สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

พัฒนาเครื่องอบแห้งสมุนไพร

DEVELOPMENT OF THE HERB DRYER MACHINE

ชุมพล ลิ้มสุวรรณ

CHUMPOL LIMSUWAN

TN
ช627พ
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 73622
วัน,เดือน,ปี 26 ก.ค. 2550

.b 11801528
.i.....

สาระนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEVELOPMENT OF THE HERB DRYER MACHINE

CHUMPOL LIMSUWAN

A THEMATIC PAPER SUBMITED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE INDUSTRIAL EDUCATION
IN INDUSTRIAL DESIGN TECHNOLOGY
STUDENTS GRADUATE STUDIES
KING MONKUTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

2007

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อสาระนิพนธ์	พัฒนาเครื่องอบแห้งสมุนไพร
นักศึกษา	นายชุมพล ลิ้มสุวรรณ
รหัสประจำตัว	45063530
ปริญญา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
พ.ศ.	2550
อาจารย์ผู้ควบคุมสาระนิพนธ์	รองศาสตราจารย์อุดมศักดิ์ สาริบุตร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนา เครื่องอบแห้งสมุนไพร โดยการใช้รังสีอินฟาเรดในการให้ความร้อนโดยการใช้แท่งรังสี ติดตั้งภายในถังหมุนซึ่งมีใบกวนภายในถัง เพื่อให้สมุนไพรที่ต้องการอบแห้งได้รับรังสีอินฟาเรดสม่ำเสมอกัน โดยมีต้นกำลังขับถังหมุนเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า ประกอบด้วยเกียร์ทดรอบให้ได้ความเร็วที่เหมาะสม และ มีพัดลมดูดอากาศ เพื่อทำให้อากาศร้อนเคลื่อนที่นำความชื้นที่ระเหยออกจากสมุนไพรออกจากถัง มีระบบควบคุมอุณหภูมิ และควบคุมระบบทำงาน แบบปรกติ สามารถควบคุมการใช้ในระบบอัตโนมัติ ในการออกแบบและพัฒนาผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง กรอบแนวคิด นำมาออกแบบร่างและปรึกษากับผู้เชี่ยวชาญทำการปรับปรุงแก้ไขแบบร่าง และทำเป็นต้นแบบเพื่อทดสอบประสิทธิภาพ พบว่าจากการทดสอบประสิทธิภาพของการพัฒนาเครื่องอบแห้งสมุนไพร โดยทำการอบสมุนไพรตัวอย่างจำนวน 5 ชนิด พบว่า สมุนไพร ขมิ้นชัน มีค่าเฉลี่ย ความชื้นอยู่ที่ร้อยละ 8.14ค่าเบี่ยงเบนค่ามาตรฐาน .1140 สมุนไพรตะไคร้ มีค่าเฉลี่ย ความชื้นอยู่ที่ร้อยละ 7.06 ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน .5030 สมุนไพรมะกรูด ค่าเฉลี่ย ความชื้นอยู่ที่ ร้อยละ 8.5 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน .3536 สมุนไพร รัก ค่าเฉลี่ยความชื้นอยู่ที่ร้อยละ 6.38 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน. 0.08 สมุนไพร พริก ค่าเฉลี่ย ความชื้นอยู่ที่ร้อยละ 7.58 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน .4817 และจากการนำข้อมูลที่ได้ของสมุนไพรที่ผ่านการอบจากเครื่องอบที่พัฒนาขึ้นนำไปวิเคราะห์ด้วย t - test แบบ One Sample Group จากโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Window ผลปรากฏว่า ค่าความชื้นของสมุนไพรหลังจากการอบแห้งมีค่าต่ำกว่าร้อยละ10 ตามมาตรฐาน ของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข พ.ศ. 2543 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thematic Paper Title	Development of the Herb Dryer Machine
Student	Mr. Chumpol Limsuwan
Student ID.	45063530
Degree	Master of Science in Industrial Education
Program	Industrial Design Technology
Year	2007
Thematic Paper Advisor	Associate Professor Udomsak Saributr

ABSTRACT

This research presents the Development of Herbs Dryer Machine by using infrared for heating. Infrared bar is installed inside a tank which contains stir propeller to make drying herbs get radiation thoroughly. The original drive power is electrical motor which consists of gear to control the optimum speed and blower to make heat carry the humidity evaporating from herb out of the tank. Dryer Machine has There is temperature control system, normal condition working control and automatically working control system. Conducting this design and development, researcher studied document and reviewed related literatures and then applied to be drafted model. Specialists provide advice in terms of revision and adjusting drafted model. The machine prototype is made and tested The result finds that herb humidity after drying from the developed herbs dryer By this process,by 5 type , of herbs were dried. The result By Curcuma herb humidity value % $\overline{X}$ 8.14 SD. .1140 , Cymbopogon herb humidity value % $\overline{X}$ 7.06 SD. .5030 , Citrus herb humidity value % $\overline{X}$ 8.50 SD. .3536 , Calotropit herb humidity value % $\overline{X}$ 6.38 SD. 0.08 , Chilli herb humidity value % $\overline{X}$ 7.58 SD. .4817 For the evaluation of the Dryer effectiveness, T-Test : one sample group from SPSS for Window is used. The result By this of herb were dried. finds that herb humidity value after drying from the developed herbs dryer is lower 10% as a standard of The Food and Drug Administration, Public Health Ministry B.E. 2543 and statistical significance at 95%.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งสมุนไพร ซึ่งทางผู้วิจัยได้จัดทำขึ้น ถึงแม้ว่าในการทำการวิจัยจะมีอุปสรรคอยู่บ้าง และใช้ระยะเวลาอันยาวนานพอสมควร แต่ด้วยความช่วยเหลือของหลายฝ่าย งานวิจัยชิ้นนี้ก็สำเร็จลุล่วงได้ ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณ ผู้ที่มีส่วนร่วมตามลำดับดังนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์อุดมศักดิ์ สาริบุตร อาจารย์ที่ปรึกษาสาระนิพนธ์ รองศาสตราจารย์สถาพร ดีบุญมี ณ ชุมแพ, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิริพรณ์ ปีเตอร์ อาจารย์ทั้งหลายได้สละเวลาให้ข้อแนะนำ และตรวจสาระนิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร. นิรัช สุดสังข์ ซึ่งท่านก็ได้มีส่วนร่วม ให้คำแนะนำ ทางด้านสถิติ ตลอดจนอาจารย์ในสาขาวิชาทุกท่านที่ให้คำแนะนำสั่งสอน และ ไม่ได้เอ่ยนามในที่นี้เป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผู้เชี่ยวชาญ ทั้ง 3 ด้าน จำนวน 9 ท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือ และให้คำแนะนำ ด้านการออกแบบ และ เป็นที่ปรึกษาที่ดี ตลอดเวลาในการ ทำการสร้างต้นแบบ

ขอขอบพระคุณ เพื่อนนักศึกษา ร่วมรุ่น ที่คอยเป็นกำลังใจและช่วยเหลือในการประสานงานด้านต่าง ๆ ตั้งแต่แรกเริ่มเข้าทำการศึกษา จนสำเร็จการศึกษา

คุณค่าและประโยชน์อันเกิดจากงานวิจัยชิ้นนี้ ผู้วิจัยขอมอบไว้เป็นแนวทาง เพื่อการศึกษา , การพัฒนาเครื่องอบแห้ง และการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมสำหรับผู้ที่สนใจต่อไป

ชุมพล ลิ้มสุวรรณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ..... IV

สารบัญตาราง.....VI

สารบัญรูป.....VIII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....5

1.3 สมมติฐานงานวิจัย.....6

1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในงานวิจัย.....6

1.5 ขอบเขตของงานวิจัย.....6

1.6 ประชากรที่ใช้ในงานวิจัย.....7

1.7 นิยามศัพท์.....7

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....8

2.1 สมุนไพร.....8

2.2 เครื่องอบแห้ง.....22

2.3 หลักการถ่ายเทความร้อนของฉนวนความร้อน.....24

2.4 ระบบฉนวนอุปกรณ์เชิงกล.....30

2.5 การอบแห้งแบบรังสีอินฟาเรด.....31

2.6 การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลย่อย.....37

2.7 วัสดุรองรับเพลา.....39

2.8 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ.....40

2.9 หลักการเลือกและออกแบบ เซ็นเซอร์ และทรานสดิวเซอร์.....43

2.10 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างคนกับเครื่องจักร.....44

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....49

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....50

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....51

3.3 การสำรวจและรวบรวมข้อมูล.....52

3.4 การทดสอบและหาประสิทธิภาพ.....54

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล.....54

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิจัย.....55

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....56

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล การออกแบบของเครื่องอบแห้งสมุนไพร.....56

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการอบแห้งสมุนไพรตัวอย่าง..... ...58

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....62

5.1 สรุปผลการวิจัย 62

5.2 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล 63

5.3 อภิปรายผล.....64

5.4 ข้อเสนอแนะ 65

บรรณานุกรม 66

ภาคผนวก 68

ภาคผนวก ก 69

ภาคผนวก ข.....78

ภาคผนวก ค 82

ภาคผนวก ง.....98

ภาคผนวก จ.....101

ภาคผนวก ฉ.....111

ประวัติผู้เขียน.....126

เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงขอบเขตของอุณหภูมิที่ใช้อบสมุนไพรให้แห้ง.....12

2.2 แสดงสภาพการนำความร้อนของวัสดุบางชนิด ที่ 27°C.....25

2.3 แสดงสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเฉลี่ยของของไหลบางชนิด 27

2.4 แสดงย่านอุณหภูมิการวัดของ อาร์ทีดี..... 42

4.1 แสดงค่าความชื้นของสมุนไพรขมิ้น หลังการอบแห้ง.....58

4.2 แสดงค่าความชื้นของสมุนไพร ตะไคร้ หลังการอบแห้ง.....59

4.3 แสดงค่าความชื้นของสมุนไพร มะกรูด หลังการอบแห้ง 59

4.4 แสดงค่าความชื้นของสมุนไพร รัก หลังการอบแห้ง.....60

4.5 แสดงค่าความชื้นของสมุนไพร พริก หลังการอบแห้ง.....60

4.6 แสดงผลลัพธ์ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน.....61

4.7 แสดงผลลัพธ์ ค่า t –test 61

ก.1 แสดงค่าเฉลี่ยน้ำหนัก ก่อนการอบและหลังอบของตะไคร้.....70

ก.2 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของสมุนไพรตะไคร้กับระยะเวลาการอบ.....71

ก.3 แสดงค่าความชื้นของตะไคร้หลังการอบแห้ง.....72

ก.4 แสดงค่าเฉลี่ยน้ำหนักก่อนการอบและหลังอบของตะไคร้.....72

ก.5 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของตะไคร้กับระยะเวลาการอบ.....73

ก.6 แสดงค่าความชื้นของตะไคร้หลังการอบแห้ง.....73

ก.7 แสดงค่าเฉลี่ยน้ำหนักก่อนการอบและหลังอบของขมิ้น.....73

ก.8 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของขมิ้นกับระยะเวลาการอบ.....74

ก.9 แสดงค่าความชื้นของขมิ้นหลังการอบแห้ง.....74

ก.10 แสดงค่าเฉลี่ยน้ำหนัก ก่อนการอบและหลังอบของ มะกรูด.....74

ก.11 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของมะกรูดกับระยะเวลาการอบ.....75

ก.12 แสดงค่าความชื้นของมะกรูดหลังการอบแห้ง.....75

ก.13 แสดงค่าเฉลี่ยน้ำหนัก ก่อนอบและหลังอบของ รัก.....75

ก.14 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของรักกับระยะเวลาการอบ.....76

ก.15 แสดงค่าความชื้นของดอกรักหลังการอบแห้ง.....76

ก.16 แสดงค่าเฉลี่ยน้ำหนัก ก่อนการอบและหลังอบของ พริก.....76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

ก.17 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของพริกกับระยะเวลาการอบ.....77

ก.18 แสดงค่าความชื้น พริก หลังการอบแห้ง.....77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 แสดงการตากแห้งสมุนไพร....12

2.2 แสดงการอบด้วยเตาถ่าน 13

2.3 แสดงตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์....13

2.4 แสดงตู้อบที่ใช้ความร้อน จากแก๊ส หรือไฟฟ้า....14

2.5 แสดงตู้อบแบบไมโครเวฟถังหมุน....14

2.6 แสดงการนำความร้อนผ่านแผ่นราบ....24

2.7 แสดงการถ่ายเทความร้อนตามแนวรัศมี....26

2.8 แสดงการสะท้อน การดูดกลืน และการทะลุผ่านของรังสีที่ตกกระทบ....27

2.9 แสดงการไหลของความร้อนผ่านมวลของฉนวน....28

2.10 แสดงผลกระทบของความหนาแน่นต่อสภาพนำความร้อนปรากฏของฉนวนน้ำหนักเบา..29

2.11 แสดงตำแหน่งของรังสีอินฟราเรดในสเปคตรัม....32

2.12 แสดงการสั่นของ Acetaldehyde (CH_3CHO)....33

2.13 แสดงโครงสร้างภายใน ของฮีตเตอร์อินฟาเรด....34

2.14 แสดงความสามารถในการส่งผ่านพลังงานเข้าสู่เนื้อในของสารเมื่อเปรียบเทียบ ระหว่างรังสีอินฟาเรดไกลและช่วงใกล้....35

2.15 แสดงรูปร่างต่างๆ ของฮีตเตอร์อินฟาเรด....36

2.16 แสดงผลการทดลองของซีเบ็ค (Seeback Effect)....41

ข.1 เครื่องชั่งที่ใช้ทดสอบ....79

ข.1 เครื่องอบแห้ง ที่ใช้ทดสอบ....80

ฉ.1 ผู้วิจัยขอความอนุเคราะห์ จาก อาจารย์อมรชัย ชัยชนะ....112

ฉ.2 ผู้วิจัยขอความอนุเคราะห์ จาก คุณเพียรศักดิ์ ธีระเสถียร....112

ฉ.3 ผู้วิจัยขอความอนุเคราะห์ จาก คุณ พัชรินทร์ หอมเกตุ....113

ฉ.4 ผู้วิจัยขอความอนุเคราะห์ จาก คุณ ธนวัฒน์ วิเชียรวรรณ....113

ฉ.5 ผู้วิจัยขอความอนุเคราะห์ จาก อาจารย์ก้องเกียรติ มหาอินทร์....114

ฉ.6 ผู้วิจัยขอความอนุเคราะห์ จาก ผศ.มานพ สุดสงวน....114

ฉ.7 การเตรียมขมิ้น 115

ฉ.8 การชั่งน้ำหนักขมิ้น....115

ฉ.9 การอบขมิ้น....116

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

ฉ.10 ขมิ้นหลังอบภายในเครื่อง.....116

ฉ.11 ขมิ้นหลังอบ.....117

ฉ.12 การเตรียมตะไคร้.....117

ฉ.13 การชั่งน้ำหนักตะไคร้.....118

ฉ.14 การใส่ตะไคร้ลงในเครื่องอบ.....118

ฉ.15 สมุนไพรตะไคร้หลังการอบ.....119

ฉ.16 การชั่งน้ำหนักตะไคร้หลังอบ.....119

ฉ.17 การเตรียมมะกรูด.....120

ฉ.18 การชั่งน้ำหนักมะกรูด.....120

ฉ.19 การอบมะกรูด.....121

ฉ.20 มะกรูดหลังการอบแห้ง.....121

ฉ.21 การเตรียมรักก่อนการอบแห้ง.....122

ฉ.22 การชั่งน้ำหนักรักก่อนการอบแห้ง.....122

ฉ.23 การอบแห้ง รัก.....123

ฉ.24 รักหลังการอบแห้ง.....123

ฉ.25 พริกก่อนการอบแห้ง.....124

ฉ.26 การชั่งน้ำหนักพริกก่อนการอบแห้ง.....124

ฉ.27 การอบแห้งพริก.....125

ฉ.28 การชั่งน้ำหนักพริกหลังการอบแห้ง.....125

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การแพทย์ไทยเป็นการแพทย์ที่มีประวัติยาวนาน ควบคู่กับการมีสังคมไทยมาตั้งแต่สมัยโบราณกาล ทั้งนี้เพราะแพทย์เป็นส่วนหนึ่งของการดำรงชีวิตมนุษย์ ที่มีการเกิด แก่ เจ็บ ตาย เป็นเรื่องปรกติธรรมดา

การแพทย์แผนไทยเป็นการแพทย์ที่ศึกษา และทำการรักษาพยาบาลผู้ป่วยแบบองค์รวมโดยเน้นการรักษาพยาบาลทั้งร่างกายและจิตใจควบคู่กันไป โดยมิได้ทำการแยกทำการรักษาพยาบาลผู้ป่วย หรือรักษาไปตามอาการของโรคที่ปรากฏเหมือนแพทย์แผนปัจจุบัน

ดังนั้นจึงถือได้ว่า การแพทย์แผนไทยเป็นมรดกภูมิปัญญาของไทยที่ควบคู่กับคนไทยมากกว่า 1,000 ปีเศษมาแล้วการแพทย์ไทยปรากฏในประวัติศาสตร์สมัยสุโขทัยว่าพ่อขุนรามคำแหงทรงโปรดเกล้า ฯให้มีการสร้างสวนสมุนไพรไว้ที่เขาหลวง อำเภอคีรีมาศ จังหวัดสุโขไทยในปัจจุบันเพื่อเป็นแหล่งรวบรวมพันธ์พืชสมุนไพรที่นำมารักษาผู้ป่วยได้ทันกาล จากนั้นการแพทย์ไทยก็มีปรากฏในประวัติศาสตร์สมัยกรุงศรีอยุธยาที่พระบาทสมเด็จพระนารายณ์มหาราชได้ทรงโปรดเกล้าฯ ให้แพทย์หลวงปรุงยารักษาโรค และแต่งตำราถวาย ชื่อตำราโอสถพระนารายณ์มีปรากฏจนถึงปัจจุบัน ต่อมาในสมัยกรุงศรีอยุธยาตอนต้นพระบาทสมเด็จพระนั่งเกล้าเจ้าอยู่หัว ได้โปรดเกล้าให้บูรณะปฏิสังขรณ์วัดพระเชตุพนวิมลมังคลาราม (วัดโพธิ์) และทรงโปรดเกล้าฯให้จารึกสรรพวิทยาการไว้บนแผ่นหินชนวนรอบๆระเบียงวิหาร ในการนี้ได้มีการจารึกตำรายารักษาโรคไว้เป็นจำนวนมาก ในสมัยพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวได้ทรงโปรดเกล้าฯตั้งโรงพยาบาลศิริราชขึ้น ในปีพ.ศ.2431 และได้ทรงส่งเสริมการศึกษาแพทย์แผนปัจจุบันขึ้น ทำให้การแพทย์แผนปัจจุบัน ได้รับการยอมรับจากประชาชนชาวไทยมากขึ้นตามลำดับ

การที่ประชาชนชาวไทยหันไปนิยมการรักษาพยาบาลโดยการแพทย์แผนปัจจุบันและละเลยทอดทิ้งการแพทย์แผนไทยทำให้ประเทศไทยต้องสูญเสียเงินตรา ในการสั่งซื้อยาและเวชภัณฑ์ทางการแพทย์จากต่างประเทศถึงปีละประมาณ 200,000 ล้านบาท ในภาวะที่ประเทศไทยประสพปัญหา วิกฤติทางเศรษฐกิจ โดยมีหนี้ต่างประเทศเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ สมควรที่ประชาชนชาวไทย จะหันมาร่วมมือกันเพื่อการศึกษา วิจัย ฟื้นฟู อนุรักษ์ ส่งเสริม และเผยแพร่การแพทย์แผนไทย อันเป็นมรดกทางภูมิปัญญา และมรดกทางศิลปวัฒนธรรมไทยให้มีความเจริญก้าวหน้าขึ้น เพื่อที่จะช่วยลดดุลการชำระเงินตราจากต่างประเทศลงได้บ้าง และเปิดโอกาสให้การแพทย์แผนไทย เป็นการแพทย์ทางเลือกทางหนึ่งในการรักษาพยาบาล (หาญชัย สงวนให้. 2543 : 1-3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแพทย์แผนไทยปัจจุบันได้มีการพัฒนาขึ้นมาอีกครั้ง โดยองค์การอนามัยโลก ได้จัดให้มีการประชุมขึ้นเพื่อกำหนดนโยบายและวางแผนการส่งเสริมและพัมนาแพทย์พื้นบ้านในปี พ.ศ. 2520 โดยสนับสนุนให้มูลนิธิเอเชียประชุมสัมมนาของนักวิชาการเรื่อง แพทย์แผนปัจจุบัน-แผนโบราณ ขึ้น พร้อมทั้งเผยแพร่ความรู้ทางเกี่ยวกับด้านสมุนไพร สมุนไพรใกล้ตัว ให้กับนักวิชาการและประชาชน และระหว่างปี พ.ศ.2520-พ.ศ.2523 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ได้จัดอบรมทางวิชาการสาธารณสุขมูลฐาน เน้นเรื่องการใช้สมุนไพรและหมอพื้นบ้านล้านนา

ในปีพ.ศ.2521 องค์การอนามัยโลก ได้แถลงการณ์ แห่ง อัลมา- อตา ว่าด้วยการสาธารณสุขมูลฐาน ผลักดันให้ประเทศสมาชิกผนึกกำลังการรักษาพยาบาลแบบพื้นบ้านและสมุนไพรเข้าเป็นส่วนหนึ่งของโครงการสาธารณสุขมูลฐาน ทำให้รัฐบาลไทยให้ความสนใจที่จะศึกษาแพทย์แผนไทยและสมุนไพรมากขึ้น

ในปีพ.ศ. 2522 รัฐบาลไทยได้จัดทำโครงการสาธารณสุขมูลฐาน ไว้ในแผนพัฒนาการสาธารณสุขตามแผนการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2520-พ.ศ.2524) และแต่งตั้งคณะกรรมการพัฒนาสมุนไพรแห่งชาติขึ้น ปัจจุบันมีชื่อว่า คณะกรรมการสมุนไพรแห่งชาติ ขณะเดียวกันมหาวิทยาลัยมหิดล ได้จัดประชุมแพทย์แผนโบราณขึ้นเมื่อวันที่ 1-3 มีนาคม พ.ศ. 2522 เพื่อส่งเสริมและพัฒนาแพทย์ และเภสัชกรรมแผนไทยโดยมีองค์กรรับผิดชอบ

ในระหว่างปีพ.ศ. 2523-พ.ศ. 2524 คณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ได้มอบหมายให้คณะเภสัช มหาวิทยาลัยมหิดล ศึกษาแนวทางในการพัฒนาสมุนไพร เพื่อกำหนดนโยบายพัฒนาสมุนไพร ผลการศึกษาสรุปได้ 4 ทางคือ

1. การพัฒนาสมุนไพรใช้กับการสาธารณสุขมูลฐาน
2. การพัฒนาสมุนไพรเพื่อใช้ในการอุตสาหกรรมยาแผนโบราณ และยาแผนปัจจุบัน
3. การพัฒนาสมุนไพรเพื่อเป็นยุทธปัจจัย
4. การพัฒนาสมุนไพรเพื่อการส่งออก

ในระหว่างปีพ.ศ. 2525 ศาสตราจารย์ นายแพทย์ อวย เกตุสิงห์ ได้ก่อตั้งมูลนิธิส่งเสริมฟื้นฟูการแพทย์แผนไทยเดิม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มพูนความรู้เกี่ยวกับวิชาการแพทย์ไทยเดิมเพื่อส่งเสริมปรับปรุงการศึกษาและปฏิบัติวิชาแพทย์ไทยเดิมให้มีมาตรฐานสูงขึ้น

ในช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งแห่งชาติฉบับที่ 5 (พ.ศ. 2525-พ.ศ.2529)กระทรวงสาธารณสุข โดยการสนับสนุนขององค์การยูนิเซฟได้เริ่มทดลองส่งเสริมการใช้สมุนไพร ในระหว่างปี พ.ศ.2525-พ.ศ.2529 ในพื้นที่ 25 จังหวัดๆละ 1 อำเภอ จำนวน 1,000 หมู่บ้าน โดยการส่งเสริม การวิจัย การกระจายพันธุ์พืชสมุนไพร การผลิตยาสามัญประจำบ้าน การจัดทำระบบข้อมูลสมุนไพรและส่งเสริมให้เกิดสมุนไพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปีพ.ศ. 2528 มีการดำเนินการทดลองโครงการสมุนไพรกับสาธารณสุขมูลฐานโดยการสนับสนุนของประเทศสหพันธ์รัฐเยอรมันนี จนถึงปี พ.ศ.2531 โดยปรับจากโครงการขององค์กรยูนิเซฟ และการดำเนินการของโรงพยาบาลวังน้ำเย็น จังหวัดปราจีนบุรี พื้นที่ 5 อำเภอ เน้นการวิจัยทางคลินิกและการใช้สมุนไพรในคลินิกของโรงพยาบาลจำนวน 5 ชนิด คือ ขมิ้นชัน, ฟ้าทลายโจร, ชุมเห็ดเทศ พญายอ ,และว่านหางจระเข้ ให้โรงพยาบาลปลูกพืชสมุนไพร ผลิตยาสมุนไพร 5 ชนิด

ในช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งแห่งชาติฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2530-พ.ศ.2534)มีการพัฒนาด้านการใช้สมุนไพรและการแพทย์แผนไทยมากขึ้นโดยบรรจุโครงการพัฒนาสมุนไพรเพื่อเป็นยา จากสมุนไพร 5 ชนิด ในเชิงอุตสาหกรรมและใช้ทดแทนยาแผนปัจจุบันบางส่วน

ในปีพ.ศ. 2532 คณะรัฐมนตรีได้มีมติให้กระทรวงสาธารณสุข จัดตั้งศูนย์ประสานงานการพัฒนาแพทย์แผนไทยและเภสัชกรรมแผนไทยมากขึ้นมีหน้าที่ในการสนับสนุนให้เกิดการพัฒนาและ ส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากการแพทย์และเภสัชกรรมแผนไทย

ในช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งแห่งชาติฉบับที่ 7 (พ.ศ. 2535-พ.ศ.2539)มีการส่งเสริมและสนับสนุนการพัฒนาสมุนไพรและการแพทย์ไทย 3 ประการดังนี้

1. สนับสนุนและส่งเสริมการดูแลสุขภาพของตนเอง โดยการแพทย์พื้นบ้าน การใช้สมุนไพรอื่นๆ ทั้งในระดับบุคล ครอบครัว และชุมชน ประสานกับทางเลือกของการดูแลสุขภาพของการแพทย์ปัจจุบัน

2. สนับสนุนพัฒนาเทคโนโลยีพื้นบ้าน ได้ แก่การแพทย์และเภสัชกรรมแผนไทย การนวดไทย สมุนไพรและเทคโนโลยีพื้นบ้านอื่นๆ ให้แพร่หลายมากขึ้น

3. การเรียนการสอนแพทย์แผนไทย ได้มีการจัดตั้งสถานศึกษาเพื่อถ่ายทอดความรู้ทางการแพทย์แผนไทยอย่างเป็นทางการ มี 2 ระบบดังนี้

3.1 ถ่ายทอดความรู้เพื่อสอบขึ้นทะเบียนของทางราชการ

3.2 การถ่ายทอดความรู้แบบพื้นบ้าน

ในช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งแห่งชาติฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2540-พ.ศ.2544)มีการส่งเสริมการแพทย์แผนไทย โดยเฉพาะ มี 4 ประการดังนี้

1. ลดการใช้ยาแผนปัจจุบันลง
2. เพิ่มการใช้ยาสมุนไพรให้มากขึ้น
3. ลดการใช้เทคโนโลยีทางการแพทย์ และเภสัชกรรมแผนปัจจุบันที่ฟุ่มเฟือยลง
4. เน้นการรักษาโรคแบบไทยที่เรียบง่าย เช่นการนวดแบบไทยเป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแพทย์แผนไทยมีบทบาทต่อสังคมในปัจจุบัน 5 ประการดังนี้

1. การถ่ายทอดความรู้จากการแพทย์แผนไทย มีสมาคม และ ชมรมการแพทย์ จัดการเรียนการสอนให้กับผู้ที่สนใจจะศึกษาการแพทย์แผนไทย และภาคปฏิบัติทำให้การแพทย์แผนไทย ได้มีการถ่ายทอดความรู้อย่างต่อเนื่อง

2. การเผยแพร่ความรู้ทางการแพทย์แผนไทย ให้ประชาชนมีสมาคมและชมรมการแพทย์ไทย จัดให้มีการเผยแพร่ แก่ประชาชน ให้ความรู้เรื่องสมุนไพร ให้คำแนะนำความรู้ทางด้านยาไทย และให้คำปรึกษาแก่ประชาชนด้านการแพทย์แผนไทย

3. จัดตั้งพิพิธภัณฑ์ แพทย์แผนไทย เป็นแหล่งรวบรวมความรู้ ตำรายาอุปกรณ์เครื่องมือเครื่องใช้เพื่อเป็นแนวทางในการ ศึกษา ค้นคว้า และวิจัยต่อไป

4. จัดตั้งโรงพยาบาล หรือ คลินิก สถานที่ปรุงยา และ สถานที่จำหน่ายยาทางการแพทย์และสมุนไพรขึ้น เพื่อรักษา และจำหน่ายแก่ประชาชน

5. ส่งเสริมการปลูก และขยายพันธ์พืชสมุนไพร เพื่อนำผลผลิต ไปใช้ในการผลิตยาเพื่อรักษาโรค และอุตสาหกรรมเพื่อการส่งออก โดยในปัจจุบัน มีศูนย์ พัฒนาวัตถุดิบสมุนไพร โดยสถาบันการแพทย์แผนไทยเป็นผู้สนับสนุน จำนวน 39 แห่งในทุกภาคของประเทศไทย(สถาบันการแพทย์แผนไทย : 2546)

การใช้ยาสมุนไพรในการรักษาโรค อาจใช้ยาสมุนไพรเดี่ยว หรือในรูปตำรับยาสมุนไพร ในปัจจุบันตำรับยาสมุนไพรที่ได้รับอนุญาตให้รักษา โรคได้ มีอยู่ด้วยกัน 28 ขนาน การนำสมุนไพรมารักษาโรค สามารถนำมาใช้หลายรูปแบบ เช่น การใช้สมุนไพรสด ในรูปของยาต้ม ยาชง ยาลูกกลอน ยาดองเหล้า ยา พอก

ยาไทยส่วนใหญ่มีรสที่ไม่ชวนรับประทาน สำหรับตัวยาบางอย่างสามารถนำมาทำเป็นยาเม็ด เพื่อการใช้ให้สะดวกยิ่งขึ้น การทำยาเม็ด นิยมทำแบบลูกกลอน และเม็ดแบน หรือบดและบรรจุในแคปซูลโดยนำตัวยามาอบให้แห้งเพื่อฆ่าเชื้อโรค มาบดให้ละเอียด และนำไปปั้น หรือบรรจุตามกรรมวิธีต่อไป

การอบยาสมุนไพรเป็นการทำให้แห้ง ควรเป็นตัวยาที่ไม่ระเหย หรือเปลี่ยนสภาพเมื่อถูกความร้อน เช่น พิมเสน,การบูร ,เมลทอล ,ยางไม้ และ ควรหั่นเป็นชิ้น เล็กๆขนาดพอใช้เพื่อทุ่นระยะเวลาในการอบแห้ง

