมให้มีขนาด $30 \times 30 \times 30$ เซนติเมตร และวางบล็อกคอนกรีตสะสมความร้อนไว้ด้านล่าง ตัดแผ่นอะคริลิกให้แต่ละชั้นมีขนาดพอดีที่จะวางไว้บนกล่องตัวอย่าง ความหนา 5 มิลลิเมตรเพื่อนำไปปิดกล่องด้านบน และอัดซิลิโคนเพื่อไม่ให้เกิดช่องว่างระหว่างแผ่นอะคริลิกกับกล่องตัวอย่าง และให้กล่องตัวอย่างได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์มากที่สุด และจากนั้นวัดอุณหภูมิภายในกล่องตัวอย่างและภายนอกกล่องตัวอย่างในช่วงเวลาต่างๆ



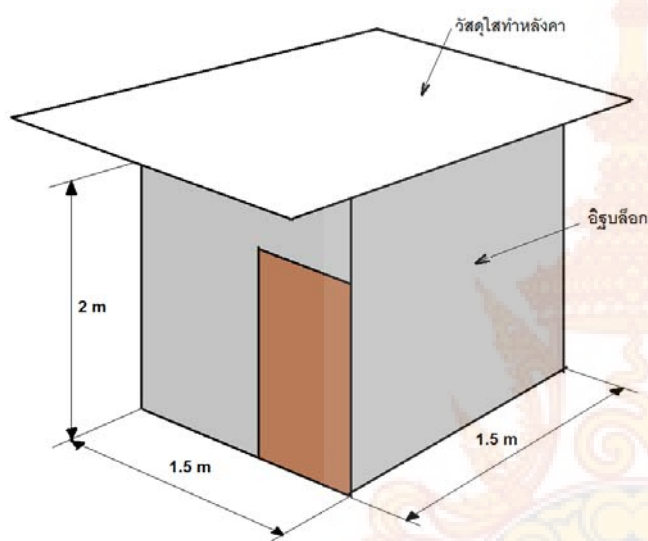
ภาพที่ 3.13 แสดงการก่อคอนกรีตบล็อก



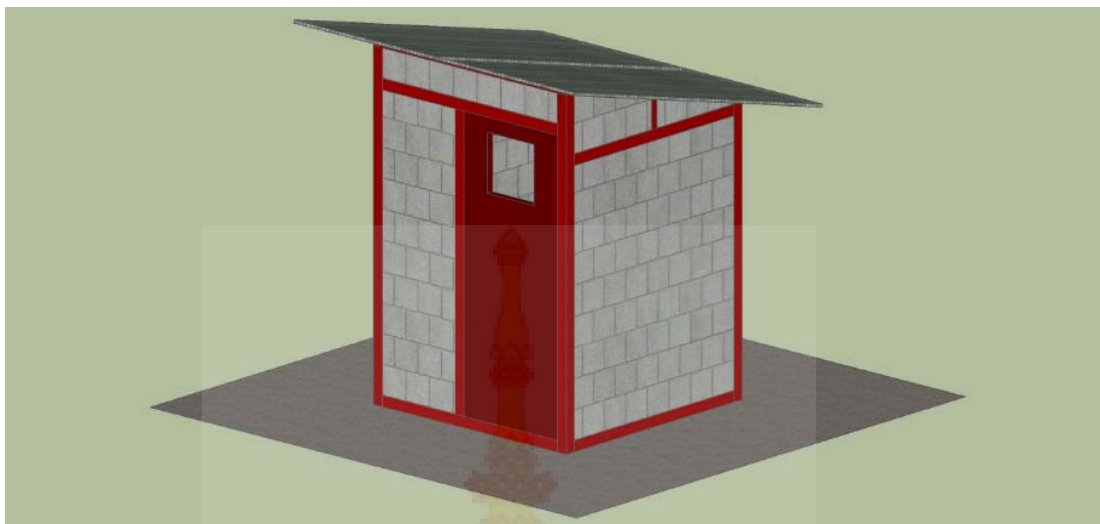
ภาพที่ 3.14 ตัวอย่างการทดสอบหาค่าความร้อนในช่วงเวลาต่างๆ

3.3 ลักษณะโครงสร้างโรงอบแห้ง

คอนกรีตที่ผ่านการทดสอบในส่วนผสมที่ถูกต้องและมีค่าที่เหมาะสมจากการทดลอง จะนำมาใช้วางเป็นแผ่นปูพื้นในโรงต้นแบบและผนังก่อด้วยคอนกรีตบล็อกผสมเกล็ดและยูคาลิปตัส เพื่อทำการวัดค่าอุณหภูมิและปริมาณความชื้นที่เกิดขึ้นภายในโรงอบ โดยกำหนดให้มีขนาดของพื้นที่ในการวาง คือ 1.50×1.50 เมตร โดยมีการกำหนดความสูงเป็น 2.00 เมตร โดยรายละเอียด ดังภาพที่ 3.15 – 3.16 และในภาคผนวก ข



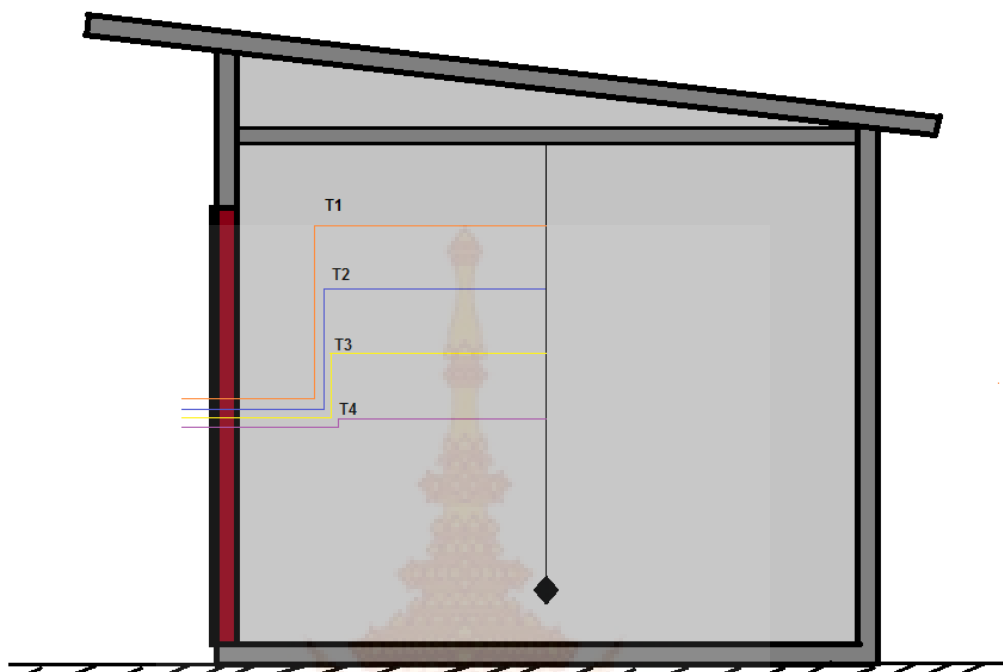
ภาพที่ 3.15 โรงอบแห้งโดยใช้คอนกรีตสะสมความร้อนเป็นฐานและผนังคอนกรีตบล็อกผสมเกล็ดและยูคาลิปตัส



ภาพที่ 3.16 แบบรายละเอียดโรงต้นแบบ

3.3.1 วิธีการทดลองวัดค่าอุณหภูมิของความร้อนในห้องอบแห้ง

การอบแห้งเป็นกระบวนการลดความชื้นของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรเพื่อป้องกันการเสื่อมเสีย ซึ่งทำให้เชื้อจุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ซึ่งถือว่าการยืดอายุการเก็บรักษา วิธีการทดลองในการวัดค่าอุณหภูมิของความร้อนในห้องอบแห้งนั้น อากาศภายในมีความชื้นคงที่ การเพิ่มอุณหภูมิเป็นการเพิ่มความสามารถในการรับไอน้ำ จึงมีผลต่อการทำให้อัตราการแห้งคงที่ และอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้การแพร่กระจายของน้ำดีขึ้น จึงมีผลต่อช่วงการทำแห้งลดลงด้วย ซึ่งความชื้นในอากาศมักเรียกเป็นความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) คืออัตราส่วนระหว่างปริมาณความชื้นที่มีอยู่จริงในอากาศกับปริมาณความชื้นอิ่มตัวที่อุณหภูมิเดียวกัน ถ้าอากาศชื้นมากจะมีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100 นั้นหมายความว่าอากาศรับความชื้นได้เต็มที่แล้วไม่สามารถรับความชื้นได้อีก โดยทั้งนี้ได้ทำการทดลองวัดค่าความชื้นและวัดอุณหภูมิภายในห้องอบแห้ง โดยการทดลองนี้ได้ใช้พริกชี้ฟ้าแห้งในห้องตลาดมาทำการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ของความชื้นและอุณหภูมิห้องอบแห้งที่ทำให้พริกแห้งเก็บได้ยาวนานขึ้น โดยรายละเอียดติดตั้งจุดวัดอุณหภูมิภายในโรงอบ ดังภาพที่ 3.17 และ 3.18



ภาพที่ 3.17 รูปแบบการติดตั้งจุดวัดอุณหภูมิภายใน



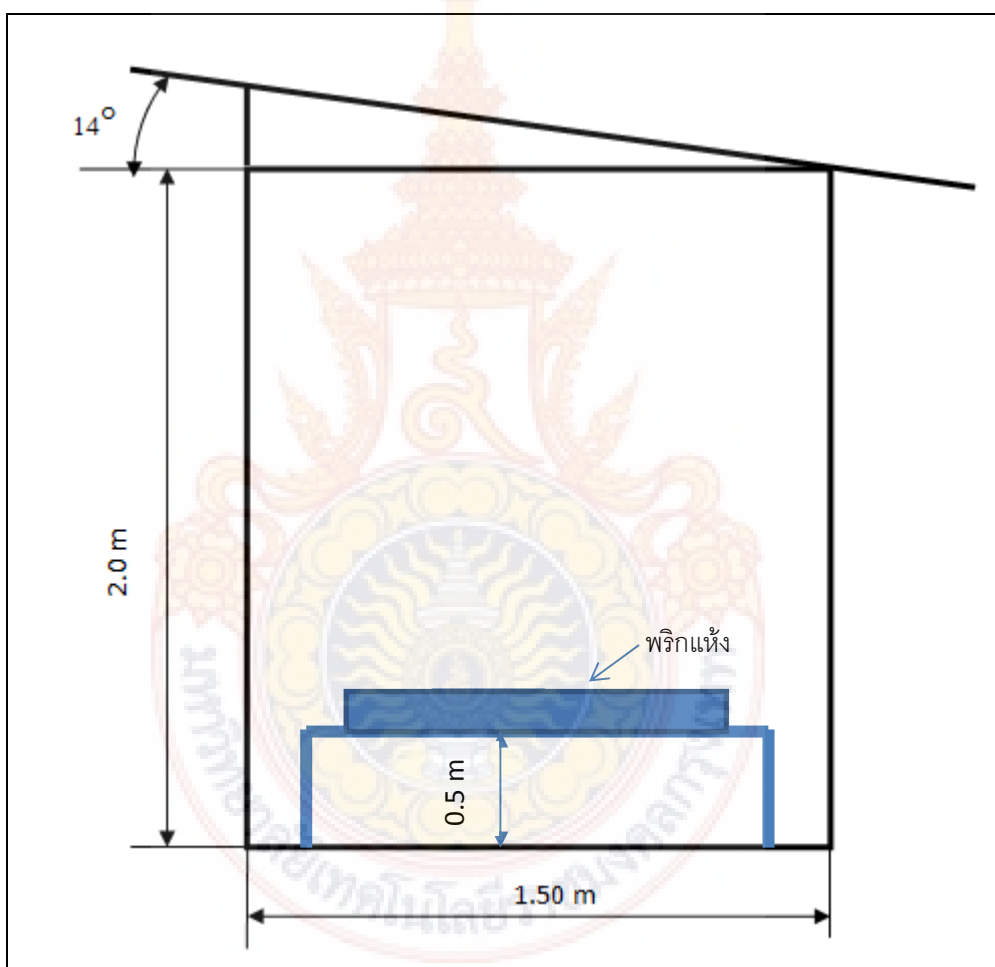
ภาพที่ 3.18 การติดตั้งจุดวัดอุณหภูมิภายใน

ตารางที่ 3.4 ตารางสำหรับบันทึกข้อมูลอุณหภูมิของโรงอบแห้งจุดต่างๆ

เวลา	อุณหภูมิการบันทึกครั้งที่ (องศาเซลเซียส)				
	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	อุณหภูมิภายนอก
9.00					
9.30					
10.00					
10.30					
11.00					
11.30					
12.00					
12.30					
13.00					
13.30					
14.00					
14.30					
15.00					
15.30					
16.00					
16.30					
17.00					
17.30					
18.00					
18.30					
19.00					
19.30					
20.00					
20.30					
21.00					

3.3.2 การวัดค่าความชื้นภายในโรงอบแห้ง

เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ของความชื้นกับอุณหภูมิของคอนกรีตบล็อกภายในโรงอบแห้งที่สร้างจากคอนกรีตบล็อกสูตรที่เหมาะสมที่สุดในการเก็บสะสมความร้อน โดยการเก็บบันทึกค่าจากตำแหน่งการวัดทั้ง 4 จุดซึ่งแต่ละจุดห่างกันเป็นระยะ 30 เซนติเมตร เป็นเวลาตลอด 1 วัน โดยเครื่องเริ่มบันทึกค่าตั้งแต่เวลา 0.00 น. จนถึงเวลา 23.59 น. โดยการทดลองนี้ได้ใช้พริกชี้ฟ้าแห้งในห้องทดลองมาทำการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ของความชื้นและอุณหภูมิห้องอบแห้งที่ทำให้พริกแห้งเก็บได้ยาวนานขึ้น โดยรายละเอียด ดังภาพที่ 3.19



ภาพที่ 3.19 ตำแหน่งการทดลองวางพริกชี้ฟ้าแห้งภายในห้องอบแห้ง

บทที่ 4

ผลการศึกษาและวิเคราะห์

4.1 ลักษณะการทดสอบคอนกรีตบล็อก

การออกแบบแผ่นคอนกรีตบล็อกเพื่อพัฒนาระบบผนังบล็อกคอนกรีตลดความชื้นสัมพัทธ์ โดยการเพิ่มการสะสมความร้อน เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร โดยการผสมเกลือและใบยูคาลิปตัสมีอัตราส่วนผสมเพื่อทำการทดลองแบ่งเป็น 10 สูตรดังนี้

- สูตรที่ 1 เกลือร้อยละ 20 ยูคาลิปตัสร้อยละ 80
- สูตรที่ 2 เกลือร้อยละ 30 ยูคาลิปตัสร้อยละ 70
- สูตรที่ 3 เกลือร้อยละ 40 ยูคาลิปตัสร้อยละ 60
- สูตรที่ 4 เกลือร้อยละ 50 ยูคาลิปตัสร้อยละ 50
- สูตรที่ 5 เกลือร้อยละ 60 ยูคาลิปตัสร้อยละ 40
- สูตรที่ 6 เกลือร้อยละ 70 ยูคาลิปตัสร้อยละ 30
- สูตรที่ 7 เกลือร้อยละ 80 ยูคาลิปตัสร้อยละ 20
- สูตรที่ 8 ยูคาลิปตัสร้อยละ 100
- สูตรที่ 9 เกลือร้อยละ 100
- สูตรที่ 10 คอนกรีตบล็อกมาตรฐาน

จากการทดลองแผ่นคอนกรีตบล็อกโดยใช้ส่วนผสมของเกลือและยูคาลิปตัสในอัตราส่วนที่แตกต่างกันผสมลงไปในช่องของคอนกรีตบล็อก และเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกมาตรฐาน ทั้ง 10 สูตร แล้วนำไปทดสอบด้วยการให้ความร้อนโดยใช้ขดลวดให้ความร้อนโดยการเก็บค่าทุกๆ 30 นาที เป็นเวลารวม 3 ชั่วโมง และคัดเลือกคอนกรีตบล็อกสูตรที่สะสมความร้อนได้ดีมาสร้างเป็นห้องอบจำลองที่มีลักษณะเป็นกล่องสี่เหลี่ยมให้มีขนาด 30 x 30x 30 เซนติเมตร ทดสอบบริเวณที่มีแสงแดดทำการเก็บค่าอุณหภูมิภายในห้องอบทุกๆ 30 นาที จนครบ 12 ชั่วโมง และเก็บค่าอุณหภูมิของผนังด้านในและด้านนอกของคอนกรีตบล็อกทุกๆ 3 ชั่วโมง เป็นเวลา 3 วัน

จากนั้นพิจารณาเลือกคอนกรีตบล็อกสูตรที่ดีที่สุดมาทดลองสร้างเป็นโรงอบแห้ง ขนาด กว้าง 1.50 เมตร x ยาว 1.50 เมตร x สูง 2.00 เมตร เพื่อทดสอบค่าอุณหภูมิในโรงอบแห้งเสมือนจริงนี้ ทุกๆ 3 ชั่วโมง จนครบ 12 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกมาตรฐาน

แล้วจึงวัดค่าความชื้นในโรงอบแห้งที่สร้างมาจากคอนกรีตบล็อกสูตรที่ดีที่สุดเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับความชื้นสัมพัทธ์ดังกล่าว

4.2 ผลการทดสอบการสะสมความร้อนของคอนกรีตบล็อก

การศึกษาประสิทธิภาพการสะสมความร้อนของคอนกรีตบล็อกสามารถสรุปผลการทดสอบค่าความร้อนของคอนกรีตบล็อกทั้ง 10 สูตร โดยมีรายละเอียดการทดสอบดังนี้

4.2.1 การทดสอบโดยเครื่องขดลวดให้ความร้อน

การทดลองแผ่นคอนกรีตบล็อกโดยใช้ส่วนผสมของยูคาลิปตัสและเกลือ และคอนกรีตบล็อกมาตรฐาน รวมทั้ง 10 สูตร นำไปทดสอบการสะสมความร้อนของคอนกรีตบล็อก โดยจะเก็บค่าทุกๆ 30 นาที เป็นเวลารวม 3 ชั่วโมง ทำการทดสอบแผ่นคอนกรีตบล็อกตัวอย่างสูตรละ 3 ชิ้น การทดลองทำโดยการให้ความร้อนด้วยขดลวดให้ความร้อนที่ด้านหนึ่งของแผ่นคอนกรีตบล็อก (T1) และวัดค่าอุณหภูมิด้านตรงข้ามของคอนกรีตบล็อก (T2) หาความแตกต่างของอุณหภูมิที่วัดได้ (ΔT) ซึ่งจะบ่งบอกถึงการสะสมความร้อนของคอนกรีตบล็อกแต่ละสูตร และหาค่าเฉลี่ยของ ΔT ทั้ง 3 ชิ้นเพื่อเป็นตัวแทนของคอนกรีตบล็อกแต่ละสูตรทั้ง 10 สูตร ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.1 อุณหภูมิการสะสมความร้อนของคอนกรีตบล็อกที่ทดสอบโดยขดลวดให้ความร้อน

อัตราส่วน	ชั้นที่	อุณหภูมิห้อง (°C)	ด้าน	เวลา (นาที)					
				30	60	90	120	150	180
สูตรที่ 1 เกลือ : ยูคาลิปตัส 20: 80	1	23	T1	73	73	74	74	75	75
			T2	28.1	29.5	30.7	31.1	31.9	32.0
			ΔT	44.9	43.5	43.3	42.9	43.1	43.0
	2	22	T1	73	74	74	74	75	75
			T2	29.8	30.1	30.3	30.7	31.2	31.9
			ΔT	43.2	43.9	43.7	43.3	43.8	43.1
	3	23	T1	73	73	74	74	75	75
			T2	29.2	29.9	30.2	30.6	31.7	32.1
			ΔT	43.8	43.1	43.8	43.4	43.3	42.9
	Avg. ΔT			44.0	43.5	43.6	43.2	43.4	43.0

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) อุณหภูมิการสะสมความร้อนของคอนกรีตบล็อกที่ทดสอบโดยชดลวดให้ความร้อน

อัตราส่วน	ชั้นที่	อุณหภูมิห้อง (°C)	ด้าน	เวลา (นาที)					
				30	60	90	120	150	180
สูตรที่ 2 เกลือ : ยูคาลิปตัส 30: 70	1	23	T1	73	74	74	75	75	75
			T2	28.4	28.9	29.9	30.7	32.5	33.9
			ΔT	44.6	45.1	44.1	44.3	42.5	41.1
	2	22	T1	73	73	73	74	75	75
			T2	29.8	30.1	30.9	31.8	32.6	34.1
			ΔT	43.2	42.9	42.1	42.2	42.4	40.9
	3	22	T1	73	73	74	74	75	75
			T2	28.0	29.2	30.6	31.4	33.2	33.9
			ΔT	45.0	43.8	43.4	42.6	41.8	41.1
	Avg. ΔT			44.3	43.9	43.2	43.0	42.2	41.0
สูตรที่ 3 เกลือ : ยูคาลิปตัส 40:60	1	23	T1	73	74	74	75	75	75
			T2	29.2	29.8	30.7	31.9	32.7	34.8
			ΔT	43.8	44.2	43.3	43.1	42.3	40.2
	2	22	T1	73	73	73	74	75	75
			T2	29.7	30.2	31.4	32.5	33.1	34.7
			ΔT	43.3	42.8	41.6	41.5	41.9	40.3
	3	22	T1	73	73	74	74	75	75
			T2	28.5	29.7	30.3	31.6	32.7	33.9
			ΔT	44.5	43.3	43.7	42.4	42.3	41.1
	Avg. ΔT			43.9	43.4	42.9	42.3	42.2	40.5
สูตรที่ 4 เกลือ : ยูคาลิปตัส 50:50	1	22	T1	73	73	73	74	75	75
			T2	30.9	31.5	32.4	32.9	33.6	35.7
			ΔT	42.1	41.5	40.6	41.1	41.4	39.3
	2	23	T1	73	74	74	75	75	75
			T2	31.2	31.7	32.5	33.6	34.1	36.2
			ΔT	41.8	42.3	41.5	41.4	40.9	38.8
	3	22	T1	73	73	74	74	75	75
			T2	29.5	30.6	31.8	32.7	33.9	35.1
			ΔT	43.5	42.4	42.2	41.3	41.1	39.9
	Avg. ΔT			42.5	42.1	41.4	41.3	41.1	39.3

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) อุณหภูมิการสะสมความร้อนของคอนกรีตบล็อกที่ทดสอบโดยชดลวดให้ความร้อน

อัตราส่วน	ชั้นที่	อุณหภูมิห้อง (°C)	ด้าน	เวลา (นาที)					
				30	60	90	120	150	180
สูตรที่ 5 เกลือ : ยูคาลิปตัส 60: 40	1	23	T1	73	73	73	74	74	75
			T2	29.8	32.9	33.5	35.2	37.5	39.9
			ΔT	43.2	40.1	39.5	38.8	36.5	35.1
	2	23	T1	73	73	74	75	75	75
			T2	30.4	31.2	31.9	33.8	35.5	37.2
			ΔT	42.6	41.8	42.1	41.2	39.5	37.8
	3	23	T1	73	74	74	74	75	75
			T2	31.2	32.5	34.2	34.6	35.2	36.8
			ΔT	41.8	41.5	39.8	39.4	39.8	38.2
	Avg. ΔT			42.5	41.1	40.5	39.8	38.6	37.0
สูตรที่ 6 เกลือ : ยูคาลิปตัส 70: 30	1	23	T1	73	74	74	74	74	74
			T2	30.1	32.5	33.8	35.1	37.9	39.7
			ΔT	42.9	41.5	40.2	38.9	36.1	34.3
	2	23	T1	74	74	74	75	75	75
			T2	30.5	31.8	32.9	34.5	35.8	37.8
			ΔT	43.5	42.2	41.1	40.5	39.2	37.2
	3	22	T1	74	74	74	75	75	75
			T2	31.2	32.4	34.2	35.8	36.5	38.2
			ΔT	42.8	41.6	39.8	39.2	38.5	36.8
	Avg. ΔT			43.1	41.8	40.4	39.5	37.9	36.1
สูตรที่ 7 เกลือ : ยูคาลิปตัส 80: 20	1	23	T1	73	73	74	74	75	75
			T2	29.3	31.7	32.5	34.7	35.9	36.7
			ΔT	43.7	41.3	41.5	39.3	39.1	38.3
	2	22	T1	73	74	74	74	75	75
			T2	29.8	31.3	32.6	34.5	35.2	36.4
			ΔT	43.2	42.7	41.4	39.5	39.8	38.6
	3	23	T1	73	73	74	74	75	75
			T2	29.1	32.2	33.4	34.8	36.3	37.2
			ΔT	43.9	40.8	40.6	39.2	38.7	37.8
	Avg. ΔT			43.6	41.6	41.2	39.3	39.2	38.2

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) อุณหภูมิการสะสมความร้อนของคอนกรีตบล็อกที่ทดสอบโดยชดลวดให้ความร้อน

อัตราส่วน	ชั้นที่	อุณหภูมิห้อง (°C)	ด้าน	เวลา (นาที)					
				30	60	90	120	150	180
สูตรที่ 8 ยูคาลิปตัส ร้อยละ 100	1	20	T1	74	74	74	74	74	74
			T2	28.4	29.0	29.6	30.2	31.5	32.1
			ΔT	45.6	45.0	44.4	43.8	42.5	41.9
	2	23	T1	73	74	74	74	74	74
			T2	29.2	29.9	31.5	32.2	33.9	34.5
			ΔT	43.8	44.1	42.5	41.8	40.1	39.5
	3	23	T1	73	73	74	74	75	75
			T2	29.3	30.1	30.8	31.9	32.8	33.6
			ΔT	43.7	42.9	43.2	42.1	42.2	41.4
	Avg. ΔT			44.4	44.0	43.4	42.6	41.6	40.9
สูตรที่ 9 เกลือ ร้อยละ 100	1	22	T1	73	73	74	74	75	75
			T2	29.7	30.5	32.7	34.1	35.8	37.9
			ΔT	43.3	42.5	41.3	39.9	39.2	37.1
	2	23	T1	73	73	74	74	75	75
			T2	29.8	31.7	33.8	34.9	36.7	38.8
			ΔT	43.2	41.3	40.2	39.1	38.3	36.2
	3	22	T1	73	74	74	74	75	75
			T2	30.1	32.2	34.1	35.8	37.9	39.2
			ΔT	42.9	41.8	39.9	38.2	37.1	35.8
	Avg. ΔT			43.1	41.9	40.5	39.1	38.2	36.4
สูตรที่ 10 คอนกรีตบล็อก มาตรฐาน	1	22	T1	73	73	74	74	75	75
			T2	28.6	29.3	30.1	31.0	32.4	34.9
			ΔT	44.4	43.7	43.9	43.0	42.6	40.1
	2	23	T1	73	73	73	74	74	74
			T2	28.3	28.9	29.7	30.3	31.8	33.5
			ΔT	44.7	44.1	43.3	43.7	42.2	40.5
	3	22	T1	73	74	74	74	74	74
			T2	27.7	29.1	30.3	30.9	31.8	33.5
			ΔT	45.3	44.9	43.7	43.1	42.2	40.5
	Avg. ΔT			44.8	44.2	43.6	43.3	42.3	40.4

หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าความร้อนที่ทดสอบโดยรวดเร็วให้ความร้อนของคอนกรีตบล็อกทั้ง 10 สูตรว่ามีการสะสมความร้อนที่แตกต่างกันหรือไม่ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง Two Way Analysis of Variance (Two Way ANOVA) โดยปัจจัยแรกคืออัตราส่วนผสมคอนกรีตบล็อก และปัจจัยที่สองคือเวลาในการวัดอุณหภูมิ ว่ามีผลต่อค่าการสะสมความร้อนของคอนกรีตบล็อกแตกต่างกันหรือไม่ จึงตั้งสมมติฐานหลักที่คอนกรีตบล็อกทั้ง 10 สูตร ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ได้ดังนี้

สมมติฐาน : อัตราส่วนผสมคอนกรีตบล็อกมีผลต่อการสะสมความร้อนของคอนกรีตบล็อกแตกต่างกันหรือไม่

สมมติฐาน $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6 = \mu_7 = \mu_8 = \mu_9 = \mu_{10}$

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5 \neq \mu_6 \neq \mu_7 \neq \mu_8 \neq \mu_9 \neq \mu_{10}$

อย่างน้อย 1 ค่า

เมื่อ μ_i = ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของคอนกรีตบล็อกสูตรที่ i

โดย $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10$

การตัดสินใจที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

สมมติฐาน : เวลาในการวัดอุณหภูมิของคอนกรีตบล็อกมีผลต่อการสะสมความร้อนของคอนกรีตบล็อกแตกต่างกันหรือไม่

สมมติฐาน $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6$

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5 \neq \mu_6$ อย่างน้อย 1 ค่า

เมื่อ μ_i = ช่วงเวลาในการวัดอุณหภูมิของคอนกรีตบล็อก

โดย $i = 30, 60, 90, 120, 150, 180$ นาที

การตัดสินใจที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

ผลการทดสอบสมมติฐานการสะสมความร้อนของคอนกรีตบล็อกทั้ง 10 สูตร ได้ผลดังตารางที่ 4.2

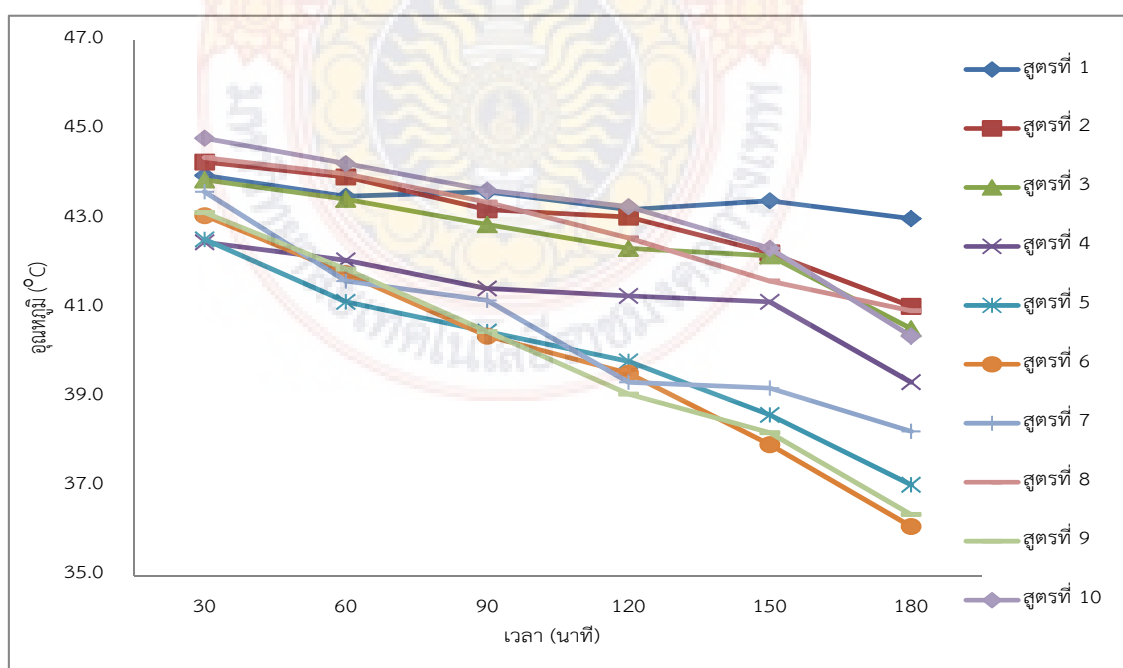
ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนการสะสมความร้อนของคอนกรีตบล็อก จำแนกตามประเภทส่วนผสมต่างๆ ที่เวลาการวัดอุณหภูมิแตกต่างกัน

แหล่งข้อมูล	DF	SS	MS	F	P
ประเภท	9	121.150	13.4611	24.27	0.000
อุณหภูมิ	5	117.973	23.5947	42.54	0.000
Error	45	24.961	0.5547		
Total	59	264.084			

ทั้งสมมติฐานด้านอัตราส่วนผสมคอนกรีตบล็อกและด้านเวลาในการวัดอุณหภูมิของคอนกรีตบล็อก ให้ค่า P-value น้อยกว่านัยสำคัญที่ 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าทั้งอัตราส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกที่แตกต่างกันและเวลาในการวัดอุณหภูมิของคอนกรีตบล็อกที่แตกต่างกัน มีผลต่อค่าอุณหภูมิของคอนกรีตบล็อกที่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ดังนั้นจึงจะทำการทดสอบต่อไปว่าอัตราส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกสูตรใดที่เหมาะสมในการนำมาใช้ลดความชื้นสัมพัทธ์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรได้

การแสดงผลด้วยแผนภาพเพื่อศึกษาช่วงของอุณหภูมิการสะสมความร้อนของคอนกรีตบล็อกทั้ง 10 สูตร ที่เวลาแตกต่างกัน แสดงดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 อุณหภูมิการสะสมความร้อนของคอนกรีตบล็อกในอัตราส่วนต่างๆ ทั้ง 10 สูตร

จากการทดสอบการสะสมความร้อนของคอนกรีตบล็อกโดยขดลวดให้ความร้อน แสดงดังภาพที่ 4.1 สามารถสรุปได้ว่าคอนกรีตบล็อกที่ให้ค่าการสะสมความร้อนได้ดีคือ สูตรที่มีอัตราส่วนเกลือผสมอยู่น้อยกว่ายูคาลิปตัส ซึ่งสอดคล้องกับคุณสมบัติของเกลือที่จะช่วยลดความร้อนและส่งผ่านความร้อนเข้ามาในคอนกรีตบล็อก แต่ยูคาลิปตัสจะมีคุณสมบัติกักเก็บความร้อนที่ส่งผ่านเข้ามา

โดยคอนกรีตบล็อกสูตรที่มีการสะสมความร้อนที่ดี มีจำนวน 5 สูตร คือ เกลือร้อยละ 20 ยูคาลิปตัสร้อยละ 80 (สูตรที่ 1), เกลือร้อยละ 30 ยูคาลิปตัสร้อยละ 70 (สูตรที่ 2), เกลือร้อยละ 40 ยูคาลิปตัสร้อยละ 60 (สูตรที่ 3), ยูคาลิปตัสร้อยละ 100 (สูตรที่ 8) และคอนกรีตบล็อกมาตรฐาน (สูตรที่ 10) แต่ก็สังเกตเห็นว่าคอนกรีตบล็อกสูตรที่ 1 ให้ค่าของอุณหภูมิที่วัดได้ค่อนข้างคงที่ที่สุด ดังนั้นจึงเลือกนำคอนกรีตบล็อกที่มีการสะสมความร้อนที่ดีทั้ง 5 สูตรมาทดสอบโดยการนำมาสร้างเป็นห้องอบจำลอง เพื่อเลือกคอนกรีตบล็อกสูตรที่ให้ค่าการสะสมความร้อนที่ดีที่สุดต่อไป

4.2.2 การทดสอบโดยสร้างห้องอบจำลอง

จากผลการทดสอบการสะสมความร้อนของคอนกรีตบล็อกที่มีการผสมเกลือและยูคาลิปตัสในอัตราส่วนต่างๆ กัน และได้คอนกรีตบล็อกที่มีการสะสมความร้อนที่ดีทั้ง 5 สูตร คือ เกลือร้อยละ 20 ยูคาลิปตัสร้อยละ 80 (สูตรที่ 1), เกลือร้อยละ 30 ยูคาลิปตัสร้อยละ 70 (สูตรที่ 2), เกลือร้อยละ 40 ยูคาลิปตัสร้อยละ 60 (สูตรที่ 3), ยูคาลิปตัสร้อยละ 100 (สูตรที่ 8) และคอนกรีตบล็อกมาตรฐาน (สูตรที่ 10) ในลำดับต่อไปจะเป็นการทดลองนำคอนกรีตบล็อกทั้ง 5 สูตร มาสร้างเป็นห้องอบจำลอง เพื่อพิจารณาเลือกคอนกรีตบล็อกสูตรที่ดีที่สุดต่อไป โดยห้องอบจำลองมีลักษณะเป็นกล่องสี่เหลี่ยมขนาด 30 x 30x 30 เซนติเมตร ทดสอบบริเวณที่มีแสงแดด ทำการเก็บค่าอุณหภูมิภายในห้องอบทุกๆ 30 นาที จนครบ 12 ชั่วโมง และเก็บค่าอุณหภูมิของผนังด้านในและด้านนอกของคอนกรีตบล็อกทุกๆ 3 ชั่วโมง เป็นเวลา 3 วัน โดยได้ผลการทดสอบดังนี้

4.2.2.1 ค่าอุณหภูมิภายในห้องอบ

การทดลองวัดค่าอุณหภูมิภายในห้องอบจำลองของคอนกรีตบล็อกทั้ง 5 สูตร ทุกๆ 30 นาที ตั้งแต่เวลา 9.00 – 21.00 น. เป็นเวลา 3 วัน และหาอุณหภูมิที่แตกต่างจากอุณหภูมิภายนอกว่าสามารถเก็บสะสมอุณหภูมิได้มากกว่าเท่าไร ได้ผลดังตารางที่ 4.3 – ตารางที่ 4.5 พร้อมทั้งหาค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่ทดลองภายในห้องอบจำลองและค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่แตกต่างจากภายนอกของทุกช่วงเวลา ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.3 อุณหภูมิที่ทดลองภายในห้องอบจำลอง วันที่ 1

เวลา	อุณหภูมิที่วัดได้ (องศาเซลเซียส)										
	อุณหภูมิ ภายนอก	สูตรที่ 1 (20:80)		สูตรที่ 2 (30:70)		สูตรที่ 3 (40:60)		สูตรที่ 8 (ยูคาลิปตัส 100)		สูตรที่ 10 (มาตรฐาน)	
		อุณหภูมิ ภายใน	ความ แตกต่างของ อุณหภูมิ	อุณหภูมิ ภายใน	ความ แตกต่างของ อุณหภูมิ	อุณหภูมิ ภายใน	ความ แตกต่างของ อุณหภูมิ	อุณหภูมิ ภายใน	ความ แตกต่างของ อุณหภูมิ	อุณหภูมิ ภายใน	ความ แตกต่างของ อุณหภูมิ
09.00	29.6	28.5	-1.1	28.1	-1.5	28.2	-1.4	30.9	1.3	29.8	0.2
09.30	30.1	31.4	1.3	30.2	0.1	30.4	0.3	32.4	2.3	31.9	1.8
10.00	30.3	32.5	2.2	32.4	2.1	31.5	1.2	34.6	4.3	33.6	3.3
10.30	30.1	34.7	4.6	36.2	6.1	33.7	3.6	37.4	7.3	35.9	5.8
11.00	30.6	35.9	5.3	40.7	10.1	35.9	5.3	42.6	12.0	47.1	16.5
11.30	31.0	45.1	14.1	42.6	11.6	43.8	12.8	43.1	12.1	49.3	12.9
12.00	31.5	44.6	13.1	44.1	12.6	46.2	14.7	44.7	13.2	50.2	18.7
12.30	31.8	45.4	13.6	46.9	15.1	48.1	16.3	48.6	16.8	53.4	21.6
13.00	32.4	48.7	16.3	51.6	19.2	49.6	17.2	52.1	19.7	54.6	22.2
13.30	32.6	52.6	20.0	53.7	21.1	50.1	17.5	51.8	19.2	56.8	24.2
14.00	32.6	55.7	23.1	54.4	21.8	51.9	19.3	49.4	16.8	49.1	16.5
14.30	32.1	53.2	21.1	52.7	20.6	50.3	18.2	47.9	15.8	47.3	15.2
15.00	31.7	51.4	19.7	48.5	16.6	49.3	17.6	47.2	15.5	46.7	15.0
15.30	32.1	49.6	16.9	47.1	15.0	48.1	16.0	45.2	13.1	46.3	14.2
16.00	32.1	48.4	16.3	46.4	14.4	46.2	14.1	30.9	1.3	29.8	0.2

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) อุณหภูมิที่ทดลองภายในห้องอบจำลอง วันที่ 1

เวลา	อุณหภูมิที่วัดได้ (องศาเซลเซียส)										
	อุณหภูมิ ภายนอก	สูตรที่ 1 (20:80)		สูตรที่ 2 (30:70)		สูตรที่ 3 (40:60)		สูตรที่ 8 (ยูคาลิปตัส 100)		สูตรที่ 10 (มาตรฐาน)	
		อุณหภูมิ ภายใน	ความ แตกต่างของ อุณหภูมิ	อุณหภูมิ ภายใน	ความ แตกต่างของ อุณหภูมิ	อุณหภูมิ ภายใน	ความ แตกต่างของ อุณหภูมิ	อุณหภูมิ ภายใน	ความ แตกต่างของ อุณหภูมิ	อุณหภูมิ ภายใน	ความ แตกต่างของ อุณหภูมิ
16.30	33.2	47.9	14.7	45.3	12.1	44.7	11.5	43.9	10.7	43.4	10.1
17.00	31.4	46.5	15.1	44.6	13.2	43.1	17.7	43.2	11.8	41.6	10.2
17.30	33.4	45.2	11.8	43.4	10.0	42.3	8.9	42.0	8.6	39.2	5.8
18.00	32.4	44.1	8.7	41.9	9.5	41.0	8.6	40.1	7.7	36.9	4.5
18.30	31.4	42.2	10.8	39.1	7.7	39.6	8.2	39.1	7.7	35.7	4.3
19.00	31.6	41.1	9.5	38.2	6.6	38.3	6.7	38.0	6.4	33.1	1.5
19.30	31.7	40.4	8.7	37.3	5.6	36.5	4.8	36.1	4.4	32.7	1.0
20.00	32.0	39.6	7.6	36.7	4.7	34.3	2.3	34.5	2.5	32.2	0.2
20.30	31.4	38.1	6.7	36.5	5.1	33.9	2.5	33.2	1.8	31.4	0.0
21.00	31.6	37.9	6.3	35.1	3.5	33.6	2.0	32.7	1.1	31.9	0.3

ตารางที่ 4.4 อุณหภูมิที่ทดลองภายในห้องอบจำลอง วันที่ 2

เวลา	อุณหภูมิที่วัดได้ (องศาเซลเซียส)										
	อุณหภูมิ ภายนอก	สูตรที่ 1 (20:80)		สูตรที่ 2 (30:70)		สูตรที่ 3 (40:60)		สูตรที่ 8 (ยูคาลิปตัส 100)		สูตรที่ 10 (มาตรฐาน)	
		อุณหภูมิ ภายใน	ความ แตกต่างของ อุณหภูมิ	อุณหภูมิ ภายใน	ความ แตกต่างของ อุณหภูมิ	อุณหภูมิ ภายใน	ความ แตกต่างของ อุณหภูมิ	อุณหภูมิ ภายใน	ความ แตกต่างของ อุณหภูมิ	อุณหภูมิ ภายใน	ความ แตกต่างของ อุณหภูมิ
09.00	29.8	30.1	0.3	29.9	0.1	30.1	0.3	29.9	0.1	30.1	0.3
09.30	30.3	30.4	0.1	31.3	1.0	30.8	0.5	31.3	1.0	30.8	0.5
10.00	30.4	34.2	3.8	36.5	6.1	35.4	5.0	36.5	6.1	35.4	5.0
10.30	30.1	40.0	9.9	40.2	10.1	36.7	6.6	40.2	10.1	36.7	6.6
11.00	30.6	40.5	9.9	40.7	10.1	37.5	6.9	40.7	10.1	37.5	6.9
11.30	30.9	40.8	9.9	40.9	10	38.9	8.0	40.9	10.0	38.9	8.0
12.00	31.5	41.1	9.6	47.9	16.4	45.4	13.9	47.9	16.4	45.4	13.9
12.30	31.5	44.7	13.2	45.8	14.3	44.2	12.7	45.8	14.3	44.2	12.7
13.00	31.9	49.8	17.9	49.4	17.5	47.9	16.0	49.4	17.5	47.9	16.0
13.30	32.3	52.5	20.2	52.1	19.8	50.5	18.2	52.1	19.8	50.5	18.2
14.00	32.6	51.8	19.2	54.7	22.1	53.6	21.0	54.7	22.1	53.6	21.0
14.30	31.7	51.2	19.5	52.5	20.8	51.4	19.7	52.5	20.8	51.4	19.7
15.00	31.6	49.6	18.0	50.7	19.1	48.5	16.9	50.7	19.1	48.5	16.9
15.30	31.4	47.9	16.5	48.3	16.9	47.8	16.4	48.3	16.9	47.8	16.4
16.00	31.2	47.9	16.7	47.5	16.3	47.1	15.9	47.5	16.3	47.1	15.9

ตารางที่ 4.4 (ต่อ) อุณหภูมิที่ทดลองภายในห้องอบจำลอง วันที่ 2

เวลา	อุณหภูมิที่วัดได้ (องศาเซลเซียส)										
	อุณหภูมิ ภายนอก	สูตรที่ 1 (20:80)		สูตรที่ 2 (30:70)		สูตรที่ 3 (40:60)		สูตรที่ 8 (ยูคาลิปตัส 100)		สูตรที่ 10 (มาตรฐาน)	
		อุณหภูมิ ภายใน	ความ แตกต่างของ อุณหภูมิ	อุณหภูมิ ภายใน	ความ แตกต่างของ อุณหภูมิ	อุณหภูมิ ภายใน	ความ แตกต่างของ อุณหภูมิ	อุณหภูมิ ภายใน	ความ แตกต่างของ อุณหภูมิ	อุณหภูมิ ภายใน	ความ แตกต่างของ อุณหภูมิ
16.30	33.7	46.5	12.8	45.8	12.1	45.2	11.5	45.8	12.1	45.2	11.5
17.00	33.3	45.2	11.9	44.7	11.4	44.4	11.1	44.7	11.4	44.4	11.1
17.30	30.9	43.9	13.0	43.8	12.9	43.3	12.4	43.8	12.9	43.3	12.4
18.00	31.3	43.3	12.0	43.3	12.0	43.0	11.7	43.3	12.0	43.0	11.7
18.30	30.8	42.0	11.2	41.0	10.2	42.5	11.7	41.0	10.2	42.5	11.7
19.00	31.2	41.9	10.7	39.2	8.0	40.9	9.7	39.2	8.0	40.9	9.7
19.30	32.1	41.6	9.5	38.0	5.9	38.2	6.1	38.0	5.9	38.2	6.1
20.00	32.4	40.7	8.3	37.1	4.7	35.1	2.7	37.1	4.7	35.1	2.7
20.30	31.5	40.2	8.7	36.3	4.8	35.0	3.5	36.3	4.8	35.0	3.5
21.00	30.9	38.1	7.2	35.2	4.3	34.7	3.8	35.2	4.3	34.7	3.8

ตารางที่ 4.5 อุณหภูมิที่ทดลองภายในห้องอบจำลอง วันที่ 3

เวลา	อุณหภูมิที่วัดได้ (องศาเซลเซียส)										
	อุณหภูมิ ภายนอก	สูตรที่ 1 (20:80)		สูตรที่ 2 (30:70)		สูตรที่ 3 (40:60)		สูตรที่ 8 (ยูคาลิปตัส 100)		สูตรที่ 10 (มาตรฐาน)	
		อุณหภูมิ ภายใน	ความ แตกต่างของ อุณหภูมิ	อุณหภูมิ ภายใน	ความ แตกต่างของ อุณหภูมิ	อุณหภูมิ ภายใน	ความ แตกต่างของ อุณหภูมิ	อุณหภูมิ ภายใน	ความ แตกต่างของ อุณหภูมิ	อุณหภูมิ ภายใน	ความ แตกต่างของ อุณหภูมิ
09.00	27.1	27.6	0.5	28.2	1.1	27.3	0.2	27.8	0.7	27.5	0.4
09.30	30.2	31.1	0.9	29.8	-0.4	29.4	-0.8	31.0	0.8	30.5	0.3
10.00	31.3	30.7	-0.6	33.3	2.0	31.6	0.3	33.3	2.0	32.9	1.6
10.30	31.5	33.5	2.0	39.6	8.1	34.2	2.7	35.1	3.6	34.7	3.2
11.00	32.1	36.2	4.1	42.3	10.2	36.1	4.0	37.6	5.5	37.3	5.2
11.30	32.0	40.4	8.4	43.8	11.8	44.8	12.8	42.8	10.8	48.6	16.6
12.00	31.7	48.9	17.2	45.4	13.7	45.3	13.6	43.3	11.6	50.3	18.6
12.30	32.2	45.2	13.0	47.8	15.6	47.3	15.1	45.7	13.5	50.8	18.6
13.00	31.9	50.4	18.5	50.3	18.4	49.8	17.9	49.8	17.9	52.9	21.0
13.30	32.0	54.7	22.7	51.7	19.7	50.5	18.5	53.1	21.1	53.4	21.4
14.00	32.1	52.4	20.3	53.6	21.5	52.4	20.3	51.7	19.6	55.7	23.6
14.30	32.3	51.7	19.4	50.4	18.1	50.9	18.6	50.5	18.2	48.7	16.4
15.00	32.1	50.2	18.1	49.2	17.1	49.8	17.7	48.6	16.5	46.4	14.3
15.30	32.4	48.4	16.0	47.0	14.6	42.4	10.0	47.5	15.1	47.9	15.5
16.00	32.2	48.1	15.9	46.4	14.2	47.3	15.1	45.1	12.9	46.3	14.1

ตารางที่ 4.5 (ต่อ) อุณหภูมิที่ทดลองภายในห้องอบจำลอง วันที่ 3

เวลา	อุณหภูมิที่วัดได้ (องศาเซลเซียส)										
	อุณหภูมิ ภายนอก	สูตรที่ 1 (20:80)		สูตรที่ 2 (30:70)		สูตรที่ 3 (40:60)		สูตรที่ 8 (ยูคาลิปตัส 100)		สูตรที่ 10 (มาตรฐาน)	
		อุณหภูมิ ภายใน	ความ แตกต่างของ อุณหภูมิ	อุณหภูมิ ภายใน	ความ แตกต่างของ อุณหภูมิ	อุณหภูมิ ภายใน	ความ แตกต่างของ อุณหภูมิ	อุณหภูมิ ภายใน	ความ แตกต่างของ อุณหภูมิ	อุณหภูมิ ภายใน	ความ แตกต่างของ อุณหภูมิ
16.30	32.0	47.2	15.0	46.1	14.1	46.7	14.7	44.9	12.0	46.1	14.1
17.00	32.1	46.1	14.0	45.3	13.2	44.6	12.5	44.1	12.0	44.3	12.2
17.30	32.3	45.4	13.2	44.5	12.2	43.2	10.9	43.9	11.6	42.5	10.2
18.00	32.4	44.5	12.1	43.2	10.8	42.2	9.8	42.1	9.7	41.1	8.7
18.30	31.9	42.6	10.7	41.9	10.0	41.7	9.8	41.2	9.3	39.5	7.6
19.00	31.4	40.1	8.7	41.6	10.2	40.5	9.1	39.5	8.1	39.1	7.7
19.30	31.2	39.5	8.3	39.4	8.2	39.6	8.4	38.1	6.9	35.3	4.1
20.00	31.4	38.7	7.3	38.7	7.3	38.7	7.3	37.4	6.0	34.7	3.3
20.30	31.3	37.9	6.6	37.2	5.9	36.1	4.8	35.7	4.4	34.3	3.0
21.00	31.1	37.4	6.3	36.4	5.3	34.5	3.4	34.6	3.5	33.4	2.3

ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิที่ทดลองภายในห้องอบจำลองและค่าเฉลี่ยอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง

เวลา	อุณหภูมิเฉลี่ย 3 วัน (องศาเซลเซียส)									
	สูตรที่ 1 (20:80)		สูตรที่ 2 (30:70)		สูตรที่ 3 (40:60)		สูตรที่ 8 (ยูคาลิปตัส 100)		สูตรที่ 10 (มาตรฐาน)	
	อุณหภูมิภายใน	ความแตกต่างของอุณหภูมิ	อุณหภูมิภายใน	ความแตกต่างของอุณหภูมิ	อุณหภูมิภายใน	ความแตกต่างของอุณหภูมิ	อุณหภูมิภายใน	ความแตกต่างของอุณหภูมิ	อุณหภูมิภายใน	ความแตกต่างของอุณหภูมิ
09.00	28.7	-0.1	28.7	-0.1	28.5	-0.3	29.5	0.7	29.1	0.3
09.30	31.0	0.8	30.4	0.2	30.2	0.0	31.6	1.4	31.1	0.9
10.00	32.5	1.8	34.1	3.4	32.8	2.2	34.8	4.1	34.0	3.3
10.30	36.1	5.5	38.7	8.1	34.9	4.3	37.6	7.0	35.8	5.2
11.00	37.5	6.4	41.2	10.1	36.5	5.4	40.3	9.2	40.6	9.5
11.30	42.1	10.8	42.4	11.1	42.5	11.2	42.3	11.0	45.6	12.5
12.00	44.9	13.3	45.8	14.2	45.6	14.1	45.3	13.7	48.6	17.1
12.30	45.1	13.3	46.8	15.0	46.5	14.7	46.7	14.9	49.5	17.6
13.00	49.6	17.6	50.4	18.4	49.1	17.0	50.4	18.4	51.8	19.7
13.30	53.3	21.0	52.5	20.2	50.4	18.1	52.3	20.0	53.6	21.3
14.00	53.3	20.9	54.2	21.8	52.6	20.2	51.9	19.5	52.8	20.4
14.30	52.0	20.0	51.9	19.8	50.9	18.8	50.3	18.3	49.1	17.1
15.00	50.4	18.6	49.5	17.6	49.2	17.4	48.8	17.0	47.2	15.4
15.30	48.6	16.5	47.5	15.5	46.1	14.1	47.0	15.0	47.3	15.4
16.00	48.1	16.3	46.8	15.0	46.9	15.0	41.2	10.2	41.1	10.1

ตารางที่ 4.6 (ต่อ) ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิที่ทดลองภายในห้องอบจำลองและค่าเฉลี่ยอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง

เวลา	อุณหภูมิเฉลี่ย 3 วัน (องศาเซลเซียส)									
	สูตรที่ 1 (20:80)		สูตรที่ 2 (30:70)		สูตรที่ 3 (40:60)		สูตรที่ 8 (ยูคาลิปตัส 100)		สูตรที่ 10 (มาตรฐาน)	
	อุณหภูมิ ภายใน	ความ แตกต่างของ อุณหภูมิ	อุณหภูมิ ภายใน	ความ แตกต่างของ อุณหภูมิ	อุณหภูมิ ภายใน	ความ แตกต่างของ อุณหภูมิ	อุณหภูมิ ภายใน	ความ แตกต่างของ อุณหภูมิ	อุณหภูมิ ภายใน	ความ แตกต่างของ อุณหภูมิ
16.30	47.2	14.2	45.7	12.8	45.5	12.6	44.9	11.6	44.9	11.9
17.00	45.9	13.7	44.9	12.6	44.0	13.8	44.0	11.7	43.4	11.2
17.30	44.8	12.7	43.9	11.7	42.9	10.7	43.2	11.0	41.7	9.5
18.00	44.0	10.9	42.8	10.8	42.1	10.0	41.8	9.8	40.3	8.3
18.30	42.3	10.9	40.7	9.3	41.3	9.9	40.4	9.1	39.2	7.9
19.00	41.0	9.6	39.7	8.3	39.9	8.5	38.9	7.5	37.7	6.3
19.30	40.5	8.8	38.2	6.6	38.1	6.4	37.4	5.7	35.4	3.7
20.00	39.7	7.7	37.5	5.6	36.0	4.1	36.3	4.4	34.0	2.1
20.30	38.7	7.3	36.7	5.3	35.0	3.6	35.1	3.7	33.6	2.2
21.00	37.8	6.6	35.6	4.4	34.3	3.1	34.2	3.0	33.3	2.1

หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ความแตกต่างของการสะสมความร้อนของคอนกรีตบล็อกทั้ง 5 สูตรว่ามีการสะสมความร้อนที่ต่างกักันหรือไม่ โดยการสะสมความร้อนวัดจากการหาความแตกต่างของอุณหภูมิภายในห้องอบจำลองและอุณหภูมิภายนอก ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง Two Way Analysis of Variance (Two Way ANOVA) โดยปัจจัยแรกคืออัตราส่วนผสมคอนกรีตบล็อก และปัจจัยที่สองคือช่วงเวลาในการวัดอุณหภูมิ ว่ามีผลต่อค่าการสะสมความร้อนของคอนกรีตบล็อกต่างกักันหรือไม่ จึงตั้งสมมติฐานหลักที่คอนกรีตบล็อกทั้ง 5 สูตร ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ได้ดังนี้

สมมติฐาน : อัตราส่วนผสมคอนกรีตบล็อกมีผลต่อการสะสมความร้อนของคอนกรีตบล็อกต่างกักันหรือไม่

สมมติฐาน $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_8 = \mu_{10}$

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_8 \neq \mu_{10}$

อย่างน้อย 1 ค่า

เมื่อ μ_i = ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของคอนกรีตบล็อกสูตรที่ i

โดย $i = 1, 2, 3, 8, 10$

การตัดสินใจที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

สมมติฐาน : เวลาในการวัดอุณหภูมิของคอนกรีตบล็อกมีผลต่อการสะสมความร้อนของคอนกรีตบล็อกต่างกักันหรือไม่

สมมติฐาน $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \dots = \mu_{25}$

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5 \neq \dots \neq \mu_{25}$ อย่างน้อย 1 ค่า

เมื่อ μ_i = ช่วงเวลาในการวัดอุณหภูมิของคอนกรีตบล็อก

โดย i = เวลาในการวัดอุณหภูมิทุกๆ 30 นาที ตั้งแต่ 9.00 – 21.00 น.

