

การใช้ประโยชน์ของพลังงานแสงอาทิตย์
กับอุตสาหกรรมการอบแห้งอาหารในประเทศไทย



นายปัญญา พิทักษ์กุล

วิทยานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ.๒๕๕๕

ISBN 974-561-740-7

010370

116549090

AN APPLICATION OF SOLAR ENERGY
TO FOOD DRYING INDUSTRY IN THAILAND

Mr. Panya Pitakgul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Industrial Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University

1982

ISBN 974-561-740-7

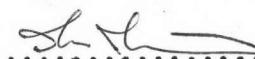
หัวขอวิทยานิพนธ์ การใช้ประโยชน์ของพลังงานแสงอาทิตย์กับอุตสาหกรรมการอบแห้งอาหาร
 ในประเทศไทย
 โดย นายปัญญา พิทักษ์กุล
 ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหกรรม
 อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ
 อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รองศาสตราจารย์ ดร. มาณิช ทองประเสริฐ

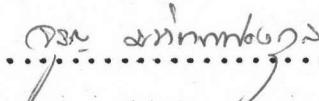


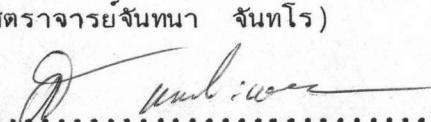
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของ
 การศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

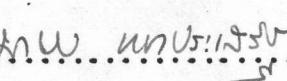

 คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
 (รองศาสตราจารย์ ดร. สุประดิษฐ์ บุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


 ประธานกรรมการ ประธานกรรมการ
 (รองศาสตราจารย์ ดร. วิจิตร ธรรมธาธิรัตน์)


 กรรมการ กรรมการ
 (รองศาสตราจารย์จันทนา จันทโร)


 กรรมการ กรรมการ
 (รองศาสตราจารย์ ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ)


 กรรมการ กรรมการ
 (รองศาสตราจารย์ ดร. มาณิช ทองประเสริฐ)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การใช้ประโยชน์ของพลังงานแสงอาทิตย์กับอุตสาหกรรมการอบแห้งอาหารในประเทศไทย
ชื่อนักศึกษา	นายบัญญา พิทักษ์กุล
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองค่าสัสดาราจารย์ ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองค่าสัสดาราจารย์ ดร. มานิด ทองประเสริฐ
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2525



บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ เล่มนี้มีความมุ่งหมายเพื่อการศึกษาการใช้ประโยชน์ของพลังงานแสงอาทิตย์กับอุตสาหกรรมการอบแห้งอาหารในประเทศไทย อันจะเป็นการประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติกับอุตสาหกรรมดังกล่าว การศึกษาได้กำหนดขอบเขตไว้ดังนี้

1. ศึกษาเฉพาะโรงงานอบพืชและไข่โลหต์ได้เลือกมา เป็นตัวอย่าง เพียงโรงงานเดียว อันมีข้อดี เป็นผลิตภัณฑ์หลัก เป็นเชิงอุตสาหกรรม แต่ไม่ใช่อาหาร แต่เป็นอาหารที่มีคุณค่าทาง營養 ให้สารอาหารที่สำคัญ เช่น โปรตีน ไขมัน วิตามิน แร่ธาตุ ฯลฯ ที่จำเป็นต่อร่างกาย ทำให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มาก
2. ศึกษาเฉพาะระบบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้แผงรับแสงอาทิตย์ในการอุ่นอากาศก่อนที่จะเข้าระบบให้ความร้อนหลัก ด้วยเหตุที่แผงรับแสงอาทิตย์เป็นล้วนสีดำที่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนสูงถึง 50% โดยประมาณของเงินลงทุนทั้งหมด และเป็นล้วนที่กำหนดค่าใช้จ่ายโดยตรงต่อพลังงานความร้อนที่ได้รับ ซึ่งจำเป็นที่จะต้องศึกษาโดยละเอียดในล้วนของแผงรับแสงอาทิตย์ทั้งหมดที่ไม่มีการจำกัดกัน 1 แบบ และที่มีจำกัดกัน 1 ชั้น 2 แบบ โดยที่ระบบพลังงานแสงอาทิตย์ไม่มีการใช้หน่วยเก็บสะสมความร้อน

การศึกษาจะกระทำการออกแบบระบบผลิตอาหารคั่อร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ให้ทำงานร่วมกับระบบผลิตอาหารคั่อร้อนของโรงงาน โดยกำหนดชนิดและคุณลักษณะปัจจัยของแผงรับแสงอาทิตย์ต่าง ๆ กัน

