รายงานการวิจัย

โครงการวิจัยและพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์อาหารตามนโยบายหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ จังหวัดนครนายก

เรื่อง การออกแบบและพัฒนาตู้อบลมร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

ชื่อผู้วิจัย
สินศุภา จุ้ยจุลเจิม

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์

กันยายน 2546

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากทบวงมหาวิทยาลัย ปีงบประมาณ 2545

หอสมุด มศว องครักษ์
http://oklib.swu.ac.th
6641000 ต่อ 1250-6

TP363
ธ726
2546

101450

บทคัดย่อ

การถนอมอาหารด้วยการตากแห้งเป็นวิธีที่รู้จักกันมานาน โดยใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์เพื่อลดความชื้นในอาหาร โดยมีจุดมุ่งหมายที่จะลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ผลไม้แช่อิ่มอบแห้งเป็นหนึ่งในสินค้าในโครงการหนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์ ของจังหวัดนครนายก ที่ใช้วิธีการอบแห้งนี้ แต่จากการวิเคราะห์จุดอ่อนจุดแข็งของผลิตภัณฑ์นี้ พบว่าวิธีการอบแห้งที่ใช้อยู่ คือการตากแดด ต้องขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ ปัญหาที่พบคือไม่สามารถอบแห้งได้ในหน้าฝน หรือต้องใช้เวลาในการตากนานขึ้น รวมทั้งผลิตภัณฑ์มีโอกาสปนเปื้อนฝุ่นละอองหรือเศษเถ้าจากการเผาหญ้าในหน้าแล้ง

จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้คือการออกแบบ และพัฒนาต้นแบบตู้อบแห้งลมร้อนโดยใช้แสงอาทิตย์เพื่อลดปัญหาดังกล่าว ตู้อบแห้งนี้ประกอบด้วย ตัวตู้ที่มีตะแกรงตากผลไม้ 5 ชั้น มีแผงรับรังสีความร้อนติดกับตัวตู้ และมีแผงผลิตไฟฟ้ากระแสตรงด้วยแสงอาทิตย์ (แผงโซลาร์ เซลล์) ในตู้จะมีพัดลมทำหน้าที่หมุนเวียนอากาศร้อนโดยพัดลมนี้จะใช้ไฟฟ้ากระแสตรงที่ผลิตได้จากโซลาร์ เซลล์เป็นแรงขับเคลื่อน อุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อบจะอยู่ในช่วง 40 – 55 องศาเซลเซียสซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิห้อง ลมร้อนที่หมุนเวียนในตู้จะมีความเร็วลมประมาณ 1 เมตรต่อวินาที ซึ่งจะช่วยเพิ่มอัตราการอบแห้ง ผลไม้ที่ใช้เป็นตัวอย่างในการทดลองคือมะดันดองในน้ำเกลือ (ตัวอย่างจากกลุ่มแม่บ้านตำบลสาริกา) ซึ่งปกติจะใช้เวลาในการตากประมาณ 3 วัน แต่เมื่อนำมะดันไปอบแห้ง ในตู้อบลมร้อนพลังแสงอาทิตย์ พบว่าความชื้นในมะดันลดลงจากความชื้นเริ่มต้น 85% เหลือความชื้น 20% ภายในระยะเวลา 36 ชั่วโมง อัตราการอบแห้งโดยใช้ตู้อบนี้จะสูงกว่าอัตราการอบแห้งโดยวิธีเดิม ระยะเวลาที่อบแห้งลดลงเหลือประมาณ 60% นอกจากนี้การใช้ตะแกรงตาก 5 ชั้นซ้อนกันจะช่วยลดพื้นที่ที่ใช้ในการตากลงได้มากกว่า 50%

26 พ.ค. 2547

Abstract

Drying is a conventional method in food preservation. Heat from the sun or solar energy reduces moisture content in food stuff, so as to minimize micro-organism growth. Sugar preserved dried fruit is one of the OTOP (one tumbon one product) product in Nakornnayok province. However, the process of drying needs to be developed. Due to the SWOT analysis results, the conventional drying method suffers from weather conditions e.g. rain, dust contamination, and time consuming.

The objective of the project was to construct a prototype solar dryer for sugar preserved dried fruit and other agricultural products in order to solve the problems. The solar dryer consisted of a 5-storey cabinet with a collector, and a solar cell unit. The dryer also had two electrical fan for air ventilation driven by direct electrical current produced from the solar cell unit. Average temperatures inside the drying cabinet were in a range of 40 to 55 degree Celsius, which were higher than average ambient temperatures. Also, airflow inside the cabinet at a rate of about 1 m/s increased the drying rate. Moisture contents of fruit samples ware reduced from 85 % to 20% within 36 hours. The drying rate achieved in the experiments was higher than the rate obtained from the conventional drying method. In addition, the drying time was reduced from 3 days to 2 days. Moreover, 5-storey tray reduced area used in drying by more than 50%.

กิติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอบอบคุณ ทบวงมหาวิทยาลัย ที่เป็นผู้ให้ทุนอุดหนุนงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณ ดร. พิชัย อัษฎมงคล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ผศ.ดร.ธานี ทับทิมโต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี ผศ.ดร.ปาริฉัตร หงสกุล ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ ที่ได้ให้คำวิจารณ์ และคำแนะนำที่มีประโยชน์ นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ของภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลและภาควิชาวิชาวิศวกรรมเคมีที่ได้ช่วยในการเตรียมงานและอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ในการประกอบและการวิเคราะห์ต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย ผู้วิจัยขอขอบคุณนิสิตภาควิชาวิศวกรรมเคมีที่ได้ช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยดี

สินศุภา จุ้ยจุลเจิม

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ความสำคัญ	1
เป้าหมาย	1
วัตถุประสงค์	2
วิธีดำเนินการวิจัย	2
2 ทฤษฎี	3
ภูมิอากาศของประเทศไทย	3
การรับพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์	4
แผงรับรังสีที่ใช้อากาศเป็นตัวพาความร้อน	5
3 การออกแบบ	7
การออกแบบตู้อบลมร้อน	7
การเลือกใช้วัสดุในการทำตู้อบลมร้อน	9
4 ผลการวิจัยและสรุปผลการทดลอง	11
บรรณานุกรม	16
ภาคผนวก ภาพสามมิติและภาพฉายของตู้อบลมร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	17
ประวัติย่อผู้วิจัย	

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 ค่าเฉลี่ยของพลังงานจากรังสีความร้อนในเขตกรุงเทพ ตั้งแต่ มค.ถึง ธค. ปี ค.ศ.1990 3

2.2 ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในเขตกรุงเทพ ช่วงปี ค.ศ. 1961-1990 3

2.3 แสดงชุดแผงรับรังสีความร้อนโดยมีแผ่นรับรังสีอยู่ส่วนกลาง 5

3.1 แสดงตู้อบลมร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ 7

3.2 แสดงภาพการวัดและการแสดงผลของอุณหภูมิภายในตู้อบ 8

3.3 แสดงพัดลมระบายอากาศที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์ 8

3.4 แสดงขนาดของตู้อบลมร้อนและขาตั้งแผงโซลาร์เซลล์ 10

4.1 แสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิของชั้นที่ 1 ถึง 5 ในตู้อบลมร้อน ตลอดช่วงกลางวัน เมื่อไม่ใช้พัดลมระบายอากาศ 12

4.2 แสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิของชั้นที่ 1 และชั้นที่ 5 ในตู้อบลมร้อน ตลอดช่วงกลางวัน เปรียบเทียบกับอุณหภูมิกลางแจ้งที่วัดได้จากรถตรวจสภาพอากาศ ที่ มศว.องครักษ์ 12

4.3 แสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิเมื่อใช้พัดลมไฟฟ้าที่ต่อจากแผงโซลาร์เซลล์ ช่วยการระบายอากาศ 13

4.4 แสดงถึงปริมาณน้ำอิสระที่เหลืออยู่ในมะดันแช่อิ่มในน้ำเกลือ ที่เวลาตากต่าง ๆ กัน 14

4.5 แสดงอัตราการอบแห้งและคาบเวลาในการอบแห้ง คือช่วงอบแห้งด้วยอัตราคงที่ และช่วงอบแห้งที่อัตราการอบแห้งลดลงอย่างคงที่ 14

4.6 แสดงปริมาณความชื้นที่เหลืออยู่ในมะดันแช่อิ่มขณะตากในตู้อบ ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ 15

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญ

จากการที่มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้ดำเนินการศึกษาวิจัยข้อมูลพื้นฐานต่าง ๆ ของจังหวัดนครนายก และมีข้อสรุปเบื้องต้นเกี่ยวกับศักยภาพของจังหวัดที่จะเข้าร่วมพัฒนาเศรษฐกิจ สังคมและ สิ่งแวดล้อม โดยมีการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางธุรกิจ (SWOT) ผลิตภัณฑ์ "หนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์" ซึ่งอยู่ในโครงการนำร่อง การสร้างเครือข่ายระหว่างสถาบันอุดมศึกษากับชุมชนจังหวัดนครนายกเพื่อพัฒนาความเข้มแข็งของชุมชนและเศรษฐกิจฐานราก (โครงการในเขตพื้นที่ภาคกลางตอนบน) ในจำนวน11 ผลิตภัณฑ์นี้ มีผลิตภัณฑ์ผลไม้แปรรูปของกลุ่มแม่บ้านเกษตรกร บ้านดงโชคดี ต.สาลิกา อ.เมือง จ.นครนายก รวมอยู่ด้วย จุดแข็งของผลิตภัณฑ์นี้คือ เป็นมะปรางแช่อิ่มตากแห้งซึ่งมีเพียงแห่งเดียว และเป็นผลไม้ปลอดสารเคมี เป็นที่รู้จัก มีใบประกาศรับรองคุณภาพและได้รับ อย. แต่ยังมีจุดอ่อนอยู่ที่โรงเรือนสำหรับตากผลไม้ยังไม่ได้มาตรฐาน มีแมลงวันรบกวน มีเขม่าควันไฟจากการเผานาและใบไม้จากบ้านใกล้เคียง รวมถึงสภาพอากาศในฤดูฝน ซึ่งฝนตกทำให้ไม่สามารถนำผลไม้มาตากแดดข้างนอกได้ ทำให้สินค้าแห้งช้า จากข้อด้อยและอุปสรรคนี้ ทางภาควิชาวิศวกรรมเคมี และภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จึงได้มีการค้นคว้าและพัฒนาตู้อบลมร้อน พลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อนำมาเป็นอุปกรณ์ต้นแบบ ในการตากแห้งผลไม้โดยจะสามารถลดระยะเวลาในการตากแห้งลง ป้องกันแมลงวันรบกวนและลดการรบกวนจากเขม่า ควันไฟจากสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ตู้อบลมร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ยังสามารถใช้ได้ในฤดูฝน โดยทำให้ผลไม้แห้งได้เร็วกว่าการตากแบบเดิม

งานวิจัยตู้อบลมร้อนโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์นี้ อยู่ในกลุ่มวิจัยเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีที่เหมาะสมลงสู่ชุมชนนำร่อง โดยจะใช้หลักการแผ่รังสีความร้อน โดยที่วัตถุดำจะดูดความร้อนได้ดี และเมื่อมีการจัดการให้ลมผ่านวัตถุที่มีอุณหภูมิสูง ความร้อนจะถ่ายเทจากวัตถุดำไปสู่ลมนั้น ลมจะร้อนขึ้นและจะลอยตัวผ่านชั้นผลไม้และดึงความชื้นออกจากผลไม้นั้น ขนาดและรูปร่างของวัตถุดำนี้จะมีผลต่อปริมาณความร้อนที่จะส่งผ่านไปยังลม ปริมาณความชื้น ความเร็วลม จะมีผลต่อการดึงความชื้นออกจากผลไม้ จึงต้องมีการออกแบบและพัฒนาตู้อบลมร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เหมาะสมกับการใช้งาน นอกจากนี้การใช้แผงวงจรรับแสงอาทิตย์จะผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อใช้สำหรับมอเตอร์พัดลมตัวเล็ก เพื่อช่วยในการระบายลมร้อนออกจากตู้อบ โดยทั่วไปแล้วตู้อบผลไม้จะใช้อุณหภูมิประมาณ 50-60°C ซึ่งถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้เกิดสีน้ำตาลในผลไม้ (browning reaction) ซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการ ตู้อบลมร้อนพลังงานแสงอาทิตย์นี้จะสามารถให้ลมร้อนได้ในช่วงอุณหภูมิที่ต้องการ

เป้าหมาย

สามารถผลิตตู้อบลมร้อนโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ต้นแบบ เพื่อใช้อบผลิตผลหรือผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ได้ ในปริมาณ 5 กิโลกรัมต่อครั้ง

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษา ออกแบบ และพัฒนาตู้อบลมร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ โดยจะสามารถนำไปใช้ในการอบแห้งผลไม้แปรรูป (แช่อิ่ม) ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้น และคุณภาพตามต้องการ

วิธีดำเนินงาน

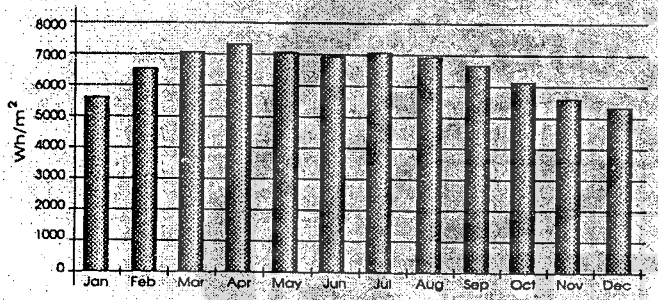
1. ศึกษาตัวอย่างวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์จากชุมชน ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ผลไม้แปรรูปของกลุ่มแม่บ้านเกษตรกร บ้านดงโชคดี ต.สาลิกา อ.เมือง จ.นครนายก และสอบถามปัญหาที่เกิดขึ้นจากหัวหน้ากลุ่มแม่บ้าน
2. ออกแบบและสร้างตู้อบลมร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ที่ตอบสนองกับความต้องการของชุมชน
3. ทดสอบตู้อบลมร้อน กับวัตถุดิบที่ได้จากกลุ่มแม่บ้านเกษตรกร

บทที่ 2

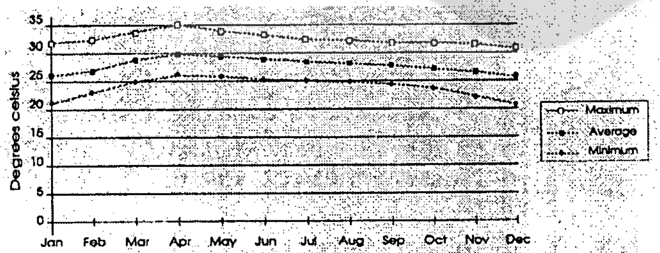
ทฤษฎีและการตรวจเอกสาร

ภูมิอากาศของประเทศไทย

ประเทศไทยตั้งอยู่ระหว่างละติจูดที่ 6 องศาเหนือ และ 20 องศาเหนือ ทั้งอยู่ในเขตมรสุมเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ทำให้ประเทศไทยมีภูมิอากาศร้อนชื้น มีแสงอาทิตย์ตลอดทั้งปี โดยพลังงานจากแสงอาทิตย์ส่องลงมาโดยเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 5000 วัตต์ต่อตารางเมตรตลอดทั้งปี ดังแสดงในแผนภาพที่ 2.1 อุณหภูมิกลางแจ้งในตอนกลางวันและตอนกลางคืนแตกต่างกันไม่เกิน 10 องศาเซลเซียส แผนภาพที่ 2.2 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยในกรุงเทพและปริมณฑลทั้งในช่วงเวลา กลางวัน และกลางคืนตลอดปี จากภาพจะพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงกลางวันจะอยู่ที่ประมาณ 30 องศาเซลเซียส จึงเป็นเหตุผลที่ไทยรู้จักการใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์มาถนอมอาหาร แต่เนื่องจากประเทศไทยอยู่ในเขตมรสุม จึงทำให้มีฝนตกในช่วงฤดูฝน ซึ่งจะเป็นอุปสรรคในการใช้แสงอาทิตย์มาถนอมอาหาร



แผนภาพที่ 2.1 ค่าเฉลี่ยของพลังงานจากรังสีความาร้อนในเขตกรุงเทพ ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนธันวาคม ปี ค.ศ. 1990



แผนภาพที่ 2.2 ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในเขตกรุงเทพ ช่วงปี ค.ศ.1961-1990 โดยค่าสูงสุดเป็นค่าเฉลี่ยช่วงกลางวัน และค่าต่ำสุดเป็นค่าเฉลี่ยช่วงกลางคืน

<u>การรับพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์</u>

การสร้างตู้อบลมร้อนพลังงานแสงอาทิตย์จะช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้น แต่ก่อนที่จะออกแบบตู้อบลมร้อน เราจำเป็นจะต้องเข้าใจหลักการของการรับและถ่ายเทความร้อนก่อน การถ่ายเทความร้อนจะเกิดขึ้นได้ใน 3 รูปแบบ คือ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน ซึ่งการถ่ายเทความร้อนอาจเกิดขึ้นเดี่ยวๆ หรือเกิดพร้อมกันก็ได้ ดวงอาทิตย์ส่งคลื่นรังสีความร้อนในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ที่มีความยาวคลื่นต่าง ๆ กันเนื่องจากอุณหภูมิของดวงอาทิตย์ที่จุดต่าง ๆ มีค่าตั้งแต่ 5700 ถึง 10^9 เคลวิน คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ส่งออกมาจากดวงอาทิตย์สามารถแบ่งได้เป็น 3 พวก คือ 1. พวกที่มีความยาวคลื่นต่ำกว่า 400 นาโนเมตร เรียกว่าช่วงอัลตราไวโอเลต (ultraviolet) 2. พวกที่มีความยาวคลื่นในช่วง 400-700 นาโนเมตร ซึ่งเป็นช่วงที่เราเห็นแสงในช่วงสีต่าง ๆ เรียกว่า visible light และ 3. พวกที่มีความยาวคลื่นมากกว่า 700 นาโนเมตร ซึ่งอาจมีความยาวได้มากถึง 12000 นาโนเมตร ช่วงนี้เรียกว่าช่วงอินฟราเรด (infrared) โมเลกุลของอนุภาคต่าง ๆ เช่น แกสไนโตรเจน ออกซิเจน โอโซน คาร์บอนไดออกไซด์ และไอน้ำ จะดูดกลืนแสงที่ความยางคลื่นต่าง ๆ กัน ทำให้อนุภาคเหล่านี้รับพลังงานจากรังสีความร้อนไว้ต่าง ๆ กัน ในสัดส่วนที่ทำให้โลกมีอุณหภูมิอย่างที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน

แม้ว่าดวงอาทิตย์จะให้พลังงานลงมาพื้นผิวโลกได้ไม่ต่ำกว่า 5000 วัตต์ต่อตารางเมตร แต่จากการวัดปริมาณความร้อนจากแสง โดยใช้ net radiometer วัดที่ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ จ. นครนายก พบว่าจะสามารถวัดปริมาณความร้อนจากแสงได้เฉลี่ย 100-200 วัตต์ ต่อตารางเมตรเท่านั้น(กาญจน์ เรืองจันทร์ และคณะ, 2545, หน้า 83) และวัตถุแต่ละชนิดจะรับพลังงานความร้อนได้ไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับชนิด รูปทรง ผิวสัมผัส และสี พื้นผิวรูปพาราโบลิกจะรับรังสี ความร้อนได้ดีกว่าแต่รับได้ในช่วงที่แคบกว่า รังสีจากดวงอาทิตย์ที่จะนำมาใช้ประโยชน์ได้ ส่วนใหญ่จะเป็น พวกรังสีตรง (beam radiation) ตัวรับรังสีจากแสงอาทิตย์ที่ดีจะต้องมีความสามารถในการดูดกลืนรังสีได้ดี มีการสูญเสียความร้อนน้อย และสามารถถ่ายเทความร้อนที่ถูกดูดกลืนให้แก่ของไหล (อากาศ) ที่จะใช้งานได้ รวดเร็ว เราจะสามารถคำนวณค่าพลังงานความร้อนที่ตัวรับรังสีได้รับที่เวลาใด ๆ จากการปรับปรุงสมการของ Stefan –Boltzmann (Kreith and West, 1997, p 12)

$$\frac{q}{A} = \varepsilon\sigma T_S^4 - U(T_S - T_a) \qquad (2.1)$$

นิยามของตัวแปรต่าง ๆ สามารถดูได้ที่หมวดสัญญลักษณ์ พจน์แรกทางขวาของสมการ 2.1 คือฟลักซ์ที่วัตถุรับรังสีรับมาจากแสงอาทิตย์ และพจน์หลังทางขวาของสมการ 2.1 คือฟลักซ์ของความร้อนที่สูญเสียไปให้กับสิ่งแวดล้อม ซึ่งการถ่ายเทความร้อนนี้ จะเป็นการถ่ายเทด้วยการพาความร้อน โดยปกติแล้วค่า U หรือสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมระหว่างพื้นผิว ของแผ่นรับรังสีความร้อนกับสิ่งแวดล้อมจะขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ทำแผ่นรับรังสี ทั้งยังขึ้นอยู่กับปริมาณและ ความเร็วของอากาศที่พัดผ่านพื้นผิวนั้นด้วย

ลมหรืออากาศที่พัดผ่านแผ่นรับรังสีความร้อนจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น แต่ความชื้นจะเท่ากับความชื้นของอากาศภายนอก อากาศนี้จะนำไปใช้ดึงน้ำ หรือความชื้นออกมาจากผลไม้แช่อิ่มอบแห้งที่นำมาอบ เราจะสามารถคำนวณความร้อนที่ถ่ายเทจากแผ่นรับรังสีความร้อนมายังอากาศได้โดยใช้สมการ

$$q = WC_p(T_{a,in} - T_a) \qquad (2.2)$$

สมการนี้จะใช้ได้เมื่ออากาศนั้นไม่มีการเปลี่ยนสถานะ (ซึ่งในทางปฏิบัติอากาศก็ไม่มีการเปลี่ยนสถานะ) จากสมการ 2.2 จะเห็นว่าความร้อนที่ถ่ายเทให้อากาศจะขึ้นอยู่กับ W อัตราไหลเชิงมวลของอากาศ ส่วนค่า C_p หรือค่าความจุความร้อนของอากาศนั้นจะขึ้นอยู่กับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศด้วย ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในกรุงเทพและปริมณฑลเฉลี่ยจะอยู่ประมาณ 60 ถึง 75 % (กาญจน์ เรืองจันทร์ และคณะ, 2545, หน้า 83)

ทำให้ค่าความจุความร้อนของอากาศมีค่าประมาณ 1.02-1.08 กิโลจูลต่อกิโลกรัม- เคลวิน อุณหภูมิของอากาศเข้า $T_{a,in}$ จะอยู่ที่ประมาณ 30-35 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิของอากาศกลางแจ้ง

ค่าปริมาณความร้อนในสมการ 2.2 จะมีค่าเท่ากับฟลักซ์ความร้อนที่สูญเสียให้กับสิ่งแวดล้อม (พจน์ที่สองทางขวาของสมการ 2.1) คูณกับพื้นที่การถ่ายเทความร้อน ซึ่งหมายความว่าอุณหภูมิของอากาศที่จะใช้อบแห้งจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นได้มากน้อยเพียงไร ขึ้นอยู่กับอัตราไหลเชิงมวลของอากาศ หรืออีกนัยหนึ่งก็คือปริมาณอากาศที่เข้าสู่ตู้อบนั่นเอง ถ้าอากาศเข้าสู่ตู้อบมากเกินไป ก็จะไม่สามารถเพิ่มอุณหภูมิให้กับอากาศได้มาก ปัจจัยอีกประการหนึ่งที่ส่งผลต่ออุณหภูมิก็คือ พื้นที่ของแผ่นรับรังสีความร้อน ถ้าพื้นที่มาก จะสามารถถ่ายเทความร้อนได้มากด้วย แต่ในทางปฏิบัติ เราจะไม่สามารถรับและถ่ายเทรังสีความร้อนได้ 100% เราต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพของตัวรับรังสี ซึ่งเราจะคูณเป็นค่าแฟกเตอร์ของพลังงานความร้อนที่ได้ ซึ่งค่าตัวคูณนี้จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.5 –0.9

การยกพื้นผิวของแผ่นรับรังสีความร้อนให้อยู่ในมุมเอียง จะช่วยให้พื้นผิวรับรังสีความร้อนได้ดีขึ้น การที่พื้นผิวควรจะเอียงเป็นมุมเท่าใด ขึ้นอยู่กับค่าอัตราส่วนของรังสีของดวงอาทิตย์บนพื้นเอียง ต่อบนพื้นราบ (Tilt angle factor) ค่าอัตราส่วนนี้จะเปลี่ยนแปลงทุกวันตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์ การที่จะวางตัวรับรังสีให้มีประสิทธิภาพดีที่สุดนั้น ต้องวางให้มีมุมเอียงที่ทำให้ค่าอัตราส่วนมากที่สุด ซึ่งจะแปรผันตามตำแหน่งบนพื้นโลก สำหรับกรุงเทพ และปริมณฑล ตั้งอยู่เส้นละติจูดที่ 13.8 องศา จึงทำให้ควรวางแผ่นรับรังสีเป็นมุม 14 –15 องศา จึงจะได้ค่า Tilt angle factor สูงที่สุด

<u>แผงรับรังสีที่ใช้อากาศเป็นตัวพาความร้อน</u>

แผงรับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากดวงอาทิตย์ แล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนก่อนส่งถ่ายไปยังอากาศ เพื่อนำไปอบแห้งผลไม้แช่อิ่ม ซึ่งชุดแผงรับรังสีนี้จะประกอบไปด้วยแผ่นรับรังสี กระจกใส และฉนวนกันความร้อน ดังรูป 2.3 ซึ่งแต่ละส่วนจะมีรายละเอียดดังนี้

ภาพที่ 2.3 แสดงชุดแผงรับรังสีความร้อนโดยมีแผ่นรับรังสีอยู่ส่วนกลาง ฉนวนทำหน้าที่ป้องกันการสูญเสียความร้อนอยู่ด้านล่าง

1. กระจกใส เพื่อเป็นกล่องและฝาครอบ ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นช่องทางเดินของอากาศ ขณะที่อากาศสัมผัสกับแผ่น รับรังสีความร้อนเพื่อรับความร้อนมาให้อุณหภูมิสูงขึ้น นอกจากนี้แผ่นกระจกยังทำหน้าที่ป้องกันการสูญเสียความร้อน ป้องกันฝุ่นละอองเข้าไปปนเปื้อนกับอากาศ ความสำคัญในการเลือกกระจก คือความหนา เนื่องจากถ้าความหนาของกระจกมาก จะทำให้แสงอาทิตย์ส่องผ่านไปยังแผ่นรับรังสีความร้อนได้น้อย เช่นกระจกที่หนา 4.8 มิลลิเมตร จะยอมให้แสงอาทิตย์ผ่านเข้าไปได้เพียง 85 % แต่ถ้าแผ่นกระจกบางเกินไปก็จะไม่แข็งแรงพอที่จะตัดเป็นแผ่นใหญ่ได้

2. แผ่นรับรังสีความร้อน ทำหน้าที่เปลี่ยนรังสีจากดวงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อน คุณสมบัติที่ดีในการเป็นตัวรับรังสีคือ สามารถดูดรังสีได้ดี มีอุณหภูมิสูงขึ้นได้ง่าย และสะท้อนรังสีกลับได้น้อย ซึ่งตัวรับรังสีส่วนใหญ่ที่ใช้จะเป็นโลหะทาสีดำ หรือชุบนิเกิลดำ

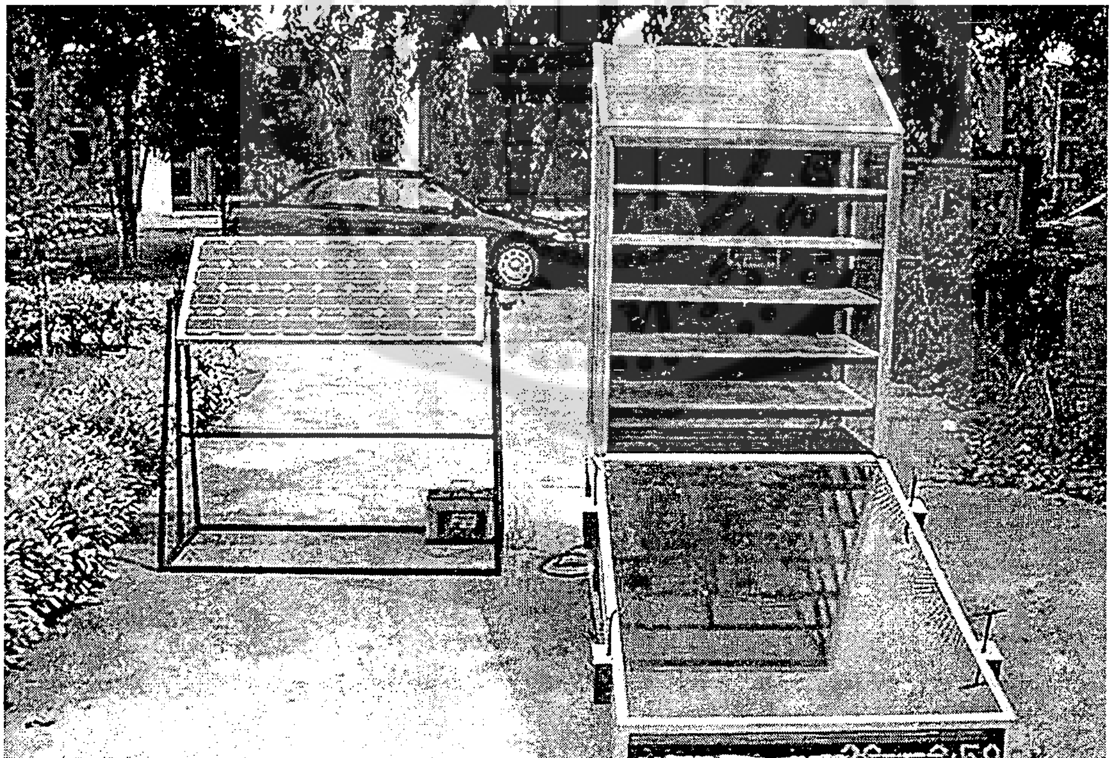
3. ฉนวนกันความร้อน ทำหน้าที่กันความร้อนจากแผ่นรับรังสี ไม่ให้สูญเสียไปสู่บรรยากาศข้างนอก ฉนวนกันความร้อนสามารถทำได้จาก ใยแก้ว โฟม หรือโพลียูรีเทน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับราคาและระบบ

บทที่ 3
การออกแบบ

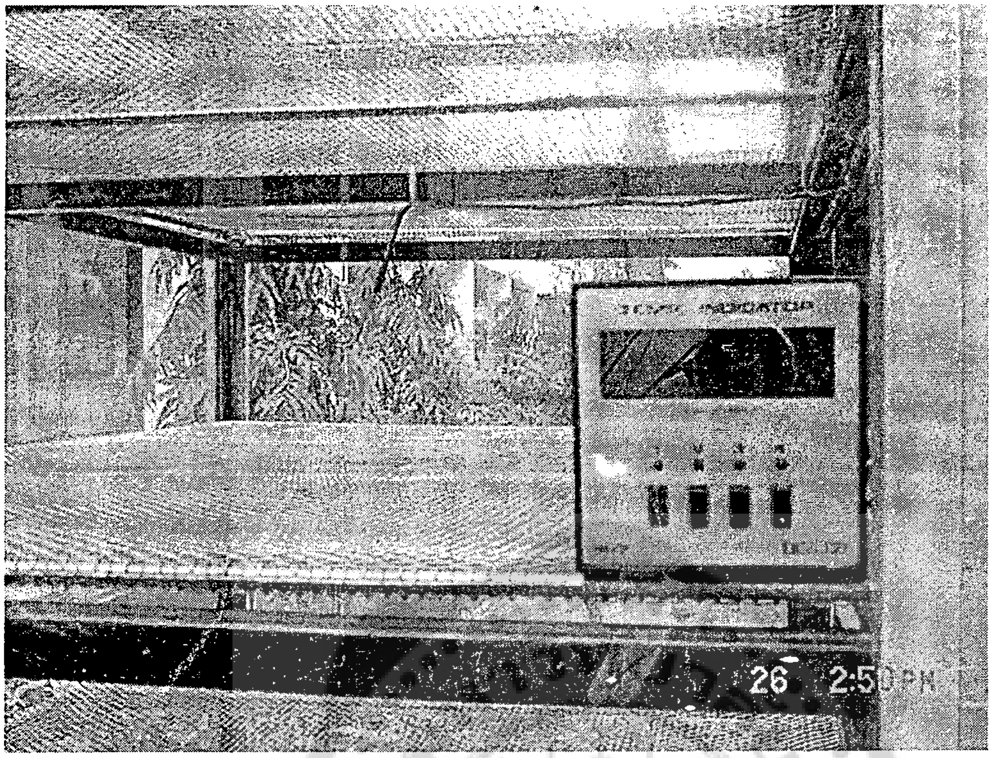
3.1 การออกแบบตู้อบลมร้อน

ตู้อบลมร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ประกอบด้วย ตู้โครงเหล็กกล่องทาสีดำ มีกระจกล้อมรอบ ฝาตู้ด้านหลัง ทำด้วยอะลูมิเนียม ภายในประกอบด้วยชั้น ซึ่งเป็นตะแกรงลวดเหล็กกล้าไร้สนิม จำนวน 5 ชั้น มีแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมทาสีดำ เป็นแผ่นรับรังสีความร้อน เพื่อดูดรังสีจากดวงอาทิตย์ และส่งถ่ายความร้อนให้กับลมที่พัดเข้าทางด้านล่าง ใต้แผ่นรับรังสีความร้อน จะมีฉนวนกันความร้อน ทำด้วยใยแก้ว เพื่อลดการสูญเสียความร้อนจากแผ่นรับรังสี แผ่นรับรังสีจะเอียงทำมุม 14 องศา ซึ่งจะทำให้ค่า Tilt angle factor สูงที่สุด จึงทำให้แสงตกกระทบแผ่นรับรังสีได้สูงที่สุด และส่งผ่านลมร้อนเข้าสู่ตู้ได้ดีขึ้น

ความเร็วลมที่เข้ามาที่ช่องรับรังสีความร้อนมีค่าประมาณ 0.8- 1 เมตรต่อวินาที พัดลมที่อยู่ด้านหลังตู้อบลมร้อน จำนวน 2 เครื่องเป็นพัดลมที่ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงที่ผลิตได้จากแผงโซลาร์เซลล์ ทำหน้าที่ระบายลมร้อน ซึ่งจะช่วยให้วัตถุดิบแห้งเร็วขึ้น



รูปที่ 3.1 แสดงตู้อบลมร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งจะประกอบด้วย ส่วนตู้ที่มีชั้นตากวัตถุดิบ 5 ชั้น แผงรับรังสีความร้อนด้านหน้า และแผงโซลาร์เซลล์พร้อมแบตเตอรี่ เพื่อเก็บพลังงานไฟฟ้า



รูปที่ 3.2 แสดงภาพการวัดและการแสดงผลของอุณหภูมิ ภายในตู้อบ

รูปที่ 3.3 แสดงพัดลมระบายอากาศที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์

3.2 <u>การเลือกใช้วัสดุในการทำตู้อบลมร้อน</u>

ตู้อบลมร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ประกอบด้วย ตัวตู้ที่มีตะแกรงตากผลไม้ 5 ชั้น มีแผงรับรังสีความร้อนติดกับ ตัวตู้ และมีแผงผลิตไฟฟ้ากระแสตรงด้วยแสงอาทิตย์ (แผงโซลาร์ เซลล์) ในตู้จะมีพัดลมทำหน้าที่หมุนเวียน อากาศร้อนโดยพัดลมนี้จะใช้ไฟฟ้ากระแสตรงที่ผลิตได้จากโซลาร์เซลล์เป็นแรงขับเคลื่อน รูปที่ 3.4 แสดงภาพร่างของตู้อบลมร้อนและขนาดของตู้