การตัดสินใจที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

ผลการทดสอบสมมติฐานการสะสมความร้อนของคอนกรีตบล็อกทั้ง 5 สูตร ได้ผลดังตารางที่ 4.7

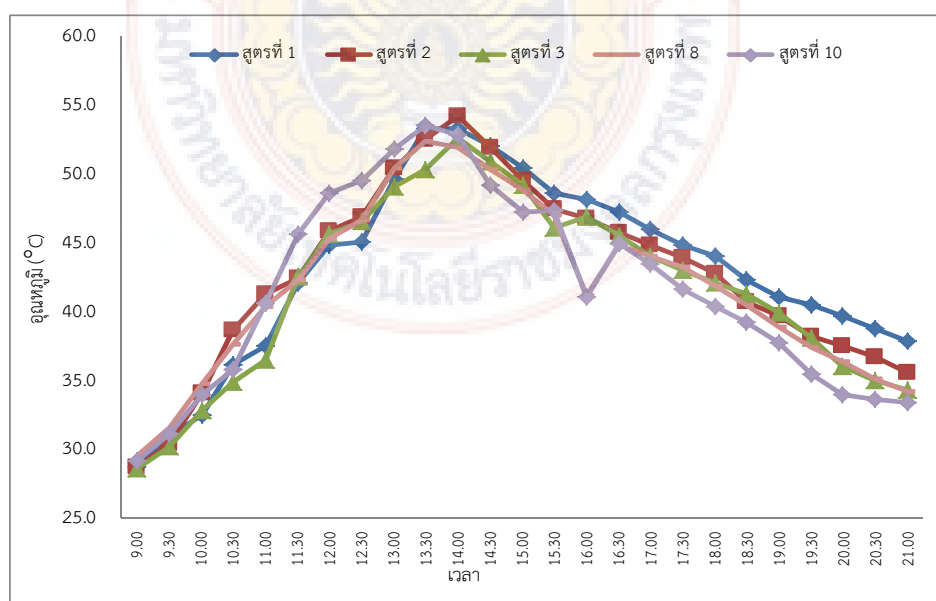
ตารางที่ 4.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนการสะสมความร้อนของคอนกรีตบล็อกหึ่งอบจำลอง จำแนกตามประเภทส่วนผสมต่างๆ ที่เวลาการวัดอุณหภูมิแตกต่างกัน

แหล่งข้อมูล	DF	SS	MS	F	P
ประเภท	4	36.53	9.132	5.27	0.001
เวลา	24	4360.16	181.673	104.87	0.000
Error	96	166.31	1.732		
Total	124	4563.00			

ทั้งสมมติฐานด้านอัตราส่วนผสมคอนกรีตบล็อกและด้านเวลาในการวัดอุณหภูมิของคอนกรีตบล็อก ให้ค่า P-value น้อยกว่านัยสำคัญที่ 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าทั้งอัตราส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกที่แตกต่างกันทั้ง 5 สูตรและเวลาในการวัดอุณหภูมิของคอนกรีตบล็อกที่แตกต่างกันมีผลต่อค่าอุณหภูมิของคอนกรีตบล็อกที่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

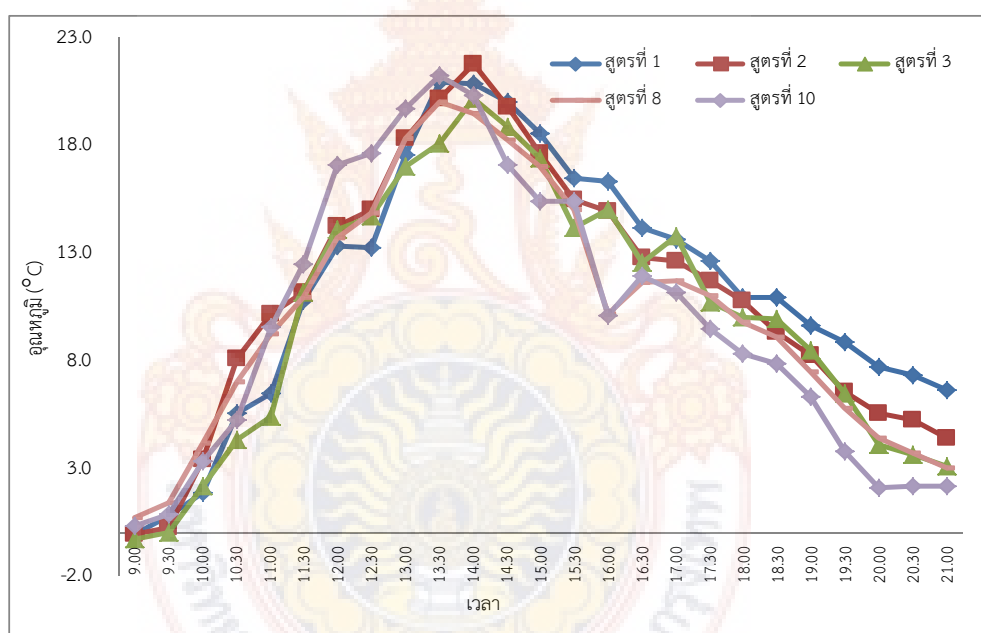
ดังนั้นจึงจะทำการทดสอบต่อไปว่าอัตราส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกสูตรใดที่ให้ค่าการสะสมความร้อนได้เหมาะสมกว่า

การแสดงผลด้วยแผนภาพเพื่อศึกษาอุณหภูมิภายในห้องอบจำลอง และความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอุณหภูมิภายในห้องอบจำลองและอุณหภูมิภายนอกของคอนกรีตบล็อกทั้ง 5 สูตร ที่เวลาแตกต่างกัน แสดงดังภาพที่ 4.2 และภาพที่ 4.3 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.2 อุณหภูมิภายในห้องอบจำลองของคอนกรีตบล็อกทั้ง 5 สูตร

จากภาพที่ 4.2 พบว่าคอนกรีตบล็อกทั้ง 5 สูตรมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดภายในห้องอบจำลองอยู่ในช่วงเวลา 13.30 – 14.00 น. โดยมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยสูงที่สุดอยู่ในช่วง 52.3 – 54.2 องศาเซลเซียส ซึ่งคอนกรีตบล็อกสูตรที่ 2 คือเกลีอร้อยละ 30 ยูคาลิปตัสร้อยละ 70 ให้ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 54.2 องศาเซลเซียส และคอนกรีตบล็อกสูตรที่ 8 คือยูคาลิปตัสร้อยละ 100 ให้ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 52.3 องศาเซลเซียส และก็จะพบว่าอุณหภูมิของคอนกรีตบล็อกทั้ง 5 สูตรไม่แตกต่างกันมาก แต่คอนกรีตบล็อกที่ให้ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิสูงกว่าคอนกรีตบล็อกอื่นๆ ในช่วงเวลาที่อุณหภูมิภายนอกต่ำลงคือ คอนกรีตบล็อกสูตรที่ 1 คือเกลีอร้อยละ 20 ยูคาลิปตัสร้อยละ 80 ซึ่งจะเห็นว่าในช่วงเวลาตั้งแต่ประมาณ 14.30 – 21.00 น. คอนกรีตบล็อกสูตรที่ 1 ให้ค่าอุณหภูมิที่สูงกว่า แสดงให้เห็นว่ามีการสะสมความร้อนได้ดีกว่าคอนกรีตบล็อกสูตรอื่น



ภาพที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยความแตกต่างของอุณหภูมิของคอนกรีตบล็อกทั้ง 5 สูตร

ค่าเฉลี่ยความแตกต่างของอุณหภูมิจากภายในและภายนอกห้องอบจำลอง แสดงให้เห็นถึงการสะสมความร้อนของคอนกรีตบล็อกนั้นๆ จากภาพที่ 4.3 พบว่าคอนกรีตบล็อกทั้ง 5 สูตรมีการสะสมความร้อนได้สูงที่สุดในช่วงเวลา 13.30 – 14.00 น. โดยมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยสูงที่สุดอยู่ในช่วง 20.0 – 21.8 องศาเซลเซียส ซึ่งคอนกรีตบล็อกสูตรที่ 2 คือเกลีอร้อยละ 30 ยูคาลิปตัสร้อยละ 70 ให้ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 21.8 องศาเซลเซียส และคอนกรีตบล็อกสูตรที่ 8 คือยูคาลิปตัสร้อยละ 100 ให้ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 20 องศาเซลเซียส และก็จะพบว่าอุณหภูมิการสะสมความร้อนของ

คอนกรีตบล็อกทั้ง 5 สูตรไม่แตกต่างกันมาก แต่คอนกรีตบล็อกที่ให้ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิการสะสมความร้อนสูงกว่าคอนกรีตบล็อกอื่นๆ ในช่วงเวลาที่อุณหภูมิภายนอกลดต่ำลงคือ คอนกรีตบล็อกสูตรที่ 1 คือเกล็อร้อยละ 20 ยูคาลิปตัสร้อยละ 80 ซึ่งจะเห็นว่าในช่วงเวลาตั้งแต่ประมาณ 14.30 – 21.00 น. คอนกรีตบล็อกสูตรที่ 1 ให้ค่าอุณหภูมิการสะสมความร้อนที่สูงกว่า แสดงให้เห็นว่ามีการสะสมความร้อนได้ดีกว่าคอนกรีตบล็อกสูตรอื่น สอดคล้องกับอุณหภูมิภายในห้องอบจำลองข้างต้น

4.2.2.2 ค่าอุณหภูมิผนังคอนกรีตบล็อกด้านในของห้องอบ

การทดลองวัดค่าอุณหภูมิของผนังด้านในและด้านนอกของคอนกรีตบล็อกทั้ง 5 สูตร ทุกๆ 3 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 9.00 – 21.00 น. เป็นเวลา 3 วัน ได้ผลดังตารางที่ 4.8 – ตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.8 อุณหภูมิผนังห้องอบจำลองของคอนกรีตบล็อกสูตรที่ 1 (เกล็อร้อยละ 20 ยูคาลิปตัสร้อยละ 80)

วันที่	เวลา	ผนังคอนกรีตบล็อก							
		ทิศตะวันออก		ทิศใต้		ทิศตะวันตก		ทิศเหนือ	
		ด้านใน	ด้านนอก	ด้านใน	ด้านนอก	ด้านใน	ด้านนอก	ด้านใน	ด้านนอก
1	09.00	34.1	43.6	31.1	33.6	39.8	32.9	29.7	32.1
	12.00	43.1	46.2	39.6	41.7	43.6	42.2	44.3	43.7
	15.00	53.4	43.1	48.7	49.5	49.8	49.6	53.6	45.7
	18.00	43.7	37.6	42.6	38.1	43.1	42.7	38.6	36.3
	21.00	38.6	32.9	37.7	34.9	37.8	34.6	37.9	33.1
2	09.00	29.1	32.4	29.6	30.6	30.2	30.5	29.3	30.8
	12.00	40.5	44.1	39.4	41.4	42.8	40.2	41.5	42.5
	15.00	47.9	42.9	47.9	47.6	46.6	48.4	51.1	44.1
	18.00	43.8	39.2	42.9	40.1	41.9	40.2	39.8	39.8
	21.00	38.5	35.4	38.1	36.1	38.7	35.3	38.1	35.1
3	09.00	34.3	43.3	31.9	32.6	40.9	32.9	31.6	32.1
	12.00	43.3	45.4	40.2	42.6	44.9	41.9	44.2	43.8
	15.00	53.5	42.1	48.4	48.1	43.7	48.5	53.4	44.8
	18.00	44.7	38.4	43.7	39.4	42.5	41.4	38.7	37.5
	21.00	39.7	33.5	38.6	35.2	37.9	34.7	38.3	34.1

ตารางที่ 4.9 อุณหภูมิผนังห้องอบจำลองของคอนกรีตบล็อกสูตรที่ 2 (เกลือร้อยละ 30 ยูคาลิปตัส ร้อยละ 70)

วันที่	เวลา	ผนังคอนกรีตบล็อก							
		ทิศตะวันออก		ทิศใต้		ทิศตะวันตก		ทิศเหนือ	
		ด้านใน	ด้านนอก	ด้านใน	ด้านนอก	ด้านใน	ด้านนอก	ด้านใน	ด้านนอก
1	09.00	37.4	44.3	34.1	37.1	43.3	34.5	33.2	32.6
	12.00	43.3	47.3	44.3	43.2	47.3	41.2	44.1	43.7
	15.00	56.7	44.6	48.5	45.3	53.4	50.6	49.5	42.6
	18.00	48.9	35.4	44.6	34.9	47.1	36.3	36.6	35.7
	21.00	32.9	32.1	32.4	33.3	33.7	34.1	34.5	32.9
2	09.00	31.6	37.6	31.2	33.3	33.4	31.6	30.8	32.6
	12.00	41.6	42.2	40.7	42.1	40.9	38.8	40.5	39.9
	15.00	45.6	41.7	45.9	47.4	46.2	47.2	50.2	49.1
	18.00	39.7	53.4	39.2	38.1	38.7	35.3	38.1	36.2
	21.00	35.8	31.0	35.9	31.0	36.2	33.6	35.6	32.1
3	09.00	35.1	47.2	33.9	36.1	40.4	35.0	33.6	33.3
	12.00	45.2	47.1	42.6	43.3	44.8	41.1	44.4	42.6
	15.00	53.1	41.4	49.2	43.7	48.3	50.1	50.4	43.8
	18.00	39.2	36.2	38.7	39.1	37.5	36.4	37.8	36.4
	21.00	34.9	32.1	34.7	32.8	35.7	34.3	35.1	33.7

ตารางที่ 4.10 อุณหภูมิผนังห้องอบจำลองของคอนกรีตบล็อกสูตรที่ 3 (เกลือร้อยละ 40 ยูคาลิปตัส ร้อยละ 60)

วันที่	เวลา	ผนังคอนกรีตบล็อก							
		ทิศตะวันออก		ทิศใต้		ทิศตะวันตก		ทิศเหนือ	
		ด้านใน	ด้านนอก	ด้านใน	ด้านนอก	ด้านใน	ด้านนอก	ด้านใน	ด้านนอก
1	09.00	34.6	46.3	33.6	34.1	39.1	34.1	33.4	34.1
	12.00	44.7	45.3	43.1	44.6	44.2	47.6	45.6	44.6
	15.00	54.2	42.7	48.7	50.4	49.6	53.4	52.9	44.1
	18.00	46.3	37.6	42.1	37.6	41.9	39.6	38.6	35.4
	21.00	35.1	33.2	34.1	32.1	33.9	32.7	33.7	32.1
2	09.00	30.8	34.1	29.8	31.9	30.8	31.6	29.6	31.1
	12.00	41.3	44.1	39.5	43.4	41.6	40.7	40.6	43.2
	15.00	45.3	45.8	47.1	48.4	47.9	49.7	48.0	44.5
	18.00	42.8	39.6	40.8	38.2	41.2	38.4	39.4	37.5
	21.00	37.4	33.4	36.7	32.4	36.2	32.6	35.7	31.6
3	09.00	35.0	46.9	32.4	34.2	40.3	34.1	33.1	34.1
	12.00	43.3	46.3	42.3	44.8	45.3	46.6	44.6	45.4
	15.00	53.4	43.9	49.3	50.3	50.4	52.3	52.1	45.2
	18.00	47.1	38.5	41.7	37.4	42.5	38.7	39.3	36.1
	21.00	36.2	32.5	35.9	31.9	35.6	32.6	34.5	31.7

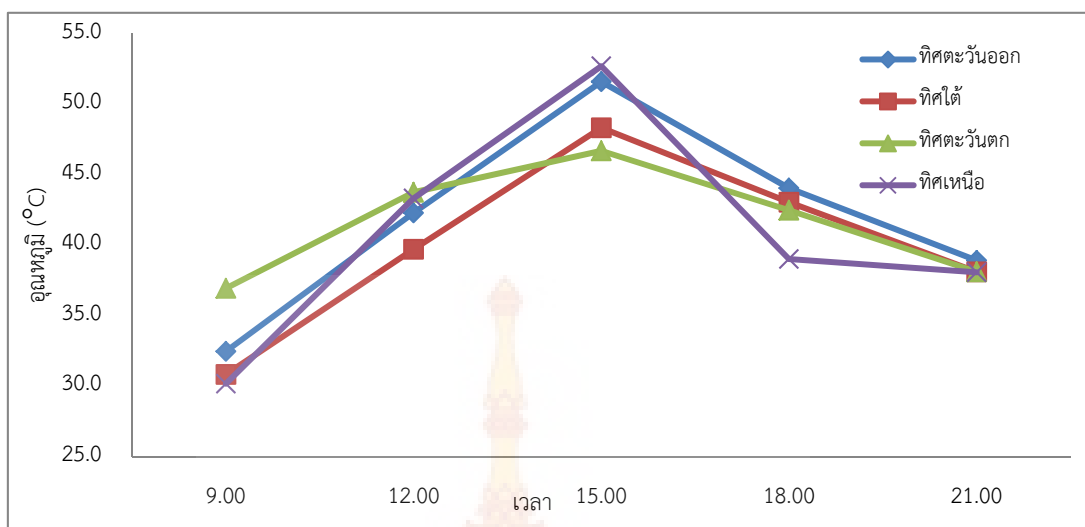
ตารางที่ 4.11 อุณหภูมิผนังห้องอบจำลองของคอนกรีตบล็อกสูตรที่ 8 (ยูคาลิปตัสร้อยละ 100)

วันที่	เวลา	ผนังคอนกรีตบล็อก							
		ทิศตะวันออก		ทิศใต้		ทิศตะวันตก		ทิศเหนือ	
		ด้านใน	ด้านนอก	ด้านใน	ด้านนอก	ด้านใน	ด้านนอก	ด้านใน	ด้านนอก
1	09.00	35.7	40.3	31.7	33.2	40.1	33.4	33.7	34.2
	12.00	44.5	45.6	41.4	43.6	44.2	45.7	43.9	44.6
	15.00	52.3	42.5	50.1	49.3	51.3	53.6	51.8	41.3
	18.00	46.9	39.1	42.3	36.3	43.3	37.5	38.4	35.2
	21.00	35.3	33.4	34.2	32.5	34.9	33.4	34.1	32.6
2	09.00	30.8	35.4	32.1	33.9	32.9	32.4	33.1	33.6
	12.00	39.7	44.2	40.1	43.5	41.3	41.9	42.2	43.0
	15.00	53.5	44.6	45.8	46.6	48.8	49.6	51.6	45.2
	18.00	42.3	37.2	41.1	36.9	45.4	40.1	41.1	37.5
	21.00	34.6	32.7	34.1	31.7	35.0	31.9	34.8	32.9
3	09.00	36.7	45.9	34.4	36.9	41.5	35.1	33.3	33.6
	12.00	46.9	47.6	44.4	48.7	48.7	44.6	46.6	44.7
	15.00	54.2	45.8	49.2	47.4	49.6	52.2	51.3	46.6
	18.00	43.4	36.4	43.3	35.8	47.5	42.3	42.1	32.6
	21.00	33.5	34.3	33.4	32.6	34.9	32.6	35.7	33.2

ตารางที่ 4.12 อุณหภูมิผนังห้องอบจำลองของคอนกรีตบล็อกสูตรที่ 10 (คอนกรีตบล็อกมาตรฐาน)

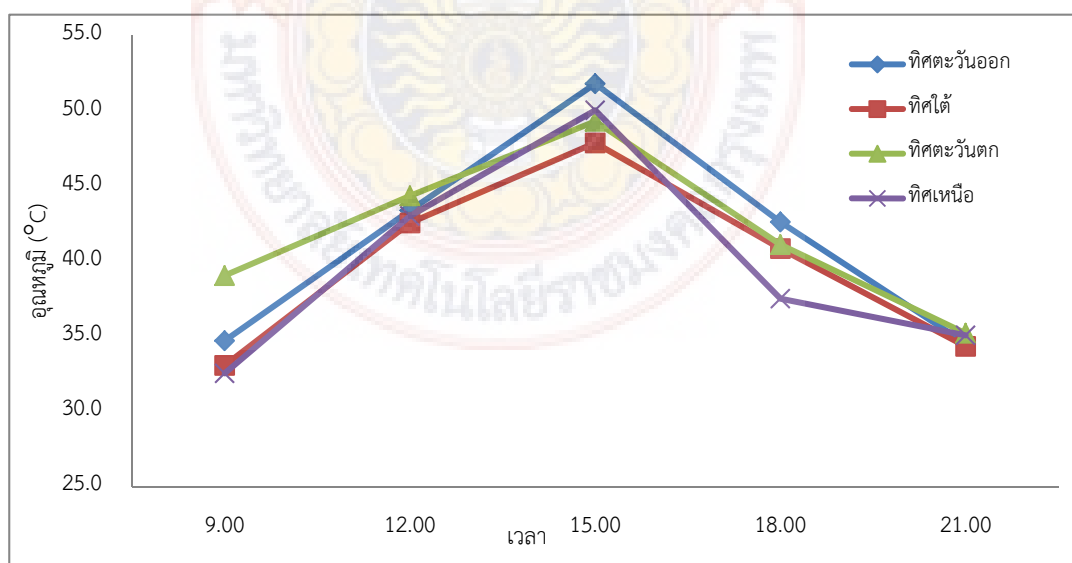
วันที่	เวลา	ผนังคอนกรีตบล็อก							
		ทิศตะวันออก		ทิศใต้		ทิศตะวันตก		ทิศเหนือ	
		ด้านใน	ด้านนอก	ด้านใน	ด้านนอก	ด้านใน	ด้านนอก	ด้านใน	ด้านนอก
1	09.00	36.1	47.4	32.6	36.4	43.6	33.6	35.8	33.6
	12.00	45.7	47.1	43.9	44.7	47.3	41.3	47.4	44.2
	15.00	56.1	45.7	49.4	48.9	51.2	54.7	52.1	47.2
	18.00	43.6	37.5	41.8	33.7	39.6	39.6	40.5	33.1
	21.00	32.4	31.4	32.6	32.2	33.4	33.1	30.9	32.0
2	09.00	31.1	36.0	31.8	34.6	32.9	32.6	31.2	33.9
	12.00	44.1	44.6	38.7	43.3	43.6	40.8	44.7	40.9
	15.00	53.5	44.1	47.9	46.1	47.6	51.8	48.1	43.9
	18.00	43.3	35.7	41.9	34.6	41.4	39.3	40.5	33.7
	21.00	35.1	30.7	35.2	30.9	32.7	31.8	33.8	31.8
3	09.00	36.0	46.6	32.6	37.1	42.4	34.3	36.0	34.6
	12.00	46.6	47.9	44.3	45.8	46.8	42.0	48.8	43.8
	15.00	57.3	46.3	50.2	49.2	51.4	53.6	53.8	46.1
	18.00	44.7	36.4	42.2	32.4	40.3	38.4	41.7	32.6
	21.00	33.3	31.6	33.2	32.2	33.1	32.0	31.4	31.3