ปัจจุบันกระแสการบริโภคพืชสมุนไพรกำลังมาแรงในยุคปัจจุบัน เพราะสมุนไพรนอกจากจะใช้สำหรับทำยารักษาโรคแล้ว ยังสามารถนำมาบริโภคเป็นอาหารเสริม เครื่องดื่ม เครื่องสำอาง แต่กระบวนการผลิตปัจจุบันยังมีปัญหาอยู่มาก โดยเฉพาะการอบสมุนไพรที่ทำอย่างไร จะทำให้สารที่มีคุณค่าต่างๆในสมุนไพรยังคงอยู่ จากการศึกษาดูกระบวนการผลิต สมุนไพรหลายชนิด เช่นหญ้าหนวดแมว ขิง ข่า หรือ ไพล หลายแห่งพบว่า ในกระบวนการผลิตสมุนไพรต้องใช้แสงแดด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับอบสมุนไพรนาน 2- 3วัน ประกอบกับข้อจำกัดของ เตาอบสมุนไพรแบบเก่า ที่ยังมีประสิทธิภาพต่ำ ทำให้เกิดปัญหาด้านเชื้อรา และความสะอาด (วุฒิชัย โหวธีระกุล. 2546)

จากสถิติการจดทะเบียนขออนุญาตเป็นผู้ ผลิตยาแผนโบราณ จากกองควบคุมยาโดยแยกเป็นรายภาคได้ดังนี้

ภาคกลาง	จำนวน 590 ราย
ภาคเหนือ	จำนวน 151 ราย
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	จำนวน 114 ราย
ภาคใต้	จำนวน 48 ราย
รวมผู้ผลิตยาทั่วประเทศรวม	903 ราย (กองควบคุมยา. 2546)

ปัญหาในปัจจุบันของการอบแห้งสมุนไพร

1. การทำให้แห้งโดยวิธีนำออกตากแดดต้องใช้เวลานานและต้องสิ้นเปลืองแรงงานในการเก็บเข้าในตอนกลางคืน และนำออกในตอนเช้า และในฤดูฝนก็จะเกิดปัญหาในเรื่องของแสงแดดและเชื้อรา และความสะอาด

2. การอบแห้งโดยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ ก็ใช้ระยะเวลานาน ต้อง ใช้แรงงานในการพลิกสมุนไพร และเกิดปัญหาในช่วงที่ฤดูกาลที่ไม่มีแสงแดด และเกิดเชื้อรา

3. การอบแห้งในการใช้ความร้อน จากแก๊ส และ ขดลวดไฟฟ้า สิ้นเปลืองพลังงานในการอบแห้งเนื่องจากต้องใช้เวลาในการอบนาน ต้องใช้แรงงานสับเปลี่ยนถาดอบ และพลิก สมุนไพรเพื่อให้ได้รับความร้อนสม่ำเสมอ

4.การอบแห้งโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ ทำให้ราคาต้นทุนในการผลิต สูง และอาจเกิดอันตรายจากรังสีรั่วไหล อบได้จำนวน น้อยๆ การบำรุงรักษาต้อง ใช้ผู้ชำนาญการเท่านั้น

การแก้ไขปัญหา

1. ออกแบบเครื่องอบแห้งสมุนไพรเพื่อลดระยะเวลาในการอบ และใช้แรงงานในการอบน้อยลง
2. การอบแห้งต้องให้ความร้อนสม่ำเสมอเพื่อให้สมุนไพรแห้งพร้อมๆ กัน

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อพัฒนา สร้างต้นแบบ เครื่องอบแห้ง สมุนไพร

1.2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพ ด้านต่างๆ ดังต่อไปนี้

- ด้านการอบแห้ง โดยตรวจสอบ ค่าเฉลี่ย ระดับความชื้นของสมุนไพร จำนวน 5 ชนิด ไม่เกินร้อยละ 10 ตามมาตรฐานของ สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 สมมติฐานงานวิจัย

สมุนไพรที่ผ่านการอบแห้ง จะมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 ตามมาตรฐาน ของคณะกรรมการอาหารและยากระทรวงสาธารณสุข

1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในงานวิจัย

การเสริมสร้างความแข็งแรงให้กับชุมชนโดยสนับสนุน ให้เกิดอุตสาหกรรมชุมชน โดยที่ประเทศไทยมีฐานการผลิตภาคการเกษตร และราษฎรในชนบทซึ่งมีภูมิปัญญาท้องถิ่น และวัตถุดิบเพียงพอ ก็จะสามารถดำเนินงานใน รูปอุตสาหกรรม พืชสมุนไพรได้สอดคล้องกับนโยบายของรัฐบาล (วุฒิชัย โหวธีระกุล. 2546)

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ เพื่อสนองตอบและแก้ไขปัญหาสิ่งของเครื่องใช้ของมนุษย์ การคิดค้นสิ่งประดิษฐ์ต่างๆ จะต้องมีการออกแบบเป็นขั้นตอน เช่นฟังก์ชั่นการทำงาน ความแข็งแรง ความสะดวกต่อการใช้งาน การเลือกใช้ระบบที่เหมาะสมเพื่อลดผลกระทบจากต้นทุน (ศุภชัย ตระกูลทวีทรัพย์ และคณะ. 2545)

การใช้สมุนไพรในทางการแพทย์เพื่อให้ใช้ได้นานๆ ต้องมีการอบแห้งเพื่อลดความชื้น โดยความร้อนที่เกิดขึ้นภายในผลิตภัณฑ์ ทำให้ไอน้ำเคลื่อนตัวจากภายในสู่ผิวนอก (วีระชัย แก่นทรัพย์. 2543)

การใช้ฉนวนกันความร้อนเป็นวัสดุที่ใช้เพื่อการประหยัดพลังงาน และช่วยให้อุณหภูมิคงที่เป็นเวลานาน ฉนวนความร้อนจัดได้ว่าเป็นวัสดุที่สามารถอนุรักษ์พลังงานให้สามารถใช้ประโยชน์ได้โดยมีการสูญเสียน้อย วิธีการใช้จะแตกต่างกันในอุตสาหกรรมหรือวิธีการผลิตหนึ่งๆ (ตระการ ก้าวกสิกรรม. 2537)

การใช้รังสีอินฟาเรด จะใช้หลักการวิเคราะห์ส่วนประกอบของสาร โดยอาศัยหลักการที่ว่าสารมีการจับตัวกันทางเคมีจะมีรูปแบบ (pattern) เหมือนกัน เมื่อส่องรังสีอินฟาเรด ไปที่วัตถุรังสีที่มีความยาวคลื่น ตรงกัน จะถูกดูดกลืนเข้าไปแล้วทำให้เกิดการสั่นสะเทือนของโมเลกุล ซึ่งทำให้เกิดความร้อนขึ้นมาในตัวของวัตถุ โดยรังสีอินฟาเรดสามารถก่อให้เกิดความร้อนได้อย่างรวดเร็ว และประหยัด กว่าการใช้ พลังงานไฟฟ้า หรือแก๊ส (MOTOKI MATSUO. 2544)

1.5 ขอบเขตของงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา และพัฒนาเครื่องอบแห้งสมุนไพร โดยมีขอบเขตการวิจัยดังต่อไปนี้

1. ชนิดของสมุนไพรที่นำมาทำการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการวิจัยครั้งนี้จะใช้ พืช สมุนไพร โดยใช้องค์ประกอบสำคัญ ทั้ง5 ส่วน คือ ราก, ลำต้น,ใบ,ดอก และ ผล ในการทดสอบ โดยเลือกใช้สมุนไพรที่หาง่าย มีราคาถูก และ มีผลผลิตสม่ำเสมอตลอดฤดูกาล

2. ขนาดปริมาตรการอบครั้งละไม่เกิน 15 % ของปริมาตร

3. ตัวแปร

ตัวแปรต้น ดังนี้

- เครื่องจักร ที่ใช้ในการอบแห้ง

ตัวแปรตาม ดังนี้

- ความชื้นในสมุนไพรหลังจากการอบแห้ง

1.6 ประชากรที่ใช้ในงานวิจัย

จะใช้วิธีสุ่มแบบเจาะจง ได้แก่

- ผู้เชี่ยวชาญ ด้านเครื่องจักรกล จำนวน 3 ท่าน
- ผู้เชี่ยวชาญ ด้านไฟฟ้า จำนวน 3 ท่าน
- ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ จำนวน 3 ท่าน

1.7 นิยามศัพท์

1.7.1 การพัฒนา หมายถึง กระบวนการออกแบบ ซึ่งคำนึงถึง หน้าที่ใช้สอย ความสะดวกสบายในการใช้ ความแข็งแรง ความปลอดภัย รวมถึงวัสดุ อุปกรณ์ และกรรมวิธีการผลิต เพื่อให้ได้ รูปแบบ ของเครื่องอบแห้งสมุนไพร

1.7.2 สมุนไพร คือ พืชที่ใช้ทำเป็นเครื่องยา ซึ่งหาได้ตามพื้นเมือง ไม่ใช่เครื่องเทศ (ตามพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตสถาน)

1.7.3 อบแห้ง หมายถึง การนำความชื้นออกจากสมุนไพร

1.7.4 เครื่อง หมายถึง เครื่องจักรกลที่ให้ความร้อนแก่วัตถุดิบ ที่ใช้แท่งอินฟาเรด ในการให้ความร้อนแก่สมุนไพร

1.7.5 รังสีอินฟาเรด หมายถึง รังสีที่ได้จากการป้อนความร้อนเข้าไปในแท่งเซรามิค ทำจากออกไซด์ ของโลหะจะทำหน้าที่เป็นคอนเวอร์เตอร์ แปลงพลังงานความร้อนให้กลายเป็นรังสี ซึ่งจะเปล่งรังสีออกมาในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

1.7.6 ประสิทธิภาพ สำหรับงานวิจัยนี้ หมายถึง ความสามารถในการอบแห้งของเครื่องอบแห้งที่สามารถอบแห้งให้สมุนไพรตัวอย่าง มีค่าความชื้น หลังจากการอบ ไม่เกินร้อยละ 10

1.7.7 มาตรฐาน หมายถึง ค่าความชื้นของสมุนไพรหลังจากการอบ ไม่เกินร้อยละ 10 จากการประกาศของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข พ.ศ. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เพื่อให้งานการวิจัยและพัฒนาประสบผลสำเร็จและบรรลุวัตถุประสงค์ ในการดำเนินงาน ทางผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการดำเนินงานออกแบบและพัฒนา เครื่องอบแห้งสมุนไพร ดังนี้

2.1 สมุนไพร
2.2 เครื่องอบแห้ง
2.3 หลักการถ่ายเทความร้อนของฉนวนความร้อน
2.4 ระบบฉนวนอุปกรณ์เชิงกล
2.5 การอบแห้งแบบรังสีอินฟาเรด
2.6 การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลย่อย
2.7 วัสดุรองรับเพลา
2.8 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ
2.9 หลักการเลือกและออกแบบ เซ็นเซอร์ และทรานสดิวเซอร์
2.10 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างคนกับเครื่องจักร
2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สมุนไพร

สมุนไพร (Medicinal Plant หรือ Herb) กำเนิดจากธรรมชาติมีความหมายกับชีวิตมนุษย์ โดยเฉพาะในมิติทางสุขภาพ อันหมายถึงทั้งการส่งเสริมสุขภาพ และการรักษาโรค ความหมาย ของสมุนไพร ในพระราชบัญญัติยา พ.ศ. 2510 ได้ระบุว่า "ยาสมุนไพร " หมายความว่า ยาที่ได้ จากพฤกษาชาติ สัตว์ หรือแร่ธาตุ ซึ่งมิได้ผสมปรุงหรือแปรสภาพ (วุฒิ วุฒิธรรมเวช และคณะ. 2541 : 1)

สมุนไพรสำหรับงานสาธารณสุขมูลฐาน ส่วนใหญ่เป็นพืชสมุนไพร พืชหรือต้นไม้ มี องค์ประกอบ สำคัญ 5 ส่วน คือ ราก ลำต้น ใบ ดอก และ ผล ส่วนของพืชเหล่านี้มีรูปร่างลักษณะ โครงสร้าง และบทบาท ต่อพืชที่แตกต่างกัน การนำสมุนไพรมาใช้เป็นยา ต้องคำนึงถึงธรรมชาติ ของสมุนไพรในแต่ละชนิด พันธ์สมุนไพร สภาวะแวดล้อมในการปลูก ฤดูกาล และช่วงเวลาที่เก็บ สมุนไพรนับเป็นปัจจัยที่กำหนดคุณภาพของสมุนไพร ในการเก็บรักษาสมุนไพรนิยมเก็บในรูปของ การอบให้แห้ง เพื่อสามารถเก็บไว้ได้นานๆ หลังจากที่ได้สมุนไพรมาแล้ว เราต้องทำการแปรรูป

เอกสารนี้ถูกจัดทำขึ้นเพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมุนไพรพวกนี้ก่อน เพื่อสะดวกในการรับประทาน ซึ่งมีหลายวิธี อีกทั้งยังช่วยเก็บรักษาไว้นานๆ ยิ่งขึ้น

การใช้สมุนไพรเป็นยารักษาโรคนั้นอาจใช้ในรูปของสมุนไพรเดี่ยวหรือในรูปตำรับยาสมุนไพร ปัจจุบันตำรับยาประจำบ้านแผนโบราณที่กระทรวงสาธารณสุขอนุญาตให้ใช้รักษาโรคได้มีทั้งหมด 28 ขนาน เช่น

ยาจันทร์ลีลา	ใช้แก้ไข้ตัวร้อน
ยามหานิลแท่งทอง	ใช้แก้ไข้ แก้หัด อีสุกอีใส
ยาหอมเทพพิจิตร	ใช้แก้ ลม บำรุงหัวใจ
ยาเหลืองปิดสมุทร	ใช้แก้ ท้องเสีย
ยาประสะมะแว้ง	ใช้แก้ไอ ขับเสมหะ
ยาตรีหอม	ใช้แก้ ท้องผูกในเด็ก ระบายพิษไข้

สำหรับยาสมุนไพรเดี่ยว ๆ ที่นิยมใช้ รักษาอาการ โรคที่พบบ่อยๆ ได้แก่

สมุนไพรแก้ไข้	ฟ้าทะลายโจร บอระเพ็ด
สมุนไพรแก้ท้องเสีย	กล้วยน้ำว้า ทับทิม ฝรั่งดิบ
สมุนไพรแก้ไอ	มะแว้ง ขิง มะนาว
สมุนไพรแก้ท้องอืด	ขมิ้นชัน แห้วหมู กระชาย
สมุนไพรช่วยให้นอนหลับ	ขี้เหล็ก ดอกบัวหลวง หัวหอมใหญ่
สมุนไพรแก้เชื้อรา	กระเทียม ข่า ชุมเห็ดเทศ
สมุนไพรแก้เริม	เสลดพังพอนตัวเมีย และ ตัวผู้

2.1.1 **รูปแบบของยาสมุนไพร**

การนำสมุนไพรมาใช้รักษาโรคนั้น ใช้ได้หลายรูปแบบ เช่น การใช้สมุนไพรสดๆ ในรูปของของยาต้ม ยาชง ยาลูกกลอนยาดองเหล้า และยาพอกเป็นต้น (www.thaipun.com/pharmacy/phar1.htm)

- ใช้ในรูปแบบของสมุนไพรสด สมุนไพรในบางรูปแบบนิยมใช้ในรูปแบบสมุนไพรสดจึงจะให้ผลดี เช่น วุ้นจากใบหางจระเข้สดใช้ทาแผลไฟไหม้ น้ำร้อนลวก ในกรณีที่ใช้สมุนไพรสดอาจจะต้องทำความสะอาดโดยการล้างสิ่งสกปรกออก มิเช่นนั้นอาจติดเชื้อเป็นหนองได้

- การใช้ในรูปแบบของสมุนไพรแห้ง นำมาชงดื่ม เช่น ฟ้าทะลายโจร หญ้าหนวดแมว ใบชุมเห็ดเทศ กระเจี๊ยบ วิธีการทำ คือ นำสมุนไพรมาทำความสะอาด ผึ่งให้แห้ง หรือ คั่วให้กรอบอย่าให้ไหม้ นำมาใส่ภาชนะที่สะอาด ไม่ใช้ภาชนะโลหะ วิธีชงโดย ใช้สมุนไพร 1 ส่วน น้ำสะอาด 20 ส่วน นำน้ำร้อนใส่แก้วพร้อมผงสมุนไพร ปิดฝาทิ้งไว้ 5-10 นาที ยาชงเป็นรูปแบบยาที่มีกลิ่นหอมชวนรับประทาน และเป็นวิธีที่สะดวกรวดเร็ว ตัวยาหนึ่งชุดนิยมใช้เพียงครั้งเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ยาต้ม เป็นวิธีที่สะดวกมากที่สุด สามารถใช้ได้ทั้งตัวยาสดและตัวยาแห้ง ในตัวยาสารที่สำคัญ สามารถละลายได้ในน้ำโดยการนำเอาตัวยามาทำความสะอาด หั่นเป็นชิ้นให้มีขนาดพอเหมาะ และให้ง่านต่อการละลายน้ำของตัวยา นำลงใส่ในหม้อซึ่งควรเป็นหม้อดิน หรือโลหะเคลือบผิว ที่ไม่ให้สารพิษ เติมน้ำให้ท่วมยา โดยมือกดเบาๆ ให้ตัวยาจมอยู่ใต้น้ำ นำไปตั้งไฟต้มให้เดือดตามที่ กำหนดในตำรับยา

1) ถ้าเป็น ตัวยาที่มีน้ำมันระเหย เช่น ขิง ,กระวาน ,กานพลู , ไพล ,ใบกระเพรา ฯลฯ ให้ต้มน้ำให้เดือดเสียก่อน จึงนำตัวยาใส่ลงไป ปิดฝาทิ้งไว้ให้เดือด ประมาณ 2-5 นาที จึงรินเอาน้ำยาออกมารับประทาน ครั้งละ ครึ่งถึง 1 ถ้วยกาแฟก่อนอาหารหรือเมื่อมีอาการ

2) ถ้าเป็นตัวยาให้ต้มรับประทานทั่วไป ให้นำตัวยาใส่ในหม้อ เติมน้ำท่วมยา แล้วจึงนำเอาไปต้มบนเตา ต้มให้เดือดประมาณ 15 นาที แล้วจึงรินน้ำมารับประทาน

3) ถ้าเป็นการต้มเคี่ยว เช่นเคี่ยวให้เหลือ 1 ใน 3 หรือครึ่งหนึ่ง ให้เอาตัวยาใส่หม้อ เติมน้ำท่วมยา ตั้งไฟต้มเคี่ยวไปจนกว่าจะเหลือปริมาณน้ำประมาณ 1 ส่วน หรือครึ่งหนึ่งตามที่กำหนด

- ยาที่ต้มจากใบไม้ นิยมต้มวันเดียวแล้วทิ้ง
- ยาต้มที่ปรุงจากแก่นไม้เครื่องเทศโกฐเทียนถ้าต้มอุ่นทุกวันมีอายุ ได้ 7-10 วัน
- ยาต้มที่ปรุงจากแก่นไม้ เครื่องเทศ โกศฐเทียน หัวของพืชแห้ง ถ้าต้มอุ่นทุกเช้าเย็น ทุกวันมีอายุ 7-15 วัน

4) ยาดอง ใช้ได้ดีกับตัวยาที่สารสำคัญ ละลายน้ำได้น้อย น้ำยาที่ได้จะออกฤทธิ์เร็วและแรงกว่ายาต้ม นิยมใช้กับตัวยาแห้ง โดยนำตัวยามาบดหยาบ หรือหั่นเป็นชิ้นเล็ก ใส่ลงในขวดโหลหรือไห เทเหล้าขาว นิยมใช้เหล้าข้าวเหนียว หรือเหล้าโรง 40 ดีกรี แต่อาจใช้เหล้า 28 ดีกรีแทนได้ ใส่เหล้าท่วมตัวยา พอประมาณ ถ้าเป็นตัวยาแห้ง ตัวยาจะพองตัว ทำให้เหล้าแห้งหรือพร่องตัวลงไป ควรเติมเหล้า ให้ท่วมยาอยู่เสมอ นิยมใช้ไม้ไผ่ซี่เล็กๆ ขัดกันไม่ให้ตัวยาลอยขึ้นมาควรคนกลับยาทุกๆ วัน ปิดฝายาทิ้งไว้ นานประมาณ 30 วัน จึงรินน้ำยามาใช้ หรือรับประทาน

ในกรณีที่สารสำคัญไม่สลายตัว เมื่อถูกความร้อนอาจย่นระยะเวลาการดองโดยการดองร้อน คือ นำตัวยาห่อผ้าขาวบางสะอาด ใส่โหลเทเหล้าลงไปให้ท่วมยา เอาขวดโหลที่ใส่ยาและเหล้าแล้ววางในหม้อใบโตพอเหมาะ เติมน้ำธรรมดาลงในหม้อชั้นนอก ทำเหมือนการตุ๋น กะอย่าให้มากเกิน นำไปตั้งไฟจนเดือด แล้วยกขวดยาออก ปิดฝาทิ้งไว้ ประมาณ 7-10 วันก็สามารถรินน้ำยาออกมาใช้ได้ ห้ามใช้กับสตรีที่มีครรภ์ ผู้ที่มีความดันโลหิตสูง โรคหัวใจ

2.1.2 การแปรสภาพสมุนไพร

ยาสมุนไพรโดยทั่วไป มีทั้งการใช้สดและแห้ง การใช้สดนั้นมีข้อดีตรงสะดวกใช้ง่าย แต่ว่าฤทธิ์การรักษาไม่คงที่ บางครั้งฤทธิ์ดี บางครั้งฤทธิ์ไม่ดี ยาที่ใช้สดมีหลายอย่าง เช่นว่านหางจระเข้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รากหญ้าคา แต่การใช้ยาสมุนไพรส่วนมากนิยมใช้แห้งเพราะจะได้คุณภาพของยาที่คงที่ โดยเลือกเก็บยาสมุนไพรตามฤดูกาล แล้วนำมาแปรสภาพโดยการผ่านกระบวนการที่เหมาะสมเพื่อเก็บรักษาไว้ได้เป็นเวลานาน การแปรสภาพสมุนไพรที่เหมาะสมโดยทั่วไปจะใช้ส่วนที่เป็นยามาแล้วผ่านการคัดเลือก การล้าง การตัดเป็นชิ้นที่เหมาะสม แล้วใช้ความร้อนทำให้แห้งเพื่อการเก็บรักษาการแปรสภาพยาสมุนไพรนั้นแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช โดยแยกกล่าวตามส่วนที่เป็นยาดังนี้(กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. 2543 : 2)

2.1.2.1 **รากและส่วนที่อยู่ใต้ดิน**

รากและส่วนที่อยู่ใต้ดินก่อนอื่นต้องคัดขนาดที่พอๆกัน เอาไว้ด้วยกัน ล้างดินและสกปรกที่ติดอยู่ให้สะอาด เอารากฝอยออกให้หมด หากเป็นพืชที่มีเนื้อแข็ง แห้งได้ยาก ต้องหั่นแยกชิ้นที่เหมาะสมก่อน หากเป็นพืชที่ไม่แข็งนำมาผ่านกระบวนการความร้อน ตามแต่ชนิดพืชนั้น พืชที่ใช้หัวและรากส่วนมากประกอบด้วยโปรตีน แป้ง เอมไซน์ หากผ่านการให้ความร้อน แบบต้มนึ่งจะทำให้สะดวกในการทำให้แห้ง หลังจากการผ่านความร้อน นำมาตัดเป็นชิ้น แล้วอบให้แห้ง ในอุณหภูมิที่เหมาะสม

2.1.2.2 **เปลือก**

หั่นเป็นชิ้นขนาดพอดีและตากหรืออบให้แห้ง

2.1.2.3 **ใบและลำต้น**

ใบพืชบางอย่างมีน้ำมันระเหยหอม ควรผึ่งไว้ในที่ร่มไม่ตากแดด และก่อนที่ยาจะแห้งสนิทควรมัดเป็นกำเพื่อป้องกันการหลุดร่วง เช่น กระเพราแดง สะระแหน่ เป็นต้น โดยทั่วไปเก็บใบหรือลำต้นมาล้างให้สะอาด แล้วนำมาตากแดดให้สนิท

2.1.2.4 **ดอก**

หลังจากเก็บมาแล้ว ตากแห้งหรืออบให้แห้ง แต่ควรรักษารูปดอกให้สมบูรณ์ ไม่ให้ตัวยาถูกทำลายสูญเสียไป เช่นดอกกานพลู

2.1.2.5 **ผล**

โดยทั่วไปทำการเก็บแล้วก็ตากแดดได้เลยมีเพียงบางอย่างเท่านั้นที่ต้องหั่นเป็นชิ้นก่อนตากหรืออบแห้งด้วยความร้อน

2.1.2.6 **เมล็ด**

เก็บผลมาตากให้แห้ง แล้วจึงเอาเปลือกออก เช่น ชุมเห็ดไทย บางอย่างเก็บแบบผลแห้งเลยก็มีพืชที่ใช้เป็นสมุนไพร ในการแปรสภาพเบื้องต้น โดยมากจะใช้วิธีที่ทำให้แห้ง โดยจะใช้วิธีตากแดด อบให้แห้ง หรือผึ่งในร่ม เป็นต้น ต้องคำนึงถึงอุณหภูมิที่ทำให้แห้ง โดยทั่วไปจะใช้อุณหภูมิ 50-60องศาเซลเซียส เพราะสามารถระงับบทบาท ของเอนไซน์ ที่มีอยู่ในต้นพืชได้ และทำให้สารสำคัญในพืช เช่น กลัยโคไซด์ และอัลคาลอยด์ในพืชไม่สลายตัวไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงขอบเขตของอุณหภูมิที่ใช้อบสมุนไพรให้แห้ง

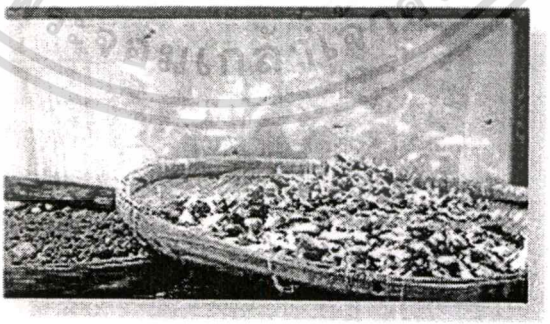
ชนิดของสมุนไพร	อุณหภูมิที่ทำให้แห้ง(° C)
ดอก ใบ ทั้งต้น	50-60
ราก กิ่ง ผิว	30-65
ผล	70-90
สมุนไพรที่มีน้ำมันระเหย	25-30
สมุนไพรที่มี กลัยโคไซด์และอัลคาลอยค์	50-60

2.1.3 **การอบแห้งสมุนไพร**

กระบวนการอบแห้งสมุนไพรเมื่อเริ่มแรกจะใช้การนำออกไปผึ่งแดดเพื่อทำให้แห้งซึ่งเกิดปัญหาทางด้านฤดูกาลที่ไม่มีแสงแดดหรือมีน้อย ทำให้สมุนไพรเกิดเชื้อราระหว่างทำการตาก จึงได้มีผู้คิดทำตู้อบโดย นำสมุนไพรมาใส่ถาด และนำเตาถ่านมาใส่ในตู้อบเพื่อให้ความร้อน และต่อมาก็ได้มีการประดิษฐ์ ตู้อบที่ใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ และความร้อนจากแหล่งอื่นๆ เช่น ไฟฟ้า และแก๊สมาใช้ในการอบ จนถึงปัจจุบันมีการนำเอาคลื่นไมโครเวฟมาใช้ในการ อบแห้งโดยการพัฒนามาจากเครื่องอบอาหาร

ปัญหาในปัจจุบันของการอบแห้งสมุนไพร

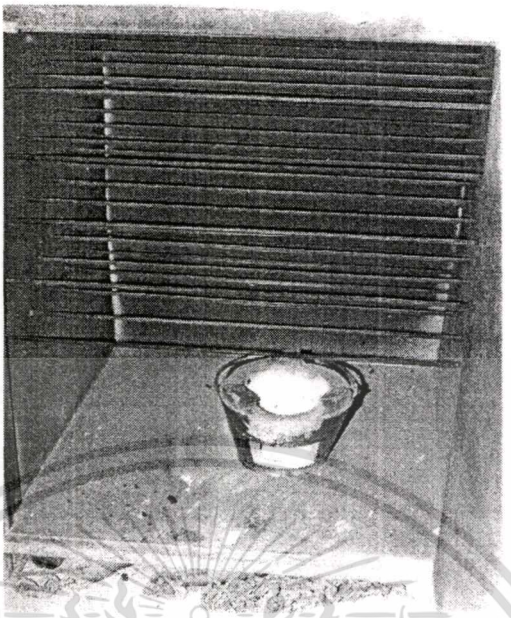
การทำให้แห้งโดยวิธีนำออกตากแดดต้องใช้เวลานานและต้องสิ้นเปลืองแรงงานในการเก็บเข้าในตอนกลางคืน และนำออกในตอนเช้า และในฤดูฝนก็ จะเกิดปัญหาในเรื่องของแสงแดด และการผลิตที่ไม่ต่อเนื่อง และการควบคุมอุณหภูมิ



รูปที่ 2.1 แสดงการตากแห้งสมุนไพร

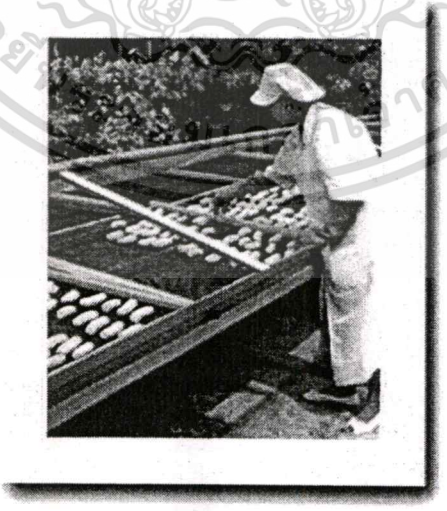
การอบแห้งโดยการใช้เตาถ่าน ก็ใช้ระยะเวลานาน โดยอาศัยหลักการธรรมชาติของอากาศร้อนที่ลอยขึ้นสู่เบื้องบน ผ่านชิ้นสมุนไพร ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิ ให้คงที่ตามที่กำหนดได้ ผลิตภัณฑ์ที่ ได้ ก็จะมีกลิ่นจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงออกไป

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แสดงการอบด้วยเตาถ่าน

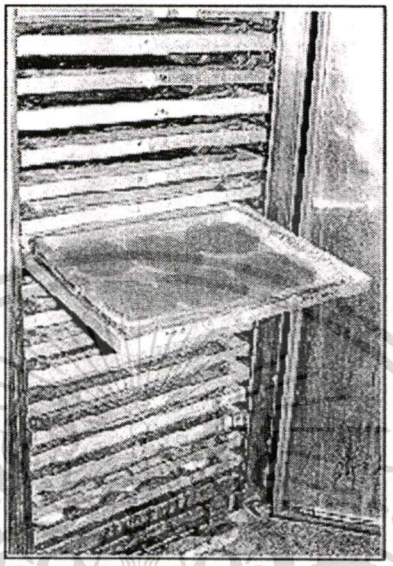
การอบแห้งโดยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้ลมเป็นตัวพาความร้อนและความชื้นออกจากตู้อบ ก็ใช้ระยะเวลานาน และเกิดปัญหาในช่วงฤดูกาลที่ไม่มีแสงแดด และไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิตามที่ต้องการได้



รูปที่ 2.3 แสดงตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การอบแห้งโดยใช้ตู้อบที่ใช้ความร้อน จากแก๊ส และ ขดลวดไฟฟ้า โดยใช้ลมร้อนเป่าให้ความร้อนแก่สมุนไพรและนำความร้อน และความชื้นออกจากตู้อบ สิ้นเปลืองพลังงานในการอบแห้ง และใช้ระยะเวลานาน ผลิตภัณฑ์ได้รับความร้อนไม่สม่ำเสมอ