วัสดุที่เลือกใช้ในการประกอบตู้อบมีดังนี้

1. โครงตู้อบลมร้อน ทำด้วยโครงเหล็กกล้าไร้สนิม (สแตนเลส) กล่อง ขนาด 2.5x 2.5 มิลลิเมตร ทาสีดำทับ เพื่อให้มีความแข็งแรง ดูดเก็บความร้อนได้ดี ที่เลือกใช้สแตนเลสเนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่ใช้กับผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งจะต้องไม่เป็นสนิม ทางเลือกอีกประการหนึ่งคือสามารถใช้เหล็กกล่อง ทาสีกันสนิม และทาสีดำทับ

2. ผนังตู้อบลมร้อน ผนังตู้อบลมร้อน เราออกแบบโดยดูการส่งผ่านแสงอาทิตย์ คือวัสดุที่ใช้ต้องใสและต้องมีความปลอดภัยขณะใช้งานเป็นสำคัญ ในช่วงแรกเราใช้แผ่นพลาสติกใส (อะคริลิก) เนื่องจากมีความใสเท่ากระจก และไม่แตกง่าย สามารถทนอุณหภูมิได้ถึง 80 องศาเซลเซียส แต่เมื่อนำไปทดลอง และวางไว้กลางแดด พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป แผ่นอะคริลิกจะเริ่มขุ่น เป็นฝ้า จึงต้องเปลี่ยนมาใช้กระจกใส ที่มีความหนา 6 มิลลิเมตร แทน ถ้าใช้กระจกบางกว่านี้ก็จะไม่ปลอดภัย เพราะจะไม่แข็งแรง แตกง่ายเมื่อถูกกระทบกระแทก

3. ประตูตู้อบลมร้อน ทำด้วยอลูมิเนียม เนื่องจากประตูตู้อบความร้อน จะต้องมีการปิดเปิดบ่อย จึงต้องมีความทนทาน ประตูกระจกจะไม่เหมาะ เพราะแตกง่าย ถ้าใส่กรอบ จะมีน้ำหนักมาก ข้อดีของประตูอลูมิเนียม คือมีน้ำหนักเบา แข็งแรง และไม่เป็นสนิม

4. แผงรับรังสีความร้อน ทำด้วยสังกะสีทาสีดำด้าน เนื่องจากสังกะสี เป็นโลหะที่มีค่าการนำความร้อนดี มีน้ำหนักเบา แต่มีข้อเสียคือเป็นสนิมง่าย จึงต้องทาสีกันสนิม และทาสีดำด้านทับ เพื่อให้มีคุณสมบัติคล้ายวัตถุเทาที่สามารถดูดกลืนรังสีความร้อนได้ดี ไม่ส่งผ่านรังสี (transmition) ตัวสังกะสีมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นได้รวดเร็ว จึงสามารถถ่ายเทความร้อนให้อากาศได้ดี ทางเลือกอีกชนิดคือพวกเหล็กแผ่นแบบต่าง ๆ

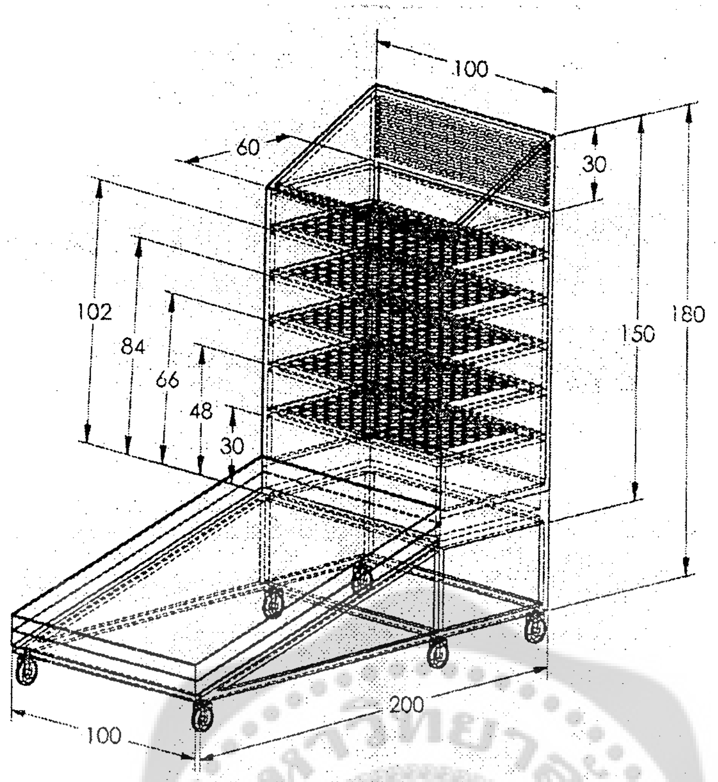
5. ฉนวนรับรังสีความร้อน ทำหน้าที่กันความร้อนจากแผ่นรับรังสี ไม่ให้สูญเสียไปสู่บรรยากาศข้างนอก ในการทดลองนี้ใช้ฉนวนกันความร้อนด้วย ใยแก้ว หุ้มอลูมิเนียมฟอยล์

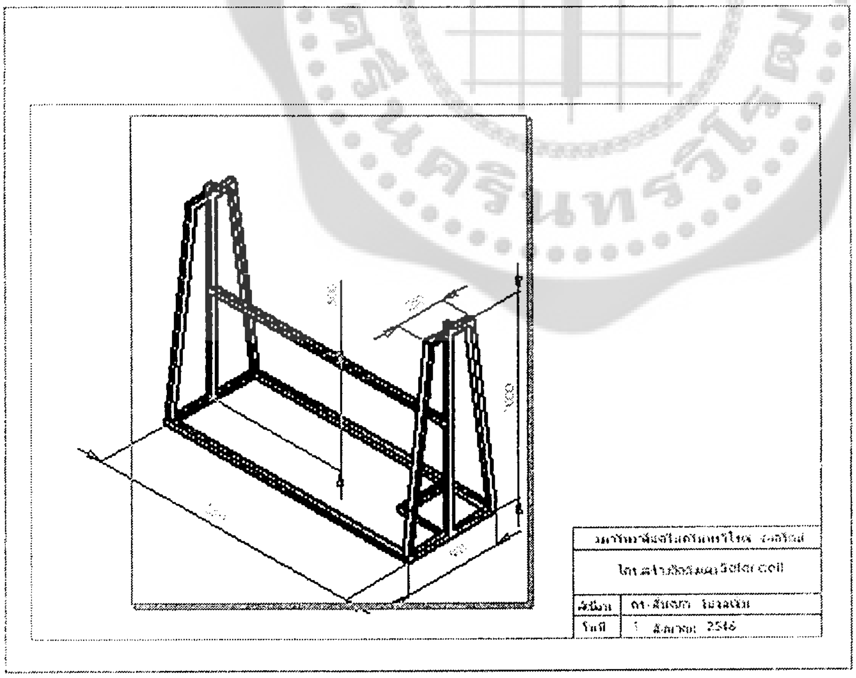
6. ตะแกรงตากผลไม้ ตัวตะแกรงทำด้วยตาข่ายสแตนเลส 316 ขนาดรู 5.0 x 5.0 มิลลิเมตร และขอบทำด้วยเพลาแสตนเลส ขนาด 1/8 นิ้ว ตาข่ายจะติดกับขอบเพลาด้วยการใช้ลวดสแตนเลสร้อยถักเข้าด้วยกัน เหตุที่ต้องใช้สแตนเลส ชนิด 316 เพราะตะแกรงนี้ จะสัมผัสกับผลไม้โดยตรง และผลไม้เราเป็นผลไม้แช่อิ่มซึ่งมีขั้นตอนการดองเกลือ ซึ่งจะทำให้ผลไม้มีเกลือ และมีค่าความเป็นกรด ซึ่งจะกัดกร่อนโลหะง่าย

7. ชุดแผงโซลาร์เซลล์ ปัจจุบันมีหลายบริษัทในประเทศไทยจัดจำหน่ายแผงโซลาร์เซลล์ โดยแบ่งตามกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ (วัตต์) และจะสามารถเพิ่มกำลังไฟฟ้าได้ด้วยการต่อแผงนี้แบบวงจรอนุกรม ไฟฟ้าที่ผลิตได้จะมีกำลังไฟประมาณ 75 วัตต์ ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส โดยจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จะมีค่าประมาณ 1 แอมแปร์ และมีความต่างศักย์ไฟฟ้า ประมาณ 17 โวลท์ ขึ้นอยู่กับความเข้มของแสง แต่เนื่องจากความเข้มของแสงไม่คงที่ จึงทำให้ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ไม่คงที่ จึงจำเป็นต้องเก็บพลังงานไฟฟ้าไว้ในแบตเตอรีขนาด 12 โวลต์ ซึ่งนอกจากจะเป็นการป้องกันมิให้พัดลมไฟฟ้าเสียเร็ว เนื่องจากกระแสไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอแล้ว ยังจะทำให้สามารถใช้ตู้อบได้ในเวลากลางคืนด้วย

8. พัดลมที่ใช้สำหรับระบบหมุนเวียนอากาศ เป็นพัดลมที่ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 0.12 แอมแปร์ จำนวน 2 ตัว

Solar Dryer





รูปที่ 3.4 แสดงขนาดของตู้อบลมร้อนและขาตั้งแผงโซลาร์เซลล์

บทที่ 4
ผลการวิจัยและสรุปผลการทดลอง

การทดสอบตู้อบลมร้อนพลังแสงอาทิตย์

หลังการออกแบบและประกอบตู้อบลมร้อนพลังแสงอาทิตย์ในขั้นแรกแล้ว จึงนำตู้อบนี้มาทดสอบตามหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้

หัวข้อการทดสอบ

4.1 ศึกษาการกระจายตัวของอุณหภูมิในแต่ละชั้นที่ช่วงเวลาต่าง ๆ กัน

เนื่องจากตู้อบนี้ได้มีการวางชั้นตากวัตถุดิบไว้จำนวน 5 ชั้น เป็นการเรียงซ้อนกันในแนวตั้ง จึงจำเป็นต้องมีการทดสอบการกระจายตัวของอุณหภูมิในแต่ละชั้นเมื่อไม่มีพัดลมระบายอากาศ และเมื่อติดตั้งพัดลมระบายอากาศแล้ว

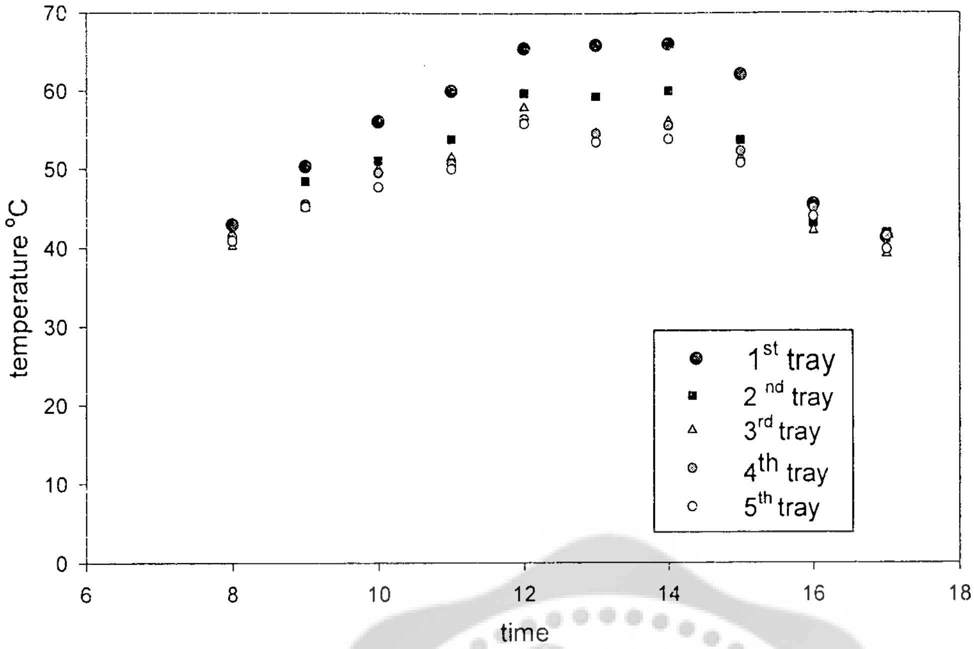
ผลการทดลอง

รูปที่ 4.1 แสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละชั้นที่เวลาต่าง ๆ กัน ชั้นที่ 1 หมายถึงชั้นบนสุดที่จะรับแสงแดดได้โดยตรง และชั้นที่ 5 จะเป็นชั้นที่อยู่ใกล้ทางเข้าของลมร้อนที่สุด จากกราฟจะพบว่าอุณหภูมิในช่วงระหว่างเวลา 12.00 – 14.00 น. จะมีอุณหภูมิสูงสุด ซึ่งส่งผลให้อุณหภูมิทุกชั้นสูงขึ้น แต่อุณหภูมิจะลดลงหลังจากเวลา 14.00 น. แต่ยังคงมีแสงแดดอยู่จนถึงเวลา 17.00 น. อุณหภูมิขั้นต่ำโดยเฉลี่ยจะอยู่ที่ประมาณ 40 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสูงสุดจะอยู่ที่ 60 องศาเซลเซียส ซึ่งการทดลองนี้สอดคล้องกับค่าการวัดความเข้มของแสง โดยใช้รถตรวจอากาศ พบว่าช่วงเวลา 14.00 จะให้ค่าความเข้มของแสงสูงที่สุดที่ 36 องศาเซลเซียส

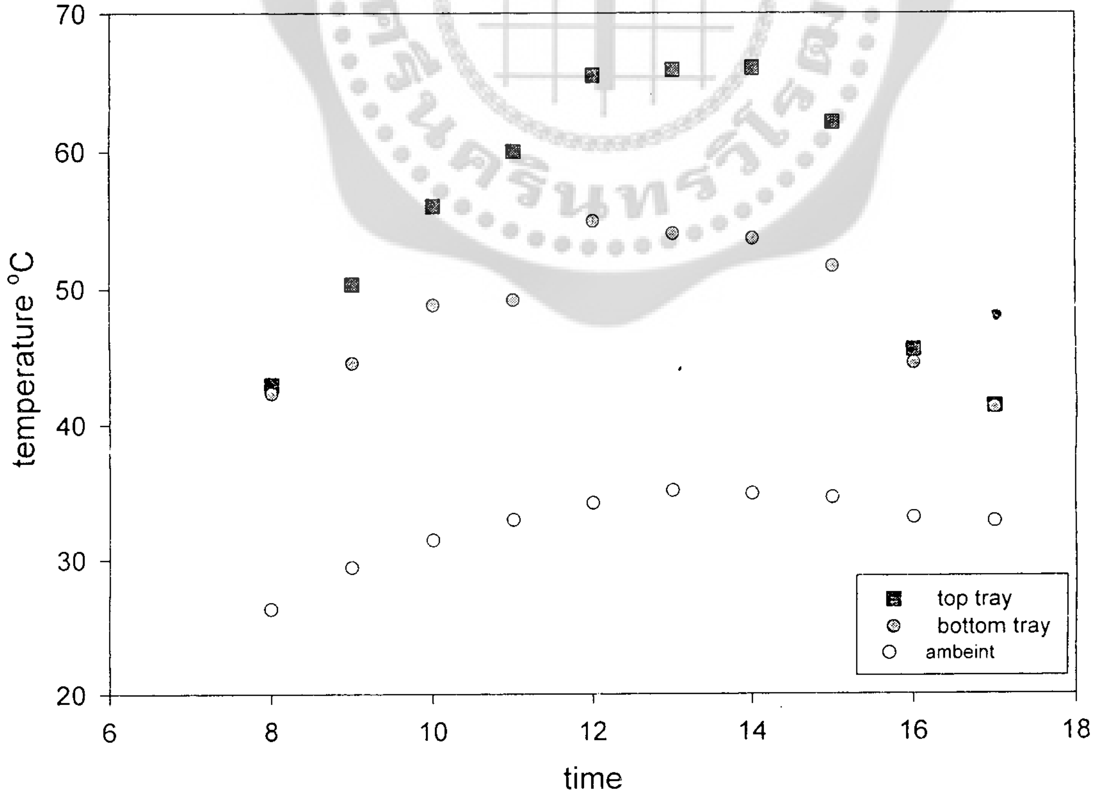
เมื่อดูการกระจายตัวของอุณหภูมิแต่ละชั้น จะพบว่าอุณหภูมิของชั้นที่ 1 ซึ่งเป็นชั้นบนสุด จะมีอุณหภูมิสูงสุดคือ 66 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นเพราะว่าชั้นนี้จะได้รับแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ และชั้นล่างมีอุณหภูมิต่ำลงมาลดหลั่นกันไป คือชั้นที่ 2,3,4, และ 5 จะมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 60, 56, 55, และ 54 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งอุณหภูมิเหล่านี้จะสูงกว่าอุณหภูมิกลางแดดที่อยู่ภายนอกตู้ (40 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิในร่ม (ชายคา) ที่ประมาณ 35 องศาเซลเซียส

การทดลองแสดงให้เห็นถึงอุณหภูมิในตู้อบที่สูงกว่าอุณหภูมิกลางแดดปกติ ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้การนำวัตถุดิบมาตากแห้งในตู้อบจะสัมผัสกับอากาศร้อนกว่าการตากแดดทั่ว ๆ ไป เนื่องจากลางแจ้งจะมีลมพัด ผ่านทำให้อุณหภูมิลดลง แต่อากาศในตู้อบมีจำนวนจำกัด อุณหภูมิจึงขึ้นสูงเท่าตู้อบลมร้อนที่ใช้ไฟฟ้า

อย่างไรก็ตาม การที่อุณหภูมิในตู้อบสูงไม่เท่ากัน จะส่งผลให้วัตถุดิบที่นำมาตากแห้งไม่เสมอกัน จึงมีข้อเสนอแนะให้มีการติดพัดลมระบายอากาศ เพื่อเป็นการกระจายลม และทำให้ในแต่ละชั้นมีอุณหภูมิใกล้เคียงกัน