จากตารางที่ 4.8 – ตารางที่ 4.12 นำมาแสดงด้วยกราฟดังภาพที่ 4.4 – ภาพที่ 4.8



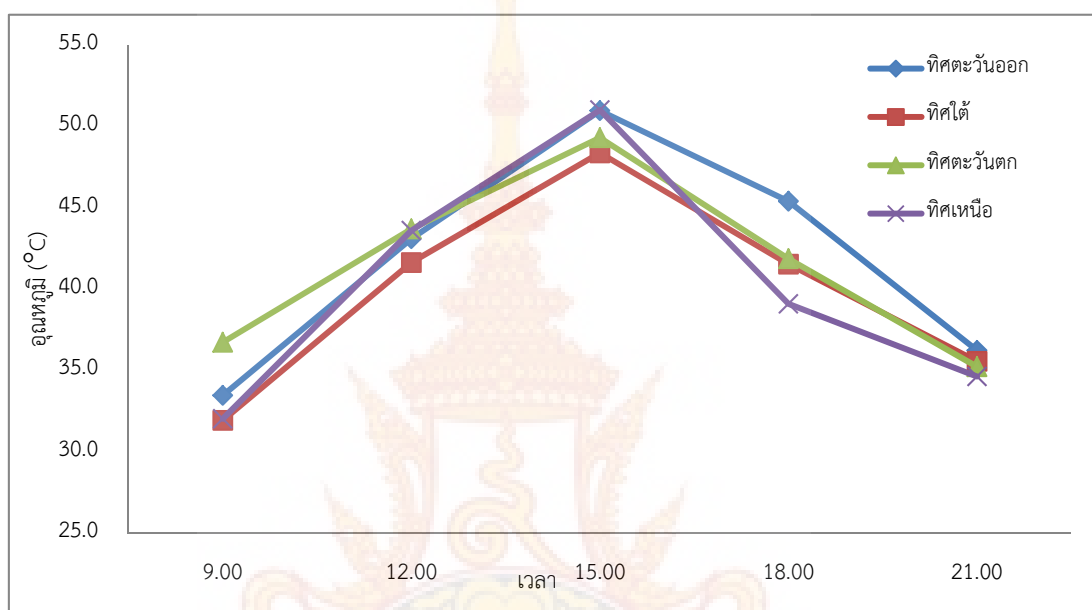
ภาพที่ 4.4 อุณหภูมิผนังด้านในของคอนกรีตบล็อกสูตรที่ 1 (เกลือร้อยละ 20 ยูคาลิปตัสร้อยละ 80)

จากภาพที่ 4.4 พบว่าที่เวลา 9.00 - 12.00 น. ทิศตะวันตกให้ค่าอุณหภูมิสูงที่สุด คือ 37.0 และ 43.8 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ส่วนที่เวลา 15.00 น. ทิศเหนือให้ค่าอุณหภูมิสูงที่สุด คือ 52.7 องศาเซลเซียส แต่ ณ เวลา 18.00 - 21.00 น. ทิศตะวันออกให้ค่าอุณหภูมิสูงที่สุด คือ 44.1 และ 38.9 องศาเซลเซียส ตามลำดับ



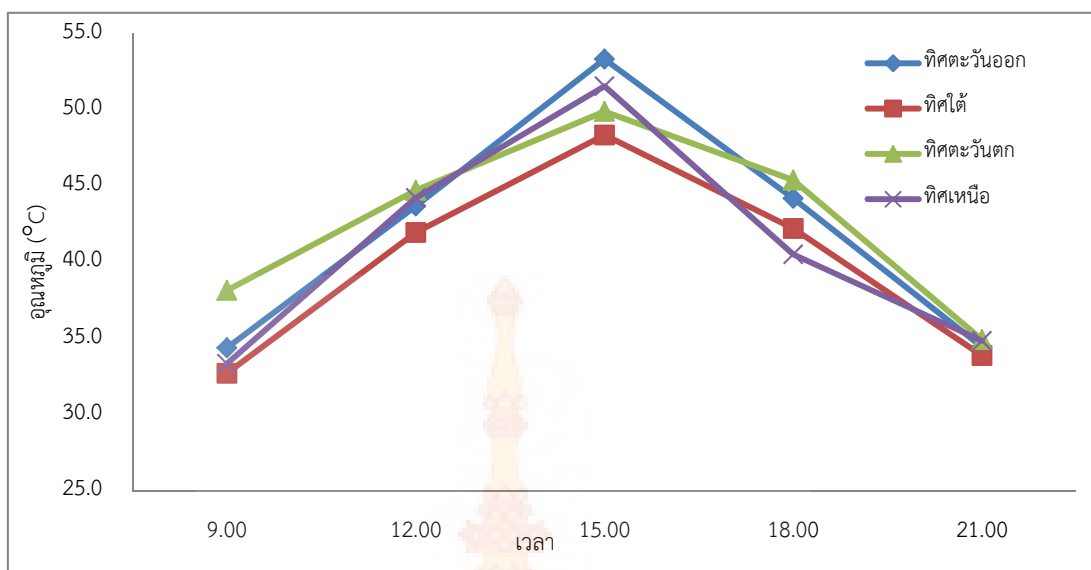
ภาพที่ 4.5 อุณหภูมิผนังด้านในของคอนกรีตบล็อกสูตรที่ 2 (เกลือร้อยละ 30 ยูคาลิปตัสร้อยละ 70)

จากภาพที่ 4.5 พบว่าที่เวลา 9.00 - 12.00 น. ทิศตะวันตกให้ค่าอุณหภูมิสูงสุด คือ 39.0 และ 44.3 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แต่ ณ เวลา 15.00 - 18.00 น. ทิศตะวันออกให้ค่าอุณหภูมิสูงสุด คือ 51.8 และ 42.6 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และที่เวลา 21.00 น. ทิศตะวันตกให้ค่าอุณหภูมิสูงสุด คือ 35.2 องศาเซลเซียส



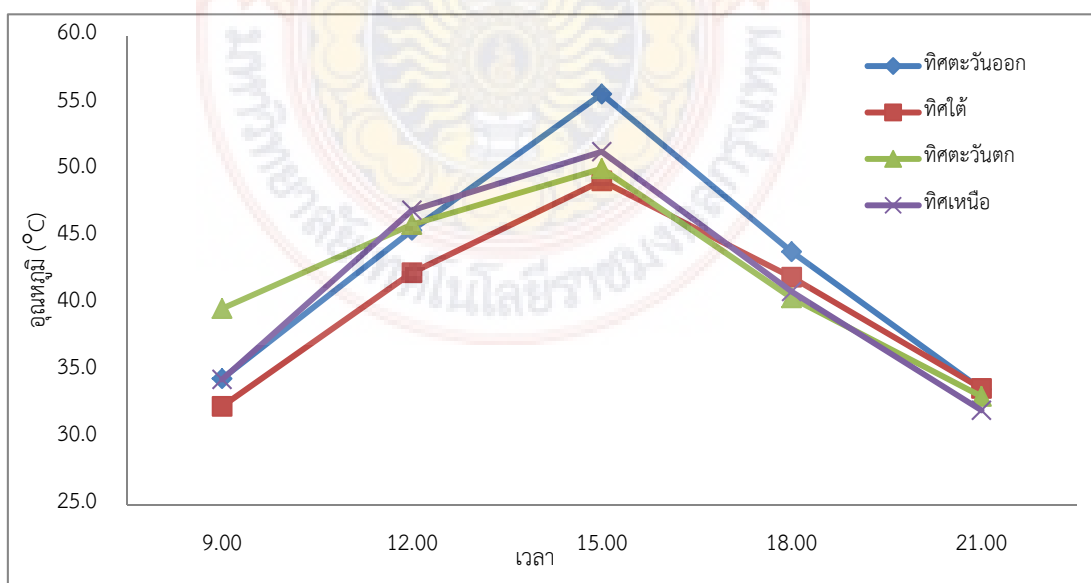
ภาพที่ 4.6 อุณหภูมิผนังด้านในของคอนกรีตบล็อกสูตรที่ 3 (เกลือร้อยละ 40 ยูคาลิปตัสร้อยละ 60)

จากภาพที่ 4.6 พบว่าที่เวลา 9.00 - 12.00 น. ทิศตะวันตกให้ค่าอุณหภูมิสูงสุด คือ 36.7 และ 43.7 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แต่ ณ เวลา 15.00 - 21.00 น. ทิศตะวันออกให้ค่าอุณหภูมิสูงสุด คือ 51.0, 45.4 และ 36.2 องศาเซลเซียส ตามลำดับ



ภาพที่ 4.7 อุณหภูมิผนังด้านในของคอนกรีตบล็อกสูตรที่ 8 (ยูคาลิปตัสร้อยละ 100)

จากภาพที่ 4.7 พบว่าที่เวลา 9.00 - 12.00 น. ทิศตะวันตกให้ค่าอุณหภูมิสูงที่สุด คือ 38.2 และ 44.7 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ส่วนเวลา 15.00 น. ทิศตะวันออกให้ค่าอุณหภูมิสูงที่สุด คือ 53.3 องศาเซลเซียส แต่ ณ เวลา 18.00 - 21.00 น. ทิศตะวันตกให้ค่าอุณหภูมิสูงที่สุด คือ 45.4 และ 34.9 องศาเซลเซียส ตามลำดับ



ภาพที่ 4.8 อุณหภูมิผนังด้านในของคอนกรีตบล็อกสูตรที่ 10 (คอนกรีตบล็อกมาตรฐาน)

จากภาพที่ 4.8 พบว่าที่เวลา 9.00 น. ทิศตะวันตกให้ค่าอุณหภูมิสูงสุด คือ 39.6 องศาเซลเซียส ส่วนเวลา 12.00 น. ทิศเหนือให้ค่าอุณหภูมิสูงสุด คือ 47.0 องศาเซลเซียส แต่ ณ เวลา 15.00 - 18.00 น. ทิศตะวันออกให้ค่าอุณหภูมิสูงสุด คือ 55.6 และ 33.9 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และเวลา 21.00 น. ทิศใต้ให้ค่าอุณหภูมิสูงสุด คือ 33.7 องศาเซลเซียส

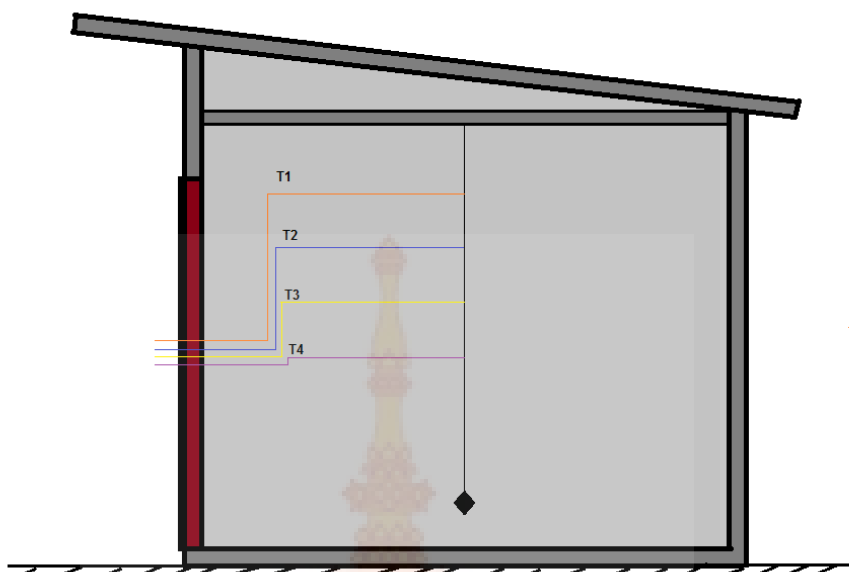
โดยสรุปผลการทดลอง และจากภาพที่ 4.4 - ภาพที่ 4.8 พบว่าอุณหภูมิผิวนิ่งด้านในของคอนกรีตบล็อกทั้ง 5 สูตร ณ เวลา 15.00 น. จะให้ค่าอุณหภูมิสูงกว่าช่วงเวลาอื่น และผนังของห้องอบจำลองมีความเกี่ยวข้องกับทิศตะวันออกและตะวันตกได้เป็นอย่างดี กล่าวคือเป็นทิศที่ผนังของห้องอบจำลองได้สัมผัสกับแสงแดดและมีอุณหภูมิที่สูงตลอดทั้งวันทำให้ผนังได้รับการสะสมความร้อนตลอดเวลา และเป็นแหล่งพลังงานความร้อนที่ส่งผ่านเข้าไปยังห้องอบจำลองนอกเหนือจากบริเวณด้านบนที่แสงส่องผ่านลงมาจากหลังคาโปร่งแสงอยู่แล้ว ดังนั้นผนังของห้องอบจึงเป็นพื้นที่สะสมความร้อนและส่งผ่านความร้อนจากกลไกของเกลื้อที่เป็นตัวเร่งการส่งผ่านความร้อนอีกทั้งยังเก็บความร้อนเอาไว้ในยูคาลิปตัสที่สามารถดูดซับความร้อนไว้ในเวลากลางคืน ทำให้อุณหภูมิภายในห้องอบจำลองยังคงมีความร้อนสะสมอยู่ภายใน ซึ่งถือว่าเป็นผลดีสำหรับการเก็บรักษาอุณหภูมิในการอบต่อไปในช่วงเวลาที่หมดแสงแดดแล้วนั่นเอง

จากผลของการทดสอบคอนกรีตบล็อกในสูตรต่างๆ ของเกลื้อผสมไบยูคาลิปตัสทั้ง 3 สูตร เปรียบเทียบกับสูตรยูคาลิปตัสร้อยละ 100 และคอนกรีตบล็อกมาตรฐานทั่วไปที่ไม่มีเกลื้อและไบยูคาลิปตัสผสมอยู่ พบว่าสัดส่วนของคอนกรีตบล็อกที่มีเกลื้อร้อยละ 20 ต่อยูคาลิปตัสร้อยละ 80 (สูตรที่ 1) เป็นสัดส่วนที่ดีที่สุดในการที่จะนำมาสร้างเป็นโรงอบแห้งขนาดจำลอง ขนาดกว้าง 1.50 เมตร x ยาว 1.50 เมตร x สูง 2.00 เมตร ต่อไป

4.2.3 การทดสอบโดยสร้างโรงอบแห้ง

จากผลการพิจารณาเลือกคอนกรีตบล็อกสัดส่วนที่มีเกลื้อร้อยละ 20 ต่อยูคาลิปตัสร้อยละ 80 (สูตรที่ 1) เป็นสัดส่วนที่ดีที่สุดในการนำมาสร้างเป็นโรงอบแห้งขนาดจำลอง ขนาดกว้าง 1.50 เมตร x ยาว 1.50 เมตร x สูง 2.00 เมตรนั้น จะทำการศึกษาเปรียบเทียบการสะสมความร้อนของโรงอบแห้งที่สร้างจากคอนกรีตบล็อกสูตรที่ 1 กับโรงอบแห้งที่สร้างจากคอนกรีตบล็อกมาตรฐานทั่วไป ซึ่งสามารถสรุปผลการทดสอบได้ดังนี้

ในการทดลองได้สร้างโรงอบแห้งจำลองขึ้นโดยการก่อคอนกรีตบล็อกที่มีสัดส่วนของเกลื้อร้อยละ 20 ต่อยูคาลิปตัสร้อยละ 80 (สูตรที่ 1) กับโรงอบแห้งจำลองที่สร้างจากคอนกรีตบล็อกมาตรฐานทั่วไป และทำการวัดค่าอุณหภูมิที่จุดต่างๆ ตามแนวความสูงของโรงอบแห้ง โดยแสดงด้วยสัญลักษณ์จุด T1-T4 ตามระยะของความสูงจากหลังคาสู่พื้นโรงอบแห้ง ดังภาพที่ 4.9



ภาพที่ 4.9 ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิภายในของโรงอบแห้งเปรียบเทียบ 4 จุด

ผลการทดลองวัดค่าอุณหภูมิภายในโรงอบแห้งของทั้ง 2 โรง เป็นเวลา 5 วัน วันละ 12 ชั่วโมง แสดงไว้ในภาคผนวก ค โดยสรุปความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงอบแห้งทั้ง 4 จุดวัด กับอุณหภูมิภายนอกของโรงอบแห้งจำลองที่สร้างจากคอนกรีตบล็อกมาตรฐานทั่วไป และโรงอบแห้งจำลองที่สร้างจากคอนกรีตบล็อกที่มีสัดส่วนของเกลียวร้อยละ 20 ต่อยูคาลิปตัสร้อยละ 80 (สูตรที่ 1) ดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงอบแห้งกับอุณหภูมิภายนอก

เวลา	คอนกรีตบล็อกมาตรฐานทั่วไป					คอนกรีตบล็อกเกลียว:ยูคาลิปตัส (20:80)				
	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	เฉลี่ย	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	เฉลี่ย
9.00	10.1	8.3	7.2	2.8	7.1	10.4	9.3	7.7	4.4	8.0
9.30	10.7	8.9	7.0	1.9	7.1	11.6	9.9	8.6	5.2	8.8
10.00	10.7	9.3	6.1	3.1	7.3	12.3	10.8	8.2	6.0	9.3
10.30	6.6	6.7	3.7	1.5	4.6	12.1	10.9	8.9	5.9	9.4
11.00	8.4	8.3	6.3	2.9	6.5	11.9	10.8	9.5	6.7	9.7
11.30	9.1	9.3	7.8	3.6	7.4	11.7	9.4	8.0	5.4	8.6
12.00	7.6	7.9	6.1	1.8	5.8	14.4	12.6	10.7	6.6	11.1
12.30	8.8	7.7	6.5	1.9	6.2	14.8	13.6	11.5	6.2	11.5
13.00	9.4	8.3	6.3	2.3	6.6	12.7	9.6	11.0	6.8	10.0

ตารางที่ 4.13 (ต่อ) ความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงอบแห้งกับอุณหภูมิภายนอก

เวลา	คอนกรีตบล็อกมาตรฐานทั่วไป					คอนกรีตบล็อกเกลียวคาลิปตัส (20:80)				
	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	เฉลี่ย	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	เฉลี่ย
13.30	7.8	7.2	4.9	1.8	5.4	12.0	10.0	9.0	5.4	9.1
14.00	5.3	5.2	3.9	1.2	3.9	13.4	10.1	8.9	6.6	9.8
14.30	7.8	8.0	6.3	2.7	6.2	11.1	9.3	8.0	6.0	8.6
15.00	7.1	7.4	6.1	4.0	6.2	11.6	9.0	7.9	5.2	8.4
15.30	6.8	5.4	3.9	1.5	4.4	13.1	10.7	8.9	6.0	9.7
16.00	4.5	4.2	3.2	0.7	3.1	12.0	10.6	7.7	4.4	8.7
16.30	5.7	5.0	5.7	2.7	4.8	10.9	9.1	8.0	5.0	8.3
17.00	5.4	4.9	5.6	3.8	4.9	7.4	5.7	5.1	1.9	5.0
17.30	6.2	5.1	4.5	3.3	4.8	7.6	5.2	3.6	2.7	4.8
18.00	4.8	4.5	4.4	2.5	4.0	7.5	6.4	5.5	2.0	5.4
18.30	4.8	4.1	4.3	2.9	4.0	6.8	6.0	4.2	3.1	5.0
19.00	4.8	3.8	4.5	3.3	4.1	6.0	4.8	3.0	1.8	3.9
19.30	4.3	3.9	4.3	3.1	3.9	5.8	3.7	2.5	2.3	3.6
20.00	4.2	3.8	3.8	3.1	3.7	5.6	3.5	1.7	1.7	3.1
20.30	3.8	3.4	3.1	3.0	3.3	5.6	3.6	1.7	1.5	3.1
21.00	3.4	3.4	3.4	3.0	3.3	5.5	3.4	1.7	1.5	3.0

หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ความแตกต่างของการสะสมความร้อนของโรงอบแห้งที่สร้างจากคอนกรีตบล็อกมาตรฐานทั่วไปกับคอนกรีตบล็อกที่มีสัดส่วนของเกลียวร้อยละ 20 ต่อคาลิปตัสร้อยละ 80 (สูตรที่ 1) ว่ามีการสะสมความร้อนที่แตกต่างกันหรือไม่ โดยการสะสมความร้อนวัดจากการหาความแตกต่างของอุณหภูมิภายในโรงอบแห้งและอุณหภูมิภายนอก ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง Two Way Analysis of Variance (Two Way ANOVA) โดยปัจจัยแรกคือ ประเภทของคอนกรีตบล็อก และปัจจัยที่สองคือช่วงเวลาในการวัดอุณหภูมิ ว่ามีผลต่อค่าการสะสมความร้อนของคอนกรีตบล็อกแตกต่างกันหรือไม่ จึงตั้งสมมติฐานหลักที่คอนกรีตบล็อกทั้ง 2 สูตร ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ได้ดังนี้

สมมติฐาน : ประเภทของคอนกรีตบล็อกมีผลต่อการสะสมความร้อนของคอนกรีตบล็อกแตกต่างกันหรือไม่

$$\text{สมมติฐาน} \quad H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \text{ อย่างน้อย 1 ค่า}$$

เมื่อ μ_i = ค่าเฉลี่ยการสะสมความร้อนของคอนกรีตบล็อกสูตรที่ i

โดย $i = 1, 2$

การตัดสินใจที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

สมมติฐาน : เวลาในการวัดอุณหภูมิของคอนกรีตบล็อกมีผลต่อการสะสมความร้อนของคอนกรีตบล็อกแตกต่างกันหรือไม่

สมมติฐาน $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \dots = \mu_{25}$

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5 \neq \dots \neq \mu_{25}$ อย่างน้อย 1 ค่า

เมื่อ μ_i = ช่วงเวลาในการวัดอุณหภูมิของคอนกรีตบล็อก

โดย i = เวลาในการวัดอุณหภูมิทุกๆ 30 นาที ตั้งแต่ 9.00 – 21.00 น.

การตัดสินใจที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

ผลการทดสอบสมมติฐานการสะสมความร้อนของโรงอบแห้งที่สร้างมาจากคอนกรีตบล็อกมาตรฐานทั่วไปกับคอนกรีตบล็อกที่มีสัดส่วนของเกลือร้อยละ 20 ต่อยูกาลิปตส์ร้อยละ 80 (สูตรที่ 1) ได้ผลดังตารางที่ 4.14

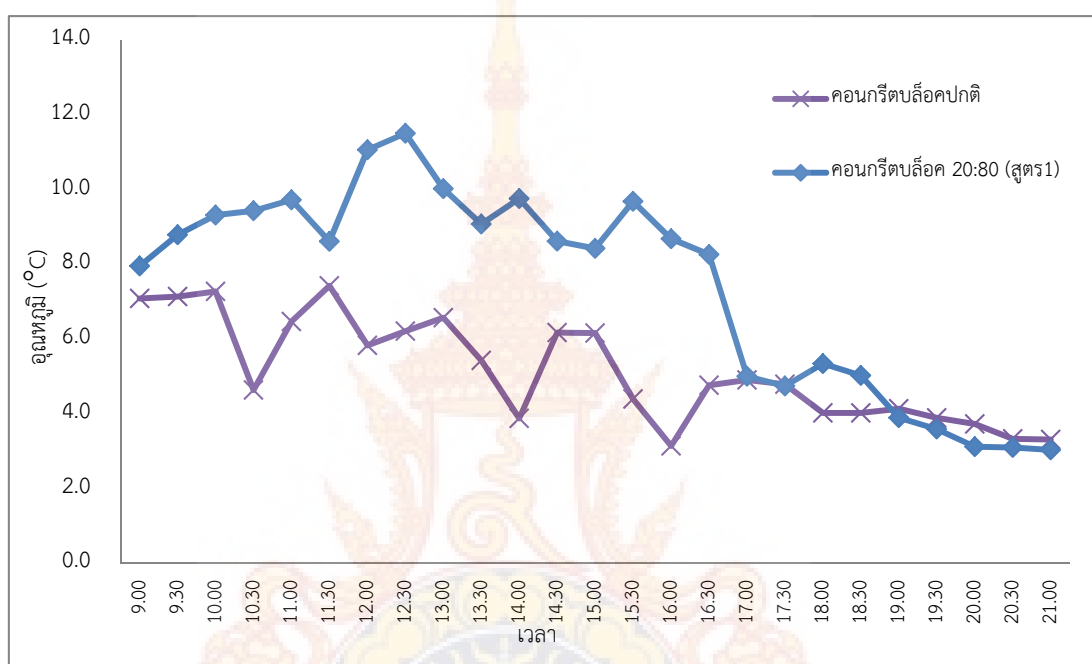
ตารางที่ 4.14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนการสะสมความร้อนของโรงอบแห้ง จำแนกตามประเภทของคอนกรีตบล็อก ที่เวลาการวัดอุณหภูมิแตกต่างกัน

แหล่งข้อมูล	DF	SS	MS	F	P
ประเภท	1	65.666	65.6658	27.84	0.000
เวลา	24	167.670	6.9862	2.96	0.005
Error	24	56.609	2.3587		
Total	49	289.945			

ทั้งสมมติฐานด้านประเภทของคอนกรีตบล็อกและด้านเวลาในการวัดอุณหภูมิของคอนกรีตบล็อก ให้ค่า P-value น้อยกว่านัยสำคัญที่ 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าทั้งประเภทของคอนกรีตบล็อกที่แตกต่างกันทั้ง 2 สูตรและเวลาในการวัดอุณหภูมิของคอนกรีตบล็อกที่แตกต่างกันมีผลต่อค่าอุณหภูมิของโรงอบแห้งที่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ดังนั้นจึงจะทำการวิเคราะห์ต่อไปว่าโรงอบแห้งที่สร้างจากคอนกรีตบล็อกสูตรใดที่ให้ค่าการสะสมความร้อนได้เหมาะสมกว่า

การแสดงผลด้วยแผนภาพเพื่อศึกษาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอุณหภูมิภายในโรงอบแห้งและอุณหภูมิภายนอกของโรงอบแห้งที่สร้างจากคอนกรีตบล็อกทั้ง 2 ประเภท ที่เวลาแตกต่างกัน แสดงดังภาพที่ 4.10



ภาพที่ 4.10 ความแตกต่างของอุณหภูมิภายในโรงอบแห้งและอุณหภูมิภายนอกของโรงอบแห้งที่สร้างจากคอนกรีตบล็อกทั้ง 2 ประเภท

จากภาพที่ 4.10 พบว่าโรงอบแห้งที่สร้างจากคอนกรีตบล็อกที่มีสัดส่วนของเกลี้อยู่ 20 ต่อยูลิปต์สร้อยละ 80 (สูตรที่ 1) ให้ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายในโรงอบและอุณหภูมิภายนอกสูงกว่าโรงอบที่สร้างจากคอนกรีตบล็อกมาตรฐานทั่วไป

แสดงให้เห็นว่าโรงอบแห้งที่สร้างจากคอนกรีตบล็อกที่มีสัดส่วนของเกลี้อยู่ 20 ต่อยูลิปต์สร้อยละ 80 มีความสามารถในการสะสมความร้อนได้ดีกว่าโรงอบแห้งที่สร้างจากคอนกรีตบล็อกมาตรฐานทั่วไป

จากผลการทดลองดังกล่าว ผู้วิจัยจะทำการศึกษาความสัมพันธ์ของความชื้นกับอุณหภูมิของคอนกรีตบล็อกที่มีสัดส่วนของเกลี้อยู่ 20 ต่อยูลิปต์สร้อยละ 80 (สูตรที่ 1) ในอันดับต่อไป

4.3 ผลการทดสอบความสัมพันธ์ของความชื้นกับอุณหภูมิของคอนกรีตบล็อก

จากผลการทดสอบการนำคอนกรีตบล็อกสัดส่วนที่มีเกลือร้อยละ 20 ต่อยูลิปัสร้อยละ 80 (สูตรที่ 1) มาสร้างเป็นโรงอบแห้งขนาดจำลองเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกมาตรฐานทั่วไป และพบว่าคอนกรีตบล็อกสูตรที่ 1 ให้ค่าการสะสมความร้อนที่ดีที่สุดแล้วนั้น ต่อไปจะทำการศึกษาความสัมพันธ์ของความชื้นกับอุณหภูมิของโรงอบแห้งคอนกรีตบล็อกสูตรที่ 1