เพื่อที่จะหาแบบที่จะให้ค่าใช้จ่ายทางพลังงานความร้อนต่ำที่สุด ทำการคำนวณแบบทางคณิตศาสตร์ของระบบผลิตอากาศร้อนร่วมกันของพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานความร้อนจากน้ำมันเพื่อใช้ในการอบแล้ว ทำการคำนวณประมาณผลผลิตแบบคำนวณโดยผ่านทางการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ นำผลที่ได้มาใช้ในการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตอากาศร้อนร่วมและระบบผลิตอากาศร้อนจากน้ำมันทั้งหมด โดยการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในระบบปรับพลังงานแสงอาทิตย์ต่อหน่วยความร้อนที่ได้จากการออกแบบต่าง ๆ กับค่าใช้จ่ายต่อหน่วยความร้อนที่ได้จากน้ำมัน

ผลจากการศึกษาพบว่าระบบผลิตอากาศร้อนร่วมไม่สามารถจะมีความเป็นไปได้ในเชิงเศรษฐศาสตร์ เพราะช่วงระยะเวลาในการอบสั้นโดยประมาณ 3 เดือน ใน 1 ปี เท่านั้น ซึ่งจะเป็นการใช้ประโยชน์ในระบบปรับพลังงานแสงอาทิตย์เพียง 25% ของความสามารถของระบบ ถ้าการร่วมกันในการผลิตอากาศร้อนมีระยะเวลาเพียง 3 เดือน ใน 1 ปี ค่าใช้จ่ายของพลังงานแสงอาทิตย์จะสูงถึง 0.2579 บาท/เมก.กรัลล์ ในขณะที่ค่าใช้จ่ายสำหรับน้ำมันเมื่อคิดตามราคายอดของพลังงานความร้อนจากน้ำมันเพียง 0.1196 บาท/เมก.กรัลล์ แม้ว่าราคายอดของน้ำมันจะสูงโดยประมาณ 10% ต่อปี ก็ตามการลงทุนในโครงการตั้งกล่าวจะทำให้ขาดทุนถึง 50,767 บาท ต่อปี ตลอดระยะเวลา 15 ปี ของอายุการใช้งานของระบบปรับพลังงานแสงอาทิตย์ ส่วนระยะเวลาศึกษาของโครงการนั้นไม่สามารถจะกำหนดได้ เพราะแม้จะหมายการใช้งานแล้ว ผลกระทบแทนจากการลงทุนก็ยังไม่คุ้มทุน เมื่อคิดในล่วงของอัตราผลตอบแทนประมาณว่าเพียง 9.4% ต่อปี เท่านั้น ในขณะที่อัตราดอกเบี้ยเงินกู้โดยทั่วไปเท่ากับ 16.5% ต่อปี จึงได้ทำการเสนอแนะว่าควรที่จะพยายามหาทางที่ใช้ประโยชน์จากระบบปรับพลังงานแสงอาทิตย์ให้มากขึ้นโดยการจัดหา เมล็ดพันธุ์พืชยืนต้นที่ต้องการอบแห้งมาก่อนนำไปในช่วงที่ไม่ใช่ฤดูของการอบ เมล็ดข้าวโพด และจากการศึกษาประมาณว่าถ้าขยายเวลาในการใช้ประโยชน์เป็น 5 เดือน หรือมากกว่าใน 1 ปี ก็จะทำให้ระบบผลิตอากาศร้อนร่วมมีความสามารถจะเป็นไปได้ในเชิงเศรษฐศาสตร์

Thesis Title An Application of Solar Energy to Food Drying
 Industry in Thailand

Name Mr. Panya Pitakgul

Thesis Advisor Associate Professor Sirichan Thongprasert, Ph.D.

Thesis Co-advisor Associate Professor Manit Thongprasert, Ph.D.

Department Industrial Engineering

Academic Year 1982

ABSTRACT

The main objective of the thesis is to study an application of solar energy to food drying industry in Thailand in order to save conventional energy (such as oil) and conducting an application in a practical field in the industry. The scope of the study included:

1. A study of a selected Silo and drying factory with maize as its major product for the real operation of the plant.
2. A study of a solar system using the solar collectors in pre-heating the air entering the major heating system. For the reasons that the solar collectors have the cost of investment about 50% of the total investment they dictate on the solar cost. It is essential to study on both the single glazed collectors and the unglazed collector. Also the solar system does not have the thermal storage unit.