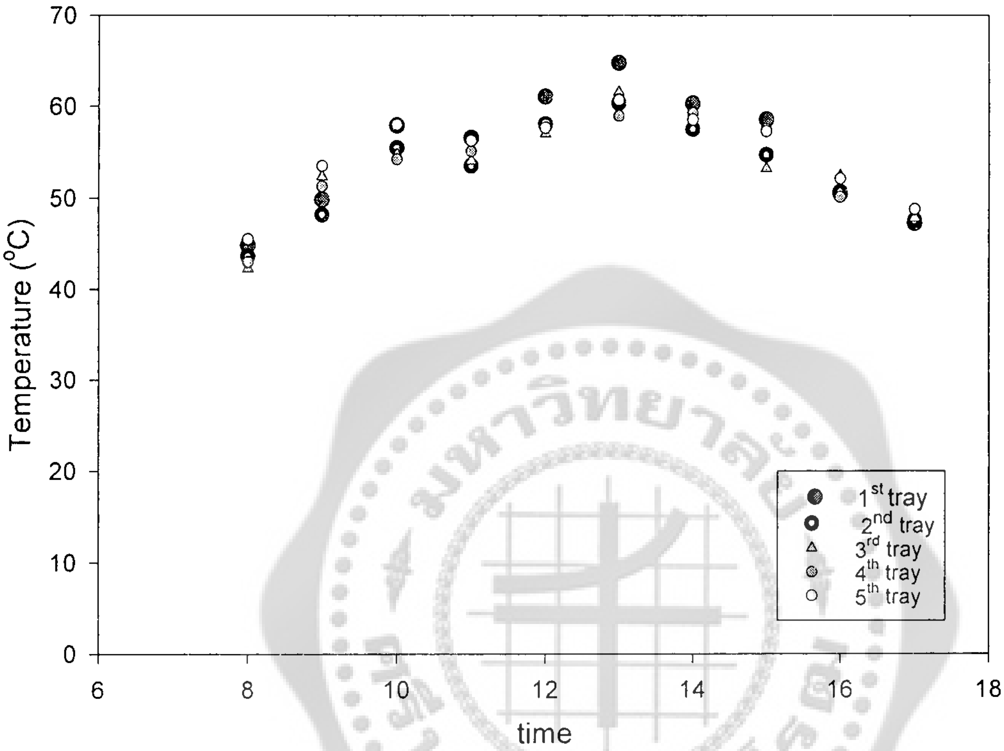


รูปที่ 4.1 แสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิของชั้นที่ 1 ถึง 5 ในตู้อบลมร้อน ตลอดช่วงเวลากลางวัน เมื่อไม่ใช้พัดลมระบายอากาศ



รูปที่ 4.2 แสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิของชั้นที่ 1 และชั้นที่ 5 ในตู้อบลมร้อน ตลอดช่วงเวลากลางวัน เปรียบเทียบกับอุณหภูมิกลางแจ้งที่วัดได้จากรถตรวจสภาพอากาศ ณ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์

รูปที่ 4.3 แสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละชั้น ที่เวลาต่าง ๆ กัน พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของช่วงเวลา 12.00 – 14.00 น. ที่ถาดชั้นที่ 1 ลดลงจากเดิมเฉลี่ย 70 องศาเซลเซียส เป็น 65 องศาเซลเซียส แต่อุณหภูมิของแต่ละชั้นจะมีค่าใกล้เคียงกันมากขึ้น แม้ว่าอุณหภูมิเฉลี่ยจะลดลงเหลือ 60 องศาเซลเซียส แต่ก็ยังสูงกว่าอุณหภูมิของถาดที่วางไว้กลางแดด จึงสามารถทำให้สรุปได้ว่า การใช้พัดลมระบายอากาศจะช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพของตู้อบ



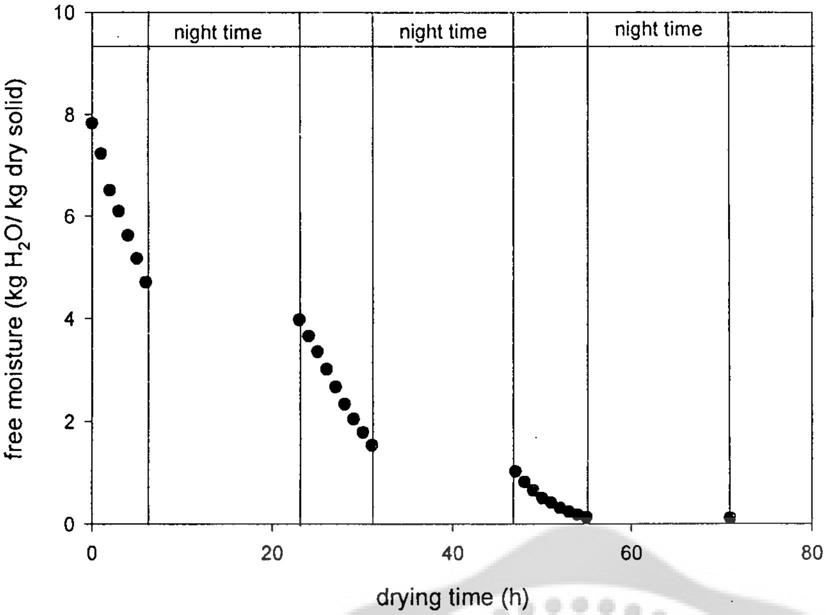
รูปที่ 4.3 แสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิเมื่อใช้พัดลมไฟฟ้าที่ต่อจากแผงโซลาร์เซลล์ ช่วยการระบายอากาศ

4.2 การเปรียบเทียบการอบแห้งมะดันแช่อิ่ม กับผลที่ได้จากวิธีการตากแบบเดิม

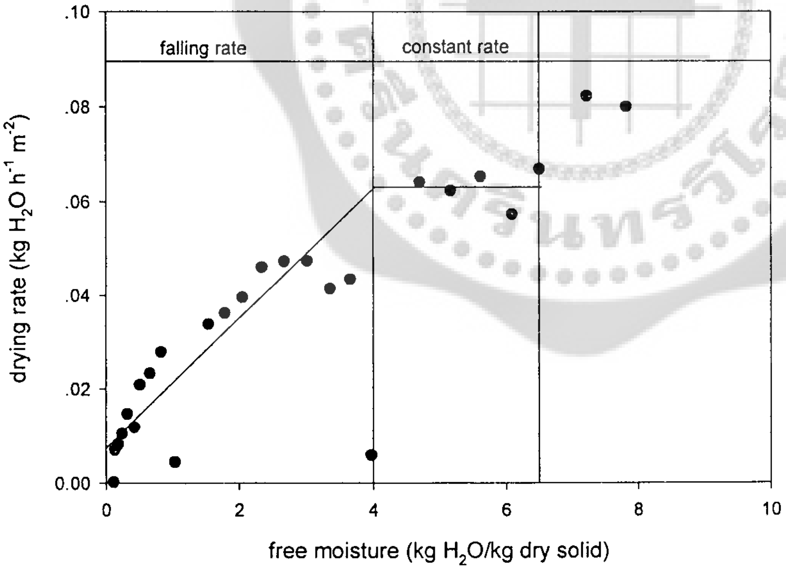
ผลการทดลอง

มะดันเป็นผลไม้ที่มีเปลือกหนาผิวมัน เมื่อคว้านเมล็ดและนำไปแช่อิ่ม จะมีการดูดน้ำสูง และชิ้นเนื้อผลไม้มีความหนา (ประมาณ 1-1.5 เซนติเมตร) เมื่อนำมาตากแห้งในโรงเรือน ที่ใช้กันกลุ่มแม่บ้านเกษตรกร ต.บ้านดงโชคดี อ.สาริกา จ.นครนายก พบว่าถ้าต้องการให้ปริมาณน้ำอิสระในผลไม้แช่อิ่มในน้ำเกลือเหลือประมาณ 50 % (แห้งพอหมาด) จะต้องใช้เวลาในการตากประมาณ 3 วัน ส่วนผลไม้แช่อิ่มในน้ำตาลจะต้องใช้เวลาในการตากนานขึ้น ซึ่งความชื้นสุดท้ายที่ต้องการจะอยู่ประมาณ 20%

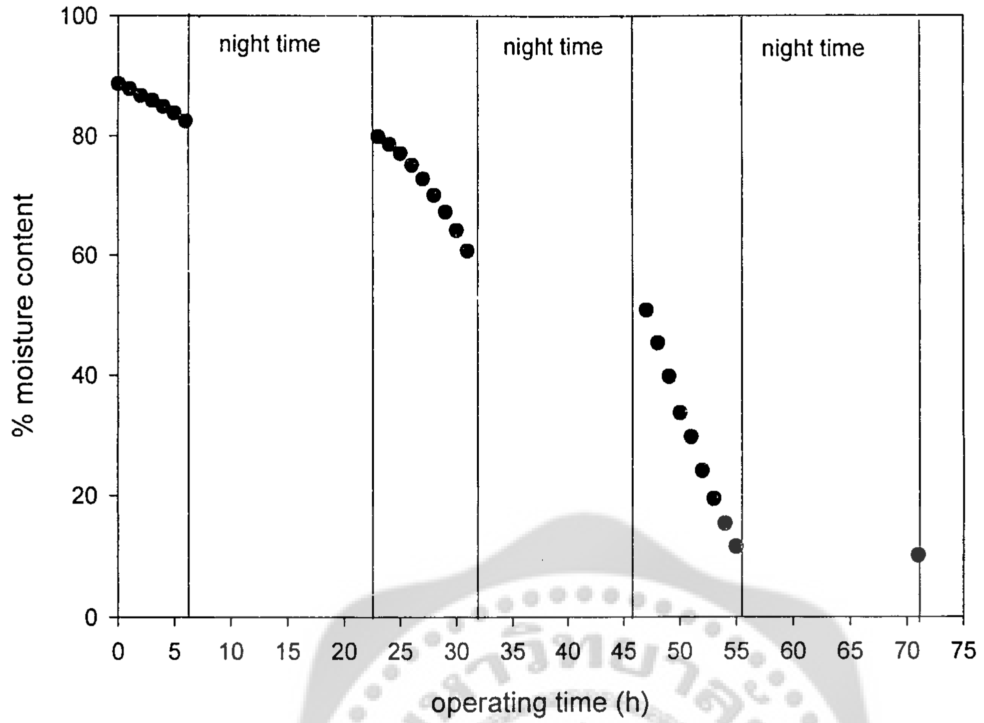
ในการทดลองได้มีการนำมะดันแช่อิ่มในน้ำเกลือมาตากในตู้อบลมร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่าอัตราการอบแห้งเร็วขึ้นแม้ว่าในตอนกลางคืนจะไม่มีแสงแดดมาให้ความร้อน แต่พลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ถูกเก็บสะสมในแบตเตอรีก็ช่วยให้มีอากาศถ่ายเททำให้มีการลดความชื้นไปได้บางส่วน ทำให้มะดันแช่อิ่มมีความชื้นลดลงจนเหลือประมาณ 50 % ได้ภายในเวลา 30 ชั่วโมง (2 วัน) ดังกราฟรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.4 แสดงถึงปริมาณน้ำอิสระที่เหลืออยู่ในมะดันแช่อิ่มในน้ำเกลือ ที่เวลาตากต่าง ๆ กัน ซึ่งมีการทดลองเป็นเวลา 72 ชั่วโมง แต่มะดันจะสามารถนำไปแช่น้ำตาลได้ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 30



รูปที่ 4.5 แสดงอัตราการอบแห้ง และคาบเวลาในการอบแห้ง ช่วงอบแห้งด้วยอัตราคงที่ และช่วงอบแห้งที่อัตราการอบแห้งลดลงอย่างคงที่



รูปที่ 4.6 แสดงปริมาณความชื้นที่เหลืออยู่ในมะดันแช่อิ่มขณะตากในตู้อบ ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ

<u>สรุปผลการทดลอง</u>

การใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ จะสามารถอบวัตถุดิบทางการเกษตรได้ดีกว่าการนำไปตากแดดธรรมดา โดยการอบในตู้อบนี้จะได้อุณหภูมิในตู้อบสูงกว่าอุณหภูมิของแสงกลางแจ้ง ซึ่งจะส่งผลต่อการลดระยะเวลาที่ใช้ในการลดปริมาณน้ำในวัตถุดิบ นอกจากนี้การจัดเรียงชั้น 5 ชั้น ทำให้ลดพื้นที่ในการตากแห้ง การที่เป็นตู้อบในระบบปิด จะลดการรบกวนของมด แมลง และฝุ่นละอองต่าง ๆ ซึ่งจะทำให้ผลไม้ แช่อิ่มที่ผลิตได้ถูกสุขลักษณะ และปลอดภัย และจากการทดลองพบว่า เมื่อใช้กับมะดันดองน้ำเกลือ ซึ่งเป็นขั้นต้นของการทำมะดันแช่อิ่มอบแห้งพบว่าสามารถลดความชื้นลงได้เหลือประมาณ 50 % ภายในเวลา ประมาณ 30 ชั่วโมง ซึ่งเป็นการลดเวลาลงได้ถึง 33 %

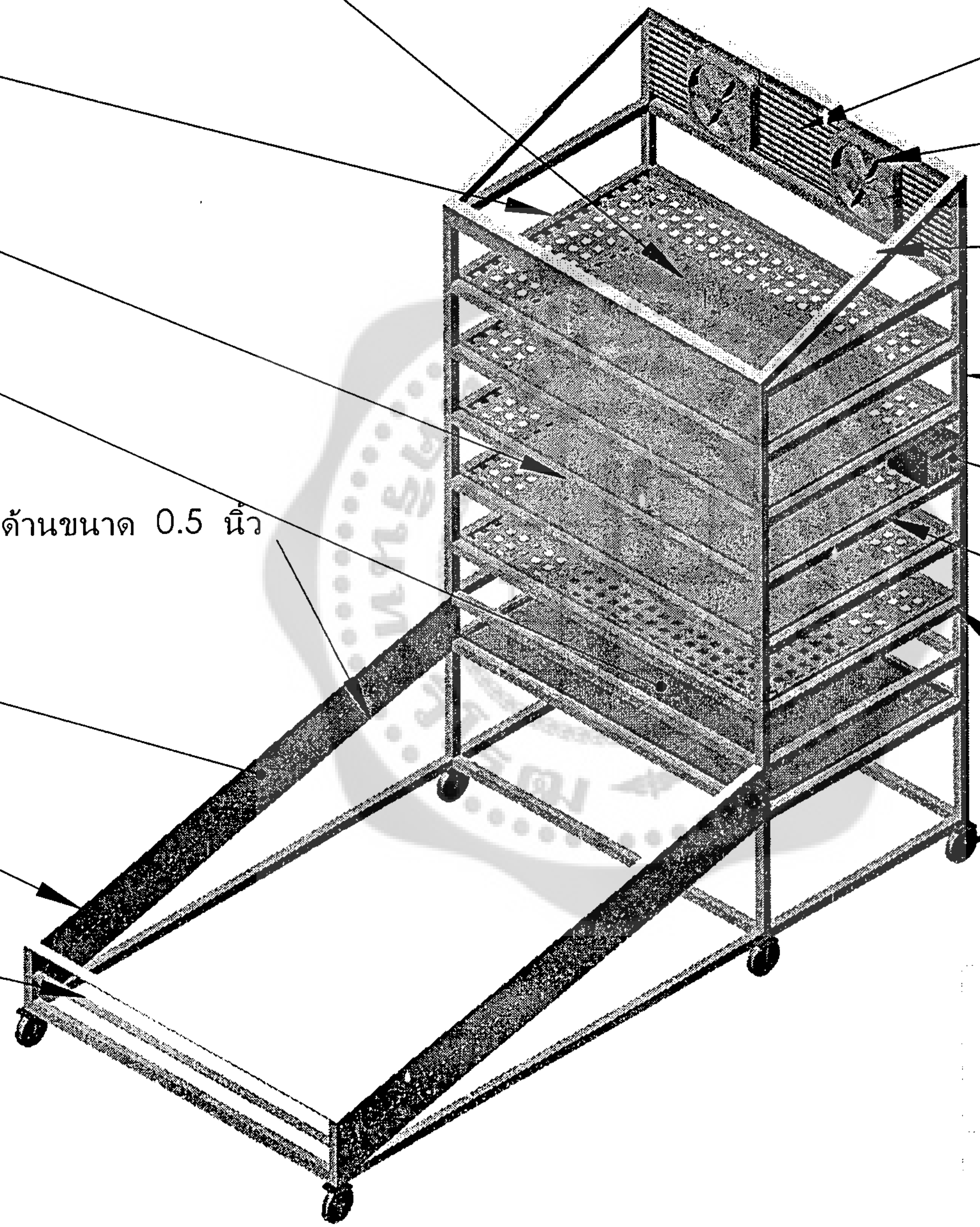
บรรณานุกรม

1. Geankoplis, Christie J, 1993, Transport process and unit operations, 3rd edit, Prentice hall PTR, New Jersey, USA., p533-565.
2. Kreith, F., and West, R.E.,1997, CRC handbook of energy efficiency, CRC Press, New York, USA., p33-72.
3. edit. By Thai Gypsum Products Public Company Limited, 1995, Energy efficient design of buildings in Thailand, Thai Gypsum Products Public Company Limited, Thailand, p12-22.
4. กาญจน์ เรืองจันทร์, จเร โรจน์ณรงค์, ไชยภพ วงศ์สุวรรณ์, ธีราวุธ โพธิ์เพชร และคณะ, 2524, การตรวจวัดคุณภาพอากาศ ณ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์, โครงงานวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
5. ชลิต พันธ์ทอง, ณรงค์ สุจริต และนายวรวิทย์ ศรีสุริยชัย, 2542, เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้า, โครงงานวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