รูปที่ 2.4 แสดงตู้อบที่ใช้ความร้อน จากแก๊ส หรือไฟฟ้า

การอบแห้งด้วยไมโครเวฟ มีค่าใช้จ่ายสูงจากต้นทุน ในการผลิตเครื่องอบ เนื่องจากตู้อบต้องทำจากวัสดุพิเศษ ที่ไม่ทำปฏิกิริยากับคลื่นไมโครเวฟ และผู้ใช้งานอาจมีอันตราย จากคลื่นไมโครเวฟที่รั่วไหลได้ และอบได้จำนวนน้อยๆ จึงใช้กันในเฉพาะห้องทดลอง

รูปที่ 2.5 แสดงตู้อบแบบไมโครเวฟถังหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 **ส่วนประกอบของสมุนไพร**

สมุนไพรในแต่ละชนิดประกอบด้วยสารเคมีหลายชนิดแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ได้ 7 กลุ่ม

2.1.3.1 **คาร์โบไฮเดรต** (Carbohydrates)

เป็นสารอินทรีย์ที่ ประกอบด้วย คาร์บอน ไฮโดรเจน และ ออกซิเจน คาร์โบไฮเดรตเป็นกลุ่มสารที่พบมากทั้งในพืชและสัตว์ สารที่เป็นคาร์โบไฮเดรต เช่น แป้ง น้ำตาล กัม (Kum) วุ้น (Ager)น้ำผึ้ง เปคติน (Pectin)

2.1.3.2 **ไขมัน** (Lipids)

ไขมันเป็นสารที่ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ (Organic Solvent) เมื่อทำปฏิกิริยากับด่างจะกลายเป็นสบู่ น้ำมันในพืชหลายชนิดเป็นยาสมุนไพร เช่น น้ำมันละหุ่ง น้ำมันมะพร้าว เป็นต้น

2.1.3.3 **น้ำมันระเหยหอม** (Volatile Oil หรือ Essential Oil)

น้ำมันหอมระเหยเป็นสารที่พบมากในพืชเขตร้อน มีลักษณะเป็นน้ำมัน มีกลิ่นและรสเฉพาะตัว ระเหยในอุณหภูมิธรรมดา เบากว่าน้ำสามารถสกัด ออกมาจากส่วนของพืชได้ โดยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ (stream distillation) หรือการบีบ (expresstion) ประโยชน์คือเป็นตัวแต่งกลิ่นในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง และ สมุนไพรมีประโยชน์ด้านการขับลม ฆ่าเชื้อโรค พืชสมุนไพรที่มีน้ำมันระเหย คือ กระเทียม ขิง ไพล มะกรูด ตะไคร้ กานพลู อบเชย เป็นต้น

2.1.3.4 **เรซินและบาลซัม** (Resins and Balsums)

เรซินเป็นสารอินทรีย์ หรือสารผสมประเภทโพลิเมอร์ มีรูปร่างไม่แน่นอนส่วนใหญ่จะเปราะแตกง่าย บางชนิดจะนิ่ม ไม่ละลายน้ำ ละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ เมื่อเผาไฟจะหลอมเหลวได้สารที่ใส ข้น และเหนียว เช่น ชันสน เป็นต้น บาลซัม เป็นสาร resinous mixture ซึ่งประกอบด้วย กรดซินนามิก (Sinnamic Acid)หรือเอสเตอร์ของกรดสองชนิดนี้ เช่นกำยาน เป็นต้น

2.1.3.5 **แอลคาลอยด์** (Alkaloids)

เป็นสารอินทรีย์ที่มีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบ (Organic Nitrigen Compound) มักพบในพืชชั้นสูง มีสูตรโครงสร้างซับซ้อน และแตกต่างกันมากมาย ปัจจุบันพบแอลคาลอยด์ มากกว่า 5,000 ชนิด คุณสมบัติของแอลคาลอยด์ คือ ส่วนใหญ่มีรสขม ไม่ละลายน้ำ ละลายได้ในสารอินทรีย์ (Orgenic Solvent) มีฤทธิ์ เป็นด่างแอลคาลอยด์ มีประโยชน์ในการรักษาโรคอย่างกว้างขวาง เช่นใช้เป็นยาระงับปวด ยาชาเฉพาะที่ ยาแก้ไอ ยาแก้หอบหืด ยารักษาแผลในกระเพาะและลำไส้ ยาลดความดัน ยาควบคุมการเต้นของหัวใจ เป็นต้น พืชสมุนไพรที่มีแอลคาลอดย์เป็นส่วนมาก คือ หมากลำโพง ซิงโครนา ดองดึง ระย่อม ยาสูบ กลอย ฝิ่น แสลงใจ เป็นต้น

2.1.3.6 **กลัยโคไซด์** (Glycosides)

เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่เกิดจาก agycone (หรือ genin) จับตัวกับส่วนที่เป็นน้ำตาล (glycone part) ละลายน้ำได้ดี โครงสร้างของ agycone มีความแตกต่างกันหลายแบบทำให้

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้เพื่อการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภท และสรรพคุณทางเภสัชวิทยา มีหลายชนิดที่ใช้เป็นยา และหลายชนิดเป็นสารพิษมีโทษต่อร่างกาย กลัยโคไซด์ จำแนกตามสูตรของโครงสร้าง ของ agycone ได้หลายประเภทคือ

1) คารดิเอ็ก กลัยโคไซด์ (Cardiac Glycosides)

มีฤทธิ์ต่อระบบกล้ามเนื้อหัวใจ และระบบการไหลเวียนของโลหิต เช่นใบยี่โถ เป็นต้น

2) แอนทราควิโนน กลัยโคไซด์ (Antrawguinone Glycosides)

มีฤทธิ์เป็นยาระบาย ยาฆ่าเชื้อ และ สีย้อมผ้า เช่นใบมะขามแขก ใบขี้เหล็ก ใบซุมเห็ดเทศ ใบ ว่านหางจระเข้เป็นต้น

3) ซาโปนิน กลัยโคไซด์ (Saponin Glycosides)

เป็นกลุ่มสารที่ทำให้เกิดฟอง เมื่อเขย่ากับน้ำ เช่น ลูกประคำดีควาย เป็นต้น

4) ไซยาโนเจนติก กลัยโคไซด์ (Cyanogenatic Glycosides)

มีส่วนของ Agycone เช่น Cyanogenetic Nitrate สารกลุ่มนี้ เมื่อถูกย่อยจะได้สาร จำพวกไซด์ยาไนด์ เช่น รากมันสำปะหลัง ผักสะตอ ผักหนาน ผักเสี้ยนผี กระเบาน้ำ เป็นต้น

5) ไอโซไทโอไซยาเนท กลัยโคไซด์ (Iothiocyanate Glycosides)

มีส่วนของ agkycone เป็นสารจำพวก Iothiocyanate

6) ฟลาโวนอล กลัยโคไซด์ (Favonol Glycosides)

เป็นสารสีที่พบในหลายส่วนของพืช ส่วนใหญ่ออกไปทางสีแดง เหลือง ม่วง น้ำเงิน เช่น ดอกอัญชัญ เป็นต้น

7) แอลกอฮอลิค กลัยโคไซด์ (Alcoholic Glycosides) มี alycone เป็นแอลกอฮอลล์

2.1.3.7 **แทนนิน** (Tannins)

เป็นสารที่พบได้ในพืชหลายชนิด มีโมเลกุลใหญ่และโครงสร้างซับซ้อน มีสถานะ เป็นกรดอ่อนรสฝาด แทนนินใช้เป็นยาฝาดสมาน ยาแก้ท้องเสีย ช่วยรักษาแผลไฟไหม้ และใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมฟอกหนัง

2.1.4 **การตรวจสอบมาตรฐานของสมุนไพร**

การกำหนดมาตรฐานวัตถุดิบสมุนไพรเพื่อให้ได้วัตถุดิบที่มีมาตรฐานผู้ผลิตยาสมุนไพร ควรตรวจสอบในเรื่องต่อไปนี้ (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข. 2543 :139)

2.1.4.1 **ชื่อพืช**

ชื่อพืชและลักษณะของพืช ส่วนที่ใช้ในการผลิตยา และลักษณะ เพื่อตรวจสอบ ว่าเป็นพืชที่ใช้ทำยาถูกต้องหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4.2 **สรรพคุณ**

สรรพคุณหรือการวิเคราะห์สารสำคัญ วัตถุดิบสมุนไพร อาจมีคุณภาพต่ำกว่ามาตรฐาน เพราะวัตถุดิบถูกทำลายโดยเชื้อรา หรือแบคทีเรีย หรือเป็นสมุนไพรเก่าที่หมดอายุแล้ว การตรวจสอบสารสำคัญในสมุนไพรที่ออกฤทธิ์ตามสรรพคุณที่กล่าวอ้าง และการตรวจสอบคุณภาพของสารที่อยู่ในสมุนไพร

2.1.4.3 **สิ่งแปลกปลอม**

ได้แก่ เศษหิน เศษอิฐ ดินทราย ชิ้นส่วนของแมลง มูลสัตว์ ต่างๆ ที่เกิดในกระบวนการเก็บเกี่ยว การขนส่ง การเก็บรักษา โดยทั่วไปไม่ควรมีเกิน ร้อยละ 2

2.1.4.4 **การปนเปื้อนจุลินทรีย์**

สำหรับสมุนไพรที่เป็นวัตถุดิบ ขณะนี้ยังไม่มีมาตรฐาน กำหนดปริมาณการปนเปื้อนจุลินทรีย์ ทั้งนี้กระบวนการแปรรูป เข้าสู่กระบวนการผลิต สามารถลดปริมาณ ปนเปื้อนจากวัตถุดิบได้

2.1.4.5 **การปนเปื้อนสารพิษจากเชื้อรา**

ในตำรายาในประเทศไทย มีกำหนดเฉพาะวิธีการทดสอบปริมาณ อะฟลาท็อกซิน ในน้ำมันถั่วลิสง กำหนดมาตรฐานไม่เกิน 20 mg ต่อ กรัม สำหรับวัตถุดิบสมุนไพรอื่นๆ ยังไม่กำหนดวิธีทดสอบ และมาตรฐานไว้

2.1.4.6 **การปนเปื้อนสารพิษตกค้างและโลหะหนัก**

สารพิษตกค้างจากเคมีกำจัดศัตรูพืช สัตว์ และเชื้อจุลินทรีย์ ในระหว่างการเพาะปลูก การเก็บเกี่ยว การเก็บรักษา การขนส่ง และการจำหน่าย เช่น ยาเบื่อหนู ยาฆ่าแมลง ยาปราบวัชพืช

2.1.4.7 **ความชื้น**

ปริมาณความชื้นในสมุนไพรแห้ง จะแตกต่างกันตามแต่ชนิด จะอยู่ระหว่าง ร้อยละ 7-14 ส่วนใหญ่จะอยู่ไม่เกินร้อยละ 10

2.1.5 **วิธีการตรวจสอบมาตรฐาน**

2.1.5.1 **การตรวจสอบเอกลักษณ์**

ของพืชสมุนไพร วิธีการตรวจสอบโดยประสาทสัมผัสทั้ง 5 คือ รูป รส กลิ่น เสียง และสัมผัสที่บ่งบอกลักษณะ หยาบ ๆ ของสมุนไพร แบ่งเป็น

1) **รูปร่างและขนาด**

สมุนไพรแต่ละชนิดมีลักษณะเฉพาะตัว เช่นลักษณะเป็นรูปดาว แปดแฉก ของ ผลจันทร์ที่มีแปดกลีบ

2) **สีและลักษณะภายนอก**

สี เช่นสีเหลืองของขมิ้นชัน ต่างจากสีเหลืองของขมิ้นอ้อย ลักษณะภายนอกเช่น ก้านเป็นตุ่มของบอระเพ็ด ก้านสี่เหลี่ยมของฟ้าทะลายโจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

73622

3) รอยหักและสีภายใน

เมื่อลองหักสมุนไพรออกจากกัน มีลักษณะที่สังเกตได้เช่น สามารถหักออกจากกันได้อย่างเด็ดขาด หักออกจากกันไม่ขาด หักแล้งมีเสียงดัง หักแล้วผิวหน้าเรียบมีเส้นใย เปราะหักง่าย หรือเหนียวหักยาก

4) กลิ่นและรส

กลิ่นของสมุนไพรแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับปริมาณ และประเภทของสารระเหยที่มี เช่น กลิ่นของกำยาน อบเชย มหาหิงคุ ซึ่งเป็นกลิ่นเฉพาะตัว ส่วนรสจะใช้วิธีชิม และรับความรู้สึกที่ลิ้น อาจมีรสต่างๆ กัน

2.1.5.2 **การตรวจปริมาณสารสำคัญ**

ในวัตถุดิบสมุนไพร การตรวจต้องทำภายในห้องทดลองเท่านั้น โดยการตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมี หรือปริมาณตัวยา ร่วมกับการตรวจเอกลักษณ์

2.1.5.3 **การตรวจสิ่งแปลกปลอม**

1) วิธีการตรวจง่ายๆ สำหรับชุมชน

โดยการใช้ตาเปล่า และ มือ แยกแยะสิ่งต่างๆ ชั่งน้ำหนักสิ่งแปลกปลอม และคำนวณเป็นร้อยละ ของสมุนไพร ที่นำมาตรวจ

2) วิธีการตรวจโดยห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

โดยการตรวจปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด สารที่ละลายได้ในน้ำ สารที่ละลายได้ในเอทานอล และน้ำมันระเหยง่าย

2.1.5.4 **การตรวจการปนเปื้อนจุลินทรีย์**

การตรวจต้องทำภายในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์เท่านั้น

2.1.5.5 **การตรวจสารพิษจากเชื้อรา อะฟลาท็อกซิน**

1) วิธีการตรวจง่ายๆสำหรับชุมชน

โดยใช้เครื่องมือตรวจหาอะฟลาท็อกซิน ของกองโรคพืชและจุลวิทยา กรมวิชาการเกษตร

2) วิธีการตรวจสอบโดยห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

โดยการส่งตัวอย่างพืช มาที่กองโรคพืช กรมวิชาการเกษตร

2.1.5.6 **การตรวจสารพิษตกค้าง**

สารพิษตกค้างส่วนมากมาจากยาฆ่าแมลง ยากำจัดศัตรูพืช ฯลฯ

1) วิธีตรวจสอบสำหรับชุมชน

ใช้เครื่องมือ ตรวจสอบยาฆ่าแมลงกลุ่ม ฟอสเฟต คาร์บาเนต แบบง่ายๆสำหรับชาวบ้าน ของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข

2) วิธีการตรวจสอบโดยห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

โดยการส่งตัวอย่างมาที่ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5.7 **การตรวจความชื้น**

1) วิธีการตรวจง่ายๆแบบชุมชน

- การหักชิ้นส่วนดูว่ามีความกรอบหักง่ายหรือไม่ หรือการใช้ดมสมุนไพรหลายอย่างที่มีความชื้นจะมีกลิ่นอับ
- ใช้เครื่องมือตรวจวัดความชื้นทางเกษตร ของกรมวิชาการเกษตร

2) วิธีการตรวจสอบโดยห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ โดยการส่งตัวอย่างมาที่ กรมวิชาการเกษตร

2.1.6 **การแปรรูปสมุนไพร** รสชาติของยาสมุนไพรไทย จะมีรสที่ไม่ชวนรับประทาน และยาสมุนไพรบางอย่างอาจยุ่งยากทางด้านกรรมวิธีการใช้ สำหรับผู้บริโภคดังนั้น จึงนิยมนำมาแปรรูป เพื่อให้สะดวกในการใช้ ในยาบางตัวสามารถ นำมาทำยาเม็ด เพื่อให้การใช้สะดวกขึ้น การทำยาเม็ดนิยมทำเป็นยาลูกกลอน (เม็ดกลม) และเม็ดแบน (โดยใช้แบบแม่พิมพ์อัดเม็ด) ในปัจจุบันเพิ่มการบรรจุแคปซูลเข้าไปอีกวิธีหนึ่งกระบวนการทั่วไปในการแปรรูปสมุนไพรจะมีกระบวนการดังต่อไปนี้ (www.thaipun.com/pharmacy/phar1.htm)

2.1.6.1 **การสับยา**

เป็นการนำสมุนไพรสดหรือแห้งมาสับให้มีขนาดเล็กลงให้พอเหมาะกับการปรุงยา การสับยายังช่วยให้ยาสดที่เก็บมาผึ่งแห้งได้เร็ว ไม่ก่อให้เกิดเชื้อรา ยาที่มีปริมาณน้ำมากๆ ควรสับให้เป็นแผ่นบางๆ เพื่อให้ยาแห้งทันก่อนที่จะเกิดเชื้อรา

- **อุปกรณ์ที่ใช้**
  1) มีดและเขียงสำหรับสับยา
  2) ถาดขนาดใหญ่สำหรับใส่ยาที่สับแล้ว
  3) กระสอบป่านหรือผ้าใบ สำหรับปูรองรับยา
  4) ผ้านวมหรือ แผ่นยาง สำหรับรองเขียงกันเสียงดังเกินไป
- **ขั้นตอนการสับยา**
  1) ปูกระสอบป่านหรือผ้าใบบนโต๊ะสับยา
  2) วางถาดบนกระสอบป่านหรือผ้าใบ
  3) วางเขียงลงในถาด โดยใช้ผ้านวม หรือ แผ่นยางรองใต้เขียง
  4) นำชิ้นสมุนไพรมาสับตามขนาดที่ต้องการ ระวังอย่าให้ยากระเด็นออกนอกถาดหรือนอกแนวผ้าใบ
- **การเก็บยา**
  1) นำยาที่สับแล้วใส่ลงในลิ้นชักที่มีชื่อยานั้นๆ หรือนำไปอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) นำยาที่สับได้ใส่ปีบหรือถุงยาสำรอง เขียนชื่อ และวันที่ติดให้เรียบร้อย ล้าง เช็ดอุปกรณ์การสับยาให้เรียบร้อย ผึ่งให้แห้ง แล้วนำเก็บเข้าที่

2.1.6.2 **การอบยา**

เป็นการทำให้ยาแห้งสนิท ป้องกันเชื้อรา ตัวยาที่จะนำมาอบ ควรเป็นตัวยาที่ไม่ระเหยหรือเปลี่ยนสภาพเมื่อถูกความร้อน เช่นพิมเสน การบูร เมลทอล ยางไม้ เป็นต้น ยาที่นำมาอบ อาจเป็นยาเดี่ยว หรือยาตำรับใดก็ได้ โดยทั่วไปจะอบที่อุณหภูมิ 60 - 85 องศาเซลเซียส

ขั้นตอนการอบยา

1) นำตัวยาที่นำมาอบใส่ลงในถาดอบยาอย่าให้อัดทับกันแน่นหรือมากเกินไป

2) เขียนชื่อยาหรือตัวยาน้ำหนักยา วัน เดือน ปี หมายเลขถาดยา ติดข้างถาด

3) นำยาเข้าตู้อบ เรียงตามลำดับเลขที่

4) บันทึกรายชื่อยาขนานต่าง หรือ ตัวยา ที่นำเข้าตู้อบ

2.1.6.3 **การบดยา**

ยาที่จะนำมาบดจะต้องย่อยให้เป็นชิ้นเล็กเสียก่อน

ขั้นตอนการบดยา

1) นำยาที่ย่อยและอบแล้วใส่ลงไปในเครื่อง ¼ ของความจุของเครื่อง เช่น เครื่องบดได้ 2 ก.ก. ก็ใส่ตัวยาลงไป 500 กรัมเป็นต้น

2) บดยาครั้งที่ 1 ใช้เวลา 30 นาที หยุดเครื่อง

3) ใส่ตัวยาที่เหลือ ลงไปให้เต็ม ตามขนาดความจุของเครื่อง

4) เขียนชื่อยา น้ำหนักก่อนบด เวลาเริ่มบด ปิดไว้บนฝาเครื่องบดยา

5) เดินเครื่องบดยานาน 3 ชั่วโมง หยุดเครื่อง

6) ชั่งเนื้อยาที่ร่อนหลังจากหยุดเครื่อง ตักยาออกใส่ภาชนะ เตรียมร่อนยาต่อไป

7) ร่อนตัวยาออกแล้ว นำกากที่เหลือมาบดอีกเป็นครั้งที่ 2 บดนาน 3 ชั่วโมง

8) หลังจากบดยาเสร็จ เช็ดทำความสะอาดเครื่องบดยา ด้วยผ้าชุบน้ำให้ทั่ว เป่าลมให้แห้ง และไล่ฝุ่นผงตามซอกต่างๆ แล้วจึงปิดเครื่อง

2.1.6.4 **การร่อนยา**

เป็นการนำเอายาที่บดแล้วมาร่อนด้วยตะแกรง หรือ แร่ง เอาเฉพาะตัวยาส่วนที่ละเอียดตามต้องการ การร่อนยาอาจใช้เครื่อง หรือร่อนยาด้วยมือก็ได้ ตามแต่ปริมาณของงานที่ทำ ตะแกรงร่อนยาที่นิยมใช้มีอยู่ด้วยกัน 3 ขนาด คือ

เบอร์ 100 จะได้ผงยาที่ละเอียด

เบอร์ 80 จะได้ผงยาขนาดปานกลาง

เบอร์ 60 จะได้ผงยาหยาบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการร่อนยา

1) นำยาที่บดแล้วมาใส่ในตะแกรงร่อนยา ตามขนาดที่ต้องการ

2) ได้ และกากยาที่เหลือ แยกใส่ถุงมัดให้แน่น

3) เขียนชื่อยา น้ำหนัก วัน เดือน ปี และชื่อผู้ที่ร่อนยา ปิดไว้ที่ข้างถุง

การดูแลตะแกรงร่อนยา

1) ใช้แปรงปัดทำความสะอาด ตามตะแกรงและตามขอบตะแกรง

2) ใช้ผ้าชุบน้ำเช็ดตะแกรงและขอบตะแกรง แล้วเช็ดหรือเป่าลมให้แห้งสนิท

3) ใช้เกรียงโป๊วขูดตะแกรงเบาๆ แล้วใช้แหนบถอนเสี้ยนยาออกให้หมด

4) เก็บตะแกรงร่อนยาเข้าตู้

ถ้าเป็นเครื่องร่อนยา ให้เช็ดด้วยผ้าชุบน้ำ เป่าลมให้แห้งสนิท ปิดฝาเครื่อง

2.1.6.5 การทำยาลูกกลอน

ยาลูกกลอนเป็นรูปแบบของการทำยาแบบโบราณ มีลักษณะเป็นเม็ดกลม ทำจากผงยาสมุนไพรกับกระสายยา นิยมใช้น้ำผึ้งเป็นกระสายยาลูกกลอน เพราะน้ำผึ้งทำให้การจับเม็ดได้ดี แตกตัวช้า ออกฤทธิ์นาน ช่วยบำรุงร่างกายผู้ป่วย และช่วยให้ยารสดีขึ้น นอกจากใช้น้ำผึ้งแล้ว ยังสามารถใช้สารยึดเหนี่ยวตัวอื่นๆ ได้เช่นเดียวกัน

- การทำยาลูกกลอนน้ำผึ้ง

1) การเคี่ยวน้ำผึ้ง เพื่อไล่น้ำออกจากน้ำผึ้ง ทำให้เหนียว เม็ดยาจับกันแน่น ตวงน้ำผึ้ง หนักเท่ากับน้ำหนักยาผงที่ใช้ทำลูกกลอนโดยประมาณ หากผงยาประกอบด้วยเกลือ ยาดำ หรือมหาหิงส์ ก็ใช้น้ำผึ้งน้อยลงใส่ลงในหม้อ

2) นำหม้อน้ำผึ้งไปตั้งไฟเคี่ยวด้วยไฟแรง คนไปเรื่อยๆ จนฟองเดือดเล็กลง ใช้เวลาประมาณ 10-15 นาที ทดลองนำน้ำผึ้งมาหยดลงในน้ำ ถ้าน้ำผึ้งรวมกันเป็นก้อนแข็งจึงจะใช้ได้ ถ้ายังเหนียวไม่แข็ง ก็เคี่ยวต่อไป ทดลองทำใหม่จนได้ที่

3) เติมน้ำสะอาดเท่ากับปริมาณน้ำผึ้ง ในตอนแรกลงไปเคี่ยวต่อ และลองหยดน้ำผึ้งลงในน้ำถ้าน้ำผึ้งจับตัวแข็งเป็นก้อนก็ยกลงจากเตา

4) กรองน้ำผึ้งที่เคี่ยวแล้วกับผ้ากรอง ในขณะที่ยังร้อนอยู่ และคนต่อไปจนน้ำผึ้งเย็น เป็นอันเสร็จการเคี่ยวน้ำผึ้ง

5) ชั่งผงยาที่ทำเม็ดลงในกาละมังที่สะอาด

6) ตักน้ำผึ้งที่เคี่ยวแล้ว เทราดลงผงยาที่ละทัพพี คลุกเคล้าให้เข้ากับน้ำผึ้งไปเรื่อยๆ จนเนื้อยาเข้ากันดี ทดลองปั้นด้วยมือ หากได้ยาที่ดี ยาจะไม่ติดมือ บีบเม็ดยาดูจะไม่แตกร่วน การคลุกเคล้ายาด้วยมือควรใส่ถุงมือ ถ้ามือไม่แห้ง จะทำให้เกิดเชื้อราได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 เครื่องอบแห้ง

เครื่องมือที่ใช้ในการอบอาหารจำนวนมากในคราวเดียวกันให้แห้งนั้นมีหลายแบบ แต่ละแบบก็มีหลายขนาด (บุหลัน พิทักษ์ผล และ ทัศนี สรสุชาติ. 2538 : 6-9)

2.2.1 ตู้อบหรือโรงอบที่ใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์

โดยมีหลักการทำงานคือตู้หรือโรงอบประกอบด้วยแผงรับแสงอาทิตย์ ซึ่งทำด้วยวัสดุใส เมื่อแสงอาทิตย์ซึ่งส่วนใหญ่เป็นรังสีคลื่นสั้น ตกลงบนแผงรับแสงนี้แล้วจะทะลุผ่านไปยังวัสดุสีดำภายในตู้และเปลี่ยนเป็นรังสีความร้อน ซึ่งความร้อนนี้จะไปกระทบกับอาหารทำให้น้ำในอาหารระเหยออกมา และผ่านออกไปทางช่องระบายอากาศของตู้อบ หรือโรงอบ มีผลทำให้อาหารแห้งในระหว่างการอบควรกลับผลิตภัณฑ์นั้น วันละ 1-2 ครั้ง เพื่อให้ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ทุกส่วนได้สัมผัสกับความร้อน ทำให้แห้งเร็วและสม่ำเสมอ ส่วนมากตู้อบแสงอาทิตย์นี้จะใช้กับพวกผัก ผลไม้ และธัญพืช ข้อดีสำหรับการใช้ตู้อบที่ใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์คือ

1) ได้ผลิตภัณฑ์สีสวย และสม่ำเสมอ

2) สะอาดเพราะสามารถควบคุมไม่ให้ฝุ่นละอองหรือแมลงเข้าไปได้

3) ใช้เวลาน้อยกว่าการตากแดดตามธรรมชาติ ทำให้ประหยัดเวลาในการตามได้ประมาณหนึ่งในสาม

4) ประหยัดพื้นที่ในการตาก เพราะในตู้อบสามารถวางถาดที่จะใส่ผลผลิตได้หลายถาด หรือหลายชั้น

5) ประหยัดแรงงาน เพราะไม่ต้องเก็บอาหารที่กำลังตากเข้าที่ร่มในตอนเย็นและเอาออกตากในตอนเช้าเหมือนสมัยก่อน ซึ่งมีผลทำให้ต้นทุนในการผลิตอาหารแห้งลดลง

2.2.2 เครื่องอบแห้งแบบหมุน

เครื่องอบแห้งแบบหมุน จัดเป็นเครื่องอบแห้งที่วัสดุมีการเคลื่อนที่ เครื่องอบแห้งแบบหมุนจะประกอบด้วย ตัวถังทรงกระบอกที่วางในแนวระดับโดยมีอากาศร้อนไหลผ่าน ซึ่งตัวถังทรงกระบอกนี้สามารถหมุนได้และเอียงทำมุมเล็กน้อยกับแนวระดับ เพื่อให้วัสดุอบแห้งมีการเคลื่อนที่เนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกจากส่วนที่อยู่สูงไปยังส่วนที่อยู่ต่ำกว่า ภายในเครื่องอบแห้งอากาศร้อนกับวัสดุอบแห้งอาจมีทิศทางไหลตามกันหรือไหลสวนกันก็ได้ และกระแสอากาศร้อนยังมีผลต่อการเคลื่อนที่ของวัสดุอบแห้งเนื่องจากการพัดพา

โดยปรกติด้านในของตัวถังทรงกระบอกจะติดตั้งตัวตัก ซึ่งติดตั้งตาม แนวนอนกับตัวถังทรงกระบอก ตัวตักทำหน้าที่ตักวัสดุอบแห้งให้ตกผ่านกระแสอากาศร้อน การที่วัสดุตกผ่านกระแสอากาศร้อน เป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสกับวัสดุแห้งกับกระแสอากาศร้อน จึงมีผลทำให้อัตราการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อบแห้งเพิ่มขึ้น ในการใช้งานทั่วไป ตัวตักตรง (Stragight Flights) ตัวตักที่ทำมุม 45 องศา หรือ 90 องศา มักใช้กับวัสดุอบแห้งที่ไหลได้อย่างอิสระ หรือเกือบแห้ง

ข้อดีของเครื่องอบแห้งแบบหมุน

1. การขยายขนาดจากแห้งทดสอบหรือจากข้อมูลทำได้ง่าย และเป็นเครื่องอบแห้งที่เสียยาก
2. สามารถลดความชื้นของวัสดุได้ตามที่ต้องการ เพราะสามารถเปลี่ยนเวลาที่ใช้ในการอบได้
3. ราคาต้นทุนไม่สูงมากนัก
4. สามารถควบคุมอุณหภูมิในการอบแห้งให้ใกล้เคียงที่ต้องการ

2.2.3 เครื่องอบแห้งที่ใช้ความร้อนจากแหล่งอื่น

ความร้อนที่ใช้กับเครื่องอบประเภทนี้ส่วนมากจะได้จากกระแสไฟฟ้า หรือแก๊ส ส่วนมากใช้ในระดับอุตสาหกรรมซึ่งมีหลายแบบหลายขนาด โดยใช้หลักการที่แตกต่างกันแล้วแต่ประโยชน์ของการใช้สอย เช่น

1) เครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนแบบตู้หรือถาด ตู้อบบุด้วยวัสดุที่เป็นฉนวนมีถาดสำหรับวางอาหารที่จะอบ เครื่องมือ ชนิดนี้จะให้อาหารที่มีปริมาณน้อย หรือสำหรับงานทดลอง

2) เครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนแบบต่อเนื่องมีลักษณะคล้ายอุโมงค์ นำอาหารที่ต้องการอบแห้งวางบนสายพานที่เคลื่อนผ่านลมร้อนในอุโมงค์ เมื่ออาหารเคลื่อนออกจากอุโมงค์ก็จะแห้งพอดี ตัวอย่างอาหาร เช่น ผัก หรือ ผลไม้อบแห้ง

3) เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย การทำงานของเครื่องอบแบบนี้ คือ ต้องฉีดของเหลวที่ต้องการทำให้แห้งพ่นเป็นละอองเข้าไปในตู้ที่มีลมร้อนผ่านเข้ามาเช่น กาแฟผลสำเร็จรูป ไข่ผล น้ำผลไม้ผง ซุบผง เป็นต้น

4) เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง เครื่องอบแห้งแบบนี้ให้ความร้อนแบบนำความร้อนซึ่งประกอบด้วยลูกกลิ้งทำด้วยเหล็กปลอดสนิมอาหารที่จะทำแห้งต้องมีลักษณะข้นและป้อนเข้าเครื่อง ตรงผิวนอกของลูกกลิ้งเป็นแผ่นฟิล์มบางๆ ความร้อนจะถ่ายเทจากลูกกลิ้งไปยังอาหาร

5) เครื่องอบแห้งแบบเยือกแข็ง ประกอบด้วยเครื่องที่ทำให้อาหารเย็นจัด (freezer) แผ่นความร้อน และตู้สุญญากาศ หลักการในการทำแห้งแบบนี้คือการไล่น้ำจากอาหารออกไปในสภาพสุญญากาศ การถ่ายเทความร้อนเป็นแบบการนำความร้อน ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ประสบความสำเร็จมากที่สุด คือ ผงกาแฟสำเร็จรูป

6) ตู้อบแห้งแบบที่ใช้ไมโครเวฟ ขณะนี้ได้มีการใช้ไมโครเวฟคลื่นความถี่ 13X106 ไซเกิล เพื่อลดความชื้นของผัก เช่น กะหล่ำปลี และผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีคุณภาพดี สีสวย ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ใช้ตู้อบแห้งแบบไมโครเวฟร่วมกับการใช้สุญญากาศ คือ ผลิตภัณฑ์น้ำส้มผง ซึ่งยังคงคุณภาพของ สี กลิ่น และรสของส้มไว้

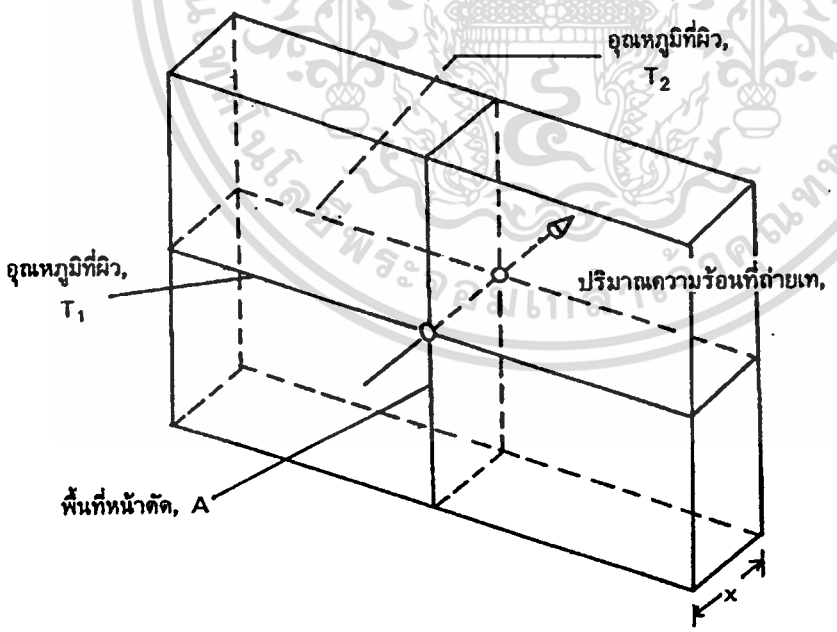
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 หลักการถ่ายเทความร้อนของฉนวนความร้อน

การถ่ายเทความร้อน โดยธรรมชาติจะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ เช่นเดียวกับน้ำที่ไหลจากที่สูงไปยังที่ต่ำ วิธีการถ่ายเทความร้อน แบ่งออกเป็น 3 วิธีหลักๆ คือ การนำความร้อน (Conduction) การพาความร้อน (Convection) และการแผ่รังสีความร้อน (Thermal radiation) (ณัฐ วรยศ. 2545 : 1-3)

2.3.1 การนำความร้อน

การนำความร้อนเป็นกระบวนการ ซึ่งเกิดขึ้นบนชั้นอะตอมของอนุภาคพบว่าในโลหะ การนำความร้อนเป็นผลมาจากการเคลื่อนที่ของอิเลคตรอนอิสระ (คล้ายการนำไฟฟ้า) ในของเหลวและของแข็งที่มีสภาพนำความร้อนต่ำการสั่นของโมเลกุลข้างเคียง เป็นสาเหตุให้เกิดการนำความร้อนขึ้น ส่วนในก๊าซการนำความร้อนเกิดขึ้นผ่านการสั่นระหว่างโมเลกุล ผลของการถ่ายเทความร้อนด้วยการนำที่เกิดขึ้นทั้งหมดจะอธิบายในลักษณะผลที่เกิดขึ้นกับวัตถุ สัดส่วนตรงกับผลต่างของอุณหภูมิคร่อมผิววัตถุ (ด้านอุณหภูมิสูงและอุณหภูมิต่ำ) และพื้นที่ผิวที่ความร้อนไหลผ่าน (ตั้งฉากกับทิศทางการไหลของความร้อน) แต่จะเป็นสัดส่วนกลับกับความหนาของวัตถุนั้น (ระยะทางที่ความร้อนถ่ายเท) ดังรูปสำหรับแผ่นราบ ดังรูปที่ 2.6 การนำความร้อนของแผ่นราบ สามารถคำนวณได้ โดยใช้สมการ (2.1) ดังนี้



รูปที่ 2.6 แสดงการนำความร้อนผ่านแผ่นราบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ Q = ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทต่อ 1 วินาที W

K = สภาพการนำความร้อน (Thermal conductivity) ,W/m.K

A = พื้นที่หน้าตัดที่ความร้อนไหลผ่าน m2

T1,T2 = อุณหภูมิสูงและต่ำที่ผิวแต่ละด้านตามลำดับ , K

X = ความหนาของแผ่นราบ , m

ในสมการนี้ สภาพนำความร้อน k เป็นตัวคงที่ขึ้นอยู่กับวัสดุแต่ละชนิด ดังแสดงในตาราง 2.2 ซึ่งเป็นค่าสภาพความร้อนของวัสดุบางชนิด อย่างไรก็ตาม ปกติค่า k จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ แต่หากอุณหภูมิไม่แตกต่างกันมากนักสามารถใช้ค่าที่สมมุติว่าค่า k คงที่ตลอดช่วงอุณหภูมิได้ ดังค่าในตารางที่ 2.2 เป็นต้น

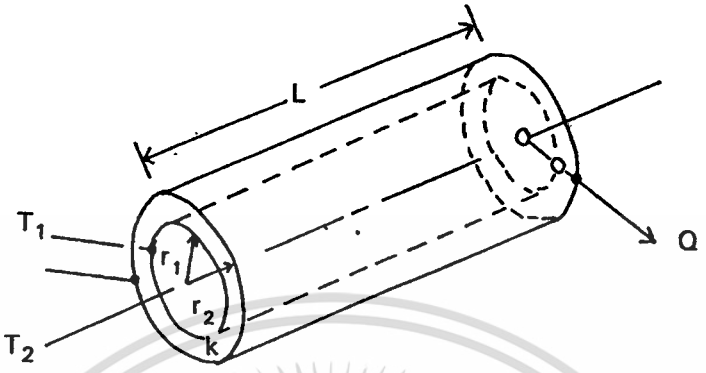
ตารางที่ 2.2 แสดงสภาพนำความร้อนของวัสดุบางชนิด ที่ 27^{o} C

วัสดุ	สภาพนำความร้อน k (W/m.K)
ทองแดง	386
อะลูมิเนียม	204
เหล็กคาร์บอน	54
หินอ่อน	2.1-2.94
หินทราย	1.85
กระจก	0.25-0.8
ขี้เลื่อย	0.06
ใยแก้ว	0.04
พลาสติกใส	0.2-0.3
น้ำ	0.6
อากาศ	0.026

นอกจากการนำความร้อนผ่านผนังแล้ว กรณีที่น่าสนใจอีกกรณีในเรื่องการถ่ายเทความร้อนชนิดนำความร้อนในการถ่ายเทความร้อนตามรัศมี เช่น จากผนังท่อน้ำร้อนด้านในสู่ผนังท่อด้านนอกซึ่งพื้นที่หน้าตัดจะตั้งฉากกับทางการถ่ายเทความร้อนในลักษณะเพิ่มขึ้นตามแนวรัศมี สำหรับหนาตัดของท่อตามรูปที่ 2.7 สมการการถ่ายเทความร้อนคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Q = \frac{2\pi Lk}{\ln (r_2/r_1)} (T_1-T_2)$$



รูปที่ 2.7 แสดงการถ่ายเทความร้อนตามแนวรัศมี

2.3.2 **การพาความร้อน**

การพาความร้อนเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของมวลของไหล เมื่อของไหลสัมผัสกับพื้นผิวแข็งที่อุณหภูมิแตกต่างกัน การแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดพาความร้อนจะเกิดขึ้น การพาความร้อนสามารถแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะใหญ่ คือ การพาความต้อนแบบอิสระหรือโดยธรรมชาติ (Free of natural convection) และการพาความร้อนแบบบังคับ (Forced convection) ลักษณะแรกเป็นการถ่ายเทความร้อนโดยอาศัยความแตกต่างของความหนาแน่นของของไหล จากเหตุผลที่ว่าของไหลเมื่อได้รับความร้อน (อุณหภูมิสูงขึ้น) จะมีความหนาแน่นลดลงกว่าอากาศโดยรอบและเกิดแรงยกตัว (Buoyant force) ลอยตัวขึ้น เช่น การถ่ายเทความร้อนจากหลังคาสู่อากาศโดยรอบที่สงบเป็นต้น การพาความร้อนแบบบังคับจะเป็นการถ่ายเทความร้อนโดยใช้แรงภายนอกมาเคลื่อนที่ของไหลผ่านพื้นผิวของแข็งที่มีอุณหภูมิต่างกัน เช่นแรงจากปั๊มหรือพัดลม สำหรับผลจากลมที่มีความเร็วมากกว่า 4 ถึง 5 km/hr จะพิจารณาว่าเป็นการพาแบบบังคับ แต่ไม่ว่าจะเป็นการพาความร้อนแบบไหน ปริมาณการถ่ายเทความร้อนสามารถหาได้จาก กฎของนิวตัน ด้วยการเย็นตัว (Newton's law of cooling) ที่ว่า

$$Q = hA (T^s-T^f)$$

เมื่อ

h = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนด้วยการพา, $W/m^2.K$

A = พื้นที่ผิวของของแข็งที่ของไหลสัมผัส, m^2

Ts = อุณหภูมิพื้นที่ผิวของแข็ง, K

Tf = อุณหภูมิของไหล, K

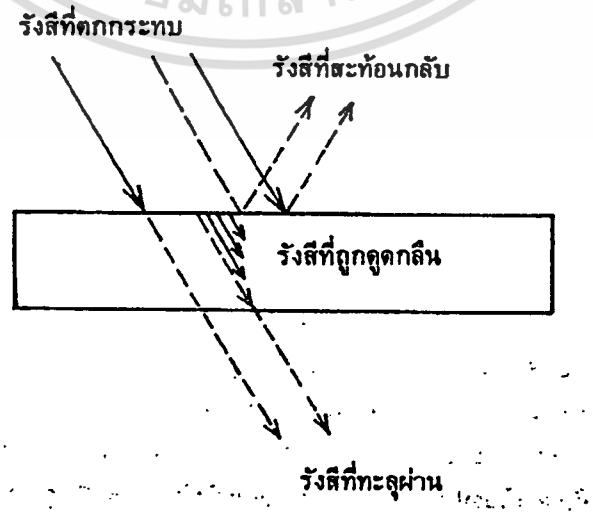
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 แสดงสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเฉลี่ยของของไหลบางชนิด

วัสดุ	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน, h ($W/m^2.K$)
อากาศ, การพาแบบอิสระ	6-30
ไอดง หรืออากาศ, การพาแบบบังคับ	30-300
น้ำมัน, การพาแบบบังคับ	60-1,800
น้ำ, การพาแบบบังคับ	300-6,000
น้ำเดือด	3,000-60,000
ไอน้ำ, ควบแน่น	6,000-120,000

2.3.4 **การแผ่รังสีความร้อน**

วัตถุทุกชนิดที่มีอุณหภูมิมากกว่าศูนย์องศาสมบูรณ์ (0°K) จะมีพลังงานภายในอยู่ในตัวจากการสั่นของโมเลกุลของวัตถุนั้น ซึ่งพลังงานนี้บางส่วนจะถูกปล่อยออกมาจากวัตถุในลักษณะการแผ่รังสีความร้อนผ่านผิวของวัตถุนั้น โดยอะตอมกลไกของการแผ่รังสีด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รังสีความร้อนที่แผ่ออกมา ปกติจะเดินทางผ่านช่องว่างในบรรยากาศความเร็วแสงมีความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 0.1 ถึง 100 ไมครอน (10^{-6} m) ในลักษณะเป็นเส้นตรงจนกว่าจะกระทบกับวัตถุใดๆ ซึ่งถ้าวัตถุที่แผ่รังสีออกมาไม่ได้รับรังสีความร้อนจากวัตถุอื่นๆ อุณหภูมิของวัตถุนั้นจะลดลง ในทำนองเดียวกันวัตถุที่ได้รับรังสีความร้อนมากกว่าที่วัตถุนั้นปล่อยออกไป อุณหภูมิของวัตถุจะเพิ่มขึ้น โดยรังสีความร้อนที่กระทบผิวใด ๆ ส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืนโดยวัตถุนั้น บางส่วนอาจทะลุผ่าน และมีบางส่วนสะท้อนกลับออกจากวัตถุนั้น ดังแสดงในรูปที่ 2.8 ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนของพลังงานแผ่รังสีทั้งที่ถูดดูดกลืนไว้ ที่ทะลุผ่าน และที่สะท้อนกลับจะขึ้นอยู่กับวัตถุเองและคุณสมบัติทางพื้นผิวของวัตถุนั้น สำหรับวัตถุทึบสัดส่วนที่ทะลุผ่านเท่ากับศูนย์



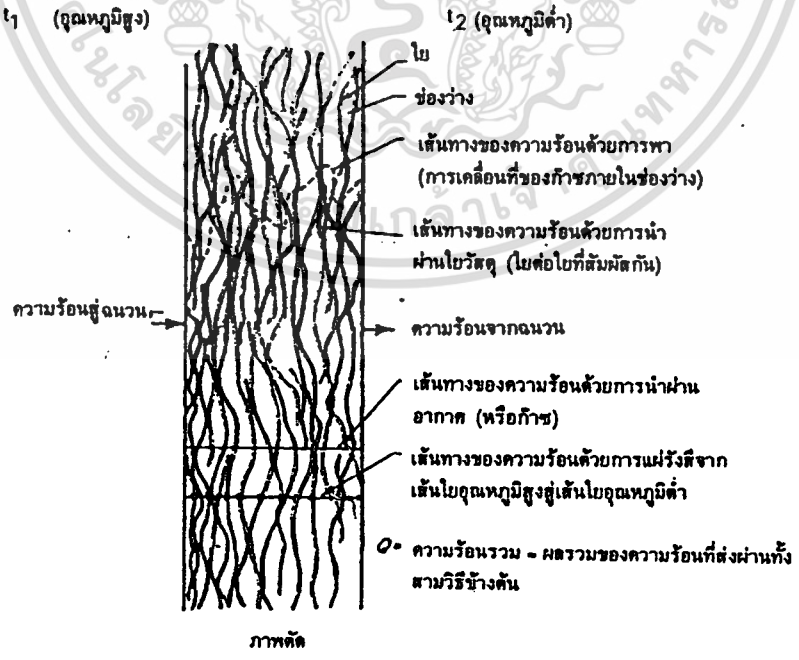
รูปที่ 2.8 แสดงการสะท้อน การดูดกลืน และการทะลุผ่านของรังสีที่ตกกระทบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5 **การถ่ายเทความร้อนภายในฉนวนความร้อน**

ในการติดตั้งฉนวนความร้อน คือต้องการเก็บรักษาพลังงานไม่ให้มีการถ่ายเทออกไป หรือเข้ามาภายในบริเวณที่ต้องการ นั่นคือฉนวนความร้อนต้องยับยั้งหรือขัดขวางการถ่ายเทความร้อนให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด การถ่ายเทความร้อนสามารถเกิดขึ้นทั้งสามรูปแบบ โดยปกติมักจะพิจารณาว่าฉนวนโดยส่วนใหญ่มีลักษณะรูปร่างเป็นของแข็ง และคาดว่าฉนวนจะถ่ายเทความร้อนด้วยการนำความร้อน ดังนั้นจึงมีการกำหนดคุณสมบัติของฉนวนด้วยสภาพนำความร้อน (ตระการ ก้าวกสิกรรม. 2537 :25)

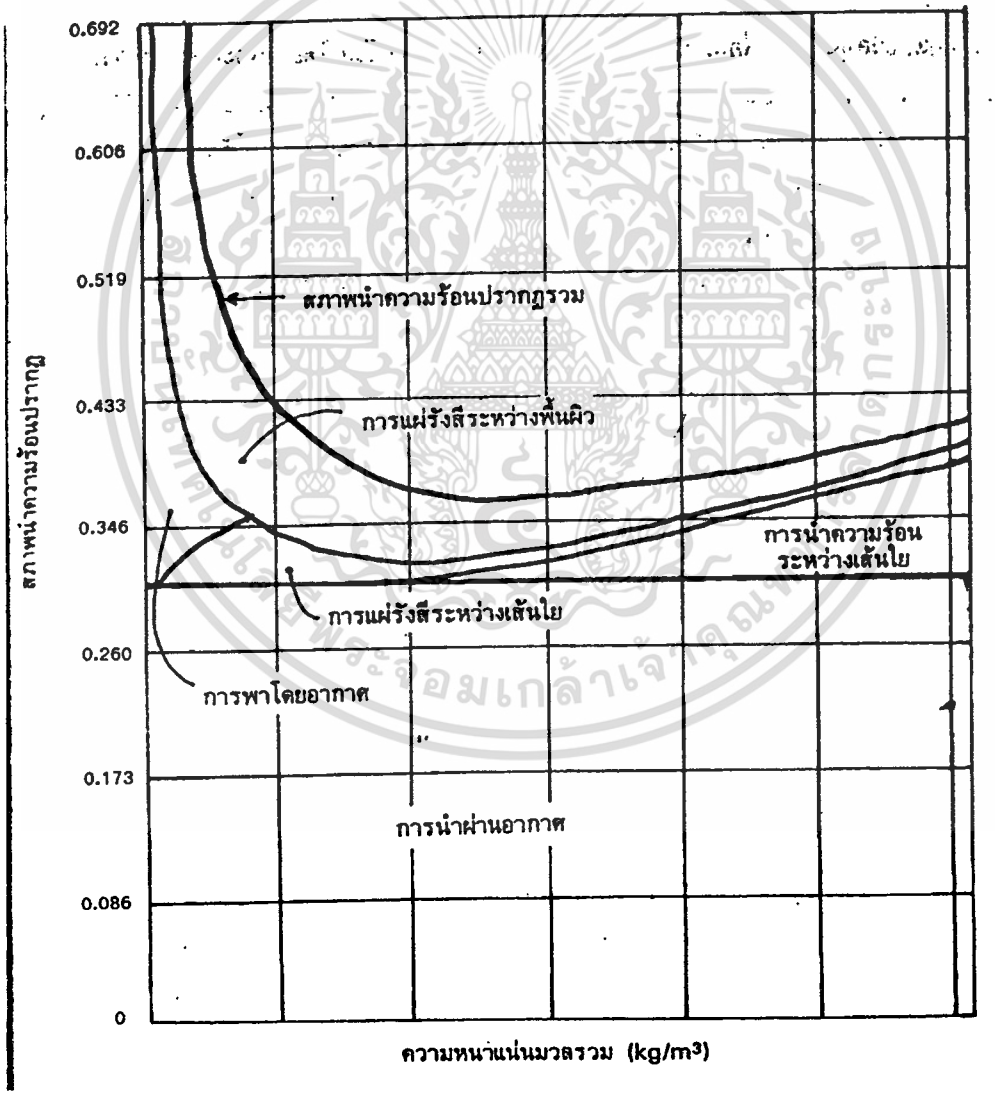
หากพิจารณาพื้นผิวที่มีอุณหภูมิสูงกว่าสภาพแวดล้อมอันหนึ่ง ถูกนำมาวางไว้กลางแจ้ง การสูญเสียพลังงานจะเป็นทั้งสามรูปแบบของการถ่ายเทความร้อน แต่ถ้านำแผ่นกั้นชนิดหนึ่งมาวางใกล้ๆ กับพื้นผิวที่ร้อน เราสามารถลดการสูญเสียความร้อนลง อากาศที่มีปริมาตรเพียงเล็กน้อย การพาความร้อนจะถูกจำกัดลง หากเราว่างแผ่นกั้นจำนวนมากขึ้น ใกล้กับพื้นผิวร้อน แผ่นกั้นเหล่านี้จะทำให้เกิดเป็นช่องเล็กๆ ขึ้น ซึ่งจะทำให้ทั้งการนำพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อนถูกขัดขวาง ฉะนั้นหากจัดกระจายแผ่นกั้นอย่างเหมาะสม การสูญเสียความร้อนจากพื้นผิวจะลดลงถึงจุดซึ่งมีผลเกือบจะเท่ากับการนำความร้อนสุทธิผ่านช่องอากาศนิ่งอย่างสมบูรณ์ (อากาศเป็นตัวนำที่เลว หรือเป็นฉนวนที่ดี) ซึ่งทำให้การถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นมีค่าน้อยลงกว่าเดิมมาก และจากสภาพการนิ่งของอากาศทำให้การพาความร้อนไม่เกิดขึ้นด้วย



รูปที่ 2.9 แสดงการไหลของความร้อนผ่านมวลของฉนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณากลไกการถ่ายเทความร้อนภายในฉนวนตามรูป 2.9 จากรูปผิวทางด้านซ้ายมือของฉนวนมีอุณหภูมิต่ำกว่าผิวทางด้านขวามือ ฉะนั้นการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นจะมีความร้อนไหลจากผิวทางขวามือไปทางซ้าย ซึ่งความไหลผ่านฉนวนที่บรรจุเต็มไปด้วยช่องอากาศหรือก๊าซจากการฟอร์มตัวขึ้นตามสภาพเส้นใย หรือเซลล์ของวัสดุฉนวนจะการไหลช้าลง โดยช่องอากาศหรือก๊าซเหล่านี้หาก มีขนาดที่เล็กอย่างพอเหมาะจะทำให้การถ่ายเทความร้อนด้วยการพาจากด้านหนึ่งของเซลล์สู่อีกด้านหนึ่งมีปริมาณน้อยลง และทำให้เส้นทางการถ่ายเทความร้อนด้วยการนำผ่านที่เป็นของแข็งต้องเป็นเส้นทางที่ยาวและคดเคี้ยวเพื่อจำกัดการนำความร้อน และวัสดุส่วนที่เป็นของแข็งควรต้องแน่นทึบอย่างเพียงพอด้วย (หรือมีผิวสะท้อนรังสี) เพื่อลดการถ่ายเทความร้อนจากการแผ่รังสี



รูปที่ 2.10 แสดงผลกระทบของความหนาแน่นต่อสภาพนำความร้อนปรากฏของฉนวนน้ำหนักเบา (อุณหภูมิด้านร้อน 38° C ด้านเย็น 10°C เป็นฉนวนใยแก้วหนา 2.54 ซม.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างของการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุฉนวนที่เป็นเส้นใย มีความหนา 25.4 ม.ม. แสดงให้เห็นถึงผลของสภาพนำความร้อนปรากฏที่เปลี่ยนแปลงตามความหนาแน่นของฉนวน จะเห็นว่าในสภาพที่ฉนวนหุ้ม(ที่จุดศูนย์) สภาพนำความร้อนปรากฏรวม ตามแนวแกนตั้งจะมีค่ามาก และเมื่อหุ้มฉนวนที่มีความหนาน้อยๆ สภาพนำความร้อนปรากฏรวมก็ยังคงมีค่ามากอยู่ จนกระทั่งถึงจุดที่ความหนาแน่นค่าหนึ่งประมาน0.7สภาพนำความร้อนปรากฏรวมจะเริ่มลดลง

สาเหตุหลักที่สภาพนำความร้อนปรากฏลดลงก็เนื่องจากการพาความร้อนของอากาศภายในฉนวนลดลงจากการขัดกันเข้ามาของเส้นใยหรือเซลล์ของฉนวน ถึงแม้ว่าจะมีบางส่วนถูกแทนที่ด้วยอากาศการแผ่รังสีความร้อนระหว่างเส้นใยแต่ละเส้นภายในตัวฉนวนเอง

เมื่อความหนาแน่นของฉนวนยังคงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ การแผ่รังสีระหว่างเส้นใยสู่เส้นใย และการแผ่รังสีระหว่างผิวสู่ผิวลดลง จึงทำให้สภาพนำความร้อนปรากฏลดลงด้วย จนกระทั่งเมื่อเส้นใยของฉนวนต่อเชื่อมกัน การนำความร้อนภายในฉนวนเริ่มปรากฏ และเมื่อถึงจุดที่การแผ่รังสีที่ลดลงมีค่าน้อยกว่าการนำความร้อนที่เพิ่มขึ้น จากผลของเส้นใยที่ขัดกันมากขึ้น สภาพนำความร้อน ลักษณะการถ่ายเทความร้อนดังกล่าวนี้เป็นลักษณะที่เกิดขึ้นกับวัสดุฉนวนโดยมาก ที่เรียกว่าฉนวนแบบมวล (Mass insulation) ซึ่งฉนวนที่ดีควรเป็นฉนวนที่มีสภาพนำความร้อนปรากฏรวมมีค่าน้อยที่สุด

2.4 ระบบฉนวนอุปกรณ์เชิงกล

ระบบฉนวนทางอุตสาหกรรม คือ การเลือกใช้ฉนวนจะยึดหลักพื้นฐานที่อุณหภูมิการใช้งานฉนวนที่เหมาะสมกับงานที่ใช้หุ้มหรือบุในแต่ละลักษณะงาน เนื่องจากความสามารถในการใช้งานฉนวนแต่ละชนิดมีข้อจำกัดโดยทั่วไปที่อุณหภูมิสูงสุดหรือต่ำสุดตามสภาพของฉนวน ซึ่งหากใช้งานเกินข้อจำกัดของอุณหภูมิ โครงสร้างฉนวนจะไม่มีเสถียรภาพ เป็นฉนวนอีกต่อไป ทั่วไปสเกลช่วงอุณหภูมิที่ใช้ในการแบ่งเพื่อช่วยในการบ่งชี้ชนิดของฉนวนที่เหมาะกับการใช้งานพอจะแบ่งได้ดังนี้

1) ช่วงอุณหภูมิต่ำมาก หรือโครโอเจนนิค (Cryogenic)-270^{o}C ถึง –100 ^{o}C
2) ช่วงอุณหภูมิ : -100 ^{o}C ถึง 100 ^{o}C
3) ช่วงอุณหภูมิ : 100 ^{o}C ถึง 500 ^{o}C
4) ช่วงอุณหภูมิ : มากกว่า 500 ^{o}C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และช่วงอุณหภูมิที่แบ่งดังกล่าว พอจะจัดลักษณะฉนวนที่ใช้ตามช่วงอุณหภูมิได้ดังนี้

ช่วงอุณหภูมิต่ำมาก และอุณหภูมิต่ำ ประเภทของฉนวนที่ใช้คือ

แบบถ่ายอากาศออก (Evacuate) ได้แก่ ใช้แผ่นบางหลายชั้น (Multifoil) ใช้ผนังทึบบรรจุ เป็นต้น

แบบมวล ได้แก่ โฟมแก้ว โฟมสารอินทรีย์ ใยแก้ว ลูสฟิลล์ ไม้สน

ช่วงอุณหภูมิกลาง ฉนวนที่ใช้คือ สารพวกอนินทรีย์ทั้งหมด ได้แก่ เพอร์ไลต์ แคลเซียม ซิลิเกต โฟมแก้ว ใยแร่ ฉนวนผิวสะท้อนรังสี ลูสฟิลล์ ฉนวนอิฐทนไฟ

ช่วงอุณหภูมิสูง ฉนวนที่ใช้คือ สารพวกอนินทรีย์ทั้งหมด คาร์บอน หรือโลหะ ได้แก่ ลูสฟิลล์ ฉนวนผิวสะท้อนรังสี ฉนวนอิฐทนไฟ โฟมเซรามิค ใยเซรามิคไฟเบอร์ ไพโรไลติกคาร์บอน คาร์บอนไฟเบอร์

2.5 การอบแห้งแบบรังสีอินฟราเรด

การอบแห้งแบบรังสีอินฟราเรด (Infrared Drying Furnace) เตาอบแห้งชนิดนี้เป็นวิธีการให้ความร้อนโดยอาศัยการดูดกลืนพลังงานในรังสีอินฟราเรดของวัสดุ เตาอบแห้งชนิดนี้ถ้าเลือกใช้อย่างเหมาะสมจะมีผลต่อการประหยัดพลังงาน (MOTOKI MATSUO . 2544 : 153)

การส่งถ่ายพลังงานความร้อน (heat transfer) เข้าสู่วัตถุนั้น ทำได้ 3 แบบ คือ ใช้การนำความร้อน (conduction) การพาความร้อน (convention) และการแผ่รังสีความร้อน (radiation) วิธีการที่ใช้อบแบบเป่าลมร้อนที่ใช้กันมานั้นเป็นการใช้การนำและการพาความร้อนในการส่งพลังงานให้วัตถุ ซึ่งความเร็วในการนำความร้อนนั้นจะมีขีดจำกัด ไม่สามารถย่นระยะเวลาในการอบแห้งลงอย่างมากๆ ได้

การใช้การแผ่รังสีความร้อนสามารถส่งผ่านความร้อนได้อย่างรวดเร็วจึงได้ถูกนำมาใช้ในการอบแห้ง รังสีต่างๆ ที่ใช้อยู่นั้นก็มีรังสีอัลตราไวโอเลต ซึ่งมีความยาวคลื่นสั้นและมีพลังงานสูง รังสีนี้จะสามารถก่อให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมี คือ การรวมและการแยกตัวของโมเลกุลได้

รังสีอีกชนิดคือ รังสีความร้อนหรือรังสีอินฟราเรดถูกนำมาใช้ในการอบแห้งในอุตสาหกรรม โดยรังสีอินฟาเรดนั้นโดยปรกติจะมีอยู่ใน แสงแดดธรรมชาติ ดังนั้นการนำมาใช้งานจึงไม่ก่อการเป็นอันตรายจากคลื่นรังสี

Spectrochemical analysis ที่ใช้รังสีอินฟราเรดนั้นก็อาศัยปรากฏการณ์ดังกล่าวนี้ในการวิเคราะห์ส่วนประกอบของสาร โดยอาศัยหลักการที่ว่าสารที่มีการจับตัวทางเคมีที่เหมือนกันจะมีรูปแบบ (pattern) เหมือนกัน เมื่อส่องรังสีอินฟราเรดไปที่ชั้นวัตถุ รังสีที่มีความยาวคลื่นตรงกับ radical ในวัตถุจะถูกดูดกลืนเข้าไปแล้วทำให้เกิดการสั่นสะเทือนของโมเลกุลซึ่งจะทำให้เกิดเป็น