การวัดค่าความชื้นและอุณหภูมิภายในโรงอบแห้งขนาดจำลองนั้น จะทำการเก็บบันทึกค่าจากตำแหน่งการวัดทั้ง 4 จุดซึ่งแต่ละจุดห่างกันเป็นระยะ 30 เซนติเมตร การแบ่งช่วงการวัดดังกล่าวแสดงในภาพที่ 4.11 และการจำลองการวางพริกในโรงอบแห้งจำลองเพื่อตากแห้ง ดังแสดงในภาพที่ 4.12



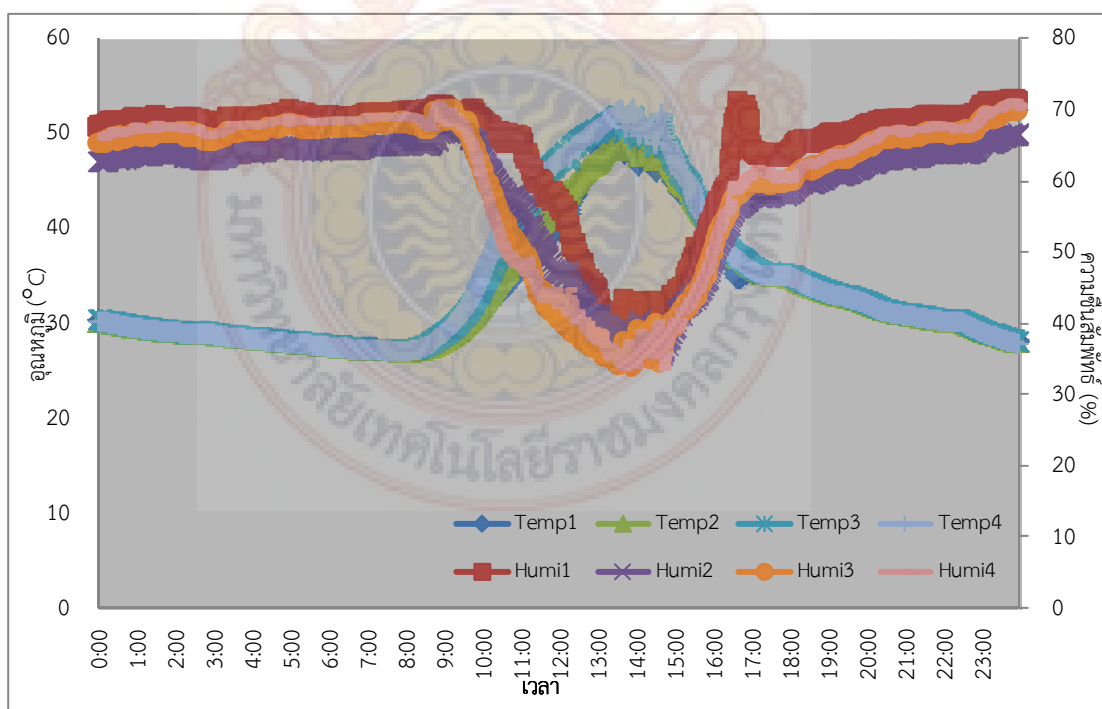
ภาพที่ 4.11 ตำแหน่งการวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของโรงอบแห้งจำลอง



ภาพที่ 4.12 การจำลองการวางพริกในโรงอบแห้งจำลองเพื่อตากแห้ง

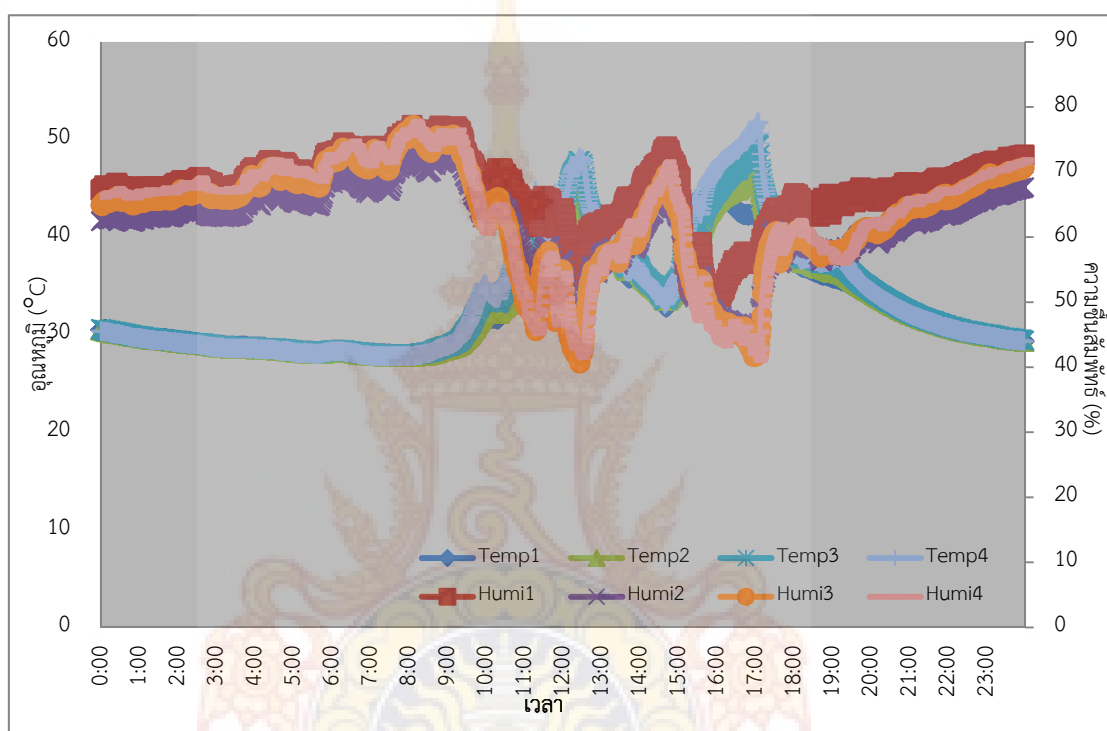
จากภาพที่ 4.11 เป็นการบันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของโรงอบแห้งจำลองทั้ง 4 จุด ตลอดเวลา 1 วัน โดยเครื่องเริ่มบันทึกค่าตั้งแต่วันที่ 0.00 น. จนถึงเวลา 23.59 น. โดยทำการเก็บข้อมูลในวันปกติที่ฝนไม่ตก และในวันที่ฝนตก ได้ค่าดังแสดงในภาคผนวก ง

สามารถสรุปผลจากการบันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของโรงอบแห้งจำลองทั้ง 4 จุด ในวันที่ปกติที่ฝนไม่ตก และวันที่ฝนตก แสดงความสัมพันธ์ได้ดังภาพที่ 4.13 และภาพที่ 4.14 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบแห้งจำลอง ในช่วงเวลาปกติ

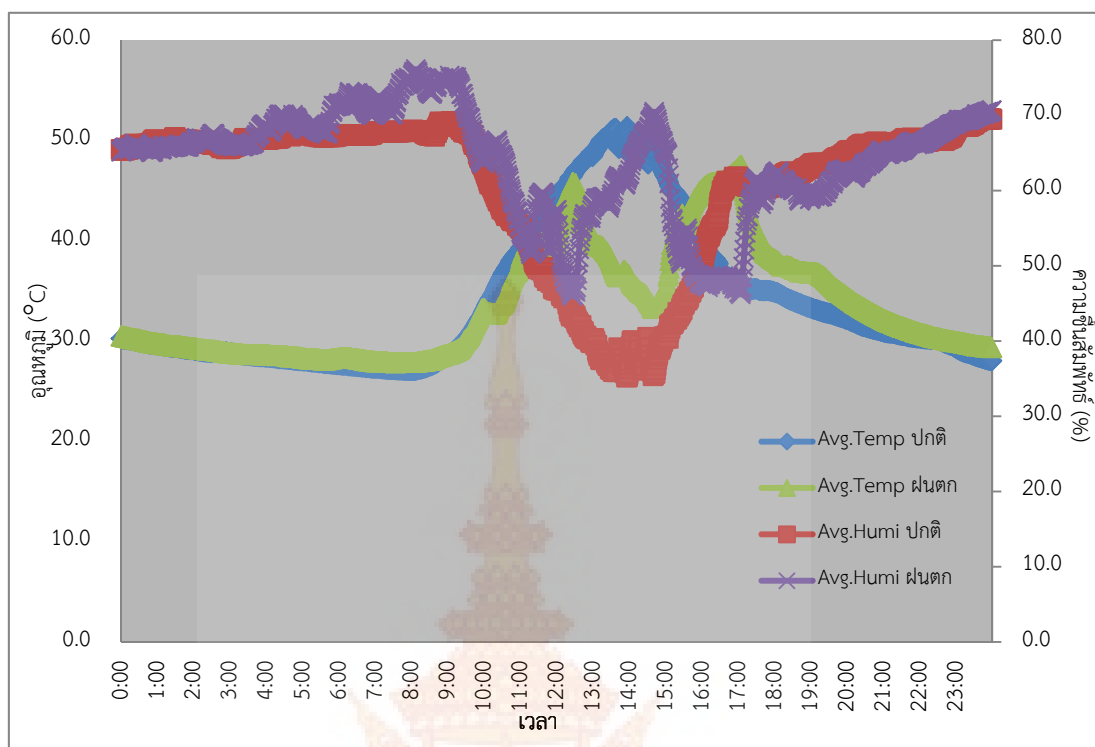
จากภาพที่ 4.13 เป็นค่าที่วัดได้จากช่วงเวลาปกติในวันที่ฝนไม่ตก พบว่าช่วงของตำแหน่งการวัดค่าอุณหภูมิรวมในแต่ละจุดไม่มีความแตกต่างกัน และยังพบอีกว่าอุณหภูมิที่ได้เริ่มสะสมสูงขึ้น ตั้งแต่เวลา 9.00 น. – 17.00 น. และส่งผลให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ลดลง เป็นไปในลักษณะแปรผกผันกัน สำหรับค่าความชื้นในตอนกลางคืนอยู่ที่ระดับร้อยละ 60-70 ถือเป็นช่วงของความชื้นปกติที่เกิดขึ้นในสภาวะทั่วไป



ภาพที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบแห้งจำลอง ในช่วงเวลาฝนตก

จากภาพที่ 4.14 พบว่าช่วงของวันที่มีฝนตกทำให้อุณหภูมิภายในโรงอบแห้งจำลองลดลงทุกจุดภายในโรงอบ จากนั้นยังส่งผลให้ค่าความชื้นภายในโรงอบนั้นสูงขึ้น และเมื่อฝนหยุดตกอุณหภูมิภายในโรงอบแห้งจำลองก็สูงขึ้นเป็นปกติ

เมื่อเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบแห้งจำลองของทั้งวันปกติที่ฝนไม่ตกกับวันที่ฝนตก สามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ดังภาพที่ 4.15



ภาพที่ 4.15 เปรียบเทียบค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบแห้งจำลอง
ของวันปกติกับวันที่ฝนตก

จากภาพที่ 4.15 พบว่าทั้งค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบแห้งจำลองในวันปกติกับวันที่ฝนตกจะแตกต่างกันในช่วงที่เกิดฝนตก แต่ในช่วงเวลาก่อนหรือหลังฝนตกทั้งค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์จะเป็นปกติไม่แตกต่างกัน

ทั้งนี้จากผลการทดลองเก็บค่าความชื้นสัมพัทธ์และการวัดค่าอุณหภูมิภายในโรงอบแห้งจำลอง สามารถสรุปได้ว่า ช่วงเวลากลางวันตั้งแต่เวลา 12.00 น. เป็นต้นไป เป็นช่วงที่มีค่าอุณหภูมิสูง ซึ่งทั้งนี้ช่วงอุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลให้ค่าความชื้นในโรงอบแห้งจำลองลดลงจากช่วงเวลากลางคืน นั้นเป็นเพราะการวัดความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) คือการวัดอัตราส่วน (เป็นค่าร้อยละ) ของจำนวนไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศในขณะนั้น ต่อจำนวนไอน้ำที่อาจจะมียู่ได้เมื่ออากาศนั้นอิ่มตัวด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิเดียวกัน เพราะช่วงเวลากลางวันอากาศที่สูงขึ้นสามารถรับความชื้นในอากาศในปริมาณที่มากทำให้ความชื้นโดยรวมบริเวณโรงอบแห้งจำลองลดต่ำลง

ซึ่งสามารถอธิบายเพิ่มเติมได้ว่า คอนกรีตบล็อกนั้นมีความเป็นรูพรุนสูงส่งผลให้การส่งผ่านความชื้นจากภายนอกสู่ภายในทำได้ง่าย จึงส่งผลให้ค่าความชื้นไม่ได้ลดลงมากเท่าที่ควร แต่สืบเนื่อง

จากที่ผนังโรงอบแห้งจำลองนั้นได้ผสมเกลือลงไปทำให้การสะสมความร้อนและการดูดความชื้นภายในโรงอบแห้งทำได้รวดเร็ว

การวิเคราะห์เพื่อหาค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบแห้งจำลองมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกันหรือไม่ และสามารถนำไปวิเคราะห์หาสมการพยากรณ์ความชื้นสัมพัทธ์ได้เมื่อทราบค่าอุณหภูมิ โดยใช้การวิเคราะห์สมการถดถอย (Regression Analysis) โดยมีตัวแปรตามคือความชื้นสัมพัทธ์ และตัวแปรอิสระ คือ อุณหภูมิ ซึ่งนำเสนอผลการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.15 ผลการวิเคราะห์สมการถดถอยของความชื้นสัมพัทธ์กับอุณหภูมิภายในโรงอบแห้ง

ตัวแปรอิสระ	Coef	SE Coef	T	P
Constant	107.879	0.159	679.44	0.000*
อุณหภูมิ	-1.39426	0.00459	-303.90	0.000*
S =	2.48780			
R ² =	94.1%			
Adjust R ² =	94.1%			

* มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 4.15 ผลการวิเคราะห์สมการถดถอยระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับอุณหภูมิภายในโรงอบแห้ง พบว่า อุณหภูมิมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งมีผลอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 และสมการความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับอุณหภูมิภายในโรงอบแห้งสามารถอธิบายได้ร้อยละ 94.1

จากผลการวิเคราะห์ ได้สมการถดถอยเพื่อพยากรณ์ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบแห้งจำลอง ดังนี้

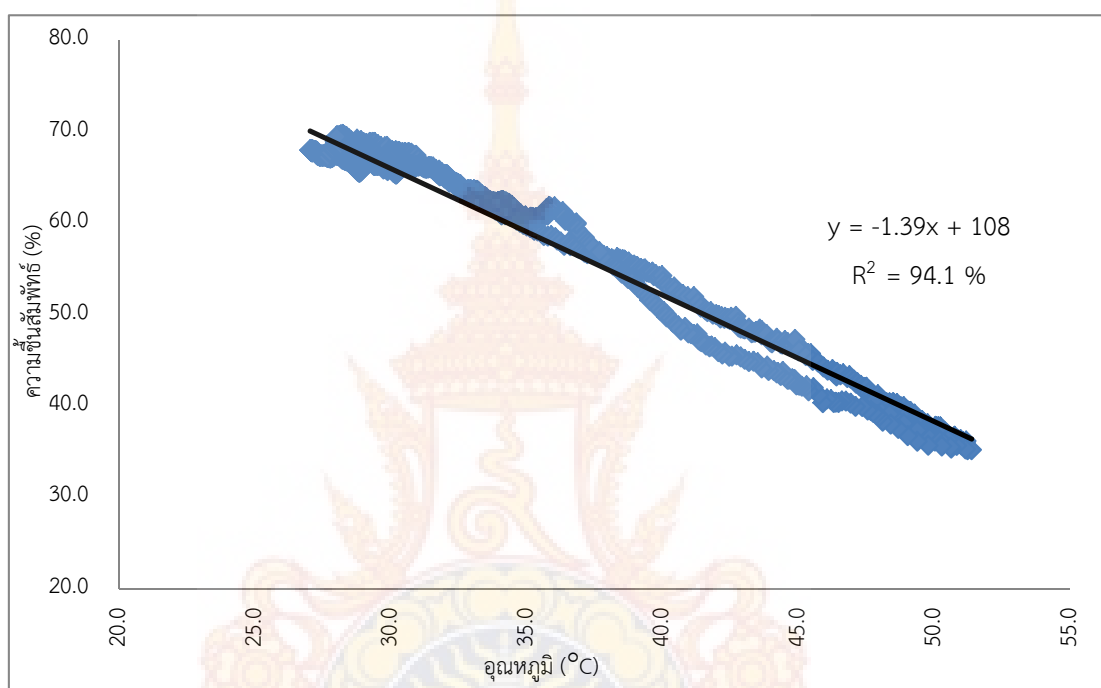
$$\text{ความชื้นสัมพัทธ์} = 108 - 1.39 (\text{อุณหภูมิ})$$

ตัวอย่างการพยากรณ์ความชื้นสัมพัทธ์จากสมการถดถอย เช่น วัดค่าอุณหภูมิได้ 32 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิ = 32) จะได้ค่าประมาณการของความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับร้อยละ 63.52 ได้จากการแทนค่าดังนี้

$$\text{ความชื้นสัมพัทธ์} = 108 - 1.39 (32) = 63.52$$

จากผลการทดสอบสมมติฐานดังกล่าวข้างต้นโดยใช้โปรแกรม MINITAB ซึ่งมีองค์ประกอบหลักคือ ส่วนของการเตรียมข้อมูล (Worksheet) และส่วนของการแสดงผล (Session) ได้แสดงไว้ในภาคผนวก จ

และแสดงผลด้วยกราฟความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง ดังภาพที่ 4.16



ภาพที่ 4.16 ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบแห้งจำลอง

4.4 การประเมินต้นทุนการผลิตแผ่นพื้นและแผ่นผนังคอนกรีตบดอัด

ในการประเมินต้นทุนการผลิตแผ่นพื้นและแผ่นผนังคอนกรีตบดอัดสะสมความร้อน จะประเมินเฉพาะต้นทุนวัตถุดิบเท่านั้น โดยงานวิจัยในครั้งนี้ได้ใช้คอนกรีตบดอัดลักษณะเป็นก้อนสี่เหลี่ยมขนาดกว้างและยาวโดยประมาณ 20×40 เซนติเมตร ความหนา 7 – 20 เซนติเมตร เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดใน มอก.58-2533 (ภาคผนวก ข) ในการทดลองครั้งนี้ได้ศึกษาการสร้างคอนกรีตบดอัดสะสมความร้อนด้วยการผสมวัสดุทางธรรมชาติ ได้แก่ เกลือและผงไบอูคาลิปตัส ใส่ในช่องตรงกลางของคอนกรีตบดอัด ผลจากการทดลองวัดค่าอุณหภูมิภายในห้องอบจำลองของคอนกรีต

บล็อกอัตราส่วน เกลือร้อยละ 20 และยูคาลิปตัสร้อยละ 80 จะมีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 43 องศาเซลเซียส และการทดลองนำมาสร้างเป็นโรงอบแห้งจำลอง พบว่าภายในโรงอบมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกเฉลี่ย 7.4 องศาเซลเซียส ซึ่งเหมาะสมในการนำไปทำโรงอบแห้งและสามารถเก็บรักษาอุณหภูมิภายในโรงเรือนได้นานที่สุดกว่าอัตราส่วนผสมอื่นๆ ดังนั้นเมื่อนำมาสร้างเป็นโรงอบแห้งเพื่อลดความชื้นด้วยการสะสมความร้อน จะต้องมีการประเมินต้นทุนการผลิตต่อหน่วยของแผ่นพื้นและแผ่นผนังคอนกรีตบล็อกสามารถอธิบายได้ดังนี้

ราคาของวัสดุที่ใช้ในการทำแผ่นพื้นและแผ่นผนังคอนกรีตบล็อก ประกอบด้วย

- | | |
|---|----------------------------|
| 1. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 | ราคา 300 บาท ต่อ ถุง |
| 2. ทรายแม่น้ำอย่างละเอียด | ราคา 310 บาท ต่อ ลบ.ม. |
| 3. หินคลุก | ราคา 413 บาท ต่อ ลบ.ม. |
| 4. หินแกรนิตผง | ราคา 500 บาท ต่อ ลบ.ม. |
| 5. เกลือแกง | ราคา 3.25 บาท ต่อ กิโลกรัม |
| 6. ผุ่นผงไฟเบอร์กลาส ขนาดความละเอียด 70 ไมโครเมตร | ราคา 50 บาท ต่อ กิโลกรัม |
| 7. ก้อนพาราฟิน | ราคา 100 บาท ต่อ กิโลกรัม |
| 8. คอนกรีตบล็อก มอก.58-2533 (ภาคผนวก ข) | ราคา 8 บาท ต่อ ก้อน |
| 9. ผงใบยูคาป็นละเอียด | ราคา 100 บาท ต่อ กิโลกรัม |

4.4.1 ต้นทุนการผลิตแผ่นพื้นคอนกรีตบล็อก

การผลิตแผ่นพื้นคอนกรีตบล็อก จากโครงการวิจัย เรื่อง การพัฒนาระบบสะสมความร้อนของคอนกรีตบล็อกในอาคารเก็บพืชผลทางการเกษตร โดยได้ทำการคำนวณต้นทุนการผลิตแผ่นพื้นคอนกรีตบล็อก ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

ต้นทุนการผลิตแผ่นพื้นคอนกรีตบล็อก ขนาด 30 เซนติเมตร x 30 เซนติเมตร x 5 เซนติเมตร คิดประเมินแบ่งออกเป็น 3 ชั้น คือชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง ดังนี้

1. ชั้นล่างสุดประกอบด้วย ปูน : ทราย : หิน : น้ำ คือ 1 : 2 : 4 : 1 และผงไฟเบอร์ร้อยละ 10 คิดเป็นเงินจากสัดส่วนคือ $3 + 2 + 4 + 1 + 0.50 = 10.50$ บาท

2. ชั้นกลาง เพิ่มส่วนของแผ่นพาราฟิน คิดจากร้อยละ 40 ของพื้นที่ คิดเป็นเงิน 3 บาท

3. ชั้นบนสุดคิดจากสัดส่วน ปูน : ทราย : หิน : น้ำ คือ 1 : 2 : 4 : 1 แต่ใช้หินแกรนิตผง คิดเป็นเงินจากสัดส่วนคือ $3 + 2 + 4 + 2 + 0.50 = 11.50$ บาท

และวัสดุอื่นๆ ประกอบด้วย เหล็กทำแบบ ซึ่งเป็นเหล็กฉากไครเกรด 2 นิ้ว x 2 นิ้ว หนา 2 มิลลิเมตร จำนวน 4 เส้น ราคาเส้นละ 300 บาท คิดเป็นเงิน 1,200 บาท ซึ่งสามารถใช้สร้างแม่พิมพ์ได้ 10 ตัว ดังนั้นจึงคิดเป็นเงิน 120 บาทต่อตัว

ดังนั้นเมื่อประเมินราคาแล้วพบว่า ต้นทุนการผลิตแผ่นพื้นคอนกรีตบล็อก คิดเป็นเงินรวมทั้งสิ้น $(25 + 120)$ เท่ากับ 145 บาทต่อบล็อกคอนกรีต 1 แผ่น

4.4.2 ต้นทุนการผลิตแผ่นผนังคอนกรีตบล็อก

ต้นทุนการผลิตแผ่นผนังคอนกรีตบล็อกผสมเกลือและยูคาลิปตัส ที่อัตราส่วน เกลือร้อยละ 20 : ใบยูคาลิปตัสร้อยละ 80 คิดเป็นเงินจากสัดส่วนคือ $8 + 1.25 + 10 = 19.25$ บาทต่อก้อน

และเมื่อนำมาสร้างเป็นโรงอบแห้งจำลองต้องใช้แผ่นผนังคอนกรีตบล็อกจำนวน 150 ก้อน คิดเป็นเงิน $(150 \text{ ก้อน} \times 19.25 \text{ บาทต่อก้อน})$ เท่ากับ 2,887.50 บาท และโรงอบแห้งที่สร้างขึ้นใช้แผ่นพื้นคอนกรีตบล็อกทั้งหมด 25 แผ่นเพื่อปูพื้นโรงอบ คิดเป็นเงิน $(25 \text{ แผ่น} \times 145 \text{ บาทต่อแผ่น})$ เท่ากับ 3,625 บาท

ดังนั้นจึงสรุปราคาประเมินต้นทุนวัตถุดิบในการสร้างโรงอบแห้งจำลองขนาด 1.50 เมตร x 1.50 เมตร x 2.00 เมตร เป็นเงินทั้งสิ้นรวมเท่ากับ $3,625 + 2,887.50$ บาท จึงคิดเป็นต้นทุนของการสร้างโรงอบแห้งจำลองด้วยแผ่นพื้นและแผ่นผนังคอนกรีตบล็อกสะสมความร้อนเป็นเงินทั้งสิ้น 6,512.50 บาท



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษาวิจัยในการสร้างผนังคอนกรีตบล็อกที่มีคุณสมบัติของการสะสมความร้อนที่เหมาะสมสำหรับใช้สร้างอาคารเก็บพืชผลทางการเกษตร ซึ่งสามารถเพิ่มคุณลักษณะผลิตผลทางการเกษตรที่พึงประสงค์และตรงต่อความต้องการเพื่อใช้ในการแปรรูปได้นั้น ได้ทำการทดลองโดยการผสมเกล็ดและใบยูคาลิปตัสที่มีอัตราส่วนผสมแบ่งเป็น 10 สูตรดังนี้

- สูตรที่ 1 เกล็ดร้อยละ 20 ยูคาลิปตัสร้อยละ 80
- สูตรที่ 2 เกล็ดร้อยละ 30 ยูคาลิปตัสร้อยละ 70
- สูตรที่ 3 เกล็ดร้อยละ 40 ยูคาลิปตัสร้อยละ 60
- สูตรที่ 4 เกล็ดร้อยละ 50 ยูคาลิปตัสร้อยละ 50
- สูตรที่ 5 เกล็ดร้อยละ 60 ยูคาลิปตัสร้อยละ 40
- สูตรที่ 6 เกล็ดร้อยละ 70 ยูคาลิปตัสร้อยละ 30
- สูตรที่ 7 เกล็ดร้อยละ 80 ยูคาลิปตัสร้อยละ 20
- สูตรที่ 8 ยูคาลิปตัสร้อยละ 100
- สูตรที่ 9 เกล็ดร้อยละ 100
- สูตรที่ 10 คอนกรีตบล็อกมาตรฐาน

และสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

5.1.1 ผลการทดสอบการสะสมความร้อนของคอนกรีตบล็อก

การศึกษาประสิทธิภาพการสะสมความร้อนของคอนกรีตบล็อกสามารถสรุปผลการทดสอบค่าความร้อนของคอนกรีตบล็อกทั้ง 10 สูตรโดยขดลวดให้ความร้อน มีรายละเอียดการทดสอบดังนี้

ตารางที่ 5.1 อุณหภูมิการสะสมความร้อนเฉลี่ยของคอนกรีตบล็อก

อัตราส่วนผสม	อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)
สูตรที่ 1 เกล็ด : ยูคาลิปตัส 20 : 80	43.5
สูตรที่ 2 เกล็ด : ยูคาลิปตัส 30 : 70	42.9
สูตรที่ 3 เกล็ด : ยูคาลิปตัส 40 : 60	42.5
สูตรที่ 4 เกล็ด : ยูคาลิปตัส 50 : 50	41.3