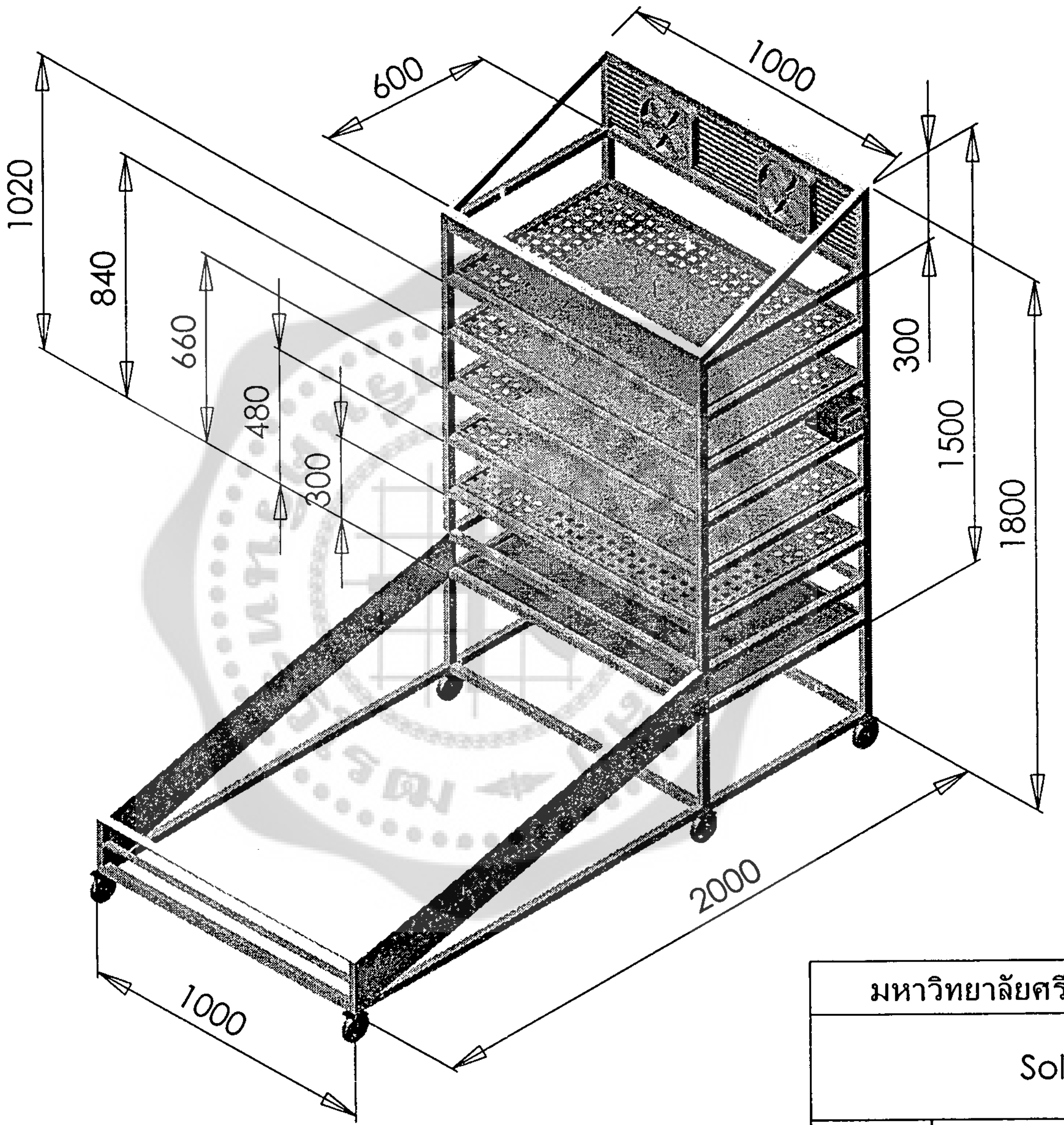
ภาคผนวก

ภาพสามมิติ และภาพฉายของตู้อบลมร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

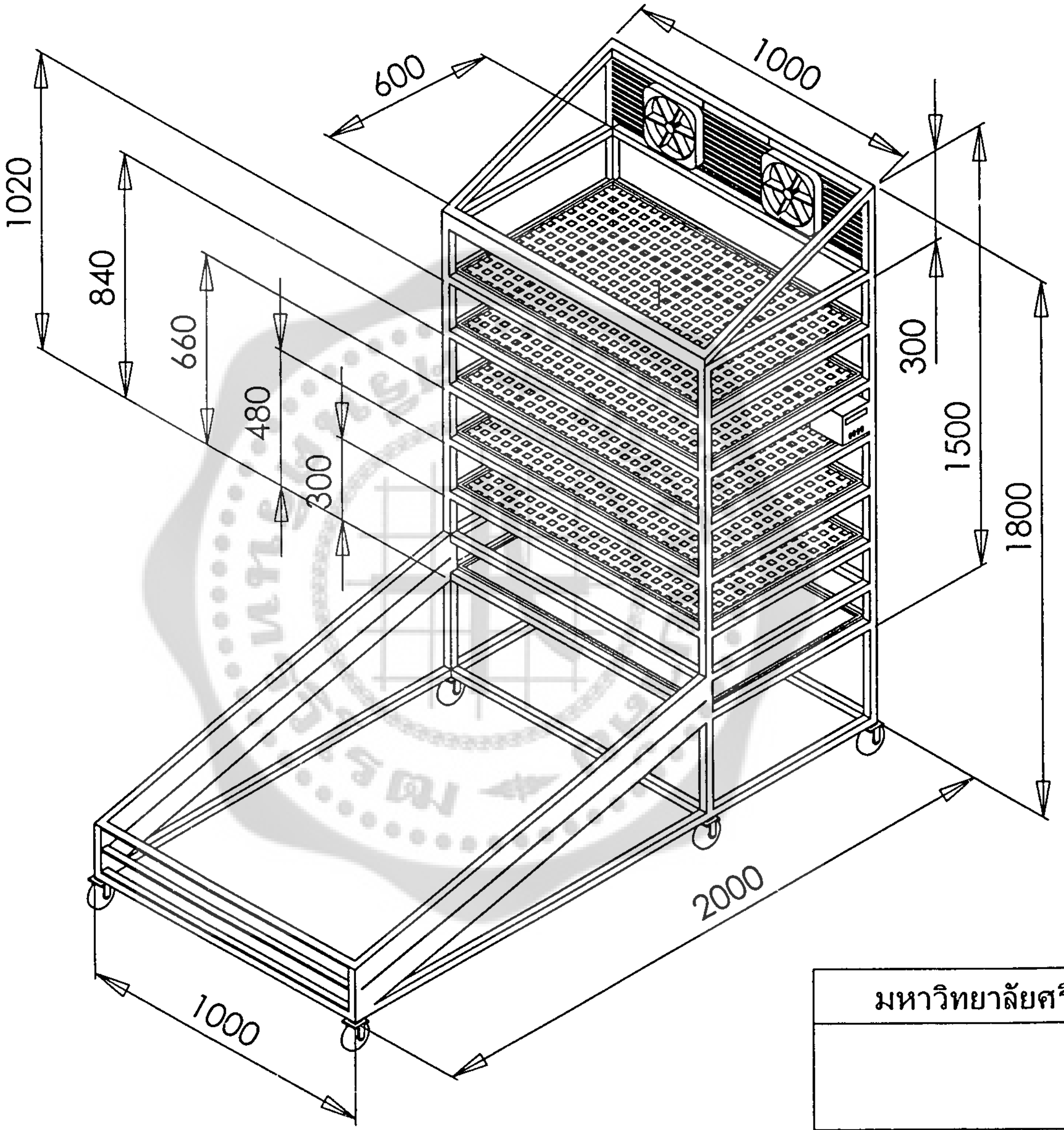
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ



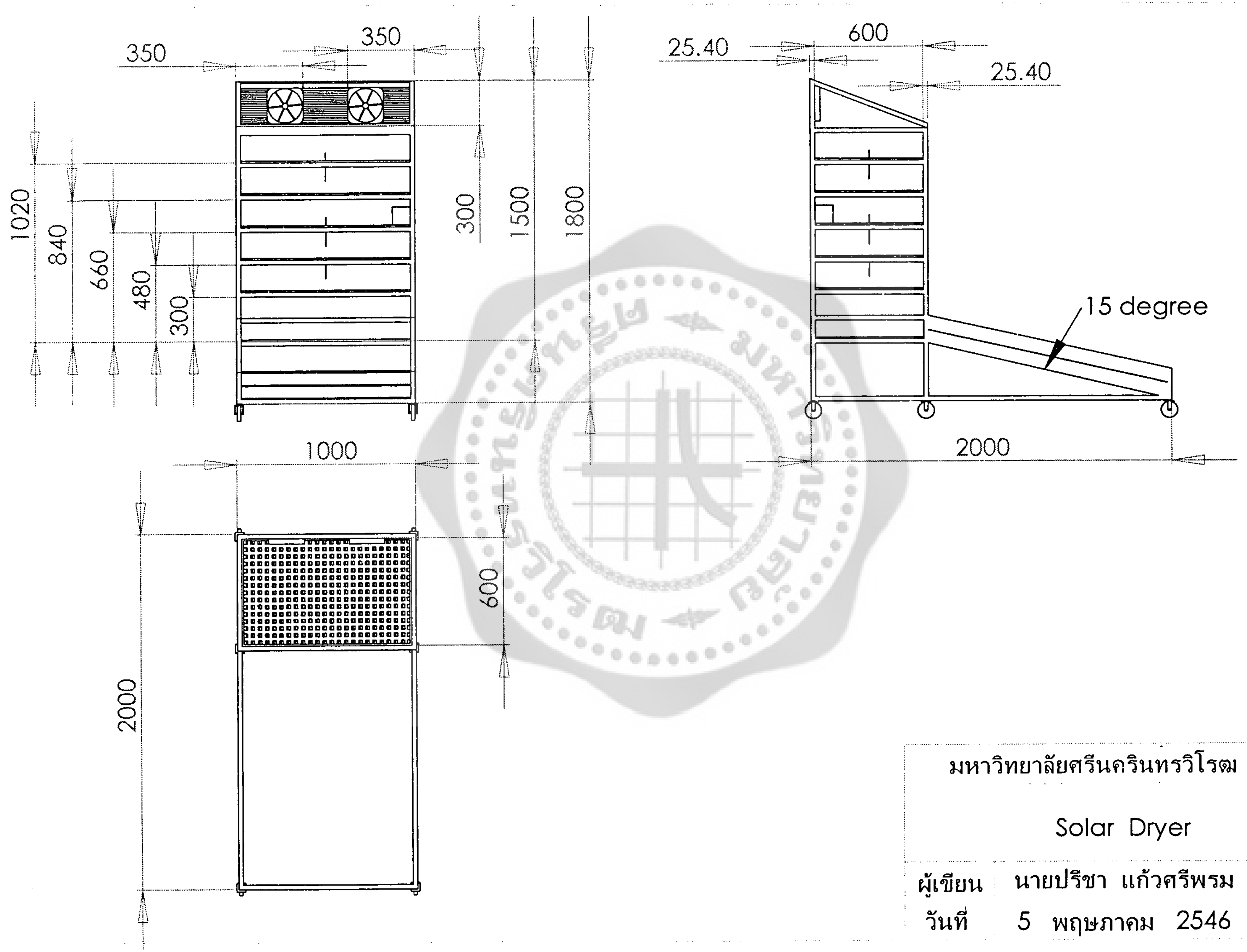
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์
Solar Dryer
ผู้เขียน นายปรีชา แก้วศรีพรม วันที่ 5 พฤษภาคม 2546



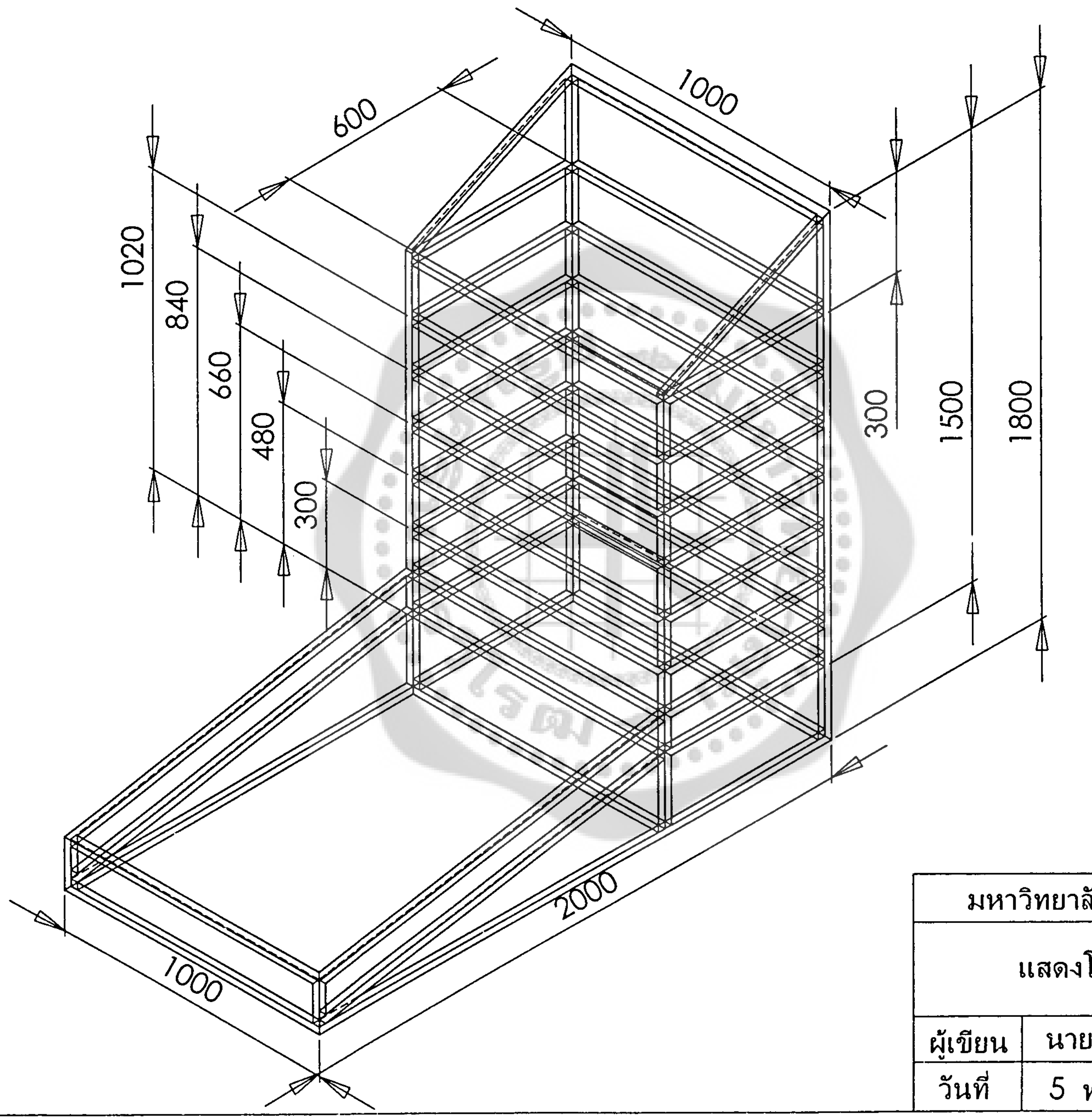
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์	
Solar Dryer	
ผู้เขียน	นายปรีชา แก้วศรีพรม
วันที่	1 พฤษภาคม 2546



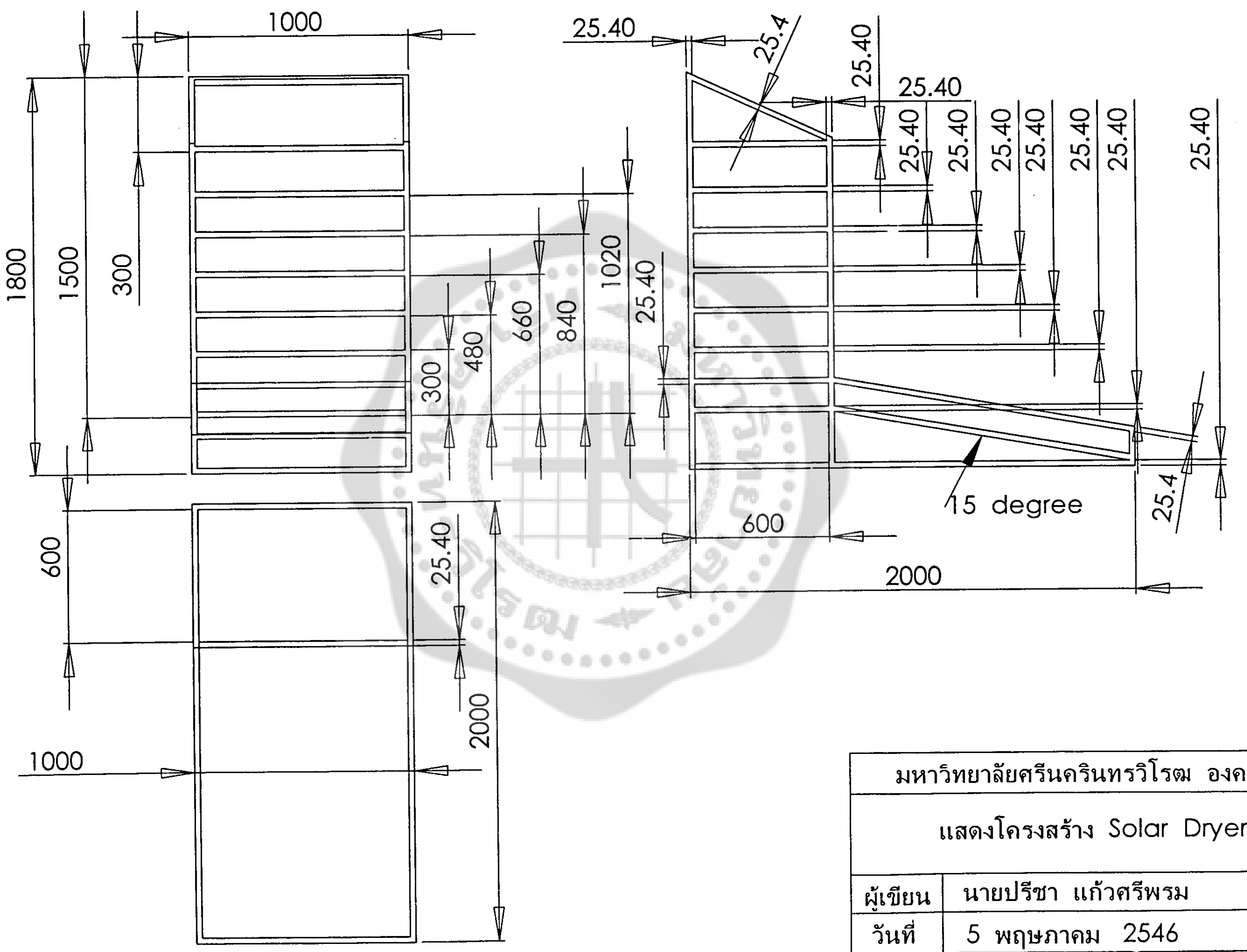
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์	
ผู้เขียน	ดร. สินศุภา จุ้ยจุลเจิม
วันที่	1 สิงหาคม 2546