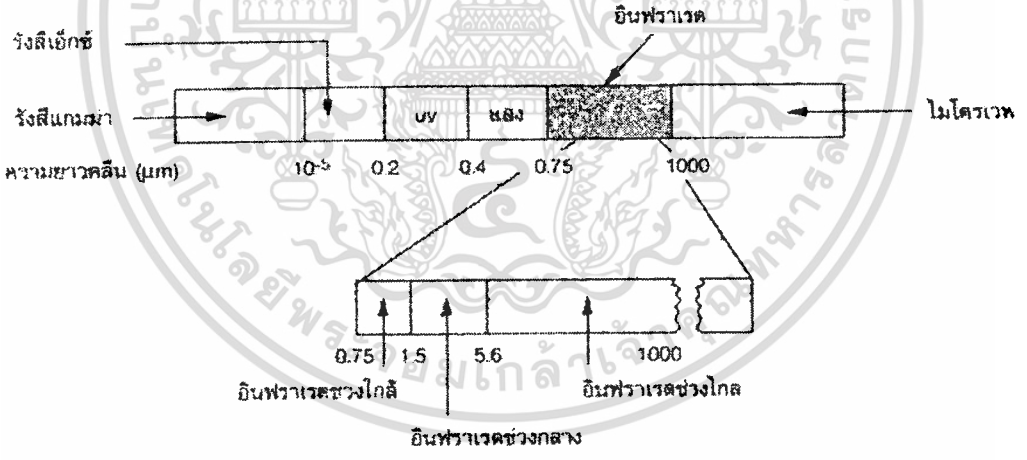
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความร้อนขึ้นมา จากที่กล่าวมานี้ก็เป็นการแสดงให้เห็นว่าแสงอินฟราเรดย่านไกลนั้นสามารถจะถ่ายความร้อนไปยังวัตถุได้อย่างรวดเร็ว

2.5.1 การแบ่งช่วงของรังสีอินฟราเรด

เมื่อแยกรังสีของดวงอาทิตย์หรือรังสีที่แผ่ออกจากวัตถุที่มีอุณหภูมิออกเป็นสเปคตรัม สเปคตรัมส่วนที่อยู่ถัดออกไปจากแสงสีแดงและมีพลังงานความร้อนอยู่มากคือรังสีอินฟราเรด โดยรังสีอินฟราเรดจะมีความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 0.75 μm ถึง 1,000 μm คือยาวกว่าแสงที่ตาคนเราเห็นได้แต่สั้นกว่าไมโครเวฟความยาวคลื่นที่ยาวกว่า 1 μm จะถูกดูดกลืนด้วยวัตถุและทำให้เกิดความร้อนจึงเรียกว่า รังสีความร้อน

รังสีอินฟราเรดนั้นเมื่อแบ่งช่วงตามความสามารถของเครื่องวัดอย่างกว้างๆ จะได้เป็นความยาวคลื่นระหว่าง 0.75- 4 μm เรียกว่าอินฟราเรดช่วงใกล้ (near infrared) และความยาวคลื่นระหว่าง 4-1000 μm เรียกว่า อินฟราเรดช่วงไกล (far infrared) นอกจากนี้ถ้าแบ่งตามช่วงความยาวคลื่นอาจจะแบ่งเป็นอินฟราเรดช่วงใกล้ อินฟราเรดช่วงกลาง (medium infrared) และอินฟราเรดช่วงไกล ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 แสดงตำแหน่งของรังสีอินฟราเรดในสเปคตรัม

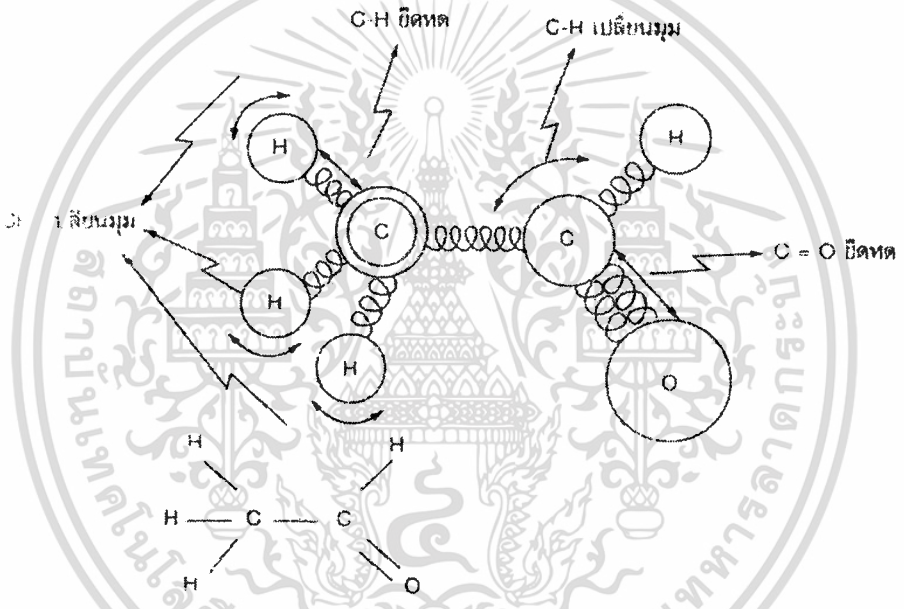
รังสีอินฟราเรดก็เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เพราะฉะนั้นจะเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงและมีการสะท้อนเหมือนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านอกจากนั้นยังเป็นการให้ความร้อนโดยตรงแก่วัตถุ (radiation) โดยไม่ต้องผ่านตัวกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 **การสั่นของโมเลกุลและการดูดกลืนรังสีอินฟราเรด**

ในสารโดยทั่วไป โมเลกุลของสารประกอบด้วยอะตอมของธาตุต่างๆที่ยึดกันอยู่ทางเคมี และมีโครงสร้างเหมือนกับลูกกลมยึดกันด้วยสปริง ดังแสดงในรูปที่ 2.7 ซึ่งจะมีการเคลื่อนที่แบบยืดหดและเปลี่ยนมุม

สิ่งที่สำคัญก็คือ คาบของการสั่นนั้นไม่ได้ขึ้นกับชนิดของการยึดตัวกัน เช่น C = O,C – H เพียงอย่างเดียว เพราะจะมีผลจากโครงสร้างของโมเลกุลทั้งหมดด้วย เมื่อผ่านรังสีอินฟราเรด ความถี่หนึ่งเข้าไปในโครงสร้างของโมเลกุลดังกล่าวนี้ ถ้าความถี่นี้ไปตรงกับความถี่ของการยืดหดของสปริง สปริงก็จะรับเอาพลังงานนี้ไปและทำให้การแกว่งรุนแรงนี้ แต่ถ้าไม่มีสปริงที่แกว่งตรงกับความถี่ของรังสีอินฟราเรดอยู่รังสีนั้นจะไม่ถูกดูดกลืนและจะสามารถผ่านสารนั้นออกไปได้



รูปที่ 2.12 แสดงการสั่นของ Acetaldehyde (CH_3CHO)

แหล่งกำเนิดรังสีอินฟราเรดที่ใช้กันมากคือ พวกหลอดอินฟราเรดและหลอดควอทซ์ ซึ่งให้รังสีอินฟราเรดความยาวคลื่นต่ำกว่า 2 μลงมาและมีพลังงาน 10-50 kcal/mol ถ้าเป็นอินฟราเรดช่วงไกลจะมีพลังงานอยู่ในช่วง 1-10 kcal/mol ซึ่งถ้าเปรียบเทียบกันตามขนาดของพลังงานแล้วก็ดูเหมือนรังสีอินฟราเรดช่วงใกล้จะได้เปรียบกว่า แต่ปัญหาอยู่ที่การดูดกลืนรังสี สเปคตรัมที่มีการสั่นของสารอินทรีย์ชนิดต่างๆ ซึ่งการดูดกลืนจะอยู่ในช่วงความยาวคลื่น 3-100 μ เหมาะสำหรับวัตถุที่มีโมเลกุลหนาแน่นเช่นน้ำซึ่งดูดกลืนรังสีได้ดี ความยาวคลื่นในอินฟราเรดช่วงใกล้เกือบจะไม่มีเลย เพราะฉะนั้นประสิทธิภาพในการใช้อินฟราเรดช่วงใกล้ในสารอินทรีย์จึงต่ำ

อุณหภูมิของน้ำโดยทั่วไป จะอยู่ในช่วง 250-320 ^{o}Kและจะแผ่รังสีในช่วง 4- 40 μ โดยค่าสูงสุดเกิดที่ 10 μ (พงษ์เจต พรหมวงศ์. 2542 : 290)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

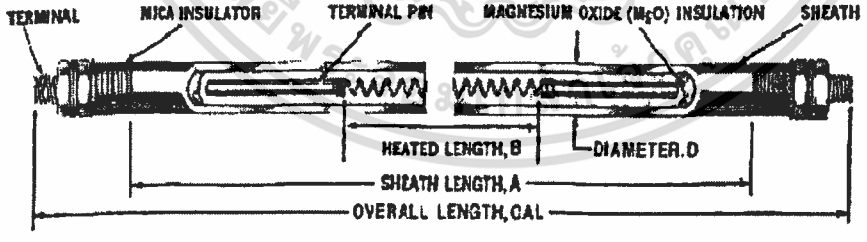
2.5.3 **การดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของสี**

ในการอบแห้งและทำให้สีแข็งตัวนั้น ถ้ามองทางด้านปฏิกิริยาเคมีจะมี 2 แบบ คือ แบบที่ใช้ความร้อนทำให้ตัวทำละลายระเหยออกไป กับแบบที่ใช้แสงในการทำให้เกิดโปลิเมอไรเซชั่น (polymerization) สำหรับการอบแห้งที่ใช้รังสีอินฟราเรดนั้นเป็นแบบใช้ความร้อน เมื่อฉายรังสีอินฟราเรดไปยังชั้นของสี โมเลกุลในสีก็จะดูดกลืนรังสีอินฟราเรดความถี่ต่างๆ ตามการสั่นของโมเลกุลและทำให้เกิดความร้อนขึ้น

ในกรณีที่ให้ความร้อนแบบใช้การนำและการพาความร้อนนั้น เมื่อพิจารณาจากความจุความร้อนของตัววัตถุที่เคลือบสีและส่วนที่เป็นชั้นของสี อุณหภูมิของชั้นสีจะเพิ่มขึ้นได้อย่างมากเท่ากับความเร็วในการเพิ่มอุณหภูมิของตัววัตถุ แต่ถ้าเป็นการให้ความร้อนแบบใช้รังสีอินฟราเรดจะเป็นการให้ความร้อนเข้าไปถึงภายในของชั้นของสีอย่างสม่ำเสมอในช่วงเวลาอันสั้น นอกจากนั้นความยาวคลื่น ที่ยาวอย่างรังสีอินฟราเรดช่วงไกลนั้น นอกจากจะถูกดูดกลืนโดยตัวทำละลายของสีแล้ว ยังถูกดูดกลืนโดยสารที่ทำให้เกิดสีซึ่งเป็นสารอนินทรีย์ด้วยเพราะฉะนั้นประสิทธิภาพในการดูดกลืนจึงสูงกว่ารังสีอินฟราเรดช่วงใกล้ซึ่งมีความยาวคลื่นสั้นเป็นอย่างมาก

2.5.4 **ลักษณะพิเศษของฮีตเตอร์อินฟราเรดช่วงไกล**

ฮีตเตอร์อินฟราเรดช่วงไกล (far infrared heater) ใช้ออกไซด์ของ rare metal เคลือบบนผิวโลหะชนิดพิเศษซึ่งใช้เป็นตัวกำหนดความร้อน เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้า ความร้อนที่ออกจากตัวกำเนิดความร้อนจะถูกออกไซด์ดังกล่าวซึ่งทำหน้าที่เป็นคอนเวอร์เตอร์ เปลี่ยนให้เป็นพลังงานของรังสีอินฟราเรดช่วงไกล ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 แสดงโครงสร้างภายใน ของฮีตเตอร์อินฟาเรด

ลักษณะพิเศษของฮีตเตอร์อินฟราเรดช่วงไกล มีดังนี้

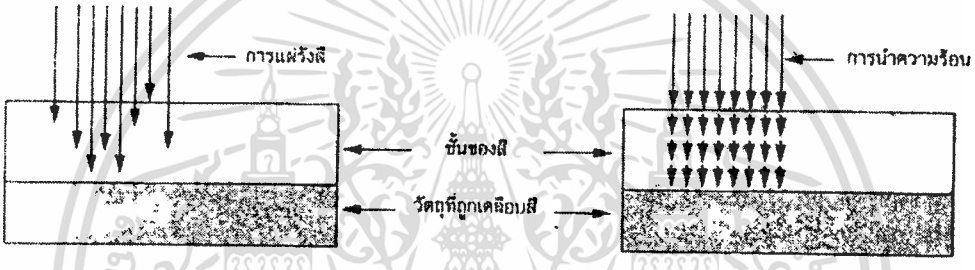
1) สามารถย่นเวลาในการทำ heat treatment ลงอย่างมาก เช่น สีจำพวก melamine ซึ่งเดิมต้องใช้เวลา 30 นาทีในการอบแห้ง เมื่อใช้รังสีอินฟราเรดช่วงไกลจะใช้เวลาเพียง 5-7 นาที และความแข็งความเงา และการจับแน่นของสีก็ดีกว่าของวิธีเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) อุปกรณ์ (ตัวเตา โรงเรือนและพื้นที่) มีขนาดเล็ก เช่น ถ้าเดิมใช้เตายาว 40 เมตร เมื่อใช้ far-infrared heater อาจจะใช้เตายาว 4-10 เมตร

3) จะประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 30-50 % เวลาที่ใช้จะเหลือเพียง 1/10 กล่าวคือ เมื่อพิจารณาถึงเรื่องการซ่อมบำรุงด้วย ค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องจะถูกกว่าเตาแบบเป่าลมร้อน

4) คุณภาพของการอบแห้งดี การใช้รังสีอินฟราเรดช่วงไกลที่มีความยาวคลื่นมากกว่า 50 μm ทำให้สามารถให้ความร้อนแก่ชั้นวัตถุจนถึงส่วนที่อยู่ภายในได้โดยสม่ำเสมอ จึงไม่จำเป็นต้องให้ความร้อนที่ผิวสูงเป็นพิเศษ ซึ่งมีผลทำให้คุณภาพของการอบแห้งดี



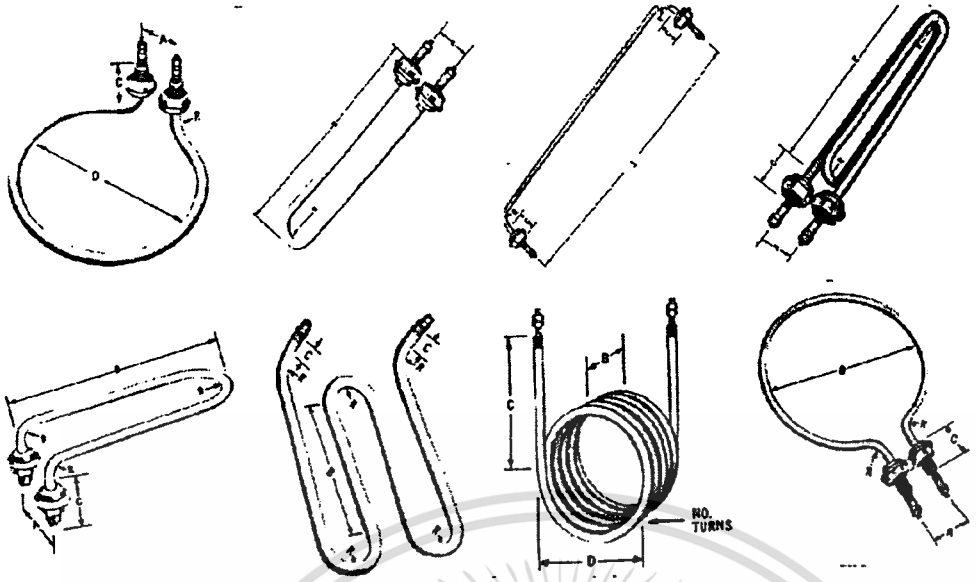
รูปที่ 2.14 แสดงความสามารถในการส่งผ่านพลังงานเข้าสู่เนื้อในของสารเมื่อเปรียบเทียบระหว่างรังสีอินฟราเรดช่วงไกลและช่วงใกล้

5) อายุใช้งานยาว โลหะที่ให้กำเนิดความร้อนในฮีตเตอร์อินฟราเรดช่วงไกล เนื่องถูกซิล (sealed) ไว้อย่างดีและไม่ต้องสัมผัสกับอากาศภายนอก เพราะฉะนั้นจึงไม่ต้องกังวลว่าจะเก่าหรือเสื่อมคุณภาพได้ง่ายนอกจากนั้นถึงแม้ใช้ในบริเวณที่มีหยดน้ำหรือมีการสั่นสะเทือนสูงก็ไม่ต้องกลัวว่าจะแตกร้าว จึงมีอายุใช้งานได้หลายๆ ปีขึ้นไป

6) การควบคุมอุณหภูมิทำได้ง่าย การวัดอุณหภูมิมีความเที่ยงตรงสูงและสามารถเลือกวิธีควบคุมได้ง่ายตามความจำเป็น

7) มีให้เลือกใช้หลายแบบฮีตเตอร์อินฟราเรดช่วงไกลมีรูปร่างหลายแบบตามรูปร่างของโลหะให้กำเนิดความร้อน เช่น มีรูปเป็นแผ่น เป็นแท่ง เป็นหลอด หรือเป็น socket เป็นต้น จึงสามารถเลือกใช้ตามความต้องการได้ ดังรูปที่ 2.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 แสดงรูปร่างต่างๆของฮีตเตอร์อินฟาเรด

8) มีความปลอดภัยเนื่องจากเป็นฮีตเตอร์ที่ใช้ไฟฟ้า เพราะฉะนั้นไม่มีปัญหาทางด้านก๊าซเสียหรือก๊าซพิษเหมือนอย่างเตาที่ใช้ก๊าซนอกจากนั้น การเดินเครื่องก็ทำได้ง่าย สามารถใช้ระบบอัตโนมัติในการควบคุมได้ง่าย และเนื่องจากไม่มีเปลวไฟจึงมีความปลอดภัยสูง และทำให้สภาพแวดล้อมดี

2.5.5 **ลักษณะสมบัติของรังสีอินฟราเรดช่วงไกล**

1) การดูดกลืน (absorption) โดยทั่วไปสารจำพวกโพลิเมอร์ เช่น เรซิ่นชนิดต่างๆ สีทา หมึกพิมพ์ อาหาร และน้ำมัน ดูดกลืนรังสีอินฟราเรดได้ดีในช่วง 4-50 μ ซึ่งตรงกับช่วงที่ฮีตเตอร์อินฟราเรดช่วงไกลให้รังสีออกมาจึงใช้ได้ผลเป็นอย่างมาก

2) การสะท้อน (reflection) รังสีอินฟราเรดเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง เพราะฉะนั้นจะสามารถอาศัยหลักการสะท้อนของแสงมารวมรังสีเข้าสู่วัตถุที่ต้องการได้ง่าย โดยถ้าออกแบบแผ่นสะท้อนให้เป็นแบบพาราโบล่า รังสีที่สะท้อนออกไปก็จะเป็นลำแสงขนาน สำหรับประสิทธิภาพในการสะท้อนรังสีอินฟราเรดนั้น แผ่นอะลูมิเนียมจะมีคุณสมบัติดีกว่า แผ่นสเตนเลส (stainless) จะสู้แผ่นอะลูมิเนียมไม่ได้ แต่ถ้ามีก๊าซจำพวกที่จะทำให้เกิดออกไซด์ได้ก็ควรใช้แผ่นสเตนเลส แผ่นสะท้อนแบบแผ่นเรียบ (flat plate reflector) กับแบบรางพาราโบลิกนั้น ประสิทธิภาพของการสะท้อนไม่ตกต่ำลง ควรจะทำความสะอาดแผ่นสะท้อนเป็นประจำ

3) การเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง การใช้รังสีอินฟราเรดช่วงไกลเป็นการใช้ความร้อนที่ได้จากการแผ่รังสี เพราะฉะนั้นจะไม่เกี่ยวข้องกับอากาศที่อยู่ระหว่างกลาง โดยรังสีจะเคลื่อนตรงไปกระทบวัตถุแล้วทำให้เกิดความร้อนขึ้นในวัตถุนั้น เพราะฉะนั้น เตาที่ใช้จึงไม่จำเป็นต้องปิดอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มิดชิด แล้วยังไม่ทำให้อากาศรอบๆ ร้อนตามไปด้วย ซึ่งนับว่าเป็นข้อดีของวิธีนี้ แต่ในทางตรงกันข้าม ผิววัตถุส่วนที่ไม่ถูกฉายแสงก็จะไม่ร้อน เพราะฉะนั้นถ้าเป็นวัตถุแบบ 3 มิติ ก็จำเป็นจะต้องออกแบบการวางตำแหน่งฮีตเตอร์ให้เหมาะสมเพื่อให้สามารถให้ความร้อนอย่างทั่วถึง

4) ระยะห่างของการฉายรังสี อุณหภูมิของการให้ความร้อนจะแปรผกผันกับระยะห่างของฉายแสง ฉะนั้นถ้าระยะห่าง d สั้นประสิทธิภาพในการฉายรังสีจะสูง แต่ก็มีผลเสียทางด้านความไม่สม่ำเสมอของความเข้มของรังสี เพราะฉะนั้นโดยทั่วไปจะใช้ค่า 400>d>150 mm นี้เป็นค่ามาตรฐานในกรณีวัตถุเป็นแผ่นราบและถูกส่งผ่านไปตามสายพานลำเลียงก็ไม่ต้องคำนึงถึงความไม่สม่ำเสมอของความเข้ม เพราะฉะนั้นอาจจะลดระยะห่าง d ลงเหลือประมาณ 50 mm และเพิ่มความเร็วของสายพานลำเลียง ก็จะเป็นการใช้งานที่มีประสิทธิภาพสูง อนึ่งระยะห่างระหว่างฮีตเตอร์โดยที่ไปจะอยู่ระหว่าง 125-150 mm

2.6 การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลย่อย

เครื่องจักรกล เป็นส่วนประกอบของชิ้นส่วนต่างๆประกอบเข้าด้วยกัน เคลื่อนที่สัมพันธ์กันและส่งแรงจากแหล่งกำลังเพื่อเอาชนะความต้านทานต่างๆ ของเครื่องจักรกลและใช้ทำงานได้ ชิ้นส่วนเครื่องจักรกลทั่วไปจะเป็นชิ้นส่วนเกร็ง (rigid) ข้อต่อที่ต้องใช้ จะต้องเลือกและจัดให้ทำงานสัมพันธ์กัน โดยอาจเปลี่ยนพลังงานรูปอื่นให้อยู่ ในรูปของพลังงานกลหรืออาจรับพลังงานกลจากแหล่งภายนอก ส่งเข้ามา และเปลี่ยนแปลงให้ทำงานได้ในลักษณะที่ต้องการ

การออกแบบเครื่องจักรกลที่เกี่ยวกับรูปร่างต้องคำนึงถึงหลักการเลือกใช้วัสดุสำหรับทำชิ้นส่วนตามความเหมาะสม กับการใช้เครื่องจักรกลในลักษณะที่ต่างกัน การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล จำเป็นจะต้องอาศัยความรู้ทางด้านกลศาสตร์วัสดุ พลศาสตร์ วัสดุศาสตร์ และอื่นๆ มาประกอบเข้าด้วยกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของชิ้นงานและการนำไปใช้งาน สิ่งสำคัญก่อนที่จะออกแบบชิ้นงานได้ก็คือ ความเข้าใจทางด้านพลศาสตร์และกลศาสตร์วัสดุ (วิริทธ์ อึ้งภาภรณ์ และชาญ ถนัดงาน. 2534 : 4-13)

ในการออกแบบโครงสร้าง และชิ้นส่วนเครื่องมือกลต่างๆ จะต้องพิจารณา 2 อย่างคือ

1) ชิ้นส่วนนั้นแข็งแรงพอที่จะรับแรงที่มากระทำได้หรือไม่

2) ชิ้นส่วนนั้นจะแข็งแรงพอที่จะไม่เปลี่ยนแปลงขนาดมากเกินไปหรือไม่

2.6.1 เครื่องจักรกลที่มีการหมุน

เครื่องจักรที่มีการเคลื่อนที่นั้น ส่วนประกอบหลักๆ ที่หมุนเคลื่อนที่จะมีจุดศูนย์กลางของการหมุนคงที่ส่วนมากเครื่องจักรจะมีส่วนประกอบหรือกลไกการหมุน เช่นพวกกลไกต่อโยง เฟืองที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นส่วนประกอบในการหมุน การหมุนของเครื่องจักรกลมีหลายแบบ ซึ่งสามารถจำแนกการหมุนออกเป็น 3กลุ่มคือ (อุนศักดิ์ ฉิ่นไพศาล. 2543 :10)

1) เครื่องจักรที่เป็นตัวขับ กลุ่มนี้รวมถึง เครื่องจักรทุกประเภทที่มีการขับเพื่อส่งกำลังไปยังชิ้นส่วนตัวอื่นๆ หรอส่งกำลังไปยังเครื่องจักรตัวอื่น ตัวอย่างเช่น มอเตอร์ไฟฟ้า เครื่องยนต์ ลักษณะทั่วไปในกลุ่มนี้จะเปลี่ยนพลังงานที่ป้อนเข้ามาให้เกิดพลังงานกลในรูปของการหมุน เพลาในอุปกรณ์และเครื่องจักรกลเหล่านั้น

2) เครื่องจักรกลที่มีการส่งกำลัง เครื่องจักรกลในกลุ่มนี้จะถ่ายทอดพลังงานกลจากตัวขับไปยังตัวตาม ตัวอย่างเช่น ชุดเฟืองส่งกำลัง, สายพาน , โซ่ ,คับปลิ้ง

3) เครื่องจักรกลที่เป็นตัวตาม เครื่องจักรกลเหล่านี้ไม่สามารถทำงานได้โดยลำพังจะต้องอาศัยเครื่องจักรกลที่มีการส่งกำลัง เพื่อถ่ายกำลังจากตัวขับ ตัวอย่างเช่น เครื่องอัดอากาศ ปั๊ม พัดลม พลังงานกลที่ป้อนเข้าจะอยู่ในรูปของแกนเพลาหมุน ขณะที่ผลออกมาจะเป็นการไหลหรือการเคลื่อนที่ที่ก่อให้เกิดงาน

2.6.2 **การส่งกำลังทางกล**

การส่งกำลังทางกล การส่งกำลังสามารถทำได้หลายวิธี เช่นการส่งกำลังในแนวแกน โดยที่เพลาของเครื่องต้นกำลัง และเพลาของเครื่องจักร อยู่ในแนวแกนเดียวกัน และหมุนไปในทิศทางเดียวกัน การส่งกำลังแบบอื่นๆ เช่น สายพาน ชุดเฟือง โซ่ ไม่จำเป็นที่ต้นกำลังจะต้องอยู่ในแนวแกนเดียวกัน คุณสมบัติ พิเศษ คือ สามารถปรับความเร็วของการหมุน และทิศทางของการหมุนได้ การส่งกำลังในแนวแกนทำได้หลายวิธี มีข้อดี และข้อเสียแตกต่างกันไป การนำเอาระบบส่งกำลังไปใช้จึงขึ้นอยู่กับลักษณะของเครื่องจักร และ การออกแบบ ตลอดจนสภาพการใช้งานของเครื่องจักรเป็นหลัก (วิริทธ์ อึ้งภากรณ์ และ ชาญ ถนัดงาน. 2535 : 251-282)

2.6.2.1 **การส่งกำลังโดยสายพาน**

การส่งกำลังโดยสายพาน เป็นการส่งกำลังแบบอ่อนตัวได้ (flexible) สามารถเปลี่ยนความเร็วรอบและแรงบิด และทิศทางการหมุน ข้อดีของการส่งกำลังด้วยสายพาน คือ มีราคาถูกและใช้งานง่าย รับแรงกระตุก และสั่นสะเทือนได้ดี ขณะใช้งานไม่มีเสียงดัง เหมาะสำหรับการส่งกำลังระหว่างเพลาที่อยู่ห่างกันมากๆ ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่ำ สายพานลิ่มใช้ส่งกำลังได้ค่อนข้างมาก โดยต้องการแรงดึงขั้นต้นในสายพานค่อนข้างต่ำทั้งนี้เพราะผลจากการยึดเกาะตัวระหว่างด้านข้างของสายพานที่เรียว การขับของสายพานลิ่ม มีข้อดีคือ เงียบ สะอาดและรับแรงกระตุกได้ดี นอกจากนี้ยังมีขนาดกะทัดรัด มีประสิทธิภาพ และแบริ่งของเพลาไม่ต้องรับแรงมากเกินไปจึงมักใช้กับการขับงานทางด้านอุตสาหกรรมทั่วไป ข้อเสียของสายพานเมื่อต้องการความเร็วรอบที่แน่นอน สายพานอาจเกิดการลื่นไถล ทำให้ไม่สามารถใช้งานกับเครื่องจักรที่ต้องการค่าความเร็วของการหมุนที่ละเอียดได้ และเปลืองเนื้อที่ในการติดตั้ง

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2.2 **การส่งกำลังโดยการใช้เฟือง**

เป็นการส่งกำลังที่สามารถ เปลี่ยนความเร็ว และแรงบิดได้ ระบบเฟืองอาจจะประกอบด้วยเฟือง 1 ชุด หรือหลายชุดก็ได้ แล้วแต่อัตราส่วนขึ้นอยู่กับการออกแบบ ข้อดีของการส่งกำลังด้วยเฟือง คือ ส่งกำลังได้เที่ยงตรงตามความเร็วรอบที่คำนวณได้ ส่งกำลังได้มาก และสามารถทำอัตราทดได้สูง ไม่เกิดการลื่นไถล อายุการใช้งานทนทาน ข้อเสียของชุดเฟือง มีราคาแพง การซ่อมบำรุงทำได้ยาก สิ้นเปลืองเนื้อที่ในการติดตั้ง

2.6.2.3 **การส่งกำลังโดยการใช้โซ่**

โซ่มีลักษณะ เหมือนเอาสายพานและเฟืองมารวมกัน สามารถกำหนดค่าความเที่ยงตรงเหมือนเฟืองเนื่องจากใช้วิธีการส่งกำลังจากจำนวนฟันเหมือนเฟือง สามารถอ่อนตัวได้เหมือนเฟือง ข้อเสียของโซ่คือ ใช้งานในสถานที่ ที่มีความสั่นสะเทือนมากไม่ได้ สิ้นเปลืองเนื้อที่ในการติดตั้ง การซ่อมบำรุงยุ่งยากพอสมควร

2.7 วัสดุรองรับเพลา

วัสดุรองรับเพลา มีบทบาทในการหมุนของเพลา หากเลือกใช้ผิดประเภท จะส่งผลให้แรงเสียดทานมีมาก และเป็นผลให้เกิดการสึกหรอ ระหว่างเพลาที่หมุน และวัสดุรองเพลาเป็นอย่างมากซึ่งทำให้เกิดความเสียหายใช้งานไม่ได้ในที่สุด ดังนั้นวัสดุรองรับเพลาจึงควรมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้ (มานพ ตันตระบัณฑิตย์ และ สำลี แสงห้าว. 2542 : 178)

1) รับภาระได้สูงและมีความเสียดทานน้อย
2) นำความร้อนได้ดีและมีการขยายตัวน้อย
3) ทำให้เพลาหมุนได้คล่อง
4) มีการสึกหรอต่ำ
5) เมื่อไม่มีสารหล่อลื่น สามารถรับภาระได้ระยะหนึ่ง

วัสดุรองรับเพลาที่นิยมใช้กันมากในงานอุตสาหกรรมทั่วๆไป จะนิยมใช้แบริ่ง

2.7.1 **โรลลิ่งแบริ่ง** (Rolling Bearing)