ตารางที่ 5.1 (ต่อ) อุณหภูมิการสะสมความร้อนเฉลี่ยของคอนกรีตบล็อก

อัตราส่วนผสม	อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)
สูตรที่ 5 เกลือ : ยูคาลิปตัส 60 : 40	39.9
สูตรที่ 6 เกลือ : ยูคาลิปตัส 70 : 30	39.8
สูตรที่ 7 เกลือ : ยูคาลิปตัส 80 : 20	40.5
สูตรที่ 8 ยูคาลิปตัสร้อยละ 100	42.8
สูตรที่ 9 เกลือร้อยละ 100	39.9
สูตรที่ 10 คอนกรีตบล็อกมาตรฐาน	43.1

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าความร้อนที่ทดสอบโดยรวดเร็วให้ความร้อนของคอนกรีตบล็อกทั้ง 10 สูตรว่ามีการสะสมความร้อนที่แตกต่างกันหรือไม่ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง Two Way Analysis of Variance (Two Way ANOVA) สรุปได้ว่าทั้งอัตราส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกที่ต่างกันและเวลาในการวัดอุณหภูมิของคอนกรีตบล็อกที่ต่างกัน มีผลต่อค่าอุณหภูมิของคอนกรีตบล็อกที่ต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และทำการวิเคราะห์ต่อไปว่าอัตราส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกสูตรใดที่เหมาะสมในการนำมาใช้ลดความชื้นสัมพัทธ์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตผลทางการเกษตรได้

จากผลทดสอบการสะสมความร้อนของคอนกรีตบล็อกโดยรวดเร็วให้ความร้อน สามารถสรุปได้ว่าคอนกรีตบล็อกที่ให้ค่าการสะสมความร้อนได้ดีคือ สูตรที่มีอัตราส่วนเกลือผสมอยู่น้อยกว่ายูคาลิปตัส ซึ่งสอดคล้องกับคุณสมบัติของเกลือที่จะช่วยดูดความร้อนและส่งผ่านความร้อนเข้ามาในคอนกรีตบล็อก แต่ยูคาลิปตัสจะมีคุณสมบัติกักเก็บความร้อนที่ส่งผ่านเข้ามา

โดยคอนกรีตบล็อกสูตรที่มีการสะสมความร้อนที่ดี มีจำนวน 5 สูตร คือ เกลือร้อยละ 20 ยูคาลิปตัสร้อยละ 80 (สูตรที่ 1), เกลือร้อยละ 30 ยูคาลิปตัสร้อยละ 70 (สูตรที่ 2), เกลือร้อยละ 40 ยูคาลิปตัสร้อยละ 60 (สูตรที่ 3), ยูคาลิปตัสร้อยละ 100 (สูตรที่ 8) และคอนกรีตบล็อกมาตรฐาน (สูตรที่ 10) และสิ่งที่พบจากการทดลองอีกประการหนึ่งคือ คอนกรีตบล็อกสูตรที่ 1 ให้ค่าของอุณหภูมิที่วัดได้สูงที่สุดและค่อนข้างคงที่ที่สุด

ดังนั้นจึงเลือกนำคอนกรีตบล็อกที่มีการสะสมความร้อนที่ดีทั้ง 5 สูตรมาทดสอบโดยการนำมาสร้างเป็นห้องอบจำลอง เพื่อเลือกคอนกรีตบล็อกสูตรที่ให้ค่าการสะสมความร้อนที่ดีที่สุดต่อไป

5.1.2 การทดสอบโดยสร้างห้องอบจำลอง

ทำการทดลองการสะสมความร้อนของคอนกรีตบล็อก ได้ผลสรุปดังนี้

5.1.2.1 ค่าอุณหภูมิภายในห้องอบ

ผลการทดลองวัดค่าอุณหภูมิภายในห้องอบจำลองของคอนกรีตบล็อกทั้ง 5 สูตร ได้ผลการทดสอบดังนี้

ตารางที่ 5.2 อุณหภูมิการสะสมความร้อนเฉลี่ยภายในห้องอบจำลอง

อัตราส่วนผสม	อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)
สูตรที่ 1 เกลือ : ยูคาลิปตัส 20 : 80	43.0
สูตรที่ 2 เกลือ : ยูคาลิปตัส 30 : 70	42.7
สูตรที่ 3 เกลือ : ยูคาลิปตัส 40 : 60	41.7
สูตรที่ 8 ยูคาลิปตัสร้อยละ 100	41.9
สูตรที่ 10 คอนกรีตบล็อกมาตรฐาน	41.6

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างการสะสมความร้อนของคอนกรีตบล็อกทั้ง 5 สูตรว่ามีการสะสมความร้อนที่แตกต่างกันหรือไม่ ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง Two Way Analysis of Variance (Two Way ANOVA) สรุปได้ว่าทั้งอัตราส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกที่แตกต่างกันทั้ง 5 สูตรและเวลาในการวัดอุณหภูมิของคอนกรีตบล็อกที่แตกต่างกันมีผลต่อค่าอุณหภูมิของคอนกรีตบล็อกที่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และวิเคราะห์ต่อไปว่าอัตราส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกสูตรใดที่ให้ค่าการสะสมความร้อนได้เหมาะสมกว่า

จากผลการทดสอบค่าเฉลี่ยความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกห้องอบจำลอง แสดงให้เห็นถึงการสะสมความร้อนของคอนกรีตบล็อกนั้นๆ พบว่าคอนกรีตบล็อกทั้ง 5 สูตรมีการสะสมความร้อนได้สูงที่สุดในช่วงเวลา 13.30 – 14.00 น. โดยมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยที่สูงกว่าอุณหภูมิภายนอกสูงสุดอยู่ในช่วง 20.0 – 21.8 องศา และก็จะพบว่าอุณหภูมิการสะสมความร้อนของคอนกรีตบล็อกทั้ง 5 สูตรไม่แตกต่างกันมาก แต่คอนกรีตบล็อกที่ให้ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิการสะสมความร้อนสูงกว่าคอนกรีตบล็อกอื่นๆ ในช่วงเวลาที่อุณหภูมิภายนอกลดต่ำลงคือ คอนกรีตบล็อกสูตรที่ 1 คือเกลือร้อยละ 20 ยูคาลิปตัสร้อยละ 80 ซึ่งจะพบว่าในช่วงเวลาตั้งแต่ประมาณ 14.30 – 21.00 น. คอนกรีตบล็อกสูตรที่ 1 ให้ค่าอุณหภูมิการสะสมความร้อนที่สูงกว่า และจากอุณหภูมิการสะสมความร้อนเฉลี่ยภายในห้องอบจำลองก็ให้ค่าสูงที่สุดคือ 43 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นว่ามีการสะสมความร้อนได้ดีกว่าคอนกรีตบล็อกสูตรอื่น สอดคล้องกับอุณหภูมิภายในห้องอบจำลองข้างต้น

5.1.2.2 ค่าอุณหภูมิผนังคอนกรีตบล็อกด้านในของห้องอบ

การทดลองวัดค่าอุณหภูมิของผนังด้านในและด้านนอกของคอนกรีตบล็อกทั้ง 5 สูตร ได้ผลการทดสอบดังนี้

ตารางที่ 5.3 อุณหภูมิผนังห้องอบจำลอง

อัตราส่วนผสม	อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)			
	ทิศตะวันออก	ทิศใต้	ทิศตะวันตก	ทิศเหนือ
สูตรที่ 1 เกลือ : ยูคาลิปตัส 20 : 80	41.9	40.0	41.6	40.7
สูตรที่ 2 เกลือ : ยูคาลิปตัส 30 : 70	41.4	39.7	41.8	39.6
สูตรที่ 3 เกลือ : ยูคาลิปตัส 40 : 60	41.8	39.8	41.4	40.1
สูตรที่ 8 ยูคาลิปตัสร้อยละ 100	42.0	39.8	42.6	40.9
สูตรที่ 10 คอนกรีตบล็อกมาตรฐาน	42.6	39.9	41.8	41.1

โดยสรุปผลการทดลอง พบว่าอุณหภูมิผนังด้านในของคอนกรีตบล็อกทั้ง 5 สูตร ให้ค่าอุณหภูมิไม่แตกต่างกันมาก และผนังของห้องอบจำลองมีความเกี่ยวข้องกับทิศตะวันออกและตะวันตกได้เป็นอย่างดี กล่าวคือเป็นทิศที่ผนังของห้องอบจำลองได้สัมผัสกับแสงแดดและมีอุณหภูมิที่สูงตลอดทั้งวันทำให้ผนังได้รับการสะสมความร้อนตลอดเวลา และเป็นแหล่งพลังงานความร้อนที่ส่งผ่านเข้าไปยังห้องอบจำลองนอกเหนือจากบริเวณด้านบนที่แสงส่องผ่านลงมาจากหลังคาโปร่งแสงอยู่แล้ว ดังนั้นผนังของห้องอบจึงเป็นพื้นที่สะสมความร้อนและส่งผ่านความร้อนจากกลไกของเกลือที่เป็นตัวเร่งการส่งผ่านความร้อนอีกทั้งยังเก็บความร้อนเอาไว้ในยูคาลิปตัสที่สามารถดูดซับความร้อนไว้ได้ในเวลากลางคืน ทำให้อุณหภูมิภายในห้องอบจำลองยังคงมีความร้อนสะสมอยู่ภายใน ซึ่งถือว่าเป็นผลดีสำหรับการเก็บรักษาอุณหภูมิในการอบต่อไปในช่วงเวลาที่หมดแสงแดดแล้วนั่นเอง

โดยสรุป จากผลของการทดสอบคอนกรีตบล็อกในสูตรต่างๆ ของเกลือผสมไบยูคาลิปตัสทั้ง 3 สูตร เปรียบเทียบกับสูตรยูคาลิปตัสร้อยละ 100 และคอนกรีตบล็อกมาตรฐานทั่วไปที่ไม่มีเกลือและไบยูคาลิปตัสผสมอยู่ข้างต้น พบว่าสัดส่วนของคอนกรีตบล็อกที่มีเกลือร้อยละ 20 ต่อยูคาลิปตัสร้อยละ 80 (สูตรที่ 1) เป็นสัดส่วนที่ดีที่สุดในการที่จะนำมาสร้างเป็นโรงอบแห้งขนาดจำลอง ขนาดกว้าง 1.50 เมตร ยาว 1.50 เมตร และสูง 2.00 เมตร ต่อไป

5.1.2.3 การทดสอบโดยสร้างโรงอบแห้ง

จากผลการพิจารณาเลือกคอนกรีตบล็อกสี่เหลี่ยมที่มีเกล็อร้อยละ 20 ต่อยูลิปตัสร้อยละ 80 (สูตรที่ 1) เป็นสัดส่วนที่ดีที่สุดในการนำมาสร้างเป็นโรงอบแห้งขนาดจำลอง ขนาดกว้าง 1.50 เมตร x ยาว 1.50 เมตร x สูง 2.00 เมตรนั้น ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการสะสมความร้อนของโรงอบแห้งที่สร้างจากคอนกรีตบล็อกสูตรที่ 1 กับโรงอบแห้งที่สร้างจากคอนกรีตบล็อกมาตรฐานทั่วไป ซึ่งสามารถสรุปผลการทดสอบได้ดังนี้

ตารางที่ 5.4 ความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงอบแห้งกับอุณหภูมิภายนอก

อัตราส่วนผสม	ความแตกต่างอุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)
สูตรที่ 1 เกลือ : ยูลิปตัส 20 : 80	7.4
สูตรที่ 10 คอนกรีตบล็อกมาตรฐาน	5.2

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของการสะสมความร้อนของโรงอบแห้งที่สร้างจากคอนกรีตบล็อกมาตรฐานทั่วไปกับคอนกรีตบล็อกที่มีสัดส่วนของเกล็อร้อยละ 20 ต่อยูลิปตัสร้อยละ 80 (สูตรที่ 1) ว่ามีการสะสมความร้อนที่แตกต่างกันหรือไม่ โดยการสะสมความร้อนวัดจากการหาความแตกต่างของอุณหภูมิภายในโรงอบแห้งและอุณหภูมิภายนอก ทำการวิเคราะห์ด้วยความแปรปรวนสองทาง Two Way Analysis of Variance (Two Way ANOVA) ผลสรุปว่าทั้งประเภทของคอนกรีตบล็อกที่แตกต่างกันและเวลาในการวัดอุณหภูมิของคอนกรีตบล็อกที่แตกต่างกันมีผลต่อค่าอุณหภูมิของโรงอบแห้งที่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

และผลจากการวิเคราะห์ว่าโรงอบแห้งที่สร้างจากคอนกรีตบล็อกสูตรใดที่ให้ค่าการสะสมความร้อนได้เหมาะสมกว่า พบว่าโรงอบแห้งที่สร้างจากคอนกรีตบล็อกที่มีสัดส่วนของเกล็อร้อยละ 20 ต่อยูลิปตัสร้อยละ 80 (สูตรที่ 1) ให้ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายในโรงอบและอุณหภูมิภายนอกสูงกว่าโรงอบที่สร้างจากคอนกรีตบล็อกมาตรฐานทั่วไป

จึงสรุปได้ว่าโรงอบแห้งที่สร้างจากคอนกรีตบล็อกที่มีสัดส่วนของเกล็อร้อยละ 20 ต่อยูลิปตัสร้อยละ 80 มีความสามารถในการสะสมความร้อนได้ดีกว่าโรงอบแห้งที่สร้างจากคอนกรีตบล็อกมาตรฐานทั่วไป

5.1.3 ผลการทดสอบความสัมพันธ์ของความชื้นกับอุณหภูมิของคอนกรีตบล็อก

ผลการทดลองเก็บค่าความชื้นสัมพัทธ์และการวัดค่าอุณหภูมิภายในโรงอบแห้งจำลอง สามารถสรุปได้ว่า ช่วงเวลากลางวันตั้งแต่เวลา 12.00 น. เป็นต้นไป เป็นช่วงที่มีค่าอุณหภูมิสูง ซึ่งทั้งนี้ช่วงอุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลให้ค่าความชื้นในโรงอบแห้งจำลองลดลงจากช่วงเวลากลางคืน นั่นเป็น

เพราะการวัดความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) คือการวัดอัตราส่วน (เป็นค่าร้อยละ) ของจำนวนไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศในขณะนั้น ต่อจำนวนไอน้ำที่อาจจะมียู่ได้เมื่ออากาศนั้นอิ่มตัวด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิเดียวกัน เพราะช่วงเวลากลางวันอากาศที่สูงขึ้นสามารถรับความชื้นในอากาศในปริมาณที่มากทำให้ความชื้นโดยรวมบริเวณโรงอบแห้งจำลองลดต่ำลง

ซึ่งสามารถอธิบายเพิ่มเติมได้ว่า คอนกรีตบล็อกนั้นมีความเป็นรูพรุนสูงส่งผลให้การส่งผ่านความชื้นจากภายนอกสู่ภายในทำได้ง่าย จึงส่งผลให้ค่าความชื้นไม่ได้ลดลงมากเท่าที่ควร แต่สืบเนื่องจากที่ผนังโรงอบแห้งจำลองนั้นได้ผสมเกลือลงไปทำให้การสะสมความร้อนและการดูดความชื้นภายในโรงอบแห้งทำได้รวดเร็ว

สำหรับผลการวิเคราะห์เพื่อหาค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบแห้งจำลองมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกันหรือไม่ และเพื่อสามารถนำไปวิเคราะห์หาสมการพยากรณ์ความชื้นสัมพัทธ์ได้เมื่อทราบค่าอุณหภูมิ โดยใช้การวิเคราะห์สมการถดถอย (Regression Analysis) โดยมีตัวแปรตาม คือความชื้นสัมพัทธ์ และตัวแปรอิสระ คือ อุณหภูมิ โดยสรุปผลการวิเคราะห์สมการถดถอยระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับอุณหภูมิภายในโรงอบแห้ง พบว่า อุณหภูมิมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับความชื้นสัมพัทธ์ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 และได้สมการความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับอุณหภูมิภายในโรงอบแห้งสามารถอธิบายได้ร้อยละ 94.1

ซึ่งสมการถดถอยเพื่อพยากรณ์ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบแห้งจำลอง คือ

$$\text{ความชื้นสัมพัทธ์} = 108 - 1.39 (\text{อุณหภูมิ})$$

5.1.4 การประเมินต้นทุนการผลิตแผ่นพื้นและแผ่นผนังคอนกรีตบล็อก

ในการประเมินต้นทุนการผลิตแผ่นพื้นและแผ่นผนังคอนกรีตบล็อกสะสมความร้อน จะประเมินเฉพาะต้นทุนวัตถุดิบเท่านั้น โดยงานวิจัยในครั้งนี้ได้ใช้คอนกรีตบล็อกลักษณะเป็นก้อนสี่เหลี่ยมขนาดกว้างและยาวโดยประมาณ 20×40 เซนติเมตร ความหนา 7 – 20 เซนติเมตร เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดใน มอก.58-2533 และในการทดลองศึกษาการสร้างคอนกรีตบล็อกสะสมความร้อนด้วยการผสมวัสดุทางธรรมชาติ ได้แก่ เกลือและผงไบอูคาลิปตัส ใส่ในช่องตรงกลางของคอนกรีตบล็อก ผลจากการทดลองสรุปว่าแผ่นผนังคอนกรีตบล็อกที่เหมาะสมในการนำมาใช้สร้างเป็นโรงอบแห้งคือ คอนกรีตบล็อกอัตราส่วน เกลือร้อยละ 20 และยูคาลิปตัสร้อยละ 80 ดังนั้นเมื่อนำมาสร้างเป็นโรงอบแห้งเพื่อลดความชื้นด้วยการสะสมความร้อน จะต้องมีการประเมินต้นทุนการผลิตต่อหน่วยของแผ่นพื้นและแผ่นผนังคอนกรีตบล็อกสามารถอธิบายได้ดังนี้

1) ต้นทุนการผลิตแผ่นพื้นคอนกรีตบล็อก จากโครงการวิจัย เรื่อง การพัฒนาระบบสะสมความร้อนของคอนกรีตบล็อกในอาคารเก็บพืชผลทางการเกษตร โดยได้ทำการคำนวณต้นทุนการผลิตแผ่นพื้นคอนกรีตบล็อก ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

ต้นทุนการผลิตแผ่นพื้นคอนกรีตบล็อก ขนาด 30 เซนติเมตร x 30 เซนติเมตร x 5 เซนติเมตร คิดประเมินแบ่งออกเป็น 3 ชั้น คือ ชั้นบน 11.50 บาท, ชั้นกลาง 3 บาท และชั้นล่าง 10.50 บาท รวมเป็นเงิน 25 บาทต่อแผ่น และวัสดุอื่นๆ ประกอบด้วย เหล็กทำแบบ 120 บาทต่อตัว ดังนั้นเมื่อประเมินราคาแล้วพบว่า ต้นทุนการผลิตแผ่นพื้นคอนกรีตบล็อก คิดเป็นเงินรวมทั้งสิ้น $(25 + 120)$ เท่ากับ 145 บาทต่อบล็อกคอนกรีต 1 แผ่น

2) ต้นทุนการผลิตแผ่นผนังคอนกรีตบล็อก

ต้นทุนการผลิตแผ่นผนังคอนกรีตบล็อกผสมเกลือและยูคาลิปตัส ที่อัตราส่วน เกลือร้อยละ 20 : ใบยูคาลิปตัสร้อยละ 80 คิดเป็นเงินจากสัดส่วนคือ $8 + 1.25 + 10 = 19.25$ บาทต่อก้อน

และเมื่อนำมาสร้างเป็นโรงอบแห้งจำลองต้องใช้แผ่นผนังคอนกรีตบล็อกจำนวน 150 ก้อน คิดเป็นเงิน $(150 \text{ ก้อน} \times 19.25 \text{ บาทต่อก้อน})$ เท่ากับ 2,887.50 บาท และโรงอบแห้งที่สร้างขึ้นใช้แผ่นพื้นคอนกรีตบล็อกทั้งหมด 25 แผ่นเพื่อปูพื้นโรงอบ คิดเป็นเงิน $(25 \text{ แผ่น} \times 145 \text{ บาทต่อแผ่น})$ เท่ากับ 3,625 บาท

ดังนั้นจึงสรุปราคาประเมินต้นทุนวัตถุดิบในการสร้างโรงอบแห้งจำลองขนาด 1.50 เมตร x 1.50 เมตร x 2.00 เมตร เป็นเงินทั้งสิ้นรวมเท่ากับ $3,625 + 2,887.50$ บาท จึงคิดเป็นต้นทุนของการสร้างโรงอบแห้งจำลองด้วยแผ่นพื้นและแผ่นผนังคอนกรีตบล็อกสะสมความร้อนเป็นเงินทั้งสิ้น 6,512.50 บาท

5.2 อภิปรายผล

การสร้างโรงอบแห้งเพื่อเก็บผลผลิตทางการเกษตรนั้น เป็นแนวคิดที่มีมาแต่ดั้งเดิมจนในปัจจุบัน ถึงแม้จะมีนักวิจัยหลายท่านได้พยายามออกแบบเทคนิคและอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อนำมาใช้ในการอบแห้ง ซึ่งถือว่าเป็นเทคนิคที่ช่วยเหลือเกษตรกรได้เป็นอย่างดี แต่ในระดับของการผลิตในภาคเกษตรกรรมแล้ว ผู้วิจัยยังพบว่าพืชผลที่ผลิตได้ต่อช่วงฤดูการเก็บเกี่ยวยังมีสูงมากและเครื่องมือและเทคนิคที่มีอยู่แล้วยังไม่เพียงพอต่อความต้องการ อีกทั้งยังมีการลงทุนในระดับสูง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอและผลักดันแนวคิดในการเลือกใช้ผนังคอนกรีตบล็อกที่มีคุณสมบัติของการสะสมความร้อนที่เหมาะสม เพื่อสามารถเพิ่มคุณลักษณะผลิตผลทางการเกษตรที่พึงประสงค์และตรงต่อความต้องการเพื่อใช้ในการแปรรูปได้นั้น

ในด้านการสร้างโรงเรือนในการเก็บรักษาในปัจจุบัน ผนังของโรงเก็บรักษาพืชผลโดยส่วนใหญ่ทำจากคอนกรีตและถูกก่อสร้างขึ้นเพื่อให้ง่ายต่อการก่อสร้างและราคาถูก โดยปัจจุบันนิยมใช้คอนกรีตบล็อกนำมาก่อเป็นรูปร่างผนัง ซึ่งคอนกรีตบล็อกนี้มีโพรงอากาศภายใน แม้ผนังคอนกรีตยังคงสะสมความร้อน แต่ในขณะที่ความชื้นยังคงเหลืออยู่ในตัวพืชผลทางการเกษตร ก็ยังคงสะสมและ

มีโอกาสดึงกลั่นตัวกลายเป็นน้ำและพบปัญหาการเน่าเสียและเชื้อรา ดังนั้นผนังคอนกรีตจึงมีโอกาสดึงช่วยระบายความชื้นโดยสะสมอยู่ในตัวผนังและมีกลไกถ่ายเทออกไปได้ ถ้าหากออกแบบรูปร่างและวัสดุผสมเพิ่มเติม ผู้วิจัยจึงสนใจในการนำมาพัฒนาระบบการสร้างผนังที่ระบายอากาศ ลดความชื้น อีกทั้งยังให้ความร้อนแก่พืชผลทางการเกษตรเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา จึงเสนอความคิดการศึกษาสมบัติทางความร้อน และการดูดความชื้น ที่เหมาะสมของผนังคอนกรีตบล็อก

ดังนั้นในการวิจัยนี้ได้เสนอแนวคิดการดูดความร้อนที่คอนกรีตสะสมความร้อนด้วยเกลือและยูคาลิปตัสที่มีสมบัติการเป็นฉนวนความร้อนเพื่อการกักเก็บความร้อนในโรงเรือน และจากผลการศึกษาผนังคอนกรีตบล็อกที่มีส่วนผสมของเกลือและผงใบยูคาลิปตัสในสัดส่วนต่างๆ พบว่า ยูคาลิปตัสนั้นมีสมบัติการเป็นฉนวนความร้อนที่ดีที่ส่วนผสมเกลือ 20 ส่วน ต่อยูคาลิปตัส 80 ส่วน นั้นจึงแสดงให้เห็นว่า การเพิ่มส่วนผสมของยูคาลิปตัสนั้นช่วยในการกักเก็บความร้อนภายในโรงอบได้เป็นอย่างดี เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกมาตรฐานทั่วไป ทั้งนี้ยังพบอีกว่าเกลือเป็นส่วนหนึ่งในการดูดความร้อนเพื่อช่วยสะสมความร้อน เพราะจะพบว่าคอนกรีตบล็อกที่มีสัดส่วนของเกลือร้อยละ 20 ต่อยูคาลิปตัสร้อยละ 80 สามารถเก็บรักษาอุณหภูมิได้ดีกว่าส่วนผสมที่มียูคาลิปตัสร้อยละ 100

และจากผลการทดลอง เมื่อนำคอนกรีตบล็อกอัตราส่วน เกลือ : ยูคาลิปตัส 20 : 80 มาสร้างเป็นห้องอบและทำการวัดอุณหภูมิ 2 ส่วนคือ

1) วัดค่าผนังโดยเลือกนำผลของด้านตะวันออกที่สะสมความร้อนมาพิจารณา จะพบว่าด้านผนังทิศตะวันออกมีช่วงของการสะสมความร้อนได้ดีตลอดทั้งวันและในช่วงค่ำ ด้านทิศตะวันตกคายความร้อนได้ช้ากว่า แสดงว่า อุณหภูมิภายในห้องยังคงเก็บความร้อนไว้ได้ดี

2) วัดค่าความร้อนภายในตรงกลางห้องอบ สรุปว่าคอนกรีตบล็อกที่มีสัดส่วนของเกลือร้อยละ 20 ต่อยูคาลิปตัสร้อยละ 80 นั้นให้ค่าการหน่วงความร้อนได้ดี ยังคงเก็บรักษาอุณหภูมิภายในห้องทดลองไว้ได้หลายชั่วโมงกว่าอัตราส่วนอื่นๆ อีกทั้งยังตรงกับแนวคิดในการทำโรงอบแห้งเพื่อเก็บรักษาสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรให้แห้งได้เสมอ

สำหรับด้านการผลิต เลือกใช้วิธีการหล่อขึ้นรูป เพราะถือเป็นวิธีที่ง่ายสะดวกไม่ซับซ้อนแต่อย่างใด และส่วนผสมที่เลือกใช้คือ เกลือและใบยูคาลิปตัส ก็สามารถหาได้ง่ายและมีราคาไม่แพง จึงอาจกล่าวได้ว่าผนังคอนกรีตบล็อกแบบสะสมความร้อนนี้ เป็นทางเลือกที่ทำให้ผู้ประกอบการหรือเกษตรกรสามารถเลือกใช้วัสดุเพื่อนำไปใช้ในการเกษตรด้านการเก็บรักษาและอบแห้งได้ต่อไป

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 จากการศึกษาดูแล แผ่นตัวอย่างมีความเป็นรูพรุนหรือฟองอากาศ สาเหตุเนื่องจากการผสมคอนกรีต ดังนั้นควรระมัดระวังการกระทุ้งคอนกรีตให้ทั่วแผ่น