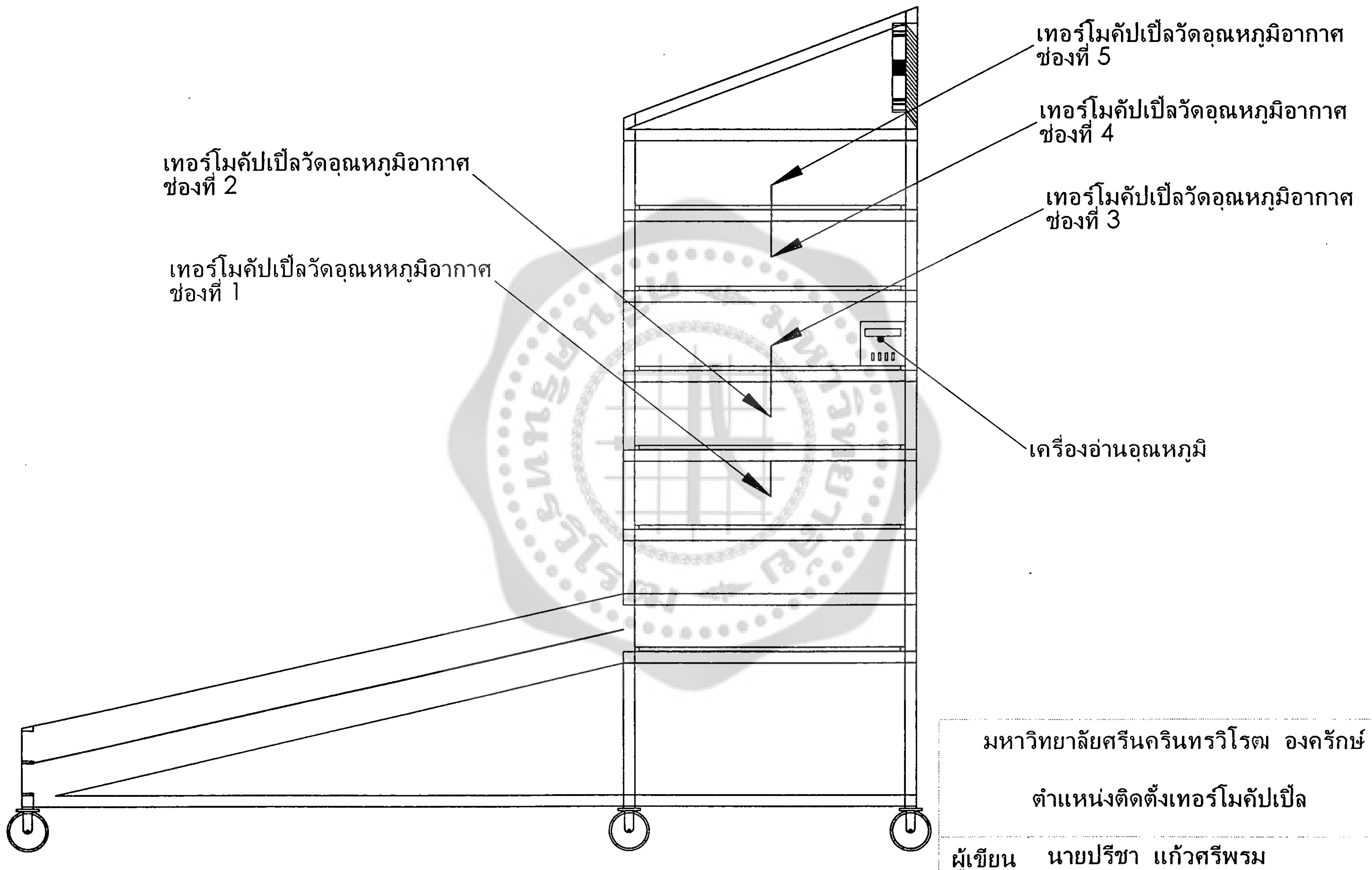
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์	
Solar Dryer	
ผู้เขียน	นายปริชา แก้วศรีพรม
วันที่	5 พฤษภาคม 2546



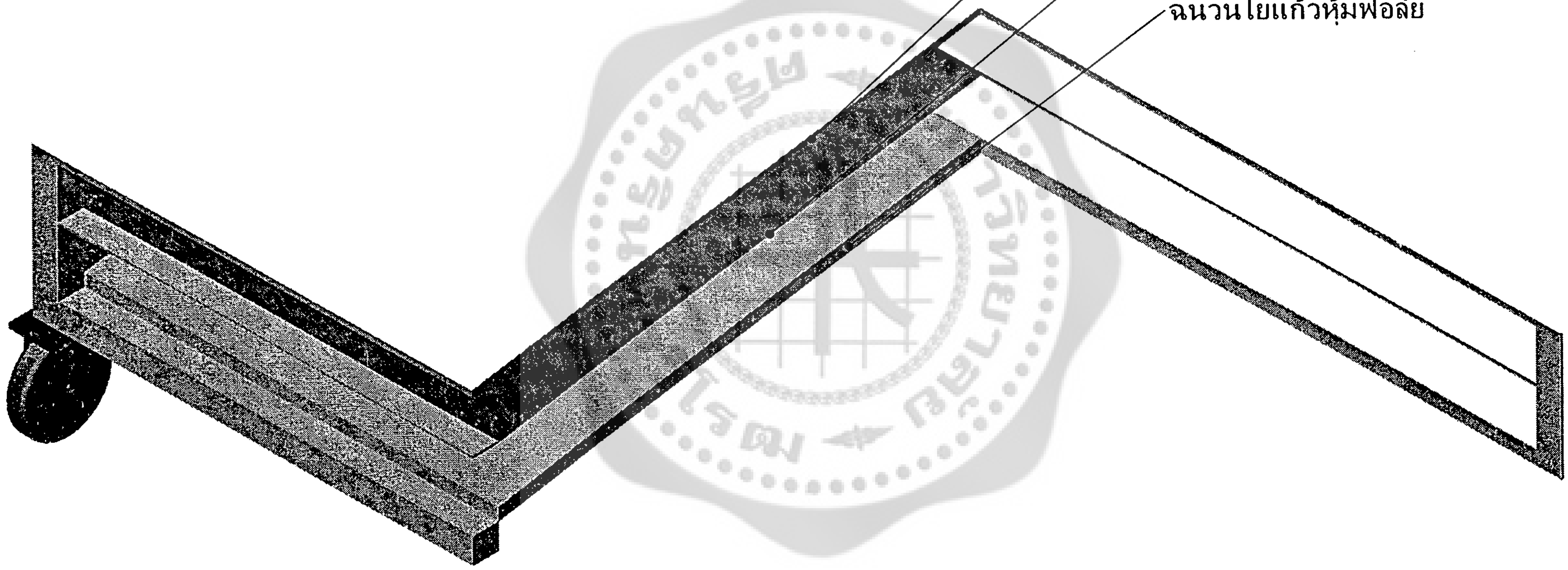
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์	
แสดงโครงสร้าง Solar Dryer	
ผู้เขียน	นายปรีชา แก้วศรีพรม
วันที่	5 พฤษภาคม 2546



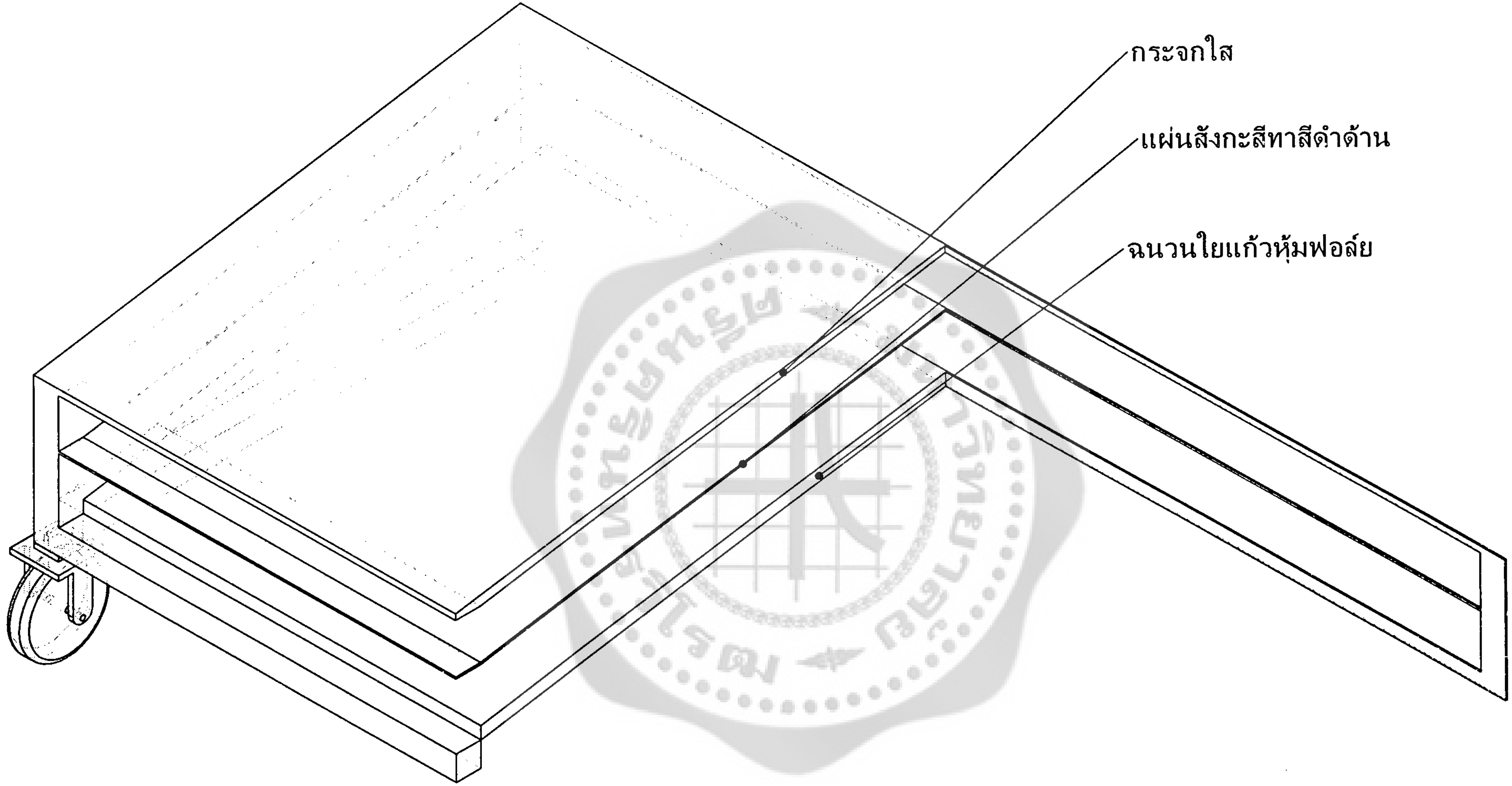
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์	
แสดงโครงสร้าง Solar Dryer	
ผู้เขียน	นายปรีชา แก้วศรีพรม
วันที่	5 พฤษภาคม 2546



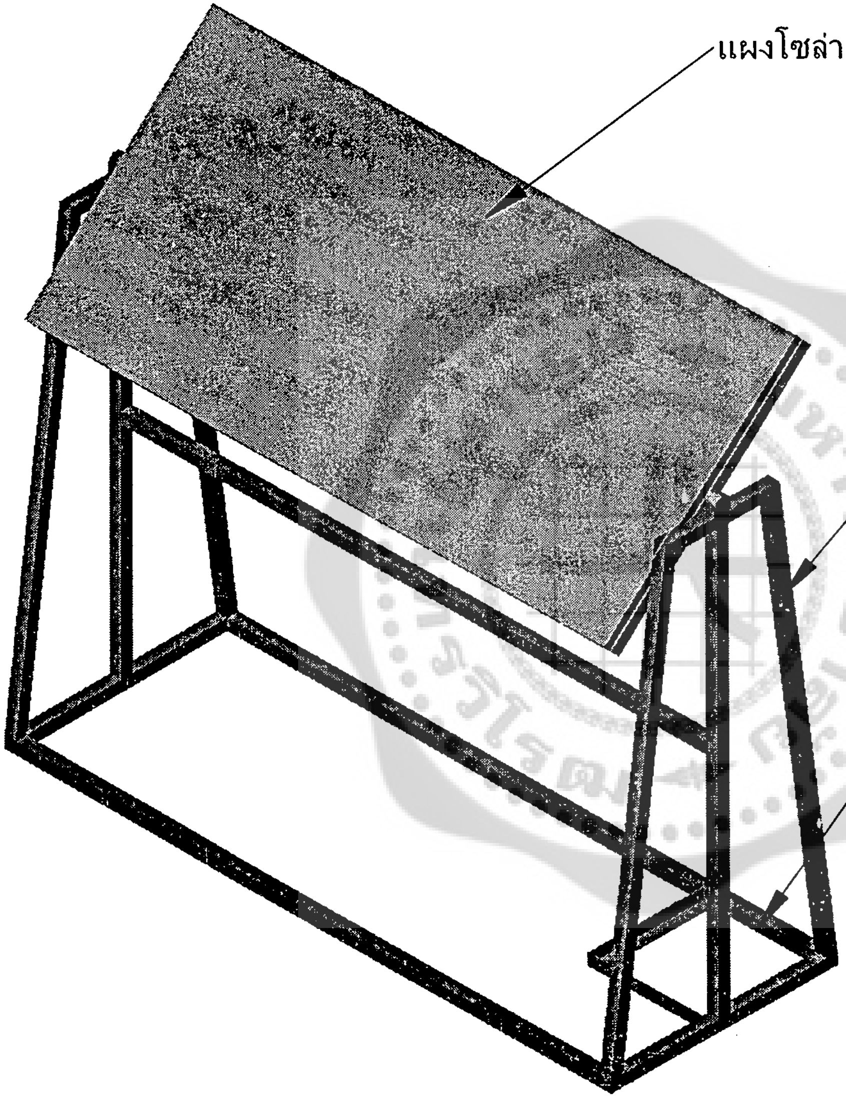
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์	
ตำแหน่งติดตั้งเทอร์โมคัปเปิ้ล	
ผู้เขียน	นายปรีชา แก้วศรีพรม
วันที่	5 พฤษภาคม 2546



มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์	
แสดงภาพตัดชั้นของ ฉนวน, แผ่นสังกะสี และกระจก	
ผู้เขียน	นายปรีชา แก้วศรีพรม
วันที่	5 พฤษภาคม 2546



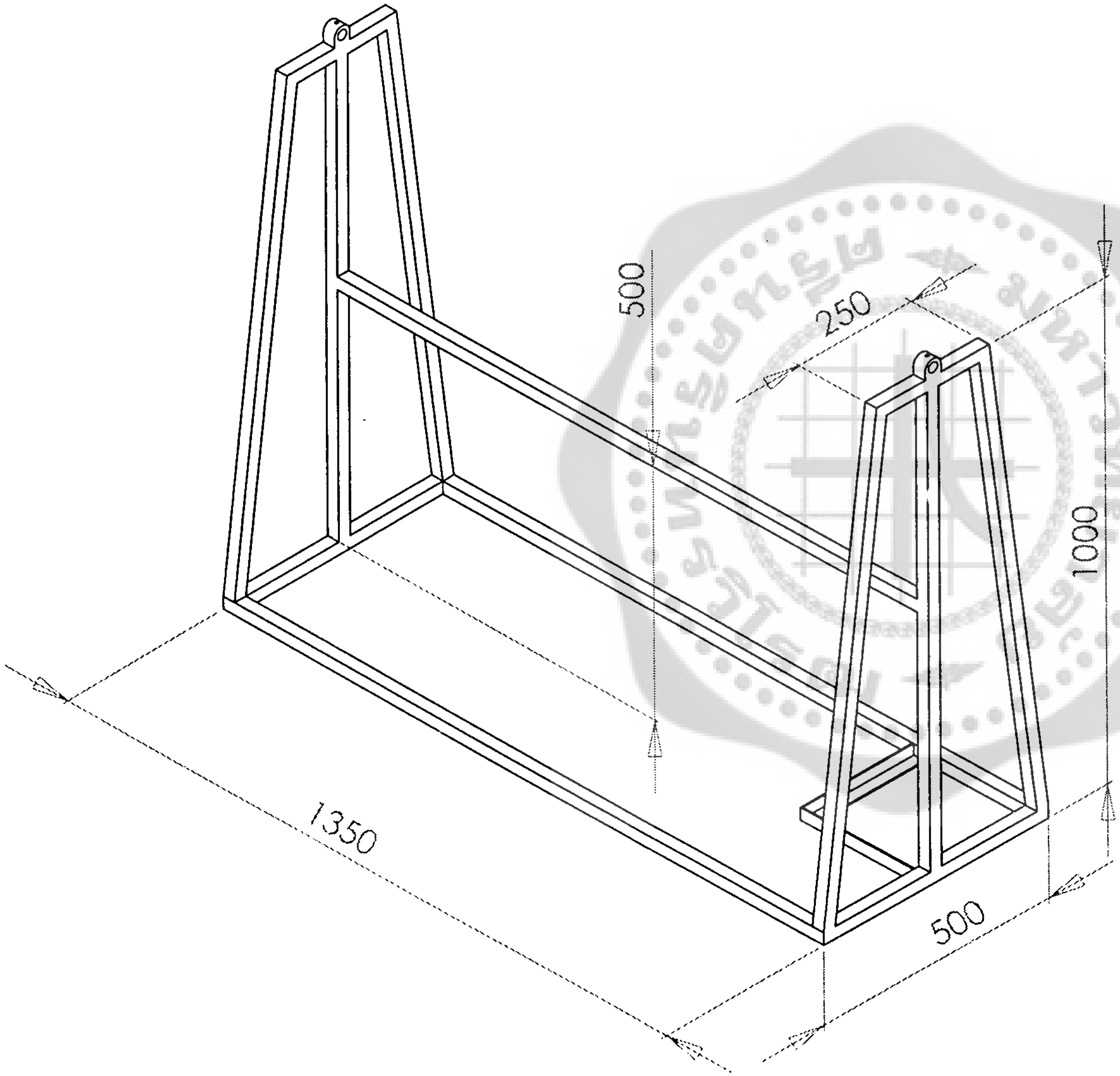
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์	
แสดงภาพตัดชั้นของ ฉนวน, แผ่นสังกะสี และกระจก	
ผู้เขียน	นายปรีชา แก้วศรีพรม
วันที่	5 พฤษภาคม 2546



มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์

โครงสร้างติดตั้งแผง Solar cell

ผู้เขียน นายปรีชา แก้วศรีพรม
วันที่ 5 พฤษภาคม 2546

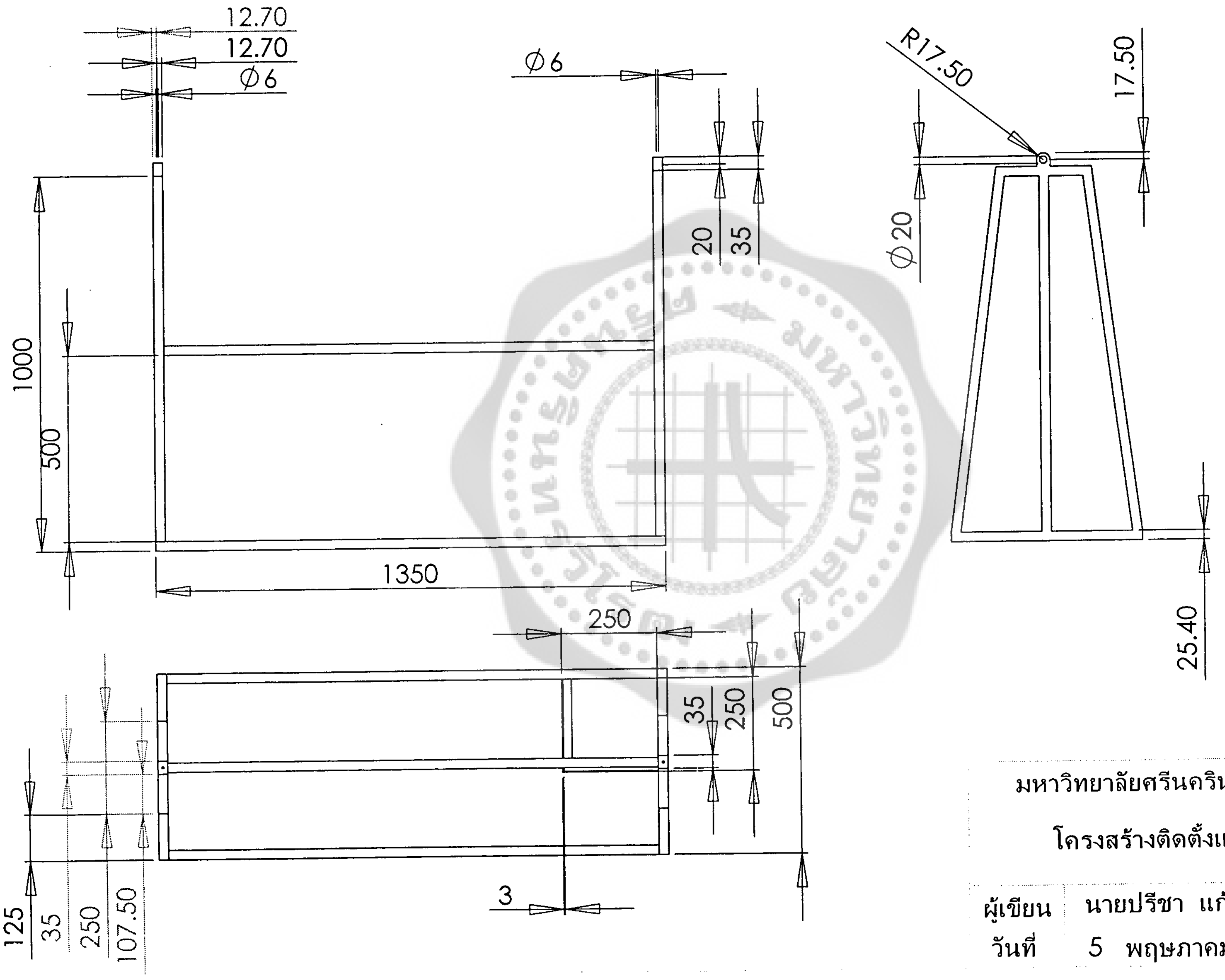


มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์

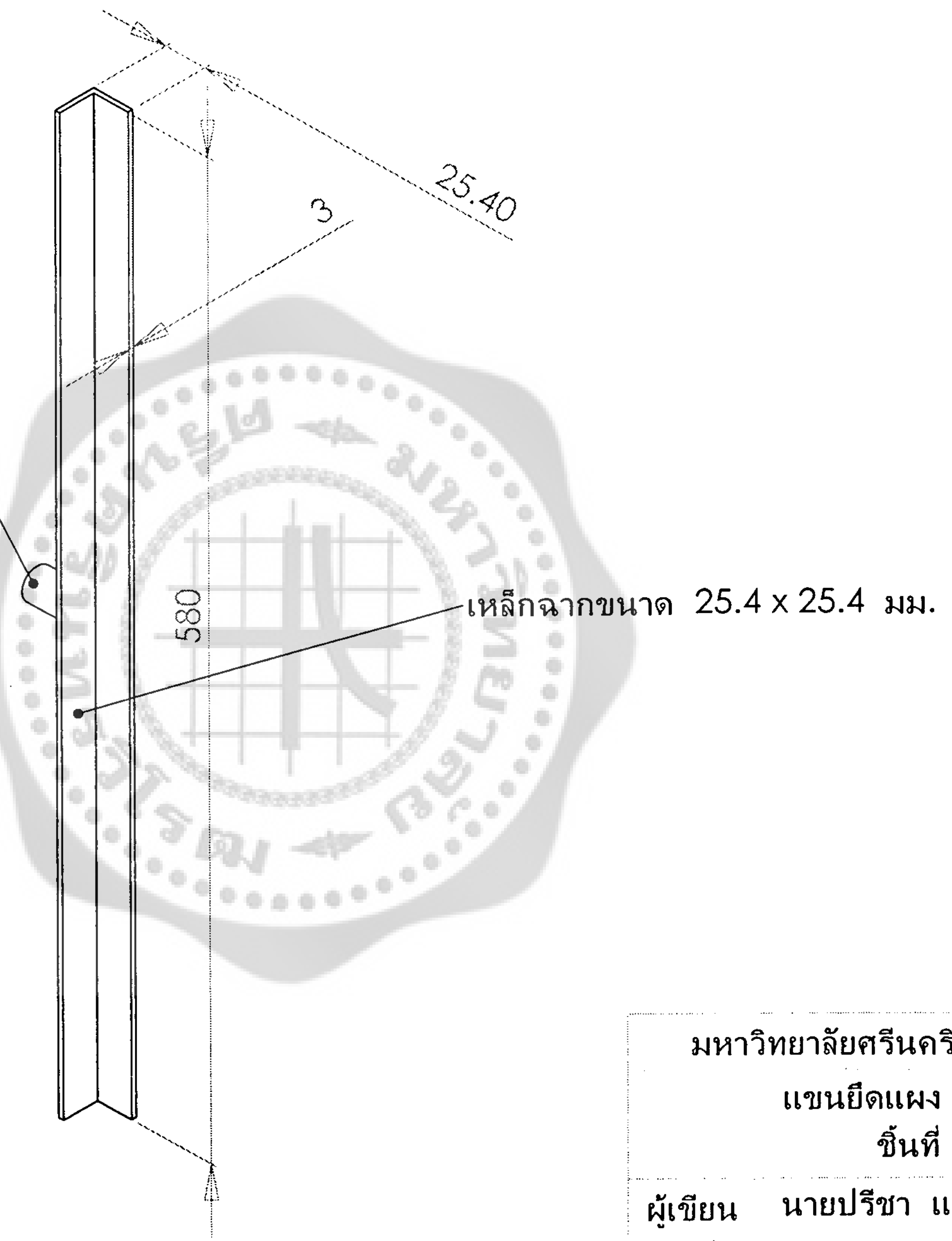
โครงสร้างติดตั้งแผง Solar cell

ผู้เขียน นายปรีชา แก้วศรีพรม

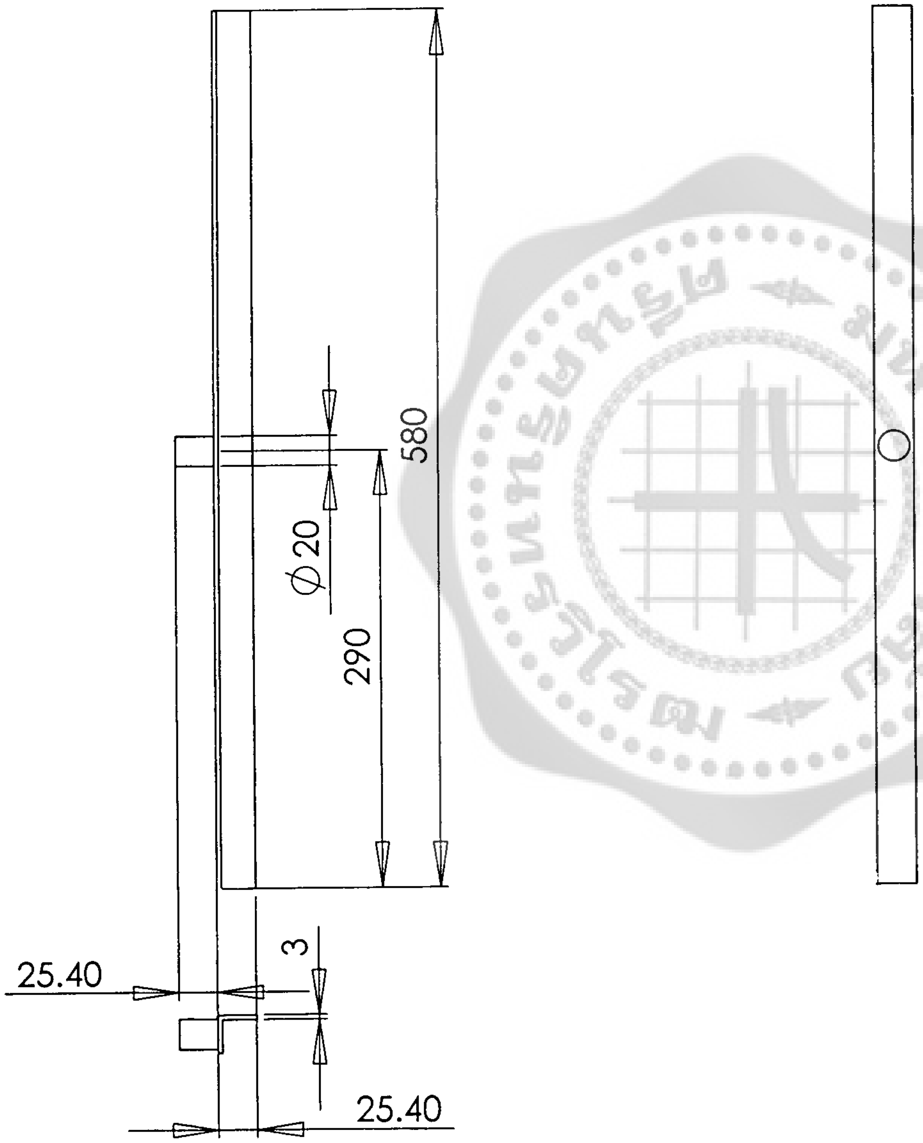
วันที่ 5 พฤษภาคม 2546



มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์	
โครงสร้างติดตั้งแผง Solar cell	
ผู้เขียน	นายปรีชา แก้วศรีพรม
วันที่	5 พฤษภาคม 2546



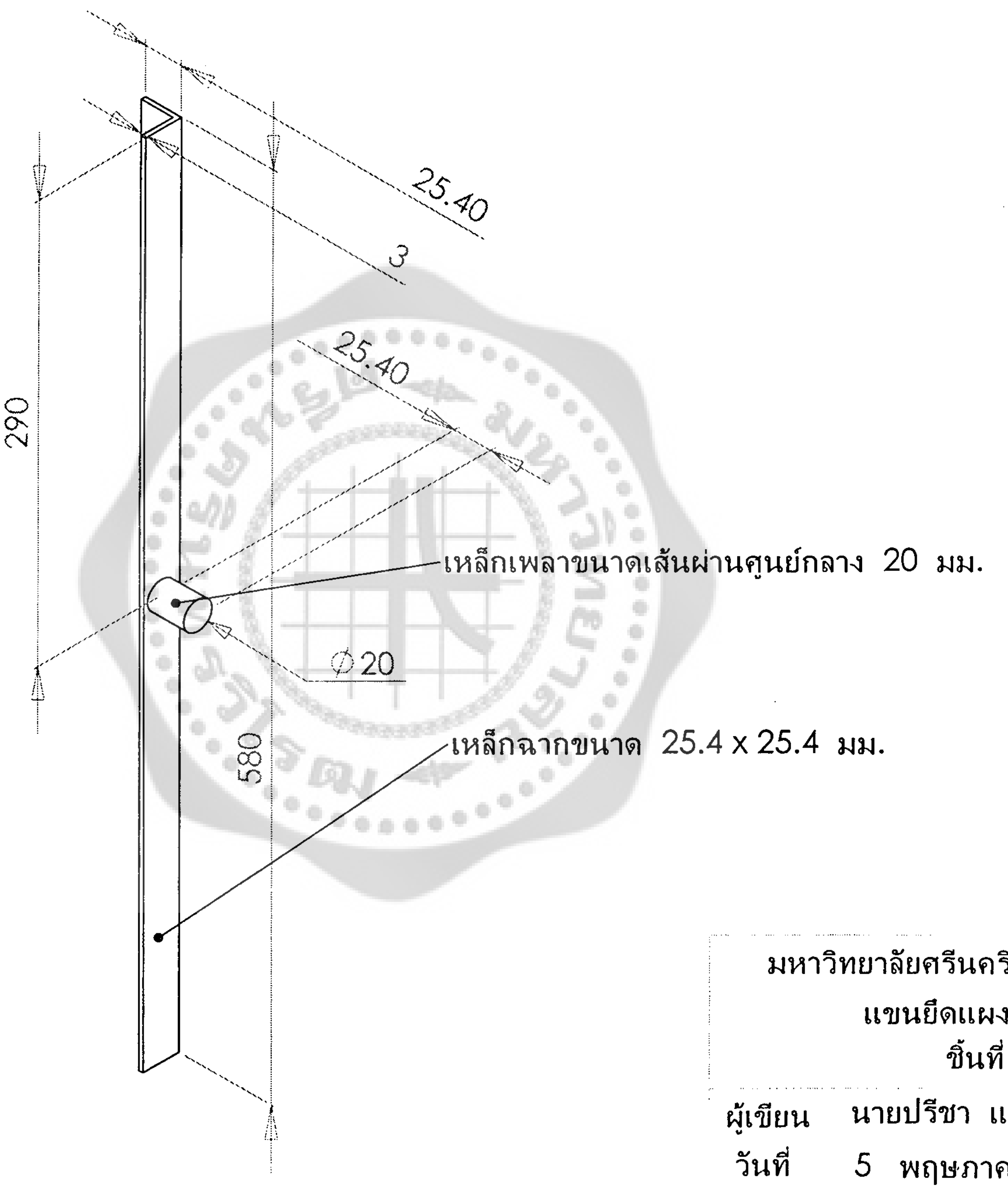
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ แขนยึดแผง Solar cell ชิ้นที่ 2	
ผู้เขียน	นายปรีชา แก้วศรีพรม
วันที่	5 พฤษภาคม 2546



มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์

แขนยึดแผง Solar cell
ชิ้นที่ 2

ผู้เขียน	นายปรีชา แก้วษรีพรม
วันที่	5 พฤษภาคม 2546



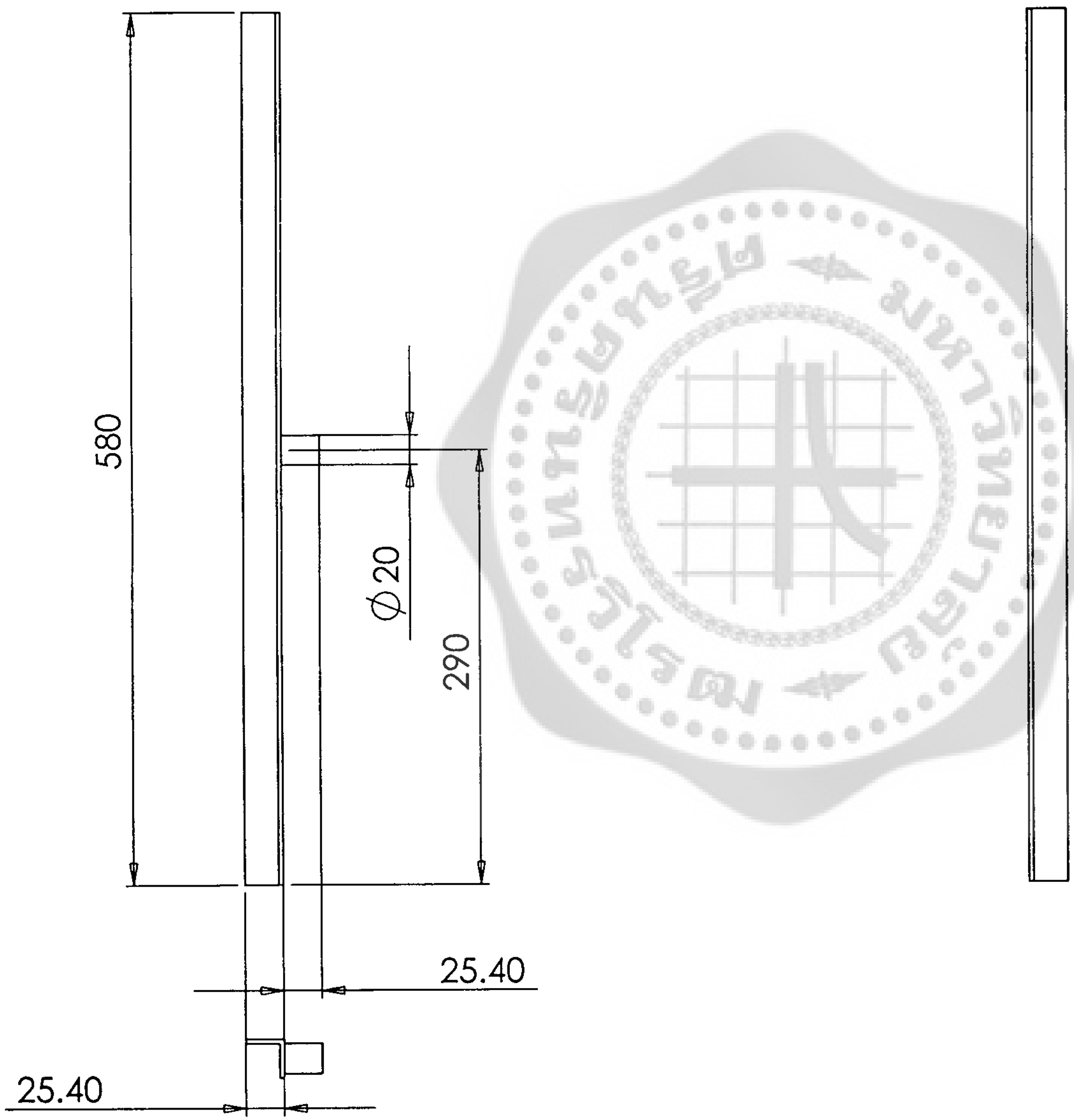
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์