โดยทั่วไปจะประกอบด้วย แหวนตลับลูกปืน (แหวนใน , แหวนนอก) ส่วนประกอบของลูกกลิ้ง อาจเป็นเม็ดกลม (balls) หรือเม็ดยาว (Rolling) อาศัยการรับแรงที่มีลักษณะผิวสัมผัสแบบกลิ้ง แทนที่จะเป็นผิวสัมผัสแบบเลื่อน เนื่องจากแบริ่งมีค่าความเสียดทานน้อย จึงนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย สมาคมผู้ผลิต โรลลิ่งแบริ่ง (ANTi-Friction Bearing Manufactures Assosiation) ได้มีการวางมาตรฐานและหลักเกณฑ์ในการเลือกใช้แบริ่งเหล่านี้จากมาตรฐานนี้ ผู้ออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลสามารถเลือกแบริ่งจากผู้ผลิตหนึ่ง และทำการเปลี่ยนโดยการเลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากอีกผู้ผลิตหนึ่งได้โดยที่แบริ่งยังคงมีขนาดเท่ากัน (วิริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และคณะ. 2535 : 144-145)

ข้อดีของโรลลิ่งแบริ่ง

1) มีความเสียดทานขณะสตาร์ตน้อย

2) ง่ายต่อการหล่อลื่น และบำรุงรักษา

3) ใช้ปริมาณสารหล่อลื่นน้อย

4) ใช้เนื้อที่ทางด้านแกน (axial space) น้อย

5) สามารถรับแรงรุน (Thrust Load) และแรงในแนวรัศมี (Radial-Load) ได้พร้อมกัน ยกเว้นโรลลิ่งแบริ่งแบบทรงกระบอกตรง (Straight Roller Bearing)

6) สามารถใช้รองรับเพลาในตำแหน่งใดๆได้

7) ทำการติดตั้งได้ง่าย

2.7.2 **แบริ่งยูนิต** (Bearing Unit)

เป็นการผสมกันระหว่าง โรลลิ่งแบริ่ง และจะมีปลอกด้านนอกซึ่งทำจากเหล็กหล่อคุณภาพสูง สำหรับแหวนนอกของ แบริ่งจะมีทรงโค้งทำให้สามารถปรับ มุมเอียงได้

ข้อดีของ Bearing Unit

1) ซ่อมบำรุงได้ง่าย เนื่องจากมีหัวอัดจาระบี สำหรับสารหล่อลื่น

2) มีระบบกันฝุ่นสำหรับป้องกันไม่ให้ฝุ่นเข้าไปด้านในและสารหล่อลื่นกระเด็นออกด้านนอกขณะใช้งาน

3) สามารถปรับแนวของการวางเพลาได้ในตัวของแบริ่งเอง ถึง $\pm$ 2°

4) รับแรงในแนวแกนและในแนวรัศมีได้ดี

5) ตัวปลอกด้านนอกมีน้ำหนักเบาแต่แข็งแรง

6) ติดตั้งได้ง่าย และไม่ต้องใช้ความละเอียดในการทำงานมาก

2.8 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ

การตรวจวัดและควบคุมอุณหภูมิเป็นตัวแปรที่สำคัญมากในงานอุตสาหกรรมโดยจะใช้ทรานสดิวเซอร์ (Transducer) เป็นเซ็นเซอร์ (Sensor) เพื่อรับพลังงานความร้อนแล้วเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้า ป้อนให้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ทำการขยายสัญญาณและนำไปประมวลผลแสดงค่าที่วัดได้หรือเพื่อการควบคุมอัตโนมัติ (Automatic Controlling) (ศักรินทร์ โสนันทะ. 2545 : 227)

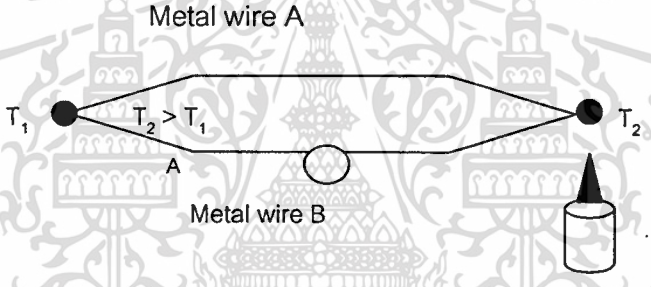
หน่วยวัดอุณหภูมิที่ใช้ในปัจจุบันที่สำคัญคือ องศาเซลเซียส (Celsius Degree :°C) องศาฟาห์เรนไฮต์ (Fahrenheit Degree : °F) และองศาเคลวิน (Kelvin : °K)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

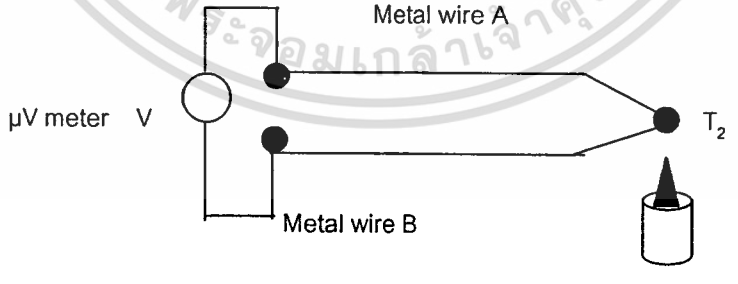
2.8.1 **เทอร์โมคัพเปิล** (Themocouple)

เทอร์โมคัพเปิล เป็นเซ็นเซอร์อุณหภูมิที่ผลิตแรงดันไฟฟ้ามีค่าน้อยมากเป็น mV จะอยู่ในช่วง 10mV-80mV เทอร์โมคัพเปิลจะทำด้วยโลหะ 2 ชนิดที่ต่างกันโดยต่อปลายข้างหนึ่งเป็นจุดต่อ (Junction) เพื่อวัดอุณหภูมิ

ใน พ.ศ. 2364 (ค.ศ. 1821) โทมัส ซีเบ็ค (Thomas Seebeck) นักวิทยาศาสตร์เยอรมันค้นพบว่าเมื่อนำลวดโลหะต่างชนิดกันมาเชื่อมต่อปลายทั้งสองเข้าด้วยกัน ถ้าปลายจุดต่อทั้งสองมีอุณหภูมิแตกต่างกันจะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรลวดโลหะนั้นและปริมาณของกระแสไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงตามผลต่างของอุณหภูมิที่ปลายจุดต่อ แต่ถ้าเปิดปลายจุดต่อด้านหนึ่งออกจะทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเรียกว่าแรงดันไฟฟ้าซีเบ็ค (Seebeck Voltage) ในรูปที่ 2.17 นำลวดโลหะ A และ B เชื่อมต่อเป็น เทอร์โมคัพเปิล



(ก) กระแสไฟฟ้าจะไหลในเทอร์โมคัพเปิลเมื่ออุณหภูมิที่ปลายจุดต่อต่างกัน



Heat Source

(ข) เมื่อเปิดปลายจุดต่อด้านหนึ่งจะมีแรงดันไฟฟ้าซีเบ็คตกคร่อมที่ปลายจุดต่อนั้น

รูปที่ 2.16 แสดงผลการทดลองของซีเบ็ค (Seebeck Effect)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อมาใน พ.ศ. 2377 (ค.ศ. 1834) ยีน ซีเอ เพลเทียร์ (Jean C.A. Peltier) ค้นพบว่าเมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้วงจรลวดโลหะของซีเบ็คจะทำให้อุณหภูมิที่ปลายจุดต่อแตกต่างกันโดยปลายด้านหนึ่งจะร้อนขึ้นขณะที่อีกปลายด้านหนึ่งจะเย็น จากการค้นพบของซีเบ็คและเพลเทียร์ ทำให้การศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับเทอร์โมคัพเปิลได้ดำเนินการอย่างต่อเนื่องจนเป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิที่ใช้อย่างกว้างขวางในงานอุตสาหกรรมเช่นในปัจจุบัน

2.8.2 อาร์ทีดี (RTD)

อาร์ทีดี (RTD : Resistance Temperature Detector) คือตัวตรวจวัดอุณหภูมิ ที่ทำงานโดยการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานทางไฟฟ้า เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงในปี พ.ศ. 2364 (ค.ศ. 1821) ฮัมพรีย์เดวิด (Humpkrey David) ค้นพบว่าความต้านทานของโลหะบางชนิดจะเปลี่ยนแปลงเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยน จนกระทั่ง พ.ศ. 2414 (ค.ศ. 1932) วิลเลี่ยม ซีเมนส์ (William Siemems) ได้ทดลองใช้ลวดพลาสตินัม แทนลวดโลหะพบว่า ความต้านทานเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น และในปี พ.ศ. 2475 (ค.ศ. 1932) ถูกพัฒนาโดย ซีเอช เมเยอร์ (C.H. Meyers) ทำเป็นเซ็นเซอร์อุณหภูมิเรียกว่า อาร์ทีดีอาร์ทีดีทำด้วยลวดโลหะ ที่มีคุณสมบัติความต้านทานจะเพิ่มหรือลดตามอุณหภูมิ ความยาวของ อาร์ทีดีจะกำหนดค่าความต้านทานที่ต้องการอุณหภูมิ $0^{\circ}C$ ลวดโลหะจะถูกพันอยู่บนแกนที่เป็นฉนวนไฟฟ้า และทนความร้อนสูง เช่น เซรามิก หรือแก้ว ถ้าหากทำด้วยพลาตินัมการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานต่ออุณหภูมิเป็นเชิงเส้นจึงมีค่าการวัดกว้าง จะใช้ตรวจวัดอุณหภูมิในงานอุตสาหกรรมมาก ความไวของ อาร์ทีดี จะคิดจากค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทาน อาร์ทีดีทำด้วยโลหะหลายชนิดเช่น พลาตินัม นิกเกิล ทองแดง และทังสเตน แต่ละชนิดจะมีย่านการวัดและอุณหภูมิแตกต่างกัน ดังตารางที่ 2.13.1

ตารางที่ 2.4 แสดงย่านอุณหภูมิการวัดของ อาร์ทีดี

ชนิดของ อาร์ทีดี	ย่านอุณหภูมิ °C	สัมประสิทธ์ความต้านทาน °C
พลาตินัม	-184 ถึง 815	0.0039
นิกเกิล	-73 ถึง 149	0.0067
ทองแดง	-51 ถึง 149	0.0042
ทังสเตน	-73 ถึง 276	0.0045

2.8.3 เทอร์มิเตอร์ (Thermister)

Thermister มาจากการสนธิคำระหว่าง Thermal กับ Resistor เทอร์มิเตอร์ จึงเป็นทรานสดิวเซอร์ ที่เป็นตัวต้านทานกึ่งตัวนำ ที่เปลี่ยนค่าความต้านทาน ตามการเปลี่ยนค่าอุณหภูมิที่เกิดขึ้น ทำจากออกไซด์ มี 2 ชนิดคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิด NTC (Negative Temperature Coefficient)

เป็นเทอร์มิเตอร์ ที่ลดค่าความต้านทานเมื่ออุณหภูมิ ในตัวเทอร์มิเตอร์เพิ่มขึ้นจะมีความต้านทานอุณหภูมิมาก การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานกับอุณหภูมิ จะไม่เป็นเส้นตรง (Lineearity) มีช่วงใช้งานแคบๆ

ชนิด PCT (Positive Temperature Coefficient)

เป็นเทอร์มิเตอร์ที่เพิ่มค่าความต้านทานเมื่ออุณหภูมิในตัวเทอร์มิเตอร์เพิ่มขึ้น ซึ่งค่าความต้านทานจะเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในช่วงอุณหภูมิแคบๆ เนื่องจากกราฟ R-T ไม่เป็นเส้นตรงเช่นกัน การใช้งานไม่ต้องการความละเอียดมากนัก

2.8.4 **อุปกรณ์อิเลคทรอนิกส์ และ** IC

อุปกรณ์ตรวจวัดประเภทนี้ สามารถแก้ปัญหาในเชิงเส้นได้ดีและให้ระดับเอาท์พุทสูง นอกจากนั้นยังมีราคาถูก และให้ความเที่ยงตรงสูงที่อุณหภูมิห้อง แต่อย่างไรก็ตาม **เซ็นเซ่อร์** อุณหภูมิยังไม่มีตัวเลือกมากนักสำหรับอุปกรณ์ประเภทนี้ในแง่ของผลิตภัณฑ์ และย่านการวัดอุณหภูมิ และระบบการวัดประเภทนี้ จำเป็นต้องใช้แหล่งพลังงานจากภายนอก

2.9 หลักการ เลือก และออกแบบ เซ็นเซ่อร์และทรานสดิวเซ่อร์

ปัจจัยหลักสำคัญสำคัญ ในการออกแบบและเลือกเซ็นเซ่อร์ หรือทรานสดิวเซ่อร์ ในการนำไปใช้งานมีหัวข้อในการพิจารณา ดังต่อไปนี้ (พรจิต ประทุมสุวรรณ. 2541 : 7-8)

2.9.1 **ปัจจัยทางด้านสัญญาณ**

1) ความแม่นยำ (Accuracy)

1) ความไว (Sensitvity)

2) ความเป็นเชิงเส้น (Linearity)

3) การตอบสนองความถี่ ได้อย่างเหมาะสม กับสัญญาณที่ต้องทำการวัด (Frequency response)

4) สัญญาณ ด้านเอาท์พุต เช่น ระบบอะนาลอก หรือไบนารี หรือ ดิจิตอล

5) การทำงานของระบบ เช่นระบบที่ต้องอาศัยการป้อนกลับ (Feedback) หรือระบบที่ต้องอาศัยวิธีการปรับศูนย์ (Mull method)

2.9.2 **ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม**

1) การรบกวนทางสัญญาณ เซ็นเซ่อร์ หรือ ทรานสดิวเซ่อร์ ที่ต้องถูกนำไปใช้งานในสภาวะแวดล้อมที่มีสัญญาณรบกวนมาก ย่อมต้องได้รับการออกแบบให้สามารถป้องกันสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รบกวนนั้นๆได้ หรือสามารถกำจัดสัญญาณรบกวนได้ดี เช่นการรบกวนจากคลื่นสนามไฟฟ้า หรือคลื่นสนามแม่เหล็กเป็นต้น

2) อุณหภูมิและความชื้น เซ็นเซ่อร์ หรือ ทรานสดิวเซ่อร์ บางชนิดมีผลต่ออุณหภูมิ เช่น สเตรนเกจ อุปกรณ์วัดความดัน และ เซ็นเซ่อร์ หรือ ทรานสดิวเซ่อร์ บางชนิดมีผลต่อความชื้น เช่น ทรานสดิวเซ่อร์แบบเก็บประจุ ดังนั้นจึงต้องมีการป้องกัน หรือกำหนดค่าการใช้งาน

3) การรับภาระเกิน ในการออกแบบหรือ เลือก เซ็นเซ่อร์ หรือ ทรานสดิวเซ่อร์ เพื่อการใช้งานบางครั้งอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อม หรือเหตุการณ์ไม่คาดหวัง อาจทำให้เซ็นเซ่อร์ หรือทรานสดิวเซ่อร์ เกิดความเสียหายได้จึงจำเป็นต้องมีการเผื่อย่าน ที่ใช้งานให้มากกว่าปรกติ

4) ความต้องการทางด้านความปลอดภัย เช่นสามารถป้องกันฝุ่นได้ ละอองไอน้ำ หรือน้ำได้ หรือป้องกันการสั่นสะเทือนหรือการกระแทกได้

2.9.3 **ปัจจัยทางด้านเศรษฐศาสตร์**

ในการออกแบบเลือกเซ็นเซ่อร์ หรือ ทรานสดิวเซ่อร์เพื่อนำไปงานนั้น นอกจากปัจจัยอื่น ปัจจัยที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ ปัจจัยทางด้านเศรษฐศาสตร์ จะมีหัวข้อในการพิจารณาดังนี้

1) อายุการใช้งานและความทนทาน
2) ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและบำรุงรักษา
3) วัสดุและอุปกรณ์ ที่จะนำมาสร้างหรือประกอบ ต้องสามารถหาหรือกระทำได้ง่าย
4) ราคา เซ็นเซ่อร์ หรือ ทรานสดิวเซ่อร์ ในบางครั้ง อุปกรณ์ที่มีราคาถูกกว่าอาจใช้งานได้ดีกว่า

2.10 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างคนกับเครื่องจักร

การออกแบบในงานอุตสาหกรรม ต้องประยุกต์ การใช้หลักการ ทางด้านชีวกลศาสตร์ และหลักการทางด้านสรีระวิทยาในการทำงาน เพื่อต้องการให้ผู้ปฏิบัติงาน มีความสะดวกสบายในการทำงาน ทางด้าน วิศวกรรมมนุษย์ปัจจัย ได้นำเอามาประยุกต์ใช้ในการออกแบบปรับปรุงสภาพการทำงานเพื่อเพิ่มผลผลิต โดยเน้นหนักทางด้าน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างคนกับเครื่องจักร โดยความสัมพันธ์ ระหว่างคนกับเครื่องจักร โดยจะแสดงผ่านทาง เครื่องแสดง ได้แก่จอภาพ มิเตอร์ หน้าปัทม์ หรือสื่อแสดงทาง อิเล็คโทรนิกส์ อันเป็นการส่งผ่านข้อมูลมาสู่ตัวผู้ปฏิบัติงาน และผู้ปฏิบัติงาน จะส่งผ่านข้อมูลเพื่อ ควบคุมผ่านทางอุปกรณ์ควบคุม ย้อนเข้าสู่ตัวเครื่องจักร (สุทธิ์ ศรีบูรพา . 2540 : 421 –422) ดังนั้น อุปกรณ์ควบคุม และ ตำแหน่งการจัดวางจึงมีความจำเป็นที่จะต้องออกแบบ และจัดวางให้เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.1 อุปกรณ์ควบคุม (Control)

อุปกรณ์ควบคุมในระบบการทำงาน ระหว่างคนกับเครื่องจักร หมายถึง อุปกรณ์ ที่อยู่ในรูปแบบต่างๆ เช่น สวิทช์ ปุ่มกด ลูกบิดหมุน คันบังคับ พวงมาลัยหรือแท่นเหยียบ ซึ่งมนุษย์ ใช้อุปกรณ์ เหล่านี้ สำหรับส่งผ่านข้อมูลสัญญาณที่ตนเองต้องการเข้าสู่ระบบการทำงานของเครื่องจักร หรือการทำงานของระบบ

อุปกรณ์ควบคุม มีความสำคัญยิ่งต่อประสิทธิภาพและความปลอดภัย ในการทำงาน ถ้าอุปกรณ์ควบคุมได้รับการออกแบบตามหลักเออร์กอนอมิกส์ ย่อมส่งผลให้ การควบคุมระบบการทำงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และมีความปลอดภัยมากขึ้น

อุปกรณ์ควบคุม จะมีรูปร่างลักษณะที่แตกต่างกันออกไป แต่อุปกรณ์ทุกชิ้นจะมีลักษณะเฉพาะร่วมกัน (Common Characteristics) ผู้ออกแบบต้องนำเอามา พิจารณาในการออกแบบเสมอ

ลักษณะเฉพาะที่ต้องนำมาพิจารณา ในการออกแบบซึ่งมีผลต่อความยากง่าย ความรวดเร็ว และความถูกต้องต่อการใช้งานอุปกรณ์ควบคุม มีดังต่อไปนี้คือ

1) ขนาดของรูปแบบและอุปกรณ์ควบคุม
2) ความต้านทานแรงบังคับของอุปกรณ์ควบคุม
3) ทิศทางการเคลื่อนที่ ของอุปกรณ์ควบคุม
4) ปริมาณแรงกายที่ต้องใช้ในการเคลื่อนอุปกรณ์ควบคุม
5) สัญลักษณ์ที่ใช้บอกแสดงอุปกรณ์ควบคุม
6) จำนวนและตำแหน่งในการจัดวางอุปกรณ์ควบคุม
7) ความเหมาะสมและสอดคล้อง ระหว่างอุปกรณ์ควบคุม กับสื่อแสดง
8) หลักความเคยชินระหว่างอุปกรณ์ควบคุมของคนต่ออุปกรณ์

รูปแบบของอุปกรณ์ควบคุมที่ใช้ในงานประจำวัน นอกจากที่มีรูปแบบที่แตกต่างกัน ยังมีความแตกต่างกันในด้านกลไกการทำงาน โดยเฉพาะ ในเรื่องของขนาดของร่างกายที่ต้องใช้ในการเลื่อนอุปกรณ์ควบคุม (Operating Force) รูปแบบของอุปกรณ์ควบคุม แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบใหญ่ๆ คือ

1) อุปกรณ์ ที่ใช้แรงควบคุมปริมาณน้อย ๆ เช่น ปุ่มกด สวิทช์ เปิด-ปิด ลูกบิดเลือกตำแหน่ง วาล์ว ปิดเปิด ลูกบิดหมุนปุ่มต่อเนื่อง

2) อุปกรณ์ ที่ใช้แรงกาย ปริมาณมากในการเคลื่อนที่ เช่น คันโยก พวงมาลัย แท่นบังคับโดยใช้เท้าเหยียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.2 **ตำแหน่งการจัดวาง (Location)**

ตำแหน่งการจัดวาง ของอุปกรณ์ควบคุมควรจัดวางตำแหน่งเพื่อไม่ให้เกิดท่าทางการทำงานที่ไม่ถูกต้อง ทำให้ต้องเคลื่อนไหวร่างกายบ่อยๆ หรืออยู่ในท่าทางที่ไม่ดีเป็นระยะเวลานาน ๆ ดังนั้นการจัดวางอุปกรณ์ ควรคำนึงถึงความจำเป็น ในการใช้งานของ คนและเครื่องจักรด้วย การกำหนดตำแหน่ง ของอุปกรณ์ควบคุมจะขึ้นอยู่กับสภาพการทำงานว่าควรอยู่ในลักษณะ อย่างไร ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

1) การนั่งทำงาน ผู้นั่งทำงานปรกติจะนั่งทำงานอยู่หน้าอุปกรณ์ ตำแหน่งที่สามารถมองเห็นอุปกรณ์ควบคุม และสื่อได้ 2 ด้าน คือ ด้านหน้า ด้านซ้าย ด้านขวา ทำให้ทราบว่าอุปกรณ์ ควบคุมทำงานตามปรกติหรือไม่ ตำแหน่งอุปกรณ์ควบคุมที่เหมาะสมควรอยู่ที่ระยะห่างประมาณ 15-16 เซนติเมตร จากตัวผู้ควบคุม ระยะทางที่เหมาะสมทำให้ผู้ควบคุมไม่ต้อง โค้งตัวหรือก้มตัว ทำให้เสียหลักการทำงานที่ถูกต้องตามหลักเออร์กอนอมิกส์

2) การยืนทำงาน การทำงานในลักษณะนี้ สามารถเคลื่อนย้ายไปมาได้สะดวกก็จริง แต่การกำหนดตำแหน่ง หรือการจัดวางอุปกรณ์ ควรจะทำให้ไม่มีการเอื้อม การก้มหลัง การบิดตัวหรือการวางศีรษะที่ผิดตำแหน่ง เพื่อทำการควบคุมอุปกรณ์ ต่างๆ เพราะอาจทำให้กล้ามเนื้อส่วนต่างๆ เกิดการเหนื่อยล้า เมื่อทำงานไปนานๆ ระยะห่างจากตัวผู้ควบคุม ไปยังตำแหน่งควบคุมที่เหมาะสม ด้วยมือข้างเดียวควรมีค่าประมาณ 46 เซนติเมตร และอุปกรณ์ควบคุมความสูงควรอยู่ระหว่าง 110-165 เซนติเมตร ระยะห่างจากตัวผู้ควบคุมสำหรับการยืนทำงานโดยใช้มือทั้งสองข้าง ควรมีค่าประมาณ 36 เซนติเมตร ระยะทางที่มากที่สุดทางด้านหน้าไม่ควรเกิน 51 เซนติเมตร และการเอื้อมมือทางด้านข้าง ทั่วไปจะมีค่า ประมาณ 46 เซนติเมตร

สรุป การกำหนดการวางอุปกรณ์ ควรมีข้อปฏิบัติดังนี้

1) จัดให้มีอุปกรณ์ควบคุมที่จำเป็นเท่านั้น เพื่อการควบคุมอุปกรณ์ เป็นไปอย่างสะดวก ง่าย เป็นธรรมชาติ และทำได้รวดเร็ว

2) สำหรับอุปกรณ์ควบคุมชนิดที่ต้องการผลป้อนกลับ อย่างรวดเร็วถูกต้องควรเป็นอุปกรณ์ที่ควบคุมด้วยมือ

3) เพื่อให้การบังคับอุปกรณ์ควบคุมเป็นไปอย่างถูกต้องและแน่นอน ควรจัดวางตำแหน่งอุปกรณ์ควบคุม ไว้ทางขวามือเป็นหลัก เพราะทั้งนี้มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ของผู้ปฏิบัติงาน เป็นผู้ที่ถนัดมือขวา

4) ควรมีการแยกแยะ ตำแหน่งให้ชัดเจน สื่อแสดงข้อมูลข่าวสาร โดยการใช้เทคนิคต่างๆ ช่วยในการแยก เช่น การใช้สี การใช้ฉลากข้อความระบุให้ชัดเจน เพื่อที่จะปฏิบัติงานควบคุมอุปกรณ์ให้ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) เพื่อเป็นการป้องกันการกำหนด การกด บิด โยก ผลัก หรือหมุนอุปกรณ์ควบคุมโดยไม่ตั้งใจ จึงควรกำหนดตำแหน่งของอุปกรณ์ควบคุมฉุกเฉิน ควรอยู่ห่างจากอุปกรณ์ ที่มีการใช้งานบ่อยๆ เป็นระยะทางพอสมควร

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.11.1 การอบแห้งข้าวเปลือกแบบถังทรงกระบอกหมุน

จากผลการทดลอง เพื่อหาค่าการกระจายของเวลาที่ข้าวเปลือกอยู่ในทรงกระบอกหมุน เมื่อเพิ่มอัตราการหมุนของทรงกระบอกให้มากขึ้น ทำให้อัตราการตกของข้าวเปลือก ตกเร็วขึ้น เวลาที่สัมผัสกับอากาศร้อนน้อยลง ค่าความชื้นของข้าวเปลือกจะไม่มีผล ต่อค่าการกระจายของเวลา และปริมาณที่เหมาะสมสำหรับ การอบด้วยทรงกระบอกหมุน อยู่ที่ 5 -15 % (กิตติพงษ์ กุลมาตย์. 2537 : 38)

2.11.2 เครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อนร่วมกับอินฟาเรด

จากผลการทดลอง ในการอบผ้าแห้งชุบน้ำ โดยใช้การอบแห้งแบบถาด ในช่วงเริ่มต้น พบว่า ค่าอัตราความชื้นที่ระเหยออกมีค่าสูงมาก หลังจากนั้นมีค่าลดลง แสดงว่าการใช้รังสีอินฟาเรดสามารถช่วยลดเวลาในการอบแห้งในช่วงแรก แต่ในช่วงท้ายของการอบ ส่วนบนของถาดเริ่มแห้งทำให้น้ำระเหยได้ยาก โดยถาดที่อยู่กึ่งกลางยังมีค่าความชื้นสูง และการถ่ายเทความร้อนแบบการพา ร่วมกับการแผ่รังสี จะทำให้น้ำระเหยได้เร็วกว่าการ พาเพียงอย่างเดียว (กิตตินันท์ วิธินันทกิตต์. 2545 : 34)

2.11.3 เตาอบอินฟราเรดแบบกึ่งสุญญากาศ

จากการทดลองการใช้งานและตรวจสอบประสิทธิภาพของเตาอบอินฟราเรดแบบกึ่งสูญญากาศ ได้ใช้หญ้าปักกิ่งในการวัดประสิทธิภาพของเตาอบแห้ง ซึ่งจากผลการทดลอง และจากการวิเคราะห์ปริมาณสาระสำคัญในหญ้าปักกิ่งที่อบแห้งด้วย เตาอบอินฟราเรดแบบกึ่งสูญญากาศพบว่า มีปริมาณของสารสำคัญอยู่ครบถ้วน และมีปริมาณที่ผ่านมาตรฐานซึ่งได้รับการรับรองจากห้องปฏิบัติการขององค์การเภสัชกรรม (บวรโชค ผู้พัฒน์. 2545 : 1)

2.11.4 การศึกษาการตรวจสอบความชื้นเมล็ดพันธ์ด้วยไมโครเวฟ

วิธีการทดลองโดยการหาค่าความชื้น โดยวิธีมาตรฐาน ผลการทดลองเปรียบเทียบวิธีการตรวจสอบความชื้น พบว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นหลังจากการอบข้าวหอมมะลิด้วยไมโครเวฟ เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับค่า ที่วัดด้วยเครื่อง EE-KU เครื่อง Dickey John และวิธีมาตรฐาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.89,0.99และ0.95 ตามลำดับ ผลการทดลองเปรียบเทียบวิธีการตรวจสอบความชื้น พบว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นหลังจากการอบเมล็ดพันธ์

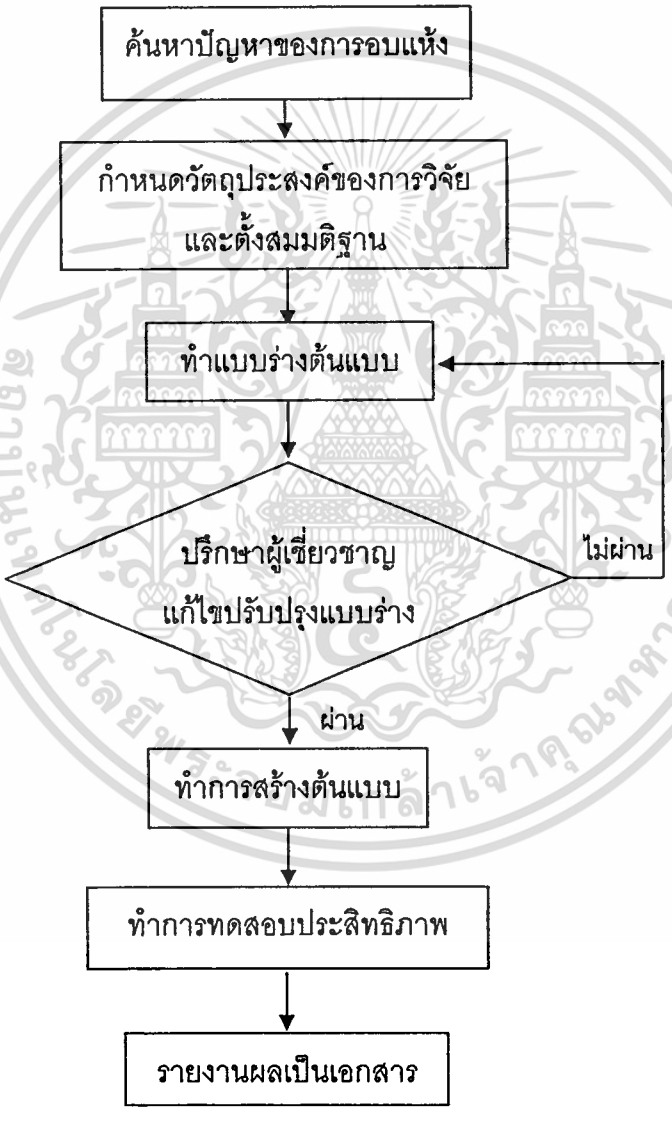
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถั่วเหลือง เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับค่า ที่วัดด้วยเครื่อง EE-KU เครื่อง Dickey John และวิธีมาตรฐาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.98 , 0.96 และ0.98 ตามลำดับ ส่วนผล การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการตรวจสอบความชื้นข้าวโพด ผลการทดสอบคล้ายกับข้าวและถั่วเหลือง คือค่าความชื้นมีความสัมพันธ์กัน ในทิศทางเดียวกัน กับที่วัดได้จากเครื่อง EE-KU เครื่อง Dickey John และวิธีมาตรฐาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %ซึ่งมีค่าสหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.93 , 0.84 และ 0.81 ตามลำดับ (บุญมี ศิริ และ ศิริพร ทองล้อม. 2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

เพื่อให้โครงการพัฒนาเครื่องอบแห้งสมุนไพรบรรลุถึงวัตถุประสงค์ที่วางไว้ ทางผู้วิจัยจะใช้วิธีการศึกษาและค้นคว้าทางเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาเป็นข้อมูลในการออกแบบ และขอข้อแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ ในการสร้างต้นแบบเพื่อทำการทดลอง และหาข้อมูลประกอบการวิจัยจากแหล่งข้อมูล มีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ลักษณะของการหาข้อมูลเพื่อการวิจัย จะใช้เครื่องมือในการสำรวจความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่าง การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญขอความคิดเห็นในการแก้ไขปรับปรุงแบบร่างเพื่อพัฒนาเครื่องอบแห้ง

การพัฒนา เครื่องอบแห้งสมุนไพร ผู้วิจัยได้กำหนดวัตถุประสงค์ไว้ดังต่อไปนี้

1. **เพื่อพัฒนาและสร้างเครื่องอบแห้งสมุนไพร**
2. เพื่อหาประสิทธิภาพ ในด้านต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.1 ด้านการอบแห้ง โดยตรวจสอบค่าระดับความชื้นของสมุนไพร ไม่เกินร้อยละ 10 ตามมาตรฐานของ สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข

3.1.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างในการเก็บรวบรวมข้อมูล

กลุ่มตัวอย่างจะเป็นสุ่มแบบเจาะจงจากผู้เชี่ยวชาญซึ่งจะเป็นทั้งที่ปรึกษาในการออกแบบและแนะนำในการสร้างต้นแบบ เครื่องอบแห้งสมุนไพร จำนวน 3 ด้าน

3.1.1.1 ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเครื่องจักรกล จำนวน 3 ท่านประกอบด้วย

อาจารย์มงคล สีนะวัฒน์ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

คุณธนวัฒน์ วิเชียรวรรณ ผู้จัดการบริษัท แลมพ์ด้ากรุ๊ป จำกัด

คุณพัชรินทร์ หอมเกตุ ผู้จัดการบริษัท Advance Solalium Co, Ltd.