5.3.2 งานวิจัยนี้ต้องใช้บุคลากรปฏิบัติงานจำนวนมาก ดังนั้นหากเป็นไปได้ควรใช้เครื่องปั้นขนาดใหญ่เพื่อลดเวลาในการทำงาน

5.3.3 งานวิจัยอาจมีความเป็นไปได้ที่จะสามารถสร้างโรงเรียนให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อหาค่าที่เหมาะสมต่อไป



บรรณานุกรม

- Amouzou, K., Gnininvani, M., Kerim, B., 1986. Solar drying problem in Togo: research and development solar drying in Africa. *In: Proceedings of a Workshop held in Dakar*; p. 252–71.
- Hallack, H., Hilal, J., Hilal, F., Rahhal, R., 1996. The staircase solar dryer: design and characteristics. **Renewable Energy**.7(2):177–83.
- Janjai, S., Intawee, P., Chaichoet, C., Sawatdisawanee, Y., 2006. Development and dissemination of the SILPAKORN-TYPE solar greenhouse dryer. *In. International conference on Green and Sustainable Innovation*. November 29 -December 1, 2006 Amora Tapae Hotel, Chiangmai Thailand.
- Janjai, S., 2010. Sola radiation maps from satellite data for Thailand, Silpakorn University, Thailand.
- Koyuncu, T., 2006. An investigation on the performance improvement of greenhouse-type agricultural dryers. **Renewable Energy**.31:1055–71.
- Madhlopa, A., Jones, SA., Saka, JDK., 2002. A solar air heater with composite-absorber systems for food dehydration. **Renewable Energy**.27:27–37.
- Pangavhane, DR., Sawhney, RL., Sarsavadia, PN., 2002. Design, development and performance testing of a new natural convection solar dryer. **J. Energy**.27:579–90.
- Sarachitti, R., Chotetanorm, C., Lertsatitthanakorn, C., Rungsiyopas, M., 2011. Thermal performance analysis and economic evaluation of roof-integrated solar concrete collector, **Energy Buildings**.
- Zhang, D., Li, Z., Zhou, J., Wu, K., 2004. Development of thermal energy storage Concrete. **Cement and Concrete Research**. 34: 927–934.
- สุนันท์ ศรัณยนิติย์. การถ่ายเทความร้อน. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, 2548.
- เข้าถึงข้อมูลเมื่อวันที่ 12 ธันวาคม 2555 http://ess.geology.ufl.edu/ess/Notes/020-Intro_ESS/Fig2.html

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

หนังสือขอเข้าใช้พื้นที่ในการเก็บข้อมูล





บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ โทรศัพท์ ๙๖๓๘, ๒๒๒๕

ที่ ศธ ๐๕๓๙.๐๖/ยธ ๙๓

วันที่ ๗ มีนาคม ๒๕๕๗

เรื่อง ขอใช้สถานที่อาคาร ๑๙ ชั้นคาตฟ้า

เรียน หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

ด้วยกระผมนายธรรมมา เจียรธรวานิช ได้ทำการวิจัยโครงการ เรื่อง การพัฒนาระบบผนัง
บล็อกคอนกรีตลดความชื้นสัมพัทธ์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตผลทางการเกษตร ดังนั้น จึงขอใช้สถานที่
ชั้นคาตฟ้าอาคาร ๑๙ โดยนำชิ้นงานเพื่อทดสอบความร้อนของชิ้นงานทดสอบ ตั้งแต่วันที่ ๑๐-๒๘ มีนาคม
๒๕๕๗

จึงเรียนมาเพื่อขออนุญาต

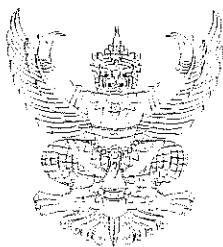
(นายธรรมมา เจียรธรวานิช)

หัวหน้าโครงการวิจัย

นายธีระพงษ์ เทพหัสดิน ณ อยุธยา

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา





ที่ ศธ ๐๕๗๙.๐๖/๑๒๒๒

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

๒ ถนนนางลิ้นจี่ แขวงทุ่งมหาเมฆ

เขตสาทร กรุงเทพฯ ๑๐๑๒๐

๒๔ มิถุนายน ๒๕๕๗

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เข้าใช้พื้นที่เพื่อทำการทดสอบ

เรียน คุณอานัติ แก้วประเสริฐ

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบรายละเอียดโรงต้นแบบ

จำนวน ๑ ชุด

ตามที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ได้ทำวิจัย เรื่อง “การพัฒนาระบบผนังบล็อกคอนกรีตลดความชื้นสัมพัทธ์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร” โดยมีอาจารย์ธรรมมา เจียรธรวานิช เป็นหัวหน้าโครงการวิจัย ในการนี้จึงขอความอนุเคราะห์เข้าใช้พื้นที่เพื่อทำการทดสอบในการวิจัยดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดอนุเคราะห์

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ธรรมมา เจียรธรวานิช)

รองคณบดีฝ่ายกิจการทั่วไป

รักษาราชการแทนคณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

โทรศัพท์ ๐ ๒๒๘๗ ๙๖๐๐ ต่อ ๗๐๗๒

โทรสาร ๐ ๒๒๘๖ ๙๖๓๘

ภาคผนวก ข

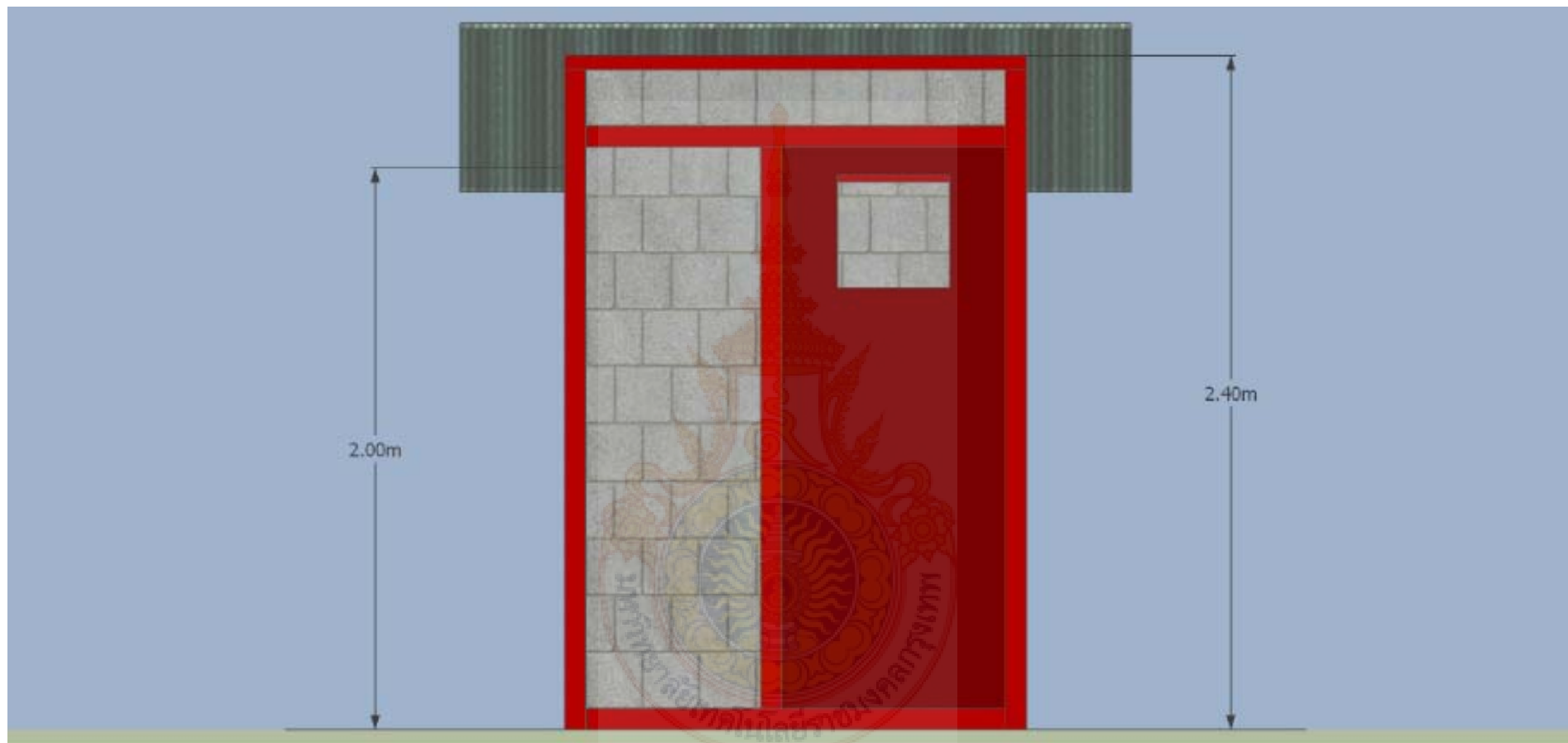
แบบรายละเอียดโครงสร้าง



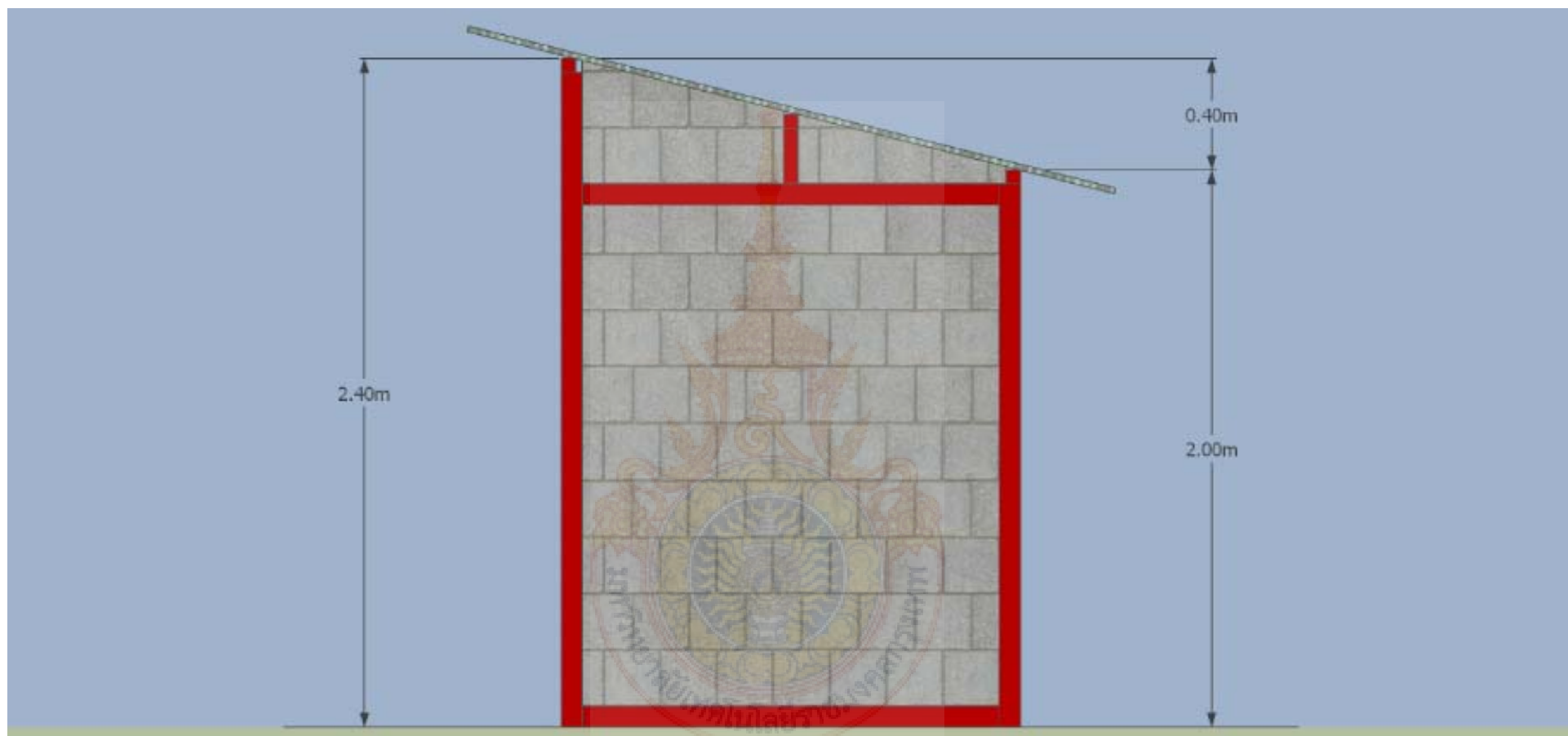
แบบรายละเอียดโรงต้นแบบ



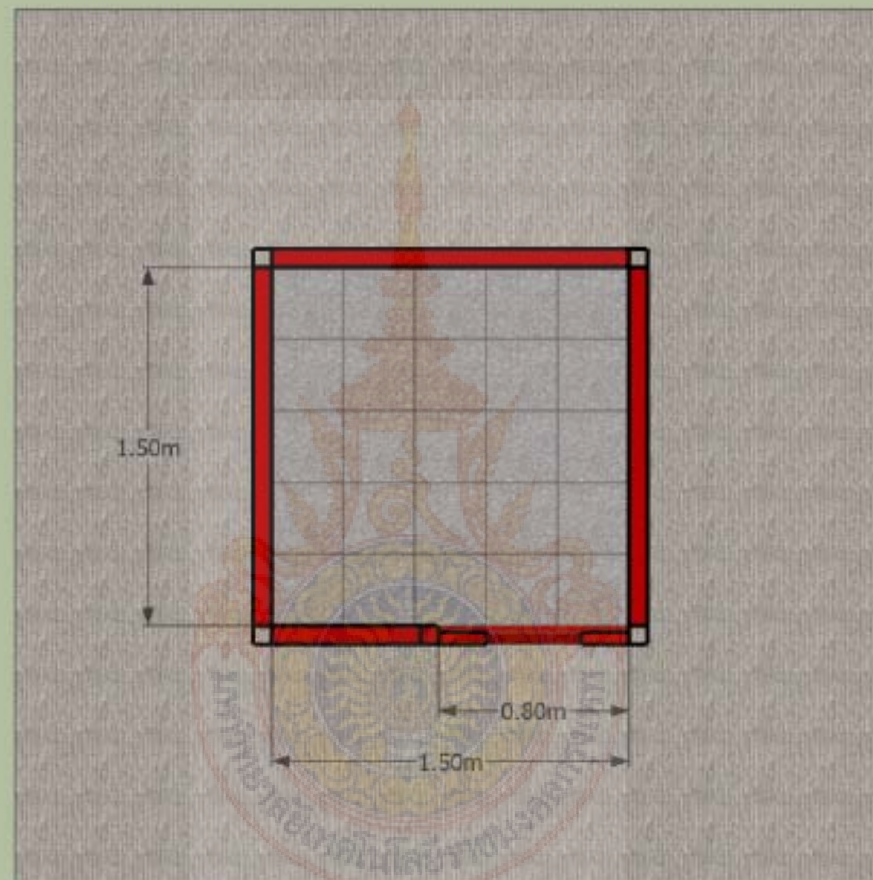
ภาพที่ ข.1 แบบรายละเอียดโรงต้นแบบ



ภาพที่ ข.2 แบบรายละเอียดโรงต้นแบบพร้อมขนาด ด้านหน้า



ภาพที่ ข.3 แบบรายละเอียดโรงต้นแบบพร้อมขนาด ด้านข้าง



ภาพที่ ข.4 แบบรายละเอียดโรงตันแบบพร้อมขนาด ด้านบน

ภาคผนวก ค

ผลการทดสอบค่าอุณหภูมิของการทดลองของโรงอบที่ทำจากคอนกรีตบล็อกธรรมดา
และที่ทำจากคอนกรีตบล็อกที่มีส่วนผสมของเกลือกักับใบยูคาลิปตัส (20 : 80)

ตารางที่ ค.1 ค่าอุณหภูมิของการทดลองของโรงอบที่ทำจากคอนกรีตบล็อกธรรมดา วันที่ 1

วันที่ 1					
เวลา	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	อุณหภูมิภายนอก
9.00	44.30	44.20	42.00	38.20	29.00
9.30	50.40	49.30	46.30	35.60	30.30
10.00	52.40	48.30	45.60	42.80	31.00
10.30	48.90	47.50	46.20	48.70	36.60
11.00	50.80	48.70	50.00	49.80	35.10
11.30	51.50	51.60	51.90	50.90	33.50
12.00	52.10	52.90	52.00	51.50	38.50
12.30	52.10	51.10	51.90	51.00	37.80
13.00	52.10	51.90	50.10	51.90	36.90
13.30	50.00	50.50	49.00	52.00	42.00
14.00	45.00	50.00	50.00	52.40	45.20
14.30	44.50	51.90	51.50	52.90	35.50
15.00	44.00	52.10	52.00	53.00	38.50
15.30	43.50	51.00	51.00	52.00	45.20
16.00	43.00	50.00	51.90	51.00	48.20
16.30	42.90	43.00	50.00	50.90	36.10
17.00	42.00	42.00	49.00	49.00	33.50
17.30	41.00	40.90	40.50	40.50	33.00
18.00	39.50	38.50	39.00	39.00	32.50
18.30	39.30	37.00	38.00	38.50	30.40
19.00	39.00	36.00	37.00	37.90	29.70
19.30	35.90	35.00	35.00	36.50	29.00
20.00	35.50	34.90	33.90	35.90	28.50
20.30	34.00	33.00	32.00	34.50	28.30
21.00	32.00	32.50	31.80	33.00	28.00

ตารางที่ ค.2 ค่าอุณหภูมิของการทดลองของโรงอบที่ทำจากคอนกรีตบล็อกธรรมดา วันที่ 2

วันที่ 2					
เวลา	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	อุณหภูมิภายนอก
9.00	37.80	37.20	38.80	31.60	29.50
9.30	38.10	36.50	37.50	31.70	30.50
10.00	38.70	38.80	36.10	31.90	31.10
10.30	40.20	41.70	38.60	34.00	36.60
11.00	40.90	41.90	39.80	34.10	35.00
11.30	41.10	42.00	40.50	34.80	33.00
12.00	41.90	40.80	40.20	36.00	38.50
12.30	42.00	40.90	40.30	35.00	37.50
13.00	42.90	41.90	40.40	35.50	36.70
13.30	43.50	43.50	41.80	38.50	42.80
14.00	44.60	42.00	41.80	39.50	42.50
14.30	45.70	42.80	41.90	40.50	42.70
15.00	43.00	42.90	41.90	41.90	43.00
15.30	42.30	41.40	38.50	39.00	40.20
16.00	43.40	39.60	38.30	37.40	38.90
16.30	39.40	38.80	37.90	35.90	38.10
17.00	37.40	37.30	37.10	37.00	37.60
17.30	36.90	36.90	37.00	36.90	34.00
18.00	36.10	35.90	36.90	32.70	33.50
18.30	34.90	34.60	36.00	32.00	32.90
19.00	33.50	33.40	35.90	31.90	30.50
19.30	33.00	32.90	34.90	31.50	29.80
20.00	32.50	32.40	33.50	31.00	29.50
20.30	32.00	31.90	32.50	30.50	29.00
21.00	31.70	31.00	32.00	30.00	28.50

ตารางที่ ค.3 ค่าอุณหภูมิของการทดลองของโรงอบที่ทำจากคอนกรีตบล็อกธรรมดา วันที่ 3

วันที่ 3					
เวลา	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	อุณหภูมิภายนอก
9.00	38.20	35.40	32.20	29.60	29.50
9.30	38.40	35.70	32.80	30.00	29.80
10.00	38.50	36.00	33.50	30.20	30.10
10.30	39.10	37.00	35.80	32.20	31.80
11.00	39.60	38.40	36.20	32.10	31.10
11.30	38.90	37.90	36.50	31.90	31.60
12.00	42.00	39.70	37.70	32.30	33.20
12.30	39.90	38.10	36.50	32.10	32.50
13.00	40.30	38.50	36.90	31.60	32.30
13.30	40.90	38.80	37.30	32.40	33.90
14.00	35.90	35.70	35.00	31.20	28.40
14.30	35.60	34.30	33.20	24.70	26.50
15.00	34.50	32.90	32.10	26.30	26.40
15.30	35.10	32.10	30.30	25.80	26.60
16.00	31.80	31.80	29.80	24.80	25.70
16.30	32.70	32.50	30.90	25.90	26.40
17.00	32.50	32.40	30.70	25.80	26.90
17.30	32.00	32.60	30.20	29.10	27.00
18.00	31.90	30.70	30.80	29.40	26.70
18.30	31.00	29.80	30.80	29.00	26.50
19.00	30.90	29.00	29.90	28.60	25.90
19.30	30.00	28.50	29.50	27.30	25.50
20.00	29.50	28.30	29.00	27.50	25.00
20.30	29.00	28.20	28.50	27.90	24.90
21.00	28.50	28.00	28.50	28.00	24.00

ตารางที่ ค.4 ค่าอุณหภูมิของการทดลองของโรงอบที่ทำจากคอนกรีตบล็อกธรรมดา วันที่ 4

วันที่ 4					
เวลา	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	อุณหภูมิภายนอก
9.00	39.80	34.40	31.00	29.60	29.50
9.30	39.50	37.50	31.90	30.50	29.80
10.00	38.50	37.90	32.50	31.00	30.10
10.30	38.00	38.90	32.80	31.90	31.80
11.00	37.90	39.00	33.90	32.50	31.10
11.30	38.50	39.50	35.90	32.70	31.60
12.00	39.00	40.90	39.50	33.90	31.80
12.30	41.90	41.00	40.00	34.00	31.90
13.00	42.80	41.10	39.40	34.10	32.80
13.30	41.90	41.50	38.70	33.90	32.50
14.00	40.70	39.40	38.10	33.10	31.00
14.30	39.70	38.90	37.30	32.70	29.80
15.00	39.90	37.30	36.60	32.40	29.30
15.30	38.90	35.40	34.90	32.10	28.70
16.00	36.40	33.70	32.40	31.70	28.00
16.30	34.50	32.60	32.40	30.10	27.60
17.00	33.80	31.90	30.80	30.30	27.80
17.30	35.70	31.00	31.20	29.30	27.20
18.00	31.10	30.90	31.00	29.50	27.00
18.30	31.90	30.50	30.90	29.00	26.90
19.00	30.50	30.00	30.50	28.90	26.80
19.30	30.00	29.90	30.00	28.50	26.70
20.00	29.50	29.50	29.50	28.00	26.60
20.30	29.00	29.10	29.00	27.90	26.50
21.00	28.50	28.60	28.50	27.50	26.00

ตารางที่ ค.5 ค่าอุณหภูมิของการทดลองของโรงอบที่ทำจากคอนกรีตบล็อกธรรมดา วันที่ 5

วันที่ 5					
เวลา	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	อุณหภูมิภายนอก
9.00	37.30	37.00	38.90	31.90	29.40
9.30	38.10	36.50	37.50	32.70	30.50
10.00	38.70	38.80	36.10	32.90	31.10
10.30	40.20	41.70	38.60	34.00	36.50
11.00	40.90	41.90	39.80	34.10	35.90
11.30	41.90	42.00	40.90	34.10	36.90
12.00	42.90	44.90	41.10	35.00	37.90
12.30	45.90	45.00	41.50	35.00	38.00
13.00	46.20	45.20	41.60	35.60	38.40
13.30	46.00	45.10	40.90	35.30	32.00
14.00	45.70	44.50	40.10	35.40	38.50
14.30	45.20	43.80	39.40	34.70	37.40
15.00	46.40	44.20	40.20	38.50	35.00
15.30	48.40	41.00	39.10	32.60	33.40
16.00	41.10	38.70	36.60	31.50	32.20
16.30	37.70	36.70	35.70	29.30	30.40
17.00	35.40	34.90	34.40	30.90	28.30
17.30	34.70	33.40	32.80	29.70	27.90
18.00	33.90	35.00	32.70	30.50	28.90
18.30	33.50	35.30	32.50	32.90	30.00
19.00	32.90	33.40	32.00	32.00	29.70
19.30	32.70	33.00	31.90	31.90	29.00
20.00	32.50	32.50	31.50	31.80	28.90
20.30	32.00	32.00	30.90	31.60	28.50
21.00	31.00	31.50	30.80	31.00	28.00

ตารางที่ ค.6 ค่าอุณหภูมิของการทดลองของโรงอบที่ทำจากคอนกรีตบล็อกที่มีส่วนผสมของเกลือ กับ
ใบยูลิปตัส (20 : 80) วันที่ 1

วันที่ 1					
เวลา	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	อุณหภูมิภายนอก
9.00	39.20	40.30	39.50	36.70	30.70
9.30	40.20	39.70	37.90	36.80	31.20
10.00	40.90	40.50	39.20	37.40	30.80
10.30	41.10	39.80	37.20	35.60	30.40
11.00	42.30	41.80	40.30	38.40	31.20
11.30	43.80	40.30	40.20	39.80	32.70
12.00	49.70	47.60	46.30	41.40	34.20
12.30	49.40	47.20	46.80	41.70	34.80
13.00	43.70	39.80	45.60	40.20	33.60
13.30	41.70	39.80	38.60	35.40	31.80
14.00	41.30	40.10	37.30	34.60	30.30
14.30	43.40	42.10	43.40	39.70	29.90
15.00	43.50	42.70	42.50	38.40	28.70
15.30	39.20	38.40	39.40	35.80	27.40
16.00	38.30	37.60	37.80	33.30	26.80
16.30	36.70	35.40	35.70	32.60	26.30
17.00	32.50	30.30	33.50	29.80	26.00
17.30	31.10	29.90	30.20	27.40	25.10
18.00	30.00	30.00	29.70	26.20	24.40
18.30	29.40	29.10	28.00	25.70	22.80
19.00	28.50	28.40	28.50	25.30	23.10
19.30	28.20	27.80	27.70	24.90	23.10
20.00	27.60	27.20	26.80	24.50	22.00
20.30	27.20	27.00	26.50	24.00	22.00
21.00	27.00	26.50	26.30	24.00	22.10

ตารางที่ ค.7 ค่าอุณหภูมิของการทดลองของโรงอบที่ทำจากคอนกรีตบล็อกที่มีส่วนผสมของเกล็ด กับ
ใบยูคาลิปตัส (20 : 80) วันที่ 2

วันที่ 2					
เวลา	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	อุณหภูมิภายนอก
9.00	37.10	36.70	35.40	31.30	26.80
9.30	43.80	40.20	42.80	39.60	28.20
10.00	44.20	42.40	40.30	37.40	29.70
10.30	39.60	40.10	38.90	35.20	30.40
11.00	41.10	40.80	38.50	36.30	31.30
11.30	40.50	39.70	37.30	34.70	30.80
12.00	45.20	44.30	42.60	37.20	32.60
12.30	48.80	48.60	45.50	37.90	34.60
13.00	43.70	42.80	40.70	34.30	34.20
13.30	49.40	47.40	44.30	40.30	33.70
14.00	50.00	47.90	49.50	47.40	33.90
14.30	42.30	40.70	38.30	38.70	34.30
15.00	41.20	38.40	36.70	34.30	31.60
15.30	42.60	40.60	37.50	33.20	29.30
16.00	42.10	44.30	38.60	34.80	30.50
16.30	39.40	37.40	35.30	32.70	28.90
17.00	33.20	30.60	31.50	28.50	27.40
17.30	32.80	29.40	30.20	27.40	26.70
18.00	31.40	30.70	32.20	27.30	26.20
18.30	31.20	32.40	29.40	28.30	25.40
19.00	32.30	30.80	29.80	25.60	24.60
19.30	30.60	29.20	27.30	26.60	23.80
20.00	29.70	27.60	26.30	25.70	23.40
20.30	29.50	27.40	26.00	25.20	23.00
21.00	29.30	27.00	25.80	25.00	22.90