The studies were conducted by a design of a solar heating system to join with the major heating system of the plant. Various specifications of the solar collectors had been given in determining the best

8

design in which the solar cost is the lowest by the simulation on a mathematical model of a hybrid system of solar and oil as its energy sources for drying operation. The computer had been used in generated the results from the simulation model. The results from the simulation model had been used in an economic analysis of a hybrid system and a total oil system by comparing between the solar costs per thermal unit and the oil fuel cost per thermal unit.

The results from the study indicated that the hybrid system was not economically feasible because the operation period of the system was short (3 months a year), the utilization on the solar system is only 25% of its capacity. If the hybrid was to be operated 3 months a year the solar cost would be 0.2579 Baht per Mega Joule while the cost of oil fuel was only 0.1196 Baht per Mega Joule. Even the price of oil fuel increases approximately 10% a year, the investment on the project will lose 50,767 Baht a year for 15 years of the operating life of the solar system. The payback period of the project can not be determined since the returns on investment can not cover the capital investment. The rate of return is approximately 9.4% a year while the lending rate is generally 16.5% a year. The recommendation is to extend the utilization on the solar system by providing the other cereal grains for drying in the part of the time that is not the corn drying season. From the studies it indicates that, when the utilization is extended to 5 months or more in a year, the hybrid system is economically feasible.

กติกรรมประการ

วิทยาพินธ์เล่มนี้สำเร็จได้ก็ เพราะความกรุณาของอาจารย์ 2 ท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำและเป็นศิริกษาแก่ผู้เขียนมาโดยตลอดในการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนให้การตรวจทานแก้ไข ซึ่งทำให้วิทยาพินธ์เล่มนี้สำเร็จได้ ซึ่งทำให้ผู้เขียนมีความรู้สึกยा�บชึ้นในพระคุณของอาจารย์ที่มีต่อผู้เขียน และเมื่อถึงโอกาสอันควรนี้ ผู้เขียนจึงขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และ รองศาสตราจารย์ ดร.มานะ ทองประเสริฐ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ร่วม มา ณ ศิริจันทร์

นอกจากนี้ผู้เขียนขอขอบคุณ คุณวสันต์ สรรประดิษฐ์ ผู้ดูแลการงานไซโลสหกรณ์ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในล้วนข้อมูลของโครงงาน วิศวกรรมประจำโครงงาน ที่ให้ความช่วยเหลือในการอำนวยความลับด้วยต่าง ๆ

ปัญญา พิทักษ์กุล





สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	๔
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	๘
กิติกรรมประกาศ	๗
รายการตารางประกอบ	๑๖
รายการรูปประกอบ	๗๙
บทที่	
1. บทนำ	1
2. การศึกษาการอบรมแห่งอาหารพากเมล็ดพืช	20
3. การศึกษาระมาร์กในการอบรมแห่งของโรงงานตัวอย่าง	21
4. การออกแบบระบบผลิตอาหารคุ้ร้อนพลังงานแสงอาทิตย์เข้ากับกรรมวิธีในการอบรม	39
5. การจำลองระบบผลิตอาหารคุ้ร้อนโดยคอมพิวเตอร์	55
6. การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์วิគาระม	85
7. สรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะ	108
เอกสารอ้างอิง	111
ภาคผนวก	114
ประวัติ	142

รายการตารางประกอบ

ตารางที่	หน้า
5.1 รายงานข้อมูลสำหรับวันที่ 15 กันยายน	74
5.2 แสดงค่า Δh ในห้องล่งชุดที่ 1	77
5.3 แสดงค่า Δh ในแผงรับแลงอาทิตย์แต่ละแผง	78
5.4 เยอดลอดเนื่องจากทางเข้าที่แผงรับ	79
5.5 เยอดลอดเนื่องจากความเร็วที่ทางออกของห้องล่งขนาด 1×1 ม.	79
5.6 แสดงความต้องการกำลังไฟฟ้าของพัดลมชุดที่ 1	80
6.1 คำนวณค่าเงินที่เพิ่มเป็นปีบัญชี	91
6.2 แสดงค่าใช้จ่ายต่อปีรวมสิ่งงานแลงอาทิตย์ที่ได้รับจากระบบ	93
6.3 แสดงค่าใช้จ่ายเมื่อวนลัมฟันรักษาระยะเวลาที่ใช้ประโยชน์และอัตราดอกเบี้ย	95
6.4 แสดงผลรวมของผลประโยชน์ที่ได้รับเทียบเป็นปีบัญชีเมื่อระยะเวลาที่ใช้ประโยชน์ของระบบแผงรับแลงอาทิตย์เป็น 8 เดือน และมีอัตราการเพิ่มของราคาน้ำซึ้งเป็น 10% ต่อปี	97
6.5 မูลค่าพลังงานที่ได้จากการแผงรับแลงอาทิตย์เทียบเท่าเป็นเงินลตต์รายปี	102
6.6 แสดงระยะเวลากืนทุนเมื่อระยะเวลาในการใช้ประโยชน์ของระบบแผงรับแลงอาทิตย์มีค่าต่าง ๆ กัน	104
6.7 แสดงค่าอัตราผลตอบแทน (%) เมื่อระยะเวลายังการใช้ประโยชน์ของระบบรับพลังงานแลงอาทิตย์มีค่าต่าง ๆ กัน	106