แขนยึดแผง Solar cell

ชิ้นที่ 1

ผู้เขียน นายปรีชา แก้วศรีพรม

วันที่ 5 พฤษภาคม 2546



มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์

แขนยึดแผง Solar cell

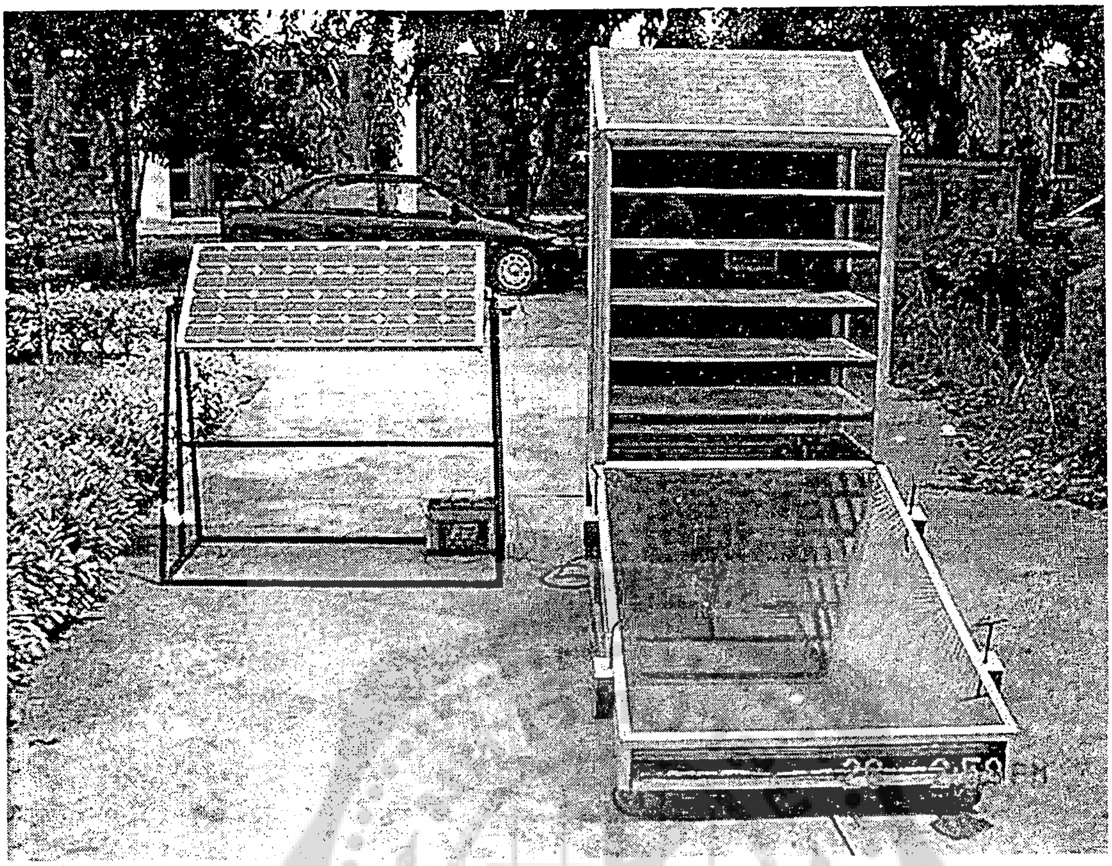
ชิ้นที่ 1

ผู้เขียน นายปรีชา แก้วศรีพรม

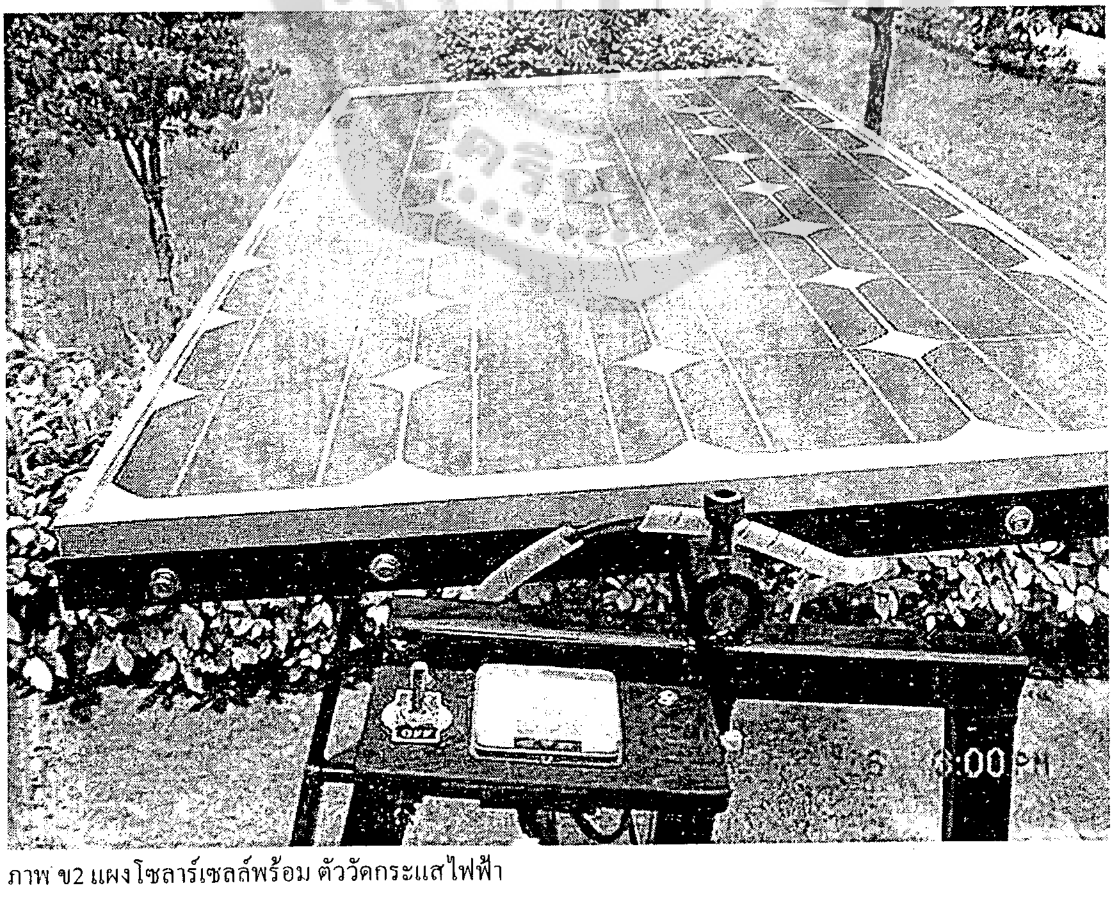
วันที่ 5 พฤษภาคม 2546

ภาคผนวก

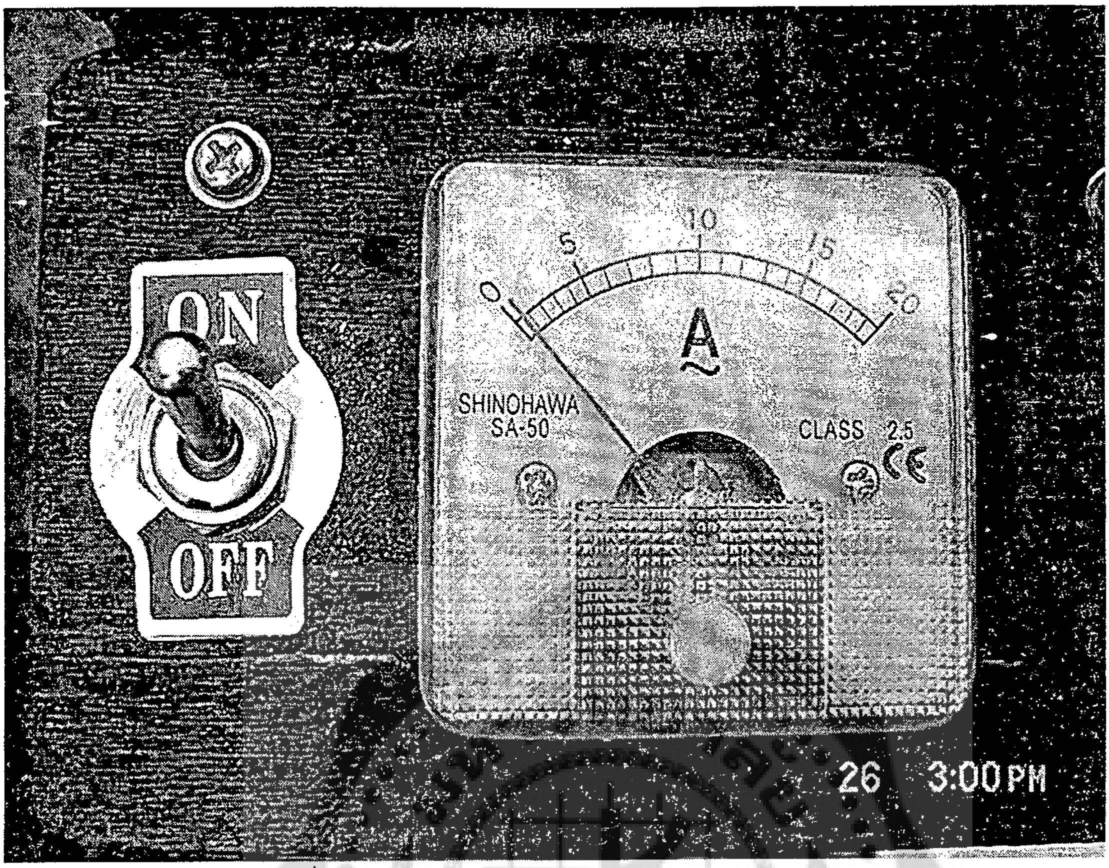
แสดงชุดภาพประกอบของตู้อบลมร้อนพลังงานแสงอาทิตย์



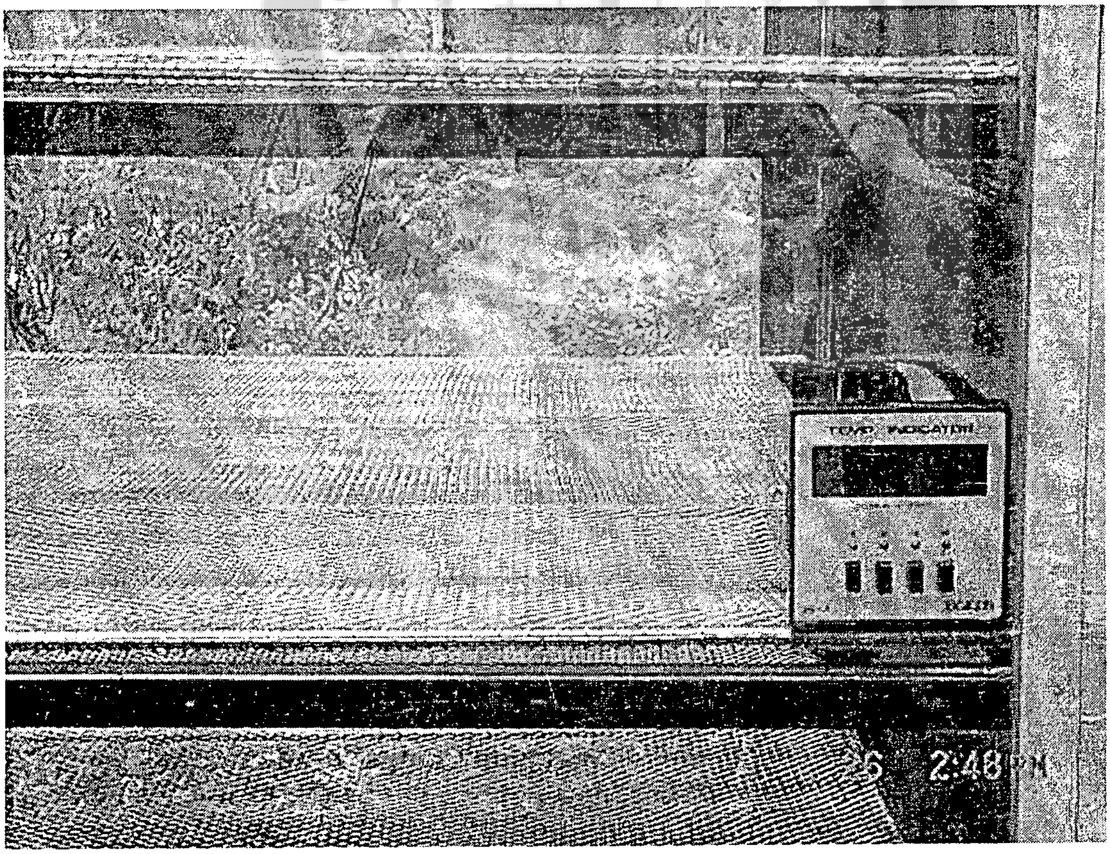
ภาพที่ ข1 ภาพตู้อบพร้อม ชุดโซลาร์เซลล์



ภาพ ข2 แผงโซลาร์เซลล์พร้อม ตัววัดกระแสไฟฟ้า



ภาพ ข 3 ตัวอย่างกระแสไฟฟ้าที่อ่านได้



ภาพ ข 4 แสดงภาพตัววัดอุณหภูมิชนิดเทอร์โมคัปเปิล และจอแสดงผล

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อผู้วิจัย นางสาวสินศุภา จุ้ยจุลเจิม

Sinsupha CHUICHULCHERM

สถานที่ทำงาน ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์

ถ.รังสิต นครนายก อ.องครักษ์ จ.นครนายก 26120

Email: sinsupha@swu.ac.th

โทรศัพท์ : 66-2-6641000 ext 2077

โทรสาร : 66-37-322608

ประวัติการศึกษา

1988: B.Sc. (Biotechnology), Kasetsart University, Bangkok, Thailand

1995: M.Eng, (Chemical Engineering), Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand

2001: Ph.D. (Chemical Engineering), Imperial College of Science, Technology and Medicine, University of London, United Kingdom

ประวัติการทำงาน

1988-1989: Quality assurance advisor, Siam preserve foods Ltd., Rachaburi, Thailand

1994-1997: Project manager of water supplying system, Bann nai suan Ltd. Surat thani, Thailand

1996: Lecturer, Department of Chemical Engineering, Kasetsart University, Bangkok, Thailand

2001-present: Lecturer, Department of Chemical Engineering, Srinakharinwirot University, Ongkharak, Nakornnayok, Thailand

งานวิจัยที่สนใจ

Biological System: Fluidized bed fermentation, Anaerobic bioreactor

Environment and Energy: Metal ion removal, Wastewater treatment, Biofuel

Industrial Application: Hot air dryer with solar energy, Solvent extraction

ประวัติการรับทุน

2002

1. Design and development of hot air dryer with solar energy, Srinakharinwirot University, October 2002-September 2003.

Publications

Books

1. Chuichulcherm S.(1995), การระเหยน้ำในคอลัมน์ทรายผสมโพลิเมอร์, Masters' Degree Thesis, Chulalongkorn University, Thailand
2. Chuichulcherm S. (2001), Configurations and operations of metal-containing wastewater system using sulphate-reducing bacteria, Ph.D. thesis, Imperial College of Science,Technology and Medicine, University of London, United Kingdom

Journal Articles

1. **Chuichulcherm** S., Nagpal S., Peeva L., and Livingston A., 2001, Treatment of metal-containing wastewaters with a novel extractive membrane reactor using sulfate-reducing bacteria. *J Chem Technol Biotechnol*, 76 p 61-68
2. Nagpal S., **Chuichulcherm** S., Livingston A. and Peeva L., 2000, Ethanol utilization by sulfate-reducing bacteria: an experimental and modeling study, *Biotechnology and Bioengineering*, 70(5), p 532-543
3. Nagpal S., **Chuichulcherm S.**, Peeva L., and Livingston A., 2000, Microbial sulfate reduction in a liquid-solid fluidized bed reactor, *Biotecnology and Bioengineering*, 70(4), p 370-380

Conference Proceedings

1. **Chuichulcherm S.**, Peeva L., and Livingston A., 2002, An integrated system for the biodegradation of wastewater containing xenobiotics and toxic metals, Proceeding of Sixth international ISEB symposium on environmental biotechnology, June Veracruz, Mexico,
2. **Chuichulcherm** S., Peeva L., and Livingston A., 2001,Removal of phenol from acidic wastewater using acidophilic heterotrophic bacteria, การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 11, 9-10 พฤศจิกายน 2544, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา
3. **Chuichulcherm** S., Peeva L., and Livingston A., 2000, Metal removal from acidic wastewater using alkali sulfate-reducing bacteria, proceeding of the Fifth international symposium on environmental biotechnology, July 9-13, 2000, Kyoto, Japan. p 356-359.
4. **Chuichulcherm S.** and Arthayukti W., 1996, Water evaporation in a sand mixed with water-absorbing polymers, การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมเคมีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 6, 24-25 ตุลาคม 2539, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ

Current research topic

1. Butanol separation from a model fermentation broth
2. Ethanol fermentation using fluidised bed bioreactor
3. Herbal extraction using R134a

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