3.1.1.2 ผู้เชี่ยวชาญ ทางด้านไฟฟ้า จำนวน 3 ท่านประกอบด้วย

อาจารย์อมรชัย ชัยชนะ อาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

คุณเพียรศักดิ์ ธีระเสถียร ผู้จัดการอาวุโส แผนกวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์
บริษัท Mitsubishi Electric Automation (Thailand) จำกัด

คุณพิทยา จริงใจกุล ผู้เชี่ยวชาญพิเศษ แผนกทดสอบผลิตภัณฑ์
บริษัท Mitsubishi Electric Automation (Thailand) จำกัด

3.1.1.3 ผู้เชี่ยวชาญ ออกแบบผลิตภัณฑ์ จำนวน 3 ท่านประกอบด้วย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์มานพ สุดสงวน อาจารย์ประจำภาควิชาศิลปอุตสาหกรรม
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาจารย์ก้องเกียรติ มหาอินทร์ อาจารย์ประจำคณะสถาปัตยกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์
อาจารย์กิตติศักดิ์ อริยะเครือ อาจารย์ประจำคณะสถาปัตยกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล พระนคร
วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์

3.1.2 **ประชากรกลุ่มตัวอย่างสมุนไพรในการทดสอบ**

ในการทดสอบประสิทธิภาพการอบแห้งผู้วิจัยจะเลือกใช้ โดยใช้องค์ประกอบสำคัญ ทั้ง 5 ส่วน คือ ราก,ลำต้น,ใบ,ดอก และผล โดย จะเลือกใช้พืชสมุนไพรที่หาง่ายและมีราคาถูก มีผลผลิตทุกฤดูกาล เป็นสมุนไพรตัวอย่างในการทดสอบ ดังต่อไปนี้

ราก จะใช้ พืชสมุนไพร ขมิ้นชัน เป็นตัวอย่างในการทดสอบ
ลำต้น จะใช้ พืชสมุนไพร ตะไคร้ เป็นตัวอย่างในการทดสอบ
ใบ จะใช้ พืชสมุนไพร มะกรูด เป็นตัวอย่างในการทดสอบ
ดอก จะใช้ พืชสมุนไพร รัก เป็นตัวอย่างในการทดสอบ
ผล จะใช้ พืชสมุนไพร พริก เป็นตัวอย่างในการทดสอบ

3.1.3 **ตัวแปรที่ทำการศึกษา**

3.1.2.1 **ตัวแปรต้น** ได้แก่

1) เครื่องอบแห้งสมุนไพร

3.1.2.2 **ตัวแปรตาม** ได้แก่

1) อัตราความชื้นในสมุนไพรหลังการอบแห้ง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการการวิจัยเพื่อทำการพัฒนาเครื่องอบแห้งสมุนไพร ครั้งนี้ ทางผู้วิจัยจะใช้การวิจัยจะใช้การวิจัย แบบทดลอง โดยการอบแห้งสมุนไพร และทำการบันทึกผลการอบแห้ง

3.2.1 **การวิจัยแบบทดลอง**

ผู้วิจัยต้องสร้างต้นแบบจากการออกแบบ โดยขอข้อแนะนำและปรึกษากับ ผู้เชี่ยวชาญ และจัดทำต้นแบบตามแบบร่าง ทำการทดสอบการ อบแห้งสมุนไพร จำนวน 5 ชนิด ชนิดละ 5 ตัวอย่าง และทำการบันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 **เครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ**

1) เครื่องชั่งระบบ ดิจิตอล ขนาด พิกัด 0-3200 กรัม / 0.01 กรัม ยี่ห้อ SHIMADSU M435100081

3.3 การสำรวจและรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมเพื่อนำมาใช้ในการวิจัยในการพัฒนาเครื่องอบแห้งสมุนไพรจากแหล่งต่างๆจะแบ่งประเภทของข้อมูลดังต่อไปนี้

3.3.1 **ข้อมูลปฐมภูมิ**

ข้อมูลปฐมภูมิ จะเป็นข้อมูลที่เก็บโดยตรงจากแหล่งข้อมูล โดยการใช้แบบสอบถาม และแบบบันทึกข้อมูล และการสัมภาษณ์ จากตัวบุคคล และทำการบันทึก และรวบรวมผลจากการทดลอง เพื่อทำการวิเคราะห์ ข้อมูลจากแหล่ง ต่างๆดังต่อไปนี้

3.3.1.1 **ข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ**

เพื่อการพัฒนาเครื่องอบแห้งสมุนไพร ผู้วิจัยได้เข้าพบผู้เชี่ยวชาญในแต่ละสาขาเพื่อขอคำแนะนำในการสร้างต้นแบบเพื่อประเมินประสิทธิภาพในด้านต่างๆดังต่อไปนี้

1) ผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องจักรกลมีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

ก.ตัวฐานเครื่องต้องมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะรับแรงบิดจากการหมุนของถังฐานควรกว้างพอที่จะไม่เกิดการโคลงตัวจากแรงเหวี่ยง ควรทำวัสดุที่มีราคาถูก เพื่อประหยัดต้นทุน ระบบรองรับการหมุน ควรใช้ ระบบที่มีแรงเสียดทานน้อยและง่ายในการซ่อมบำรุง

ข. ตัวถังควรใช้สแตนเลส สตีล ชนิดที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อไม่ให้เกิดทำปฏิกริยากับความชื้นและสารเคมีที่อยู่ในสมุนไพรในระหว่างการอบ และควรมีครีบเพิ่มความแข็งแรงของตัวถังบริเวณจุดหมุน

ค. ระบบขับเคลื่อนควรเลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้าประกอบกับเกียร์ทดรอบ เนื่องจากไม่มีเสียงดัง มีขนาดเล็กสะดวกในการติดตั้งและประหยัดเนื้อที่ และควรใช้ระบบสายพานในการส่งกำลังเนื่องจากมีราคาถูก และไม่ต้องการความต้องการในการซ่อมบำรุงมากนัก

ง. ฉนวนป้องกันความร้อน เนื่องจากใช้ความร้อนในการอบไม่สูงมากและการให้ความร้อนกับวัตถุเป็นการแผ่รังสี ดังนั้นให้พิจารณาเลือกใช้เพื่อให้สะดวกในการทำตัวถังและต้นทุนในการผลิต

2) ผู้เชี่ยวชาญด้านไฟฟ้ามีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

ก.ควรเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้ามาตรฐานที่มีขายอยู่ทั่วไปตามท้องตลาด และควรมีความปลอดภัยต่อผู้ที่ใช้งานสามารถหามาซ่อมบำรุงได้ การออกแบบวงจรควรออกแบบง่ายต่อการตรวจซ่อม และควรคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ใช้งานให้มากที่สุด

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. การควบคุมอุณหภูมิควรหลีกเลี่ยงไม่ให้อุปกรณ์ตรวจวัด ถูกการแผ่รังสีจากแท่งอินฟาเรดและควรเลือกตำแหน่งการตรวจวัด ให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

3) **ผู้เชี่ยวชาญด้านออกแบบผลิตภัณฑ์มีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้**

ก. ขนาดและสัดส่วนต่างๆ ของเครื่องจักร ควรคำนึงถึง สัดส่วน ของผู้ใช้งานและความถนัดของบริโภค

ข. ควรเลือกใช้วัสดุที่ใช้สำหรับทำส่วนของถังอบให้เหมาะสม และระบบต่างๆ ให้ง่ายต่อการผลิต, การใช้งาน,การซ่อมบำรุง, และ ต้นทุนในการผลิต ให้มีต้นทุนต่ำ เพื่อที่สามารถผลิตเพื่อจำหน่ายได้โดยทั่วไป

ค. ควรคำนึงถึงความปลอดภัยในการใช้งาน เนื่องจากการเคลื่อนไหวของเครื่องจักร ควรมีกราฟฟิคแสดงถึง ข้อกำหนดเกี่ยวกับความปลอดภัยในการทำงานและการควบคุมการทำงาน ให้ง่ายต่อการเข้าใจ

ง. ควรคำนึงถึงความสะดวกในการนำวัตถุดิบเข้าและออกจากถังอบ ความสะดวกในการเคลื่อนย้าย และขนส่ง เพื่อจำหน่าย

จ. สีที่ใช้ควรให้เหมาะสมกับ ลักษณะของผลิตภัณฑ์

3.3.1.2 **ข้อมูลจากการตรวจวัดค่าความชื้น**

ทำการตรวจวัดค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของสมุนไพรหลังการอบแห้งโดยการอบสมุนไพรตัวอย่าง จำนวน 5 ชนิด ตามวิธีมาตรฐาน

3.3.2 **ข้อมูลทุติยภูมิ**

ข้อมูลทุติยภูมิ จะเป็นข้อมูลที่เก็บรวบรวม จากแหล่งข้อมูล โดยการศึกษาค้นคว้า จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากห้องสมุด และแหล่งข้อมูล อื่น เพื่อทำการศึกษาถึงทฤษฎีต่างๆ ที่คาดว่าจะเกี่ยวข้อง นำมาออกแบบ และพัฒนาเครื่องอบแห้งจากแหล่งต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. ห้องสมุด คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2. หอสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าธนบุรี

3. ห้องสมุด มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีมหานคร

4. ห้องสมุด คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

5. ห้องสมุด บริษัทบูรพาการไฟฟ้าอุตสาหกรรมจำกัด

6. ข้อมูลจาก วารสารอีเล็คทรอนิค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การทดสอบและหาประสิทธิภาพ

ผู้วิจัยได้จัดสร้างต้นแบบเครื่องอบแห้งสมุนไพร ตามที่ได้ข้อมูลจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและข้อมูลจากการศึกษากับผู้เชี่ยวชาญ ในขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นการดำเนินการทดสอบ

ประสิทธิภาพการอบแห้ง โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ทำความสะอาด ให้ปราศจากสิ่งสกปรก และหั่นสมุนไพรตัวอย่าง ให้มีขนาดเล็กลงขนาดตามที่เหมาะสม เพื่อให้ความชื้นแพร่กระจายมาที่ผิวทำให้การอบแห้งเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว ถ้าเป็นพืชสมุนไพรที่มีขนาดเล็ก อยู่แล้ว ไม่จำเป็นต้องหั่น

2. ชั่งน้ำหนักของสมุนไพรที่จะอบแห้งในแต่ละครั้งให้ มีน้ำหนัก 1000 กรัม เท่ากัน

3. หาระยะเวลาที่เหมาะสม ที่ค่าความชื้นของสมุนไพร มี ค่าความชื้น ต่ำกว่า 10 % ตามที่มาตรฐานกำหนด ในการอบแห้งสมุนไพรตัวอย่าง เพื่อกำหนดระยะเวลาที่ทำการทดสอบ

4.หาค่าเฉลี่ยน้ำหนักความชื้นก่อนอบของสมุนไพรตัวอย่างเพื่อใช้สำหรับคำนวณค่าความชื้นตามวิธีมาตรฐาน

5. ทดสอบการอบ สมุนไพรตัวอย่าง และหาระดับความชื้นของสมุนไพรหลังการอบแห้งตามวิธีมาตรฐาน

จากสูตร เปอร์เซ็นต์ความชื้น = $\frac{\text{น้ำหนักก่อนอบ} - \text{น้ำหนักหลังอบ}}{\text{น้ำหนักก่อนอบ}} \times 100$

6. ทำการบันทึกผลการทดสอบ

3.5 การวิเคราะห์ ข้อมูล

3.5.1 ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ

การวิเคราะห์ข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญเป็นข้อมูลที่เก็บโดยตรงจากแหล่งข้อมูลโดยการสัมภาษณ์ จากตัวบุคคล และทำการบันทึกนำไปแก้ไขแบบร่างไปจัดทำเป็นต้นแบบ เพื่อการทดสอบ

3.5.2 ทำการวิเคราะห์ข้อมูลการอบแห้ง

การวิเคราะห์ ข้อมูลผู้วิจัยจะทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Spss for Window จากค่าความชื้น ของสมุนไพรตัวอย่างที่ใช้ในการอบ โดยใช้สถิติ ค่าเฉลี่ย (Mean)

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) และ t-test เปรียบเทียบกับค่าความชื้นมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

1. ค่าเฉลี่ย (Mean , $\overline{X}$)
2. ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation , SD.)
3. t-test แบบ One Sample Group

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษาวิจัย โครงการ พัฒนาเครื่องอบแห้งสมุนไพรผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ตามหัวข้อดังต่อไปนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์ ข้อมูลการออกแบบเครื่องอบแห้ง

4.2 ผลการวิเคราะห์ ข้อมูลการทดสอบประสิทธิภาพจากการอบแห้ง

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล การออกแบบของเครื่องอบแห้งสมุนไพร

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลและนำมาสร้างต้นแบบ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านการออกแบบ

จากการออกและสร้างต้นแบบ ของเครื่องอบแห้งที่ สร้างขึ้น ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) โครงสร้างทำด้วยเหล็กท่อสี่เหลี่ยม ขนาด 2 .0นิ้ว× 2.0นิ้ว เป็นโครงมีฐาน สำหรับวางพัดลม ชุดส่งกำลัง ชุดรองรับเพลา ชุดรองรับ แท่งอินฟาเรดยึดต่อกันด้วยการเชื่อมไฟฟ้า

2) ล้อ ช่วยให้สะดวกในการเคลื่อน ย้าย ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว ทำด้วยเหล็กและยึดติดกับฐาน จำนวน 4 ล้อ เพื่อสะดวกในการเคลื่อนย้าย และเป็นล้อที่มีระบบเบรก 2 ล้อ สำหรับเบรก ในขณะใช้งาน

3) ชุดรองรับเพลา เป็น แบริ่งยูนิต ขนาด 2.5 " จำนวน 2 ชุด

4) ชุด พัดลม เป็นพัดลม ขนาดท่อดูด 3 นิ้ว ใช้มอเตอร์ ขนาด 200 วัตต์ 220โวทล์ เฟสเดียว ปริมาตรดูด อากาศ 9.5 คิวบิค เมตรต่อนาที ใช้สำหรับพาอากาศ ออกจากถังอบ โดยมีท่ออลูมิเนียม เป็น ท่อผ่านอากาศ

5) มอเตอร์ขับ เป็นมอเตอร์ ขนาด 400 วัตต์ 220 โวทล์ เฟสเดียว ประกอบกับเกียร์ทดรอบ ขนาดอัตราทด 1 ต่อ 60

6) ล้อขับ จำนวน 1 ชิ้น ทำด้วยเหล็กเหนียว ขนาดสายพานมาตรฐานร่อง B เส้นผ่าศูนย์กลาง 3.5 นิ้ว สวมเข้ากับปลายของเกียร์ทดรอบ โดยใช้ลิ่ม ขนาด 6 ม.ม. เป็นอุปกรณ์กันหมุนจำนวน 1 ชิ้น

7) สายพานขับ จำนวน1 เส้น เป็นสายพานมาตรฐาน B ขนาดเส้นรอบวง 56 นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8) ล้อตาม จำนวน 1 ชิ้น ทำด้วยเหล็กหล่อ ขนาดสายพานมาตรฐานร่อง B เส้นผ่าศูนย์กลาง 7 นิ้ว

9) ชุดรองรับแท่งอินฟาเรด ทำด้วยเบเกอร์ไลท์ เป็นฉนวนไฟฟ้า ทนทานต่อความร้อน

10) ถังอบสำหรับใช้บรรจุสมุนไพรที่ใช้ในการทดลอง เป็นถังรูปทรงกระบอก ใช้วิธีเชื่อมเพื่อ ประกอบเพื่อยึดชิ้นส่วนต่างๆ ที่ประกอบขึ้นเป็นถังอบด้วยกรรมวิธีเชื่อมประกอบ ประกอบด้วยรายละเอียดดังต่อไปนี้

ก. เปลือกนอก ทำด้วยสแตนเลส เกรด 304 หนา 1.5 ม.ม. 2 ชั้น รูปทรงกระบอกขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 641 มิลลิเมตร ความยาว 700 มิลลิเมตร ปริมาตรสุทธิของถังอบ 235 ลิตร มีแกนหมุนทำด้วย ท่อ สแตนเลส ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 นิ้ว ภายในกลวงทั้งสองด้าน เพื่อเป็นทางผ่านของอากาศ และแท่งอินฟาเรด

ข. ฉนวนกันความร้อน ที่ใช้ เป็นอุปกรณ์ป้องกัน การนำความร้อนจากภายในถังอบ ออกสู่ภายนอก ชนิด อากาศ เนื่องจากอากาศที่นิ่ง เป็นฉนวนที่ดีมีค่าในการนำความร้อนต่ำ กว่าใยแก้วที่ใช้ทำฉนวน

ค. ประตู ทำด้วย สแตนเลส 2 ชั้น ขนาด 338 × 641 มิลลิเมตร จำนวน 1 บาน สามารถ ยกออกจากถังอบเพื่อเทสมุนไพร ล๊อคด้วยตัวล๊อคตะขอ จำนวน 4 ชุด

ง. ใบกวน ทำด้วย สแตนเลส ขนาดความกว้าง 50 มิลลิเมตร จำนวน 2 ใบ ติดตั้งที่บานประตู 1 ใบ และด้านตรงข้ามจำนวน 1 ใบ ทำมุม 180 องศา ตามแนวรัศมีของถัง

11) ถาดเทสมุนไพร ทำด้วยสแตนเลส หนา 1.5 มิลลิเมตร ขนาดกว้าง 790 มิลิเมตร ยาว 560 มิลลิเมตร พับขอบ สูง 50 มิลลิเมตร

12) ตู้ควบคุมการทำงาน ประกอบด้วย

ก. ตู้ควบคุม ทำด้วยเหล็ก ขนาดกว้าง 320 มิลลิเมตร ยาว 400 มิลลิเมตร สูง 200 มิลลิเมตร

ข ระบบควบคุมอุณหภูมิ ประกอบด้วย เครื่องวัดอุณหภูมิ เครื่องแสดงผล เครื่องตั้งเวลา อย่างละ 1 ชุด

ค. ระบบควบคุมกำลัง ประกอบด้วย สวิทช์แม่เหล็ก จ่ายกระแสไฟฟ้าให้มอเตอร์ขับ มอเตอร์พัดลมดูดอากาศ และแท่งอินฟาเรด อย่างละ 1 ชุด

ง. หลอดไฟแสดงสถานการณ์ทำงาน ของเครื่องจำนวน 1 ชุด

จ. อุปกรณ์ ควบคุมโดยใช้มือจำนวน 1 ชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการอบแห้งสมุนไพรตัวอย่าง

ในการทดสอบอบแห้งสมุนไพรตัวอย่างผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการอบแห้งสมุนไพรตัวอย่าง ที่อุณหภูมิอบ 105 องศาเซ็นเซียส จนน้ำหนักคงที่ เพื่อหาค่าน้ำหนักเฉลี่ย ของความชื้นของสมุนไพรตัวอย่าง จำนวน 5 ตัวอย่าง นำไปหาค่าความชื้น ตามสูตร

การทดสอบหาระยะ เวลาที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้ง ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบอบแห้งสมุนไพรตัวอย่าง พบว่า

ขมิ้นชัน 1000 กรัมใช้ระยะเวลาอบ 6 ชั่วโมง จะทำให้สมุนไพรตัวอย่าง มีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ10 จึงกำหนดค่าระยะเวลาในการทดสอบการอบแห้ง ที่ 6 ชั่วโมง

ตะไคร้ 1000 กรัม ใช้ ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมง จะทำให้สมุนไพรตัวอย่าง มีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ10 จึงกำหนดค่าระยะเวลาในการทดสอบการอบแห้ง ที่ 5 ชั่วโมง

มะกรูด 1000 กรัม ใช้ระยะเวลาอบ 3 ชั่วโมง จะทำให้สมุนไพรตัวอย่าง มีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ10 จึงกำหนดค่าระยะเวลาในการทดสอบการอบแห้ง ที่ 3ชั่วโมง

รัก 1000 กรัม ใช้ระยะเวลาอบ 4 ชั่วโมง จะทำให้สมุนไพรตัวอย่าง มีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ10 จึงกำหนดค่าระยะเวลาในการทดสอบการอบแห้ง ที่ 4 ชั่วโมง

พริก 1000 กรัม ใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมง จะทำให้สมุนไพรตัวอย่าง มีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ10 จึงกำหนดค่าระยะเวลาในการทดสอบการอบแห้ง ที่ 5 ชั่วโมง

4.2.1 ผลการทดสอบการอบสมุนไพร ขมิ้นชัน มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วย ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าความชื้นของสมุนไพร ขมิ้น หลังการอบแห้ง

ตัวอย่างที่	ค่าความชื้น %
1	8.3
2	8.1
3	8.2
4	8.0
5	8.1
ค่าเฉลี่ย	8.14
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	.1140

จากตารางที่ 4.1 พบว่า ค่าความชื้นของสมุนไพรขมิ้นชันที่ผ่านการอบแห้งมีค่าความชื้นเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 8.14 SD.= .1140)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 **ผลการทดสอบการอบสมุนไพรตะไคร้** และนำข้อมูล มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วย ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความชื้นของสมุนไพร ตะไคร้ หลังการอบแห้ง

ตัวอย่างที่	ค่าความชื้น %
1	7.5
2	7.1
3	6.6
4	7.6
5	6.5
ค่าเฉลี่ย	7.06
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	.5030

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ค่าความชื้นของสมุนไพร รัก ที่ผ่านการอบแห้งมีค่าความชื้นเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 7.06 SD.= .5030)

4.2.3 **ผลการทดสอบการอบสมุนไพร มะกรูด** มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วย ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าความชื้นของสมุนไพร มะกรูดหลังการอบแห้ง

ตัวอย่างที่	ค่าความชื้น %
1	8.5
2	8.7
3	7.9
4	8.8
5	8.6
ค่าเฉลี่ย	8.5
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	.3536

จากตารางที่ 4.3 พบว่า ค่าความชื้นของสมุนไพร มะกรูด ที่ผ่านการอบแห้งมีค่าความชื้นเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 8.5 SD.= .3536)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 **ผลการทดสอบการอบสมุนไพร รัก** มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วย ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าความชื้นของสมุนไพร รัก หลังการอบแห้ง

ตัวอย่างที่	ค่าความชื้น %
1	6.3
2	6.5
3	6.4
4	6.4
5	6.3
ค่าเฉลี่ย	6.38
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.083

จากตารางที่ 4.4 พบว่า ค่าความชื้นของสมุนไพร รัก ที่ผ่านการอบแห้งมีค่าความชื้นเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 6.38 SD.= 0.083)

4.2.5 **ผลการทดสอบการอบสมุนไพร ผลพริก** มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วย ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าความชื้นของสมุนไพร พริก หลังการอบแห้ง

ตัวอย่างที่	ค่าความชื้น %
1	7.2
2	7.2
3	8.0
4	8.2
5	7.3
ค่าเฉลี่ย	7.58
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	.4817

จากตารางที่ 4.5 พบว่า ค่าความชื้นของสมุนไพร พริก ที่ผ่านการอบแห้งมีค่าความชื้นเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 7.58 SD.= .4817)

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.6 ผลจากการทดสอบการอบแห้งสมุนไพรตัวอย่าง นำข้อมูล มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี t – test One Sample Group ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS For Window

ตารางที่ 4.6 แสดงผลลัพธ์ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

One-Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Curcuma	5	8.1400	.1140	5.099E-02
CymbopoGon	5	7.0600	.5030	.2249
Citrus	5	8.5000	.3536	.1581
Calotropit	5	6.3800	8.367E-02	3.742E-02
Chilli	5	7.5800	.4817	.2154

ตารางที่ 4.7 แสดงผลลัพธ์ ค่า t - test

One-Sample Test

	Test Value = 10					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
Curcuma	-36.008	4	.000	-1.8600	-2.0016	-1.7184
CymbopoGon	-13.070	4	.000	-2.9400	-3.5645	-2.3155
Citrus	-9.487	4	.001	-1.500	-1.9390	-1.0610
Calotropit	-96.749	4	.000	-3.6200	-3.7239	-3.5161
Chilli	-11.235	4	.000	-3.4200	-3.0181	-1.8219

จากตารางที่ 4.7 พบว่า ค่า Sig < P 0.05 แสดงว่าค่าปริมาณความชื้นเฉลี่ยของสมุนไพรกลุ่มตัวอย่างจำนวน 5ชนิด หลังอบ แห้งมีค่าไม่เกิน ร้อยละ10 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษา อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

โครงการวิจัยนี้ เป็นการพัฒนาเครื่องอบแห้งสมุนไพร โดยการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ตลอดจน ปรึกษาผู้เชี่ยวชาญในด้านต่างๆ นำมาพัฒนาและสร้างต้นแบบเพื่อการทดสอบประสิทธิภาพในด้านต่างๆ ทดสอบการอบแห้ง และ วิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้การวิจัยเป็นไปอย่างสมบูรณ์

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 **วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

5.1.1.1 **เพื่อพัฒนา** สร้างต้นแบบ เครื่องอบแห้ง สมุนไพร

5.1.1.2 **เพื่อหาประสิทธิภาพ** ด้านต่างๆดังต่อไปนี้

1) **ด้านการอบแห้ง** โดยตรวจสอบ ค่าระดับความชื้นของสมุนไพร ไม่เกินร้อยละ 10 ตามมาตรฐานของ สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข

5.1.2 **ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง**

ประชากรที่ใช้ในงานวิจัย

1. ผู้เชี่ยวชาญ ด้านเครื่องจักรกล จำนวน 3 ท่าน
2. ผู้เชี่ยวชาญ ด้านไฟฟ้า จำนวน 3 ท่าน
3. ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ จำนวน 3 ท่าน

5.1.3 **เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย**

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ในขั้นตอนการดำเนินงานให้บรรลุวัตถุประสงค์ของงานวิจัย สามารถแยกรายละเอียดได้ดังนี้

5.1.3.1 **ต้นแบบเครื่องอบแห้งสมุนไพร**

5.1.3.2 **เครื่องชั่งน้ำหนัก**

5.1.4 **การเก็บรวบรวมข้อมูล**

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลตามลำดับต่อไปนี้

5.1.4.1 ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลทางด้านเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากแหล่งต่างๆดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ห้องสมุด คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2) หอสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าธนบุรี

3) ห้องสมุด มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีมหานคร

4) ห้องสมุด คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

5) ห้องสมุด บริษัทบูรพาการไฟฟ้าอุตสาหกรรมจำกัด

6) ข้อมูลจาก วารสารอีเล็คทรอนิค

5.1.4.2 ผู้วิจัยได้ทำหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูล จากงานบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อขออนุญาตในการเก็บรวบรวมข้อมูล และดำเนินการดังต่อไปนี้

1) ปรึกษาข้อมูลในการออกแบบกับผู้เชี่ยวชาญในแต่ละด้าน จำนวน 3 ด้าน

2) นำแบบร่างที่ออกแบบปรึกษาขอคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ เพื่อขอข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขและพัฒนา

5.1.4.3 ทำการทดสอบเครื่องต้นแบบ และ เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพในการอบแห้ง

5.1.5 **การวิเคราะห์ข้อมูล**

การวิเคราะห์ข้อมูลจากเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้ใช้สถิติในการวิเคราะห์โดยการ หาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) , ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และทดสอบสมมติฐานโดย t-test แบบ One Sample Group

5.2 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการออกแบบและสร้างต้นแบบ เพื่อทดสอบและหาประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งสมุนไพร สามารถสรุปผลประกอบด้วยรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.2.1 **ผลการพัฒนาเครื่องอบแห้งสมุนไพร**

5.2.1.1 **เครื่องอบที่มีถังทรงกระบอกหมุนในแนวนอน** ทำด้วย สแตนเลส เกรด 304 ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 641 มิลลิเมตร ยาว 700 มิลลิเมตร ปริมาตร บรรจุ สมุนไพร ต่ำสุด 11.25ลิตร สูงสุด 35.25 ลิตร ความเร็วรอบของถังหมุน 14.28 รอบ ต่อนาที

5.2.1.2 **ชุดกำเนิดรังสี** เป็นแท่ง อินฟาเรด ขนาด 1000 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.1.3 **ชุดขับเคลื่อน** ประกอบด้วยมอเตอร์ขนาด 400 วัตต์ พร้อมเกียร์ ทดรอบ 1: 60 มีล้อขับสายพานร่อง B ขนาด 3 นิ้ว, ล้อตามสายพานร่อง B ขนาด 7 นิ้ว ,สายพานขับร่อง B ความยาว 56 นิ้ว

5.2.1.4 **ชุดพัดลมดูดอากาศ** ขนาด 200 วัตต์ ปริมาตรลมดูด 9.5 คิวบิคเมตร ต่อนาที

5.2.1.5 **ชุดควบคุมอุณหภูมิ** ใช้ เทอร์โมคัพเปิล (Themocouple) เป็นตัววัด ควบคุมด้วยชุดแสดงผลระบบ ดิจิตอล สามารถกำหนดอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด ได้

5.2.1.6 **ชุดควบคุมการทำงาน** ประกอบด้วยอุปกรณ์ ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ขับเคลื่อน , แท่งรังสี , พัดลมดูดอากาศ , เครื่องตั้งเวลาการอบแห้ง 0-24 ชั่วโมง และสามารถควบคุมการทำงานในระบบอัตโนมัติ โดยการกดแบบปุ่มเดียว หรือแบบการกดหลายปุ่ม และปุ่มหยุดฉุกเฉิน