ตารางที่ ค.8 ค่าอุณหภูมิของการทดลองของโรงอบที่ทำจากคอนกรีตบล็อกที่มีส่วนผสมของเกล็ด กับ
ใบยูคาลิปตัส (20 : 80) วันที่ 3

วันที่ 3					
เวลา	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	อุณหภูมิภายนอก
9.00	42.60	40.30	37.30	34.70	29.40
9.30	42.80	40.90	41.30	38.30	29.80
10.00	42.50	43.70	38.90	37.70	30.30
10.30	44.10	42.40	42.30	39.80	31.60
11.00	42.50	40.70	42.30	37.50	30.90
11.30	43.60	41.40	41.30	38.20	32.70
12.00	48.80	45.40	44.20	41.30	34.50
12.30	49.30	47.70	48.30	43.60	35.20
13.00	44.70	40.30	43.70	40.50	33.80
13.30	43.80	44.70	41.70	39.60	33.40
14.00	43.60	40.30	38.50	37.30	32.70
14.30	44.70	42.60	40.60	38.40	33.20
15.00	42.40	40.80	39.20	34.30	30.50
15.30	44.60	41.60	40.90	37.50	29.80
16.00	44.40	43.50	40.10	37.80	28.40
16.30	40.70	37.80	39.30	35.40	27.60
17.00	32.20	33.90	30.10	27.60	25.60
17.30	31.60	29.30	27.50	25.30	25.10
18.00	32.10	31.90	30.40	27.20	24.30
18.30	30.40	29.30	27.30	28.60	24.00
19.00	28.80	29.30	26.50	28.90	23.80
19.30	28.20	27.30	28.50	28.30	23.40
20.00	29.20	28.60	25.60	26.60	24.60
20.30	28.70	28.30	25.10	26.20	24.00
21.00	28.50	28.10	25.00	26.10	23.80

ตารางที่ ค.9 ค่าอุณหภูมิของการทดลองของโรงอบที่ทำจากคอนกรีตบล็อกที่มีส่วนผสมของเกล็ด กับ
ใบยูคาลิปตัส (20 : 80) วันที่ 4

วันที่ 4					
เวลา	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	อุณหภูมิภายนอก
9.00	42.10	40.30	39.70	35.30	31.40
9.30	44.40	43.50	40.20	34.40	33.40
10.00	49.70	45.60	43.40	41.70	34.80
10.30	48.60	48.10	45.60	42.40	32.20
11.00	50.00	48.30	46.70	43.70	34.60
11.30	50.70	49.70	44.60	41.20	35.30
12.00	52.10	51.70	48.20	47.30	36.70
12.30	56.40	55.60	50.60	48.60	38.20
13.00	54.80	53.20	51.50	49.50	37.60
13.30	45.30	40.60	44.30	39.20	33.20
14.00	51.50	48.40	45.70	41.20	35.70
14.30	49.80	47.30	45.30	42.10	36.30
15.00	45.10	40.30	41.60	38.70	33.80
15.30	48.70	45.80	42.20	41.36	35.10
16.00	42.60	37.50	34.60	30.80	33.30
16.30	40.90	39.20	37.50	34.30	31.80
17.00	38.30	35.70	35.30	30.40	30.50
17.30	40.10	37.50	33.40	39.10	30.80
18.00	37.40	36.40	34.30	30.70	28.60
18.30	37.80	37.00	35.70	33.20	29.10
19.00	35.60	33.80	30.50	30.10	28.60
19.30	34.90	30.10	27.00	31.20	28.60
20.00	34.00	32.40	29.50	32.30	28.40
20.30	33.50	32.00	29.10	31.80	28.20
21.00	33.30	31.70	29.00	31.60	28.00

ตารางที่ ค.10 ค่าอุณหภูมิของการทดลองของโรงอบที่ทำจากคอนกรีตบล็อกที่มีส่วนผสมของเกล็ด
กับใบยูคาลิปตัส (20 : 80) วันที่ 5

วันที่ 5					
เวลา	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	อุณหภูมิภายนอก
9.00	37.80	35.40	33.50	30.80	28.40
9.30	39.40	37.70	33.40	29.40	30.10
10.00	39.60	37.20	34.70	31.10	29.80
10.30	43.20	40.10	36.30	32.40	31.40
11.00	45.10	44.30	41.60	39.20	33.70
11.30	44.80	40.50	41.30	37.60	33.20
12.00	49.60	47.30	45.60	39.20	35.40
12.30	45.30	44.30	41.60	34.30	32.50
13.00	50.00	45.60	47.20	42.80	34.30
13.30	45.70	43.20	41.80	38.50	33.80
14.00	48.00	41.20	40.80	39.50	34.60
14.30	41.30	39.70	38.50	37.20	32.20
15.00	43.80	40.90	37.40	38.50	33.40
15.30	44.60	41.50	38.70	36.50	32.60
16.00	42.50	40.30	37.60	35.30	31.00
16.30	41.00	39.80	36.50	34.20	29.50
17.00	39.30	36.50	33.60	31.80	29.10
17.30	38.30	35.90	32.60	30.40	28.40
18.00	37.40	34.20	31.80	29.70	27.50
18.30	33.80	30.60	29.30	28.50	27.30
19.00	33.60	30.20	28.40	27.90	28.60
19.30	32.30	29.50	27.30	25.80	26.30
20.00	33.10	27.30	25.80	24.70	27.10
20.30	32.60	27.00	25.60	24.20	26.50
21.00	32.50	27.00	25.50	24.00	26.30

ภาคผนวก ง

ผลการทดสอบค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

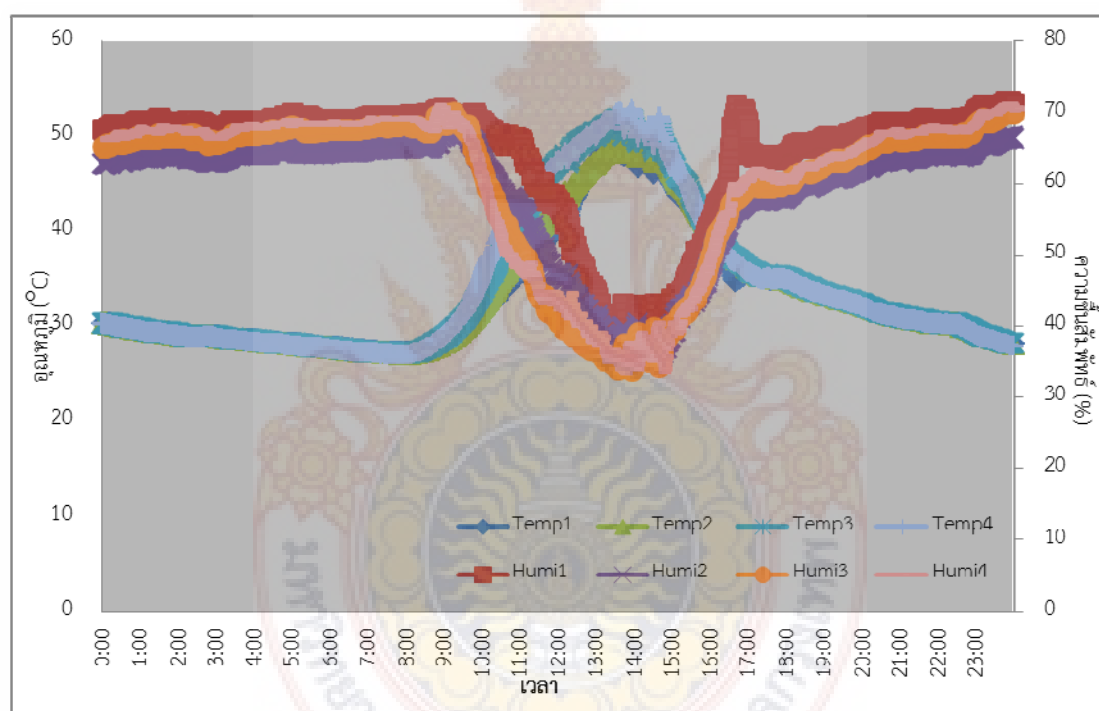
ภายในโรงอบแห้งจำลอง กรณีที่ฝนไม่ตกและฝนตก



ผลการทดสอบค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

ภายในโรงอบแห้งจำลอง กรณีที่ฝนไม่ตกและฝนตก

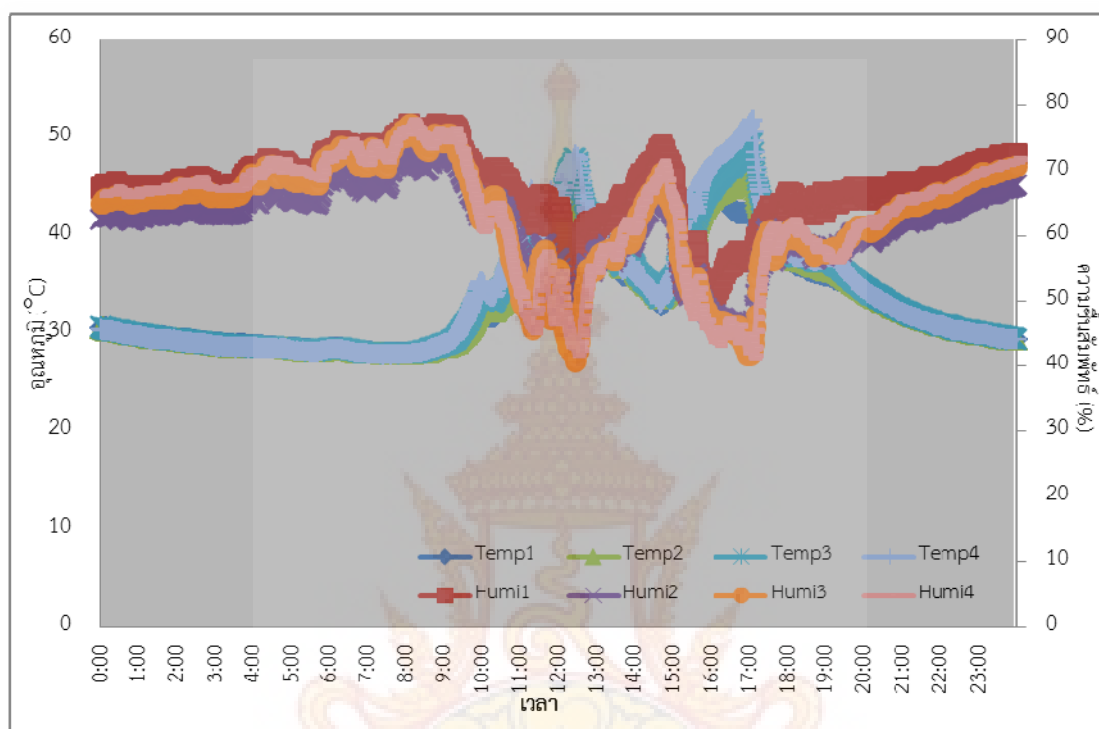
เป็นการบันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของโรงอบแห้งจำลองทั้ง 4 จุด ตลอดเวลา 1 วัน โดยเครื่องเริ่มบันทึกค่าตั้งแต่เวลา 0.00 น. จนถึงเวลา 23.59 น. โดยทำการเก็บข้อมูลในวันปกติที่ฝนไม่ตก และในวันที่มีฝนตก สามารถสรุปผลจากการบันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของโรงอบแห้งจำลองทั้ง 4 จุด ในวันปกติที่ฝนไม่ตก และวันที่ฝนตก แสดงความสัมพันธ์ได้ดังภาพที่ ง.1 และภาพที่ ง.2 ตามลำดับ



ภาพที่ ง.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบแห้งจำลอง ในช่วงเวลาปกติ

จากภาพที่ ง.1 เป็นค่าที่วัดได้จากช่วงเวลาปกติในวันที่ฝนไม่ตก พบว่าช่วงของตำแหน่งการวัดค่าอุณหภูมิร่วมในแต่ละจุดไม่มีความแตกต่างกัน และยังพบอีกว่าอุณหภูมิที่ได้เริ่มสะสมสูงขึ้นตั้งแต่เวลา 9.00 น. – 17.00 น.

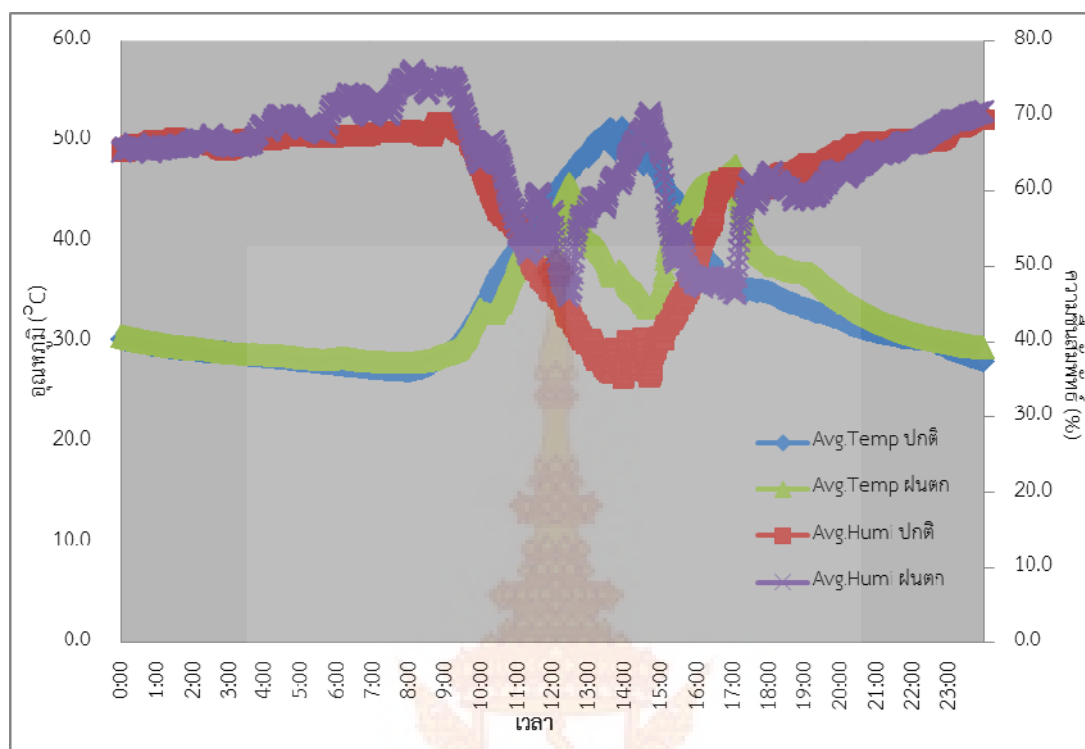
และส่งผลให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ลดลง เป็นไปในลักษณะแปรผกผันกัน สำหรับค่าความชื้นในตอนกลางคืนอยู่ที่ระดับร้อยละ 60-70 ถือเป็นช่วงของความชื้นปกติที่เกิดขึ้นในสภาวะทั่วไป



ภาพที่ ง.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบแห้งจำลองในช่วงเวลาฝนตก

จากภาพที่ ง.2 พบว่าช่วงของวันที่มีฝนตกทำให้อุณหภูมิภายในโรงอบแห้งจำลองลดลงทุกจุดภายในโรงอบ จากนั้นยังส่งผลให้ค่าความชื้นภายในโรงอบนั้นสูงขึ้น และเมื่อฝนหยุดตกอุณหภูมิภายในโรงอบแห้งจำลองก็สูงขึ้นเป็นปกติ

เมื่อเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบแห้งจำลองของทั้งวันปกติที่ฝนไม่ตกกับวันที่ฝนตก สามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ดังภาพที่ ง.3



ภาพที่ ง.3 เปรียบเทียบค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบแห้งจำลอง
ของวันปกติกับวันที่ฝนตก

จากภาพที่ ง.3 พบว่าทั้งค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบแห้งจำลองในวันปกติกับวันที่ฝนตก จะแตกต่างกันในช่วงที่เกิดฝนตก แต่ในช่วงเวลาก่อนหรือหลังฝนตกทั้งค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์จะเป็นปกติ ไม่แตกต่างกัน

ทั้งนี้จากผลการทดลองเก็บค่าความชื้นสัมพัทธ์และการวัดค่าอุณหภูมิภายในโรงอบแห้งจำลอง สามารถสรุปได้ว่า ช่วงเวลากลางวันตั้งแต่เวลา 12.00 น. เป็นต้นไป เป็นช่วงที่มีค่าอุณหภูมิสูง ซึ่งทั้งนี้ช่วงอุณหภูมิที่สูงขึ้น ส่งผลให้ค่าความชื้นในโรงอบแห้งจำลองลดลงจากช่วงเวลากลางคืน นั้นเป็นเพราะการวัดความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) คือการวัดอัตราส่วน (เป็นค่าร้อยละ) ของจำนวนไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศในขณะนั้น ต่อจำนวนไอน้ำที่อาจจะมียู่ได้เมื่ออากาศนั้นอิ่มตัวด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิเดียวกัน เพราะช่วงเวลากลางวันอากาศที่สูงขึ้น สามารถรับความชื้นในอากาศในปริมาณที่มากทำให้ความชื้นโดยรวมบริเวณโรงอบแห้งจำลองลดต่ำลง

ซึ่งสามารถอธิบายเพิ่มเติมได้ว่า คอนกรีตบล็อกนั้นมีความเป็นรูพรุนสูงส่งผลให้การส่งผ่านความชื้นจากภายนอกสู่ภายในทำได้ง่าย จึงส่งผลให้ค่าความชื้นไม่ได้ลดลงมากเท่าที่ควร แต่สืบเนื่องจากที่ผนังโรงอบแห้งจำลอง นั้นได้ผสมเกลือลงไปทำให้การสะสมความร้อนและการดูดความชื้นภายในโรงอบแห้งทำได้รวดเร็ว

การวิเคราะห์เพื่อหาค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบแห้งจำลองมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกันหรือไม่ และสามารถนำไปวิเคราะห์หาสมการพยากรณ์ความชื้นสัมพัทธ์ได้เมื่อทราบค่าอุณหภูมิ โดยใช้การวิเคราะห์สมการถดถอย (Regression Analysis) โดยมีตัวแปรตาม คือความชื้นสัมพัทธ์ และตัวแปรอิสระ คืออุณหภูมิ ซึ่งนำเสนอผลการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

ตารางที่ ง.1 ผลการวิเคราะห์สมการถดถอยของความชื้นสัมพัทธ์กับอุณหภูมิภายในโรงอบแห้ง

ตัวแปรอิสระ	Coef	SE Coef	T	P
Constant	107.879	0.159	679.44	0.000*
อุณหภูมิ	-1.39426	0.00459	-303.90	0.000*
S =	2.48780			
R ² =	94.1%			
Adjust R ² =	94.1%			

* มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ ง.1 ผลการวิเคราะห์สมการถดถอยระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับอุณหภูมิภายในโรงอบแห้งพบว่า อุณหภูมิมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งมีผลอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 และสมการความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับอุณหภูมิภายในโรงอบแห้งสามารถอธิบายได้ร้อยละ 94.1

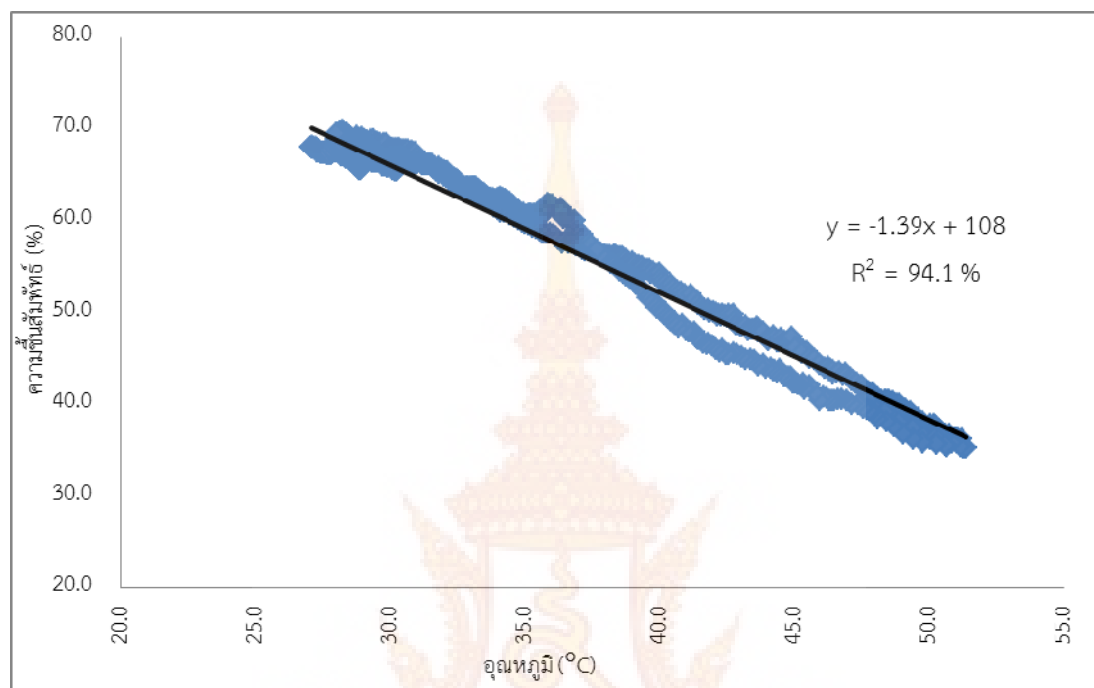
จากผลการวิเคราะห์ ได้สมการถดถอยเพื่อพยากรณ์ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบแห้งจำลอง ดังนี้

$$\text{ความชื้นสัมพัทธ์} = 108 - 1.39 (\text{อุณหภูมิ})$$

ตัวอย่างการพยากรณ์ความชื้นสัมพัทธ์จากสมการถดถอย เช่น วัดค่าอุณหภูมิได้ 32 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิ = 32) จะได้ค่าประมาณการของความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับร้อยละ 63.52 ได้จากการแทนค่าดังนี้

$$\text{ความชื้นสัมพัทธ์} = 108 - 1.39 (32) = 63.52$$

และแสดงผลด้วยกราฟความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง ดังภาพที่ ง.4



ภาพที่ ง.4 ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายใน
โรงอบแห้งจำลอง

ภาคผนวก จ

ผลการวิเคราะห์ผ่านโปรแกรมทางสถิติ



8/1/2014 4:58:22 PM

Welcome to Minitab, press F1 for help.

Two-way ANOVA: อุณหภูมิ versus ประเภท, เวลา

Source	DF	SS	MS	F	P
ประเภท	9	121.150	13.4611	24.27	0.000
เวลา	5	117.973	23.5947	42.54	0.000
Error	45	24.961	0.5547		
Total	59	264.084			

S = 0.7448 R-Sq = 90.55% R-Sq(adj) = 87.61%

8/29/2014 3:45:19 PM

Welcome to Minitab, press F1 for help.

Two-way ANOVA: ความแตกต่างของอุณหภูมิ versus สูตร, เวลา

Source	DF	SS	MS	F	P
ประเภท	4	36.53	9.132	5.27	0.001
เวลา	24	4360.16	181.673	104.87	0.000
Error	96	166.31	1.732		
Total	124	4563.00			

S = 1.316 R-Sq = 96.36% R-Sq(adj) = 95.29%

8/30/2014 6:01:27 PM

Welcome to Minitab, press F1 for help.

Two-way ANOVA: ความแตกต่างอุณหภูมิ versus ประเภท, เวลา.

Source	DF	SS	MS	F	P
ประเภท	1	65.666	65.6658	27.84	0.000
เวลา.	24	167.670	6.9862	2.96	0.005
Error	24	56.609	2.3587		
Total	49	289.945			

S = 1.536 R-Sq = 80.48% R-Sq(adj) = 60.14%

8/30/2014 10:30:19 PM

Welcome to Minitab, press F1 for help.

Regression Analysis: ความชื้น versus อุณหภูมิ

The regression equation is

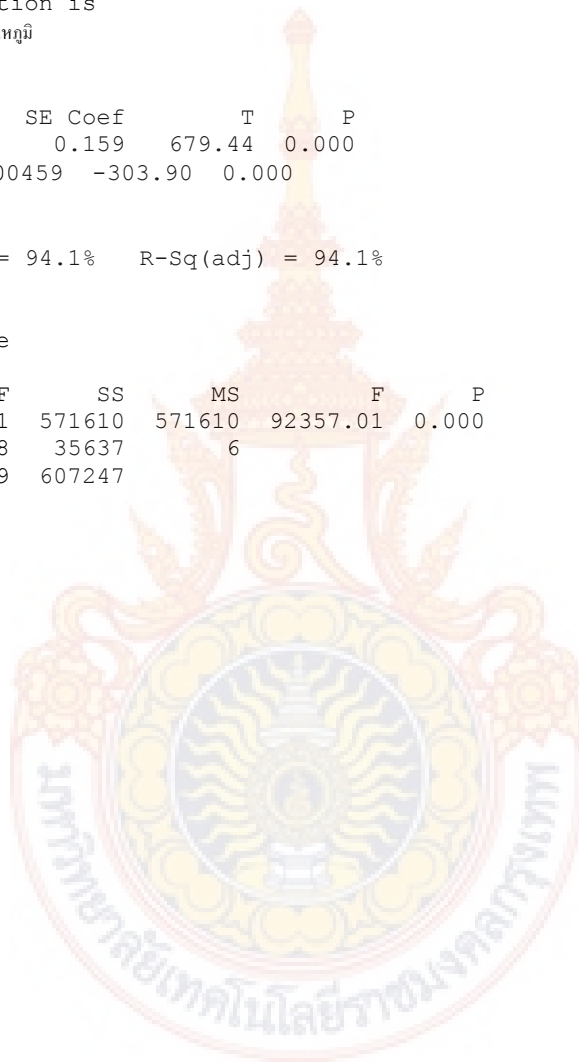
$$\text{ความชื้น} = 108 - 1.39 \text{ อุณหภูมิ}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	107.879	0.159	679.44	0.000
อุณหภูมิ	-1.39426	0.00459	-303.90	0.000

S = 2.48780 R-Sq = 94.1% R-Sq(adj) = 94.1%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	571610	571610	92357.01	0.000
Residual Error	5758	35637	6		
Total	5759	607247			



ภาคผนวก ฉ

ภาพตำแหน่งวัดความชื้นภายในโรงอบแห้ง





ภาพที่ ฉ.1 ตำแหน่งวัดความชื้นภายในโรงอบแห้ง

ภาคผนวก ข

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก 58-2533

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุงานก่อซึ่งทำด้วย
คอนกรีต 109-2517

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ 15 เล่ม 1-2547

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น 378-2531

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ผสม 80-2550

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมวลผสมคอนกรีต 566-2528

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น 378-2531