รายการรูปประกอบ

ขบก.	หน้า
2.1 Psychrometric Chart ของขบวนการอบแห้ง	10
2.2 Psychrometric Chart และการปฏิปัติงานของเครื่องอบแห้งที่ไม่มีการหมุนเรียนกลับ	11
2.3 รูปแบบของกรรมวิธีการอบแห้ง เป็นชุดในลักษณะต่าง ๆ	13
2.4 ส่วนตัดของเครื่องอบเป็นชุดแบบคอลัมน์	16
2.5 และสักษณะ 3 แบบ ของเครื่องอบแห้งที่มีการไหลต่อเนื่อง	17
2.6 Cross-Flow Dryer with Forced-Air Drying and Cooling	18
2.7 Cross-Flow Dryer with Forced-Air Drying and Reverse-Flow Cooling	18
2.8 ส่วนตัดของเครื่องอบแห้งชนิดที่ไหลตามกัน	19
2.9 เครื่องอบแห้งชนิดที่ไหลวนในรัง 3 แบบ	20
3.1 ขั้นตอนของระบบการผลิต	22
3.2 BLOCK DIAGRAM OF 4-STAGE CROSSFLOW DRYER	23
3.3 และการจัดส่วนต่าง ๆ เข้ากับห้อง	25
3.4 และโครงสร้างแบบกล่อง เป็นขั้นของห้อง	27
3.5 และส่วนประกอบที่เป็นขั้นของห้อง	29
3.6 และส่วนตัดของเครื่องถ่ายเมล็ด	30
3.7 และการจัดวางภายในอาคารเพาใหม่	32
4.1 และโครงสร้างของรังเก็บเมล็ดที่เป็นรังรูปทรงกลม	40
4.2 และรูปแบบอาคารของโรงงาน	41
4.3 และเก้าอี้ทางของแนวหลังคา ส่วนที่ติดตั้งแผงรับและวางอาทิตย์และแนวการวางท่อส่งอากาศจากแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์สู่ห้องเพาใหม่	42

ขบก	หน้า
4.4 รูปสักษณะของ Air Collectors ที่ทำการศึกษา	45
4.5 แสดงสักษณะโครงสร้างของตัวกล่องแผงรับแสงอาทิตย์	47
4.6 แสดงความดันที่กระทำบนกระดาษในล้วนที่พิจารณา	49
4.7 รูปตัวของกล่องแผงรับแสงและสักษณะของเลือดค้า	54
5.1 รูปแบบจำลองของระบบผลิตอากาศร้อน	56
5.2 โครงสร้างการล้างผ่านข้อมูลและการกำหนดพารามิเตอร์ของล้วนประกอบที่แสดง เป็น แผงรับแสงอาทิตย์	59
5.3 แผงรับแสงอาทิตย์มีดอากาศเป็นของไฟล์ทำงาน	63
5.4 แสดงสักษณะของแผงรับแสงอาทิตย์แบบ Type E ไม่มีกระดาษ และโครงข่ายความ ร้อนของแผงรับแสงอาทิตย์แบบนี้	66
5.5 โครงสร้างการล้างผ่านข้อมูลสำหรับแผงรับแสงอาทิตย์ 3 แบบ	69
5.6 โครงสร้างการล้างผ่านข้อมูลของระบบผลิตอากาศร้อน	71
5.7 แสดงจำนวนที่ต้องพิจารณาเมื่อกำหนด Type D เพียงแบบเดียวของแผงรับแสง อาทิตย์ที่จะศึกษา	83
6.1 แสดงถึงผลของระยะเวลาที่ใช้ประโยชน์ต่อการประหยัดค่าใช้จ่ายในการอบแห้ง .	99