5.2.3 **สรุปผลการทดสอบประสิทธิภาพการอบแห้ง**

ผลการทดสอบปรากฏว่า

ค่าความชื้นของขมิ้นชัน มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 8.14ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน .1140 ($\overline{X}$ =8.14, SD=.1140)

ค่าความชื้นของ ตะไคร้ มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 7.06 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน .5030 ($\overline{X}$ =7.06, SD=.5030)

ค่าความชื้นของ มะกรูด มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 8.5 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน .3536 ($\overline{X}$ =8.5, SD=.3536)

ค่าความชื้นของ รัก มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 6.38 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.08 ($\overline{X}$ =6.38, SD=.08)

ค่าความชื้นของ พริก มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 7.58 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน .4817 ($\overline{X}$ =7.58, SD= .4817)

ผลการทดสอบสมมุติฐาน ด้านประสิทธิภาพการอบแห้ง จากเครื่องอบแห้งสมุนไพรที่พัฒนาขึ้นพบว่ามีค่าความชื้นของสมุนไพรมีค่า ไม่เกินร้อยละ 10 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ที่ 0.05 ระดับความเชื่อมั่น 95 %

5.3 อภิปรายผล

จากผลของการทดสอบการอบแห้งกลุ่มสมุนไพรตัวอย่าง ทำให้ผู้วิจัยทราบว่า ในการอบแห้งสมุนไพรตัวอย่างซึ่งเป็นองค์ประกอบ สำคัญ ทั้ง 5 ส่วนของพืชสมุนไพร คือ ราก ลำต้น ใบ ดอก และผล มีความแตกต่างกันในหลายอย่าง เช่น อุณหภูมิที่ใช้อบ ระยะเวลาในการอบที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แตกต่างกัน ค่าความชื้นในองค์ประกอบของสมุนไพร ปริมาตรในการอบ ที่มีผลต่อระยะเวลาในการอบ เนื่องจาก สมุนไพรในแต่ละชนิด มีรูปร่างลักษณะโครงสร้างที่แตกต่างกันไป ดัง การนำสมุนไพรมาทำการอบแห้งต้องคำนึงถึงธรรมชาติ ของสมุนไพรในแต่ละชนิด และปรับเลือก การทำงานของเครื่องอบแห้งให้เหมาะสม เพื่อที่จะรักษาคุณค่าทางยาของสมุนไพร และมีมาตรฐานค่าความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 ตามมาตรฐานของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข พ.ศ. 2543

สำหรับอุปสรรคในการวิจัย จะมีอยู่หลายช่วง เช่น ช่วงขั้นตอนของการออกแบบร่างและทำการแก้ไขแบบร่าง ช่วงระยะเวลาที่สร้างต้นแบบมีความยุ่งยาก ซับซ้อน และใช้ต้นทุนในการสร้างต้นแบบค่อนข้างสูง และระยะเวลาของการวิจัย ค่อนข้างนาน

จากผลของการพัฒนาเครื่องอบแห้งสมุนไพร จะช่วยผู้ประกอบการให้มีทางเลือกมากขึ้นในการเลือกใช้เครื่องอบแห้ง สมุนไพร ที่สามารถอบแห้งผลิตภัณฑ์ให้มีความชื้น ตามมาตรฐาน ที่จะทำให้ผู้ประกอบการแปรรูปสมุนไพร มีความมั่นใจได้ถึงคุณภาพของ ผลิตภัณฑ์ ที่สามารถแข่งขันและตอบสนองความต้องการของตลาดได้เป็นอย่างดี

5.4 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาและพัฒนา เครื่องอบแห้งสมุนไพร มีวัตถุประสงค์การวิจัยคือ พัฒนาเครื่องอบแห้งสมุนไพร ให้มีประสิทธิภาพ ในการอบแห้ง สมุนไพรให้มีความชื้น ตามมาตรฐานแล้วก็ตาม แต่ในการวิจัยครั้งนี้ ยังไม่สามารถครอบคลุมชนิดสมุนไพร ซึ่งมีมากมายได้ ดังนั้น ในการทำวิจัย ครั้งต่อไป ผู้ที่สนใจ สามารถนำผลในวิจัยไปขยายผลเพิ่มเติมในการวิจัย ในเรื่องอื่นได้ เช่น ปริมาณในการอบที่มากขึ้น คุณค่า ทางยาของสมุนไพร, ลักษณะภายนอก, ลักษณะภายในที่เปลี่ยนแปลงไป , ผล ของรังสีที่มีต่อ สารประกอบภายในของสมุนไพร เปรียบเทียบกับการอบแห้งแบบอื่น หรือสามารถนำไปพัฒนาเครื่องอบแห้ง ให้สามรถอบแห้ง พืช ผัก หรือ วัตถุอื่น แล้วแต่ผู้วิจัยท่านใดจะสนใจต่อไป

สำหรับท่านที่สนใจจะนำเครื่องอบแห้งต้นแบบ ไปทำการขยายผลในด้านการใช้งานจริง หรือนำไปพัฒนาเชิง พานิช ควรตรวจสอบ หรือเพิ่ม ข้อการทดสอบทางด้านต่างๆ เพิ่มเติม ให้เป็นมาตรฐาน เช่น มาตรฐานทางด้านความปลอดภัย, มาตรฐานทางด้านเครื่องจักรกล เพื่อประโยชน์สูงสุดของผู้ประกอบการที่ต้องการใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข . 2543 **"สมุนไพรกับสาธารณสุขมูลฐาน"** [ONLINE].Availble.http:WWW.Dms.moph.go.th/sction4/402b.htm

กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข . 2543 **"สมุนไพรกับสาธารณสุขมูลฐาน 3"** [ONLINE].Availble.http:WWW.Dms.moph.go.th/sction4/402 b.htm

กองการนิสิต มหาวิทยาลัยนเรศวร. 2545. **โครงการเรียนรู้ร่วมกันสร้างสรรค์ชุมชน กลุ่มภาคเหนือ 3 ปี** . พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยนเรศวร.

กิตติพงษ์ กุลมาตย์. 2537. "การอบแห้งข้าวเปลือกแบบถังทรงกระบอกหมุน." วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

กิตติศักดิ์ วิธินันทกิตต์. 2545. "เครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อนร่วมกับอินฟาเรด." วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุณหภาพ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ชัยนนท์ ศรีสุภินานนท์. 2537. **การออกแบบผังโรงงาน** . กรุงเทพ ฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ณัฐ วรยศ. 2545 . " **เอกสารประกอบการสอนวิชา** HEAT TRANFER ". [ONLINE]. Availble. http: WWW. Me- learning.eng.cmu.ac.th/net. 2546.

ตระการ ก้าวกสิกรรม .2537. **คู่มือฉนวนความร้อน** . กรุงเทพ ฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น .

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2544. **หลักการแปรรูปอาหารเบื้องต้น**. กรุงเทพฯ.โอเดียน สโตร์.

บวรโชค ผู้พัฒน์ . 2545. **เตาอบอินฟาเรดกึ่งสุญญากาศ**. [ONLINE]. Availble. http://www.trf.or.th/research/abstract.asp?PROJECTID=RDG4450012. 2548.

บัญญัติ สุขศรีงาม. 2539. **เครื่องเทศที่ใช้เป็นสมุนไพร** เล่ม1. กรุงเทพฯ. อมรการพิมพ์.

บุหลัน พิทักษ์ผล และ ทัสนี สรสุชาติ . 2538 ."**การถนอมอาหารในปัจจุบัน** ". [ONLINE].Availble.http:WWW.Doag.go.th/libray/html/Kumagazine/February_2544

พรจิต ประทุมสุวรรณ .2541. **เครื่องมือวัดอุตสาหกรรม**. กรุงเทพ ฯ : เรือนแก้วการพิมพ์.

พรสนอง วงศ์สิงห์ทอง . 2545 . **วิธีวิทยาการวิจัยการออกแบบผลิตภัณฑ์** .กรุงเทพฯ : แท็กซ์แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น.

พงษ์เจต พรหมวงศ์ .2542 . **การถ่ายเทความร้อน** . กรุงเทพ ฯ : วีเจ พริ้นติ้ง.

มานพ ตันตระบัณฑิตย์. 2542. **กรรมวิธีการผลิต**. กรุงเทพ ฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

มานพ ตันตระบัณฑิตย์ และ สำลี แสงห้าว. 2542. **วัสดุช่างอุตสาหกรรม**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพ ฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และ ชาญ ถนัดงาน. 2534. **ออกแบบเครื่องจักรกล** . เล่มที่ 1 .กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

วิริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และ ชาญ ถนัดงาน. 2535. **ออกแบบเครื่องจักรกล**. เล่มที่ 2. กรุงเทพ ฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

วุฒิ วุฒิธรรมเวช และ คณะ. 2541. **พจนานุกรมสมุนไพร**. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

วุฒิชัย โหวธีระกุล. 2546. เอกสารประกอบการอบรม. **"อุตสาหกรรมแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร (สมุนไพร)"** กรุงเทพฯ : กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม.

วีระชัย แก่นทรัพย์. 2543. **โครงการประดิษฐ์ เครื่องอบแห้งระบบไมโครเวฟ-สุญญากาศ-ถังหมุน**. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ศักรินทร์ โสนันทะ . 2545 .**เครื่องมือวัดและการวัดทางไฟฟ้า**. กรุงเทพ ฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ศุภชัย ปัญญาวีร์. 2545. "การอนุรักษ์พลังงานสำหรับเตาเผา" **เทคนิค เครื่องกล ไฟฟ้า อุตสาหการ**. 12. (216) 129-142. กรุงเทพฯ : ส.เอเซียเพรส.

ศุภชัย ตระกูลทรัพย์ทวี. 2545. "ขบวนการความคิดในการออกแบบทางวิศวกรรม" (59-69). MACANICAL . ฉบับที่ 11 . กรุงเทพ ฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

สถาบันการแพทย์แผนไทย . 2546. " ศูนย์พัฒนาวัตถุดิบสมุนไพร. "[ONLINE]. Availble. http: WWW .ittm.or.th/org_material.htm. 2546.

สุทธิ์ ศรีบูรพา . 2540. **เออร์กอร์นอมิกวิศวกรรมมนุษย์ปัจจัย** .กรุงเทพ ฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข. 2543. **คู่มือผลิตภัณฑ์ยาจากสมุนไพรเพื่อเศรษฐกิจชุมชน**. กรุงเทพฯ : องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก.

หาญชัย สงวนให้. 2543. "การเรียนรู้ของนักศึกษาแพทย์แผนไทยในองค์กรชุมชน ชมรมการแพทย์แผนไทย พิษณุโลก วัดทองหลาง ตำบลมะขามสูง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก." สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม.

อนุศักดิ์ ฉิ่นไพศาล. 2543. **คู่มือการซ่อมบำรุงเครื่องจักรกล**. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

MOTOKI MATSUO. 2544. **เทคนิคการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอุตสาหกรรม** . พิมพ์ครั้งที่ 2. แปลและเรียบเรียงโดยบัณฑิต โรจน์อารยานนท์ และคณะ. กรุงเทพฯ. ดวงกมลสมัย.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการหาค่าความชื้นของสมุนไพร

1. การหาค่าเฉลี่ยน้ำหนักความชื้นของสมุนไพรตัวอย่าง

ในการวิจัยเพื่อพัฒนาเครื่องอบแห้งสมุนไพร ผู้วิจัยได้ใช้วิธีมาตรฐานในการตรวจวัดความชื้นของสมุนไพรตัวอย่าง จากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักความชื้นก่อนอบ} - \text{น้ำหนักความชื้นหลังอบ}}{\text{น้ำหนักความชื้นก่อนอบ}} \times 100$$

น้ำหนักความชื้นก่อนอบ หมายถึงน้ำหนักความชื้นที่อยู่ภายในสมุนไพรตัวอย่าง

น้ำหนักความชื้นหลังอบ หมายถึงน้ำหนักความชื้นที่หายไปในการอบสมุนไพรตัวอย่าง

ลำดับขั้นการดำเนินการทดสอบ

1.1 นำสมุนไพรตัวอย่างน้ำหนัก 1000 กรัม อบ ที่ อุณหภูมิ 105 องศาเซนเซียส จนน้ำหนักคงที่ จำนวน 5 ตัวอย่างเพื่อหาค่าเฉลี่ย น้ำหนัก ความชื้นก่อนอบ

1.2 หาค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสมุนไพร ก่อนอบและหลังอบ ตาม ตารางค่า เฉลี่ย ของน้ำหนักความชื้น

ตารางที่ ก1 แสดงค่าเฉลี่ยน้ำหนักก่อนการอบและหลังอบของตะไคร้

ตัวอย่างที่	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย
น้ำหนักสด(กรัม)	1000	1000	1000	1000	1000	1000
น้ำหนักแห้งหลังอบ (กรัม)	176.5	180.6	181.5	174.5	172.2	177.1
น้ำหนักความชื้นหลังอบ (กรัม)	823.5	819.4	818.5	825.5	827.8	822.9

1.3 นำค่าเฉลี่ยที่ได้ แทนค่าในสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{822.9 - \text{น้ำหนักความชื้นหลังอบ}}{822.9} \times 100$$

ตัวอย่าง

จากสมุนไพร น้ำหนักสด 1000 กรัม น้ำหนักความชื้นเฉลี่ย 822.9 กรัม (จากค่าเฉลี่ยการทดลอง) นำสมุนไพรหลังจากการอบแห้งแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก ได้ 250 กรัม

ดังนั้น น้ำหนักความชื้นที่หายไปหลังการอบ= น้ำหนักความชื้น เต็ม - (น้ำหนักสมุนไพรคงเหลือ –น้ำหนักแห้ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่า สูตร

น้ำหนักความชื้นที่หายไปหลังการอบ = 822.9 - (250 -177.1) = 72.9 กรัม

แทนค่าสูตรเปอร์เซ็นต์ความชื้น $\frac{822.9 - 750}{822.9} \times 100 = 8.65$ เปอร์เซ็นต์

2. การหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้ง

ในการวิจัยเพื่อพัฒนาเครื่องอบแห้งสมุนไพร ผู้วิจัยได้ดำเนินการหาระยะเวลาการอบที่เหมาะสมโดยการอบทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้น และเวลา จำนวน 5 ตัวอย่าง โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 นำสมุนไพรตัวอย่าง 1000 กรัม หรือไปอบที่อุณหภูมิอบแห้ง ตามมาตรฐานการอบแห้งสมุนไพร ในแต่ละชนิด

2.2 นำสมุนไพรตัวอย่างที่อบแห้งออกชั่งน้ำหนัก เพื่อคำนวณหาค่าความชื้นทุกๆ 1ชั่วโมง จนสมุนไพรตัวอย่างมีความชื้นไม่เกิน ร้อยละ 10 เพื่อกำหนดระยะเวลามาตรฐานในการทดลอง

2.3 นำค่าที่ได้ มาตั้งระยะเวลากับเครื่อง ตั้งเวลาอัตโนมัติสำหรับการกำหนดระยะเวลาปิดเครื่องอัตโนมัติ สำหรับการทดสอบ

ตารางที่ ก2 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของสมุนไพรตะไคร้กับระยะเวลาการอบ

ชั่วโมงที่ / ตัวอย่าง	1	2	3	4	5
1	61.4	34.9	19.3	11.8	7.5
2	61.1	33.9	18.6	11.4	7.1
3	63.3	33.8	18.2	11.1	6.6
4	62.4	35.7	20.2	11.7	7.6
5	61.3	34.1	18.4	10.9	6.5
ค่าเฉลี่ย	61.9	34.5	18.9	11.4	7.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. **การหาค่าความชื้นสมุนไพรหลังการอบแห้ง**

จากการอบแห้งสมุนไพร ตะโคร้ อุณหภูมิ 70 $^{\circ}$ C ระยะเวลาในการ อบ 5 ชั่วโมง ได้ทำการบันทึก ข้อมูลเพื่อการคำนวณ หาเปอร์เซ็นต์ ความชื้น

ตารางที่ ก3 แสดงค่าความชื้นตะไคร้ หลังการอบแห้ง

ลำดับ	น้ำหนักก่อนอบ/ กรัม	น้ำหนักสมุนไพรคงเหลือ /กรัม	น้ำหนักความชื้นที่หายไป/ กรัม	ความชื้นคงเหลือ/ กรัม	% ความชื้น
1	1000	239	761	61.9	7.5
2	1000	235.2	764.8	58.1	7.1
3	1000	231.6	768.4	54.5	6.6
4	1000	239.9	760.1	62.8	7.6
5	1000	230.6	769.4	53.5	6.5

ผลของการหาค่าความชื้นของสมุนไพร

ผลจากการทดสอบการอบแห้งและ หาค่าความชื้นของสมุนไพรตัวอย่างตามวิธีมาตรฐาน จำนวน 5 ชนิด ของ ต้นตะไคร้ , รากขมิ้นชัน ,ใบมะกรูด,คอกรัก และ ผลพริก จะได้ค่าต่างๆ ที่ใช้ในการวิจัยดังนี้

จากการอบแห้งสมุนไพร ตะโคร้ อุณหภูมิ 70 $^{\circ}$ C ระยะเวลาในการ อบ 5 ชั่วโมง ได้ทำการบันทึก ข้อมูลเพื่อการคำนวณ หาเปอร์เซ็นต์ ความชื้น

ตารางที่ ก4 แสดงค่าเฉลี่ยน้ำหนักก่อนการอบและหลังอบของตะไคร้

ตัวอย่างที่	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย
น้ำหนักสด(กรัม)	1000	1000	1000	1000	1000	1000
น้ำหนักแห้งหลังอบ (กรัม)	176.5	180.6	181.5	174.5	172.2	177.1
น้ำหนักความชื้นหลังอบ (กรัม)	823.5	819.4	818.5	825.5	827.8	822.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก5 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของตะไคร้กับระยะเวลาการอบ

ชั่วโมงที่ / ตัวอย่าง	1	2	3	4	5
1	61.4	34.9	19.3	11.8	7.5
2	61.1	33.9	18.6	11.4	7.1
3	63.3	33.8	18.2	11.1	6.6
4	62.4	35.7	20.2	11.7	7.6
5	61.3	34.1	18.4	10.9	6.5
ค่าเฉลี่ย	61.9	34.5	18.9	11.4	7.1

ตารางที่ ก6 แสดงค่าความชื้น ตะไคร้ หลังการอบแห้ง

ลำดับ	น้ำหนักก่อนอบ/กรัม	น้ำหนักสมุนไพรคงเหลือ /กรัม	น้ำหนักความชื้นที่หายไป/ กรัม	ความชื้นคงเหลือ/ กรัม	% ความชื้น
1	1000	239	761	61.9	7.5
2	1000	235.2	764.8	58.1	7.1
3	1000	231.6	768.4	54.5	6.6
4	1000	239.9	760.1	62.8	7.6
5	1000	230.6	769.4	53.5	6.5

จากการอบแห้งสมุนไพร ขมิ้นชัน อุณหภูมิ 70 ° C ระยะเวลาในการ อบ 6 ชั่วโมง ได้ทำการบันทึก ข้อมูลเพื่อการคำนวณ หาเปอร์เซ็นต์ ความชื้น

ตารางที่ ก7 แสดงค่าเฉลี่ยน้ำหนักก่อนการอบและหลังอบของ ขมิ้น

ตัวอย่างที่	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย
น้ำหนักสด(กรัม)	1000	1000	1000	1000	1000	1000
น้ำหนักแห้งหลังอบ (กรัม)	226.5	221.4	228.1	225.3	227.1	225.7
น้ำหนักความชื้นหลังอบ (กรัม)	773.5	778.6	771.9	774.7	772.9	774.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก8 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของ ขมิ้น กับระยะเวลาการอบ

ชั่วโมงที่ / ตัวอย่าง	1	2	3	4	5	6
1	79.5	56.1	34.7	20.2	12.5	8.3
2	78.8	55.5	34.0	19.7	11.9	8.1
3	78.2	55.7	34.3	19.4	12.3	8.2
4	78.2	53.9	33.6	19.3	11.6	8.0
5	78.0	55.1	35.0	19.5	11.6	8.1
ค่าเฉลี่ย	78.5	55.3	34.3	11.38	7.06	8.1

ตารางที่ ก9 แสดงค่าความชื้น ขมิ้น หลังการอบแห้ง

ลำดับ	น้ำหนักก่อนอบ/กรัม	น้ำหนักสมุนไพรคงเหลือ /กรัม	น้ำหนักความชื้นที่หายไป/ กรัม	ความชื้นคงเหลือ/ กรัม	% ความชื้น
1	1000	290	710	64.3	8.3
2	1000	288.2	711.8	62.5	8.1
3	1000	289.2	710.8	63.5	8.2
4	1000	287.6	712.4	61.9	8.0
5	1000	288.4	711.6	62.7	8.1

จากการอบแห้งสมุนไพร มะกรูด อุณหภูมิ 60 $^{\circ}$ C ระยะเวลาในการ อบ 3 ชั่วโมง ได้ทำการบันทึก ข้อมูลเพื่อการคำนวณ หาเปอร์เซ็นต์ ความชื้น

ตารางที่ ก10 แสดงค่าเฉลี่ยน้ำหนักก่อนการอบและหลังอบของ มะกรูด

ตัวอย่างที่	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย
น้ำหนักสด(กรัม)	1000	1000	1000	1000	1000	1000
น้ำหนักแห้งหลังอบ (กรัม)	487.4	482.6	486.1	482.1	490.2	485.7
น้ำหนักความชื้นหลังอบ (กรัม)	512.6	517.4	513.9	517.9	509.8	514.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก11 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของ มะกรูด กับระยะเวลาการอบ

ชั่วโมงที่ / ตัวอย่าง	1	2	3
1	58.4	25.9	8.5
2	60.2	26.1	8.7
3	57.5	25.1	7.9
4	61.4	26.7	8.8
5	59.2	26.5	8.6
ค่าเฉลี่ย	59.3	26	8.5

ตารางที่ ก12 ตารางแสดงค่าความชื้น มะกรูด หลังการอบแห้ง

ลำดับ	น้ำหนักก่อนอบ/กรัม	น้ำหนักสมุนไพรคงเหลือ /กรัม	น้ำหนักความชื้นที่หายไป/ กรัม	ความชื้นคงเหลือ/ กรัม	% ความชื้น
1	1000	529.4	470.6	43.7	8.5
2	1000	530.4	469.6	44.7	8.7
3	1000	526.3	473.7	40.6	7.9
4	1000	531.1	468.9	45.4	8.8
5	1000	529.9	470.1	44.2	8.6

จากการอบแห้งสมุนไพร รัก อุณหภูมิ 60 $^{\circ}$ C ระยะเวลาในการ อบ 4 ชั่วโมง ได้ทำการบันทึก ข้อมูลเพื่อการคำนวณ หาเปอร์เซ็นต์ ความชื้น

ตารางที่ ก13 แสดงค่าเฉลี่ยน้ำหนักก่อนการอบและหลังอบของ รัก

ตัวอย่างที่	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย
น้ำหนักสด(กรัม)	1000	1000	1000	1000	1000	1000
น้ำหนักแห้งหลังอบ (กรัม)	152.5	164.4	149.6	159.8	156.3	156.5
น้ำหนักความชื้นหลังอบ (กรัม)	847.5	835.6	850.4	840.2	843.7	843.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก14 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของ รัก กับระยะเวลาการอบ

ตัวอย่าง \ ชั่วโมงที่	1	2	3	4
1	63.5	32.1	14.9	6.3
2	63.8	32.3	15.2	6.5
3	63.4	32.4	14.6	6.4
4	64.3	33.2	14.5	6.4
5	62.8	31.9	14.6	6.3
ค่าเฉลี่ย	63.6	32.4	14.8	6.4

ตารางที่ ก15 แสดงค่าความชื้นดอก รัก หลังการอบแห้ง

ลำดับ	น้ำหนักก่อนอบ/กรัม	น้ำหนักสมุนไพรคงเหลือ /กรัม	น้ำหนักความชื้นที่หายไป/ กรัม	ความชื้นคงเหลือ/ กรัม	% ความชื้น
1	1000	209.6	790.4	53.1	6.3
2	1000	211.3	788.7	54.8	6.5
3	1000	210.4	789.6	53.9	6.4
4	1000	210.4	789.6	53.9	6.4
5	1000	210	790	53.5	6.3

จากการอบแห้งสมุนไพร พริก อุณหภูมิ 80 $^{\circ}$ C ระยะเวลาในการ อบ 4 ชั่วโมง ได้ทำการบันทึก ข้อมูลเพื่อการคำนวณ หาเปอร์เซ็นต์ ความชื้น

ตารางที่ ก16 แสดงค่าเฉลี่ยน้ำหนักก่อนการอบและหลังอบของ พริก

ตัวอย่างที่	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย
น้ำหนักสด(กรัม)	1000	1000	1000	1000	1000	1000
น้ำหนักแห้งหลังอบ (กรัม)	226	234	246	231	256	238.6
น้ำหนักความชื้นหลังอบ (กรัม)	774	766	754	769	744	761.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก17 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น พริก กับระยะเวลาการอบ

ชั่วโมงที่ / ตัวอย่าง	1	2	3	4
1	60.3	25.6	12.0	7.2
2	59.9	25.2	11.6	7.2
3	60.7	25.9	12.5	8.0
4	61.2	26.6	12.8	8.2
5	59.3	24.9	11.4	7.3
ค่าเฉลี่ย	60.3	25.6	12.1	7.4

ตารางที่ ก18 แสดงค่าความชื้น พริก หลังการอบแห้ง

ลำดับ	น้ำหนักก่อนอบ/กรัม	น้ำหนักสมุนไพรคงเหลือ/กรัม	น้ำหนักความชื้นที่หายไป/กรัม	ความชื้นคงเหลือ/ กรัม	% ความชื้น
1	1000	293.2	706.8	54.6	7.2
2	1000	293.4	706.6	54.8	7.2
3	1000	299.8	700.2	61.2	8.0
4	1000	301.1	698.9	62.5	8.2
5	1000	294.2	705.8	55.6	7.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

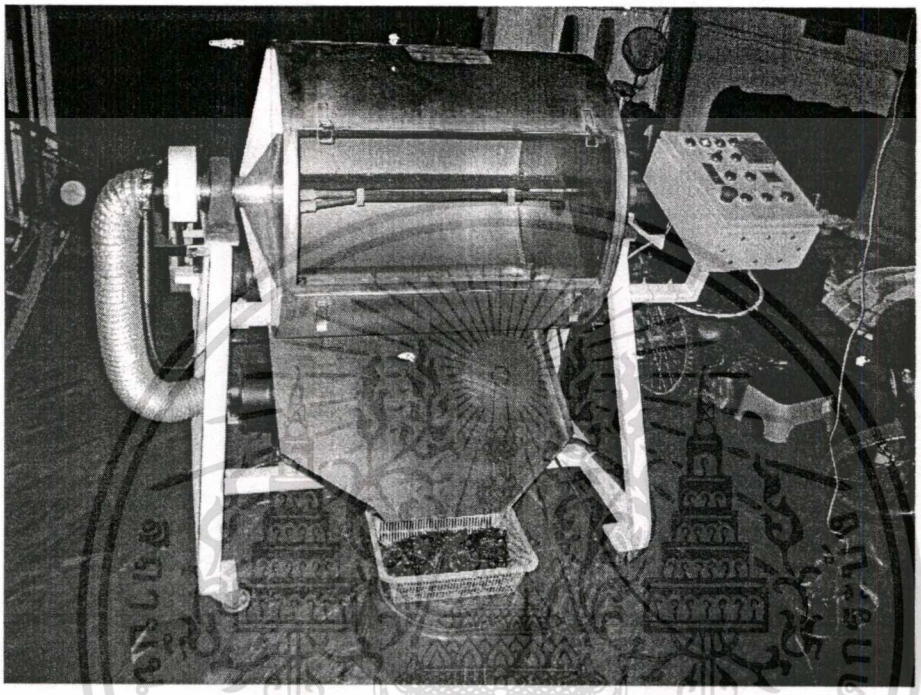
ในการวิจัยเรื่อง การพัฒนาเครื่องอบแห้งสมุนไพร ผู้วิจัย มีขั้นตอนการทดสอบและได้ใช้เครื่องมือทดสอบโดยการใช้เครื่องชั่งน้ำหนัก เพื่อชั่งน้ำหนักของสมุนไพรตัวอย่าง ทั้งก่อนอบ และหลังอบโดย

1. เครื่องชั่งระบบ ดิจิตอล ขนาด พิกัด 0-3200 กรัม / 0.01 กรัม ยี่ห้อ SHIMADSU M435100081

รูปที่ ข.1 แสดงเครื่องชั่งที่ใช้ทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ในการวิจัยผู้วิจัย ได้จัดสร้างต้นแบบสำหรับการทดสอบในการอบแห้งเพื่อหาค่าความชื้นของสมุนไพรเพื่อนำค่าความชื้นที่ได้ไปวิเคราะห์



รูปที่ ข. 2 แสดงเครื่องอบแห้ง ที่ใช้ทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mitsubishi Electric Automation (Thailand) Co., Ltd	Doc. Type Form
Calibration Report (Mechanical)	Doc. No FCB01-12-002
Doc's Owner : 2 nd Manufacturing Quality Control Dept Mgr	Issued Date 16-May-06

Mechanical Measuring Equipment Section: **W/MC**

เครื่องมือสอบเทียบ			เครื่องมือที่ถูกสอบเทียบ		
ชื่อ	STANDARD WEIGHT SET (50 mg, 1000 g, 1000 g, 2 Kg, 5 Kg, 10 Kg, 20 Kg)		ชื่อ	DIGITAL WEIGHTING	
			ระยะ/ค่าความละเอียด	0-3200 g / 0.01 g	
รุ่น	Class M1		หมายเลข	M 435100081	
เลขที่ใบรับรอง	Q0502935, Q0502936, Q0502006, Q0502007, Q0502024, Q0502025		รหัสเครื่อง	WMF-04-001	
รหัสเครื่อง	LCF-04-001, LCF-04-002, LCF-04-003, LCF-04-004, LCF-04-005, LCF-04-006		ยี่ห้อ	SHIMADZU	
สอบเทียบเมื่อวันที่	9 Apr.05, 12 Mar. 05		สอบเทียบเมื่อวันที่	24/10/06	
หมดอายุการสอบเทียบ	Apr. 2007, Mar. 2007		หมดอายุการสอบเทียบ	Apr. 2007	
อุณหภูมิ	23 ±2	°C	อุณหภูมิ	23	°C
ความชื้น	55 ±10	%	ความชื้น	58	%

ITEM	ระยะที่วัด (g)	ค่าที่อ่านได้ (g) 1	2	3	4	$\bar{X}$	ค่าความผิดพลาด	ค่าที่ยอมรับได้	ผลการสอบเทียบ
A	10.00	10.01	10.01	10.01	10.01	10.01	0.01	± 5.0 g.	
B	100.00	100.01	100.01	100.01	100.01	100.01	0.01	± 5.0 g.	OK ☑
C	1000.00	1000.07	1000.07	1000.07	1000.07	1000.07	0.07	± 5.0 g.	
D	2000.00	2000.02	2000.02	2000.02	2000.02	2000.02	0.02	± 5.0 g.	
E	3200.00	3200.12	3200.12	3200.12	3200.12	3200.12	0.12	± 5.0 g.	NG ☐
F									
G									
H									

การสอบเทียบ ครบกำหนด ☑ ก่อนกำหนด ☐ ..... ☐

ส่วน Calibration

สภาพทั่วไป

หมายเหตุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ไม่ว่าทั้งหมดหรือบางส่วน ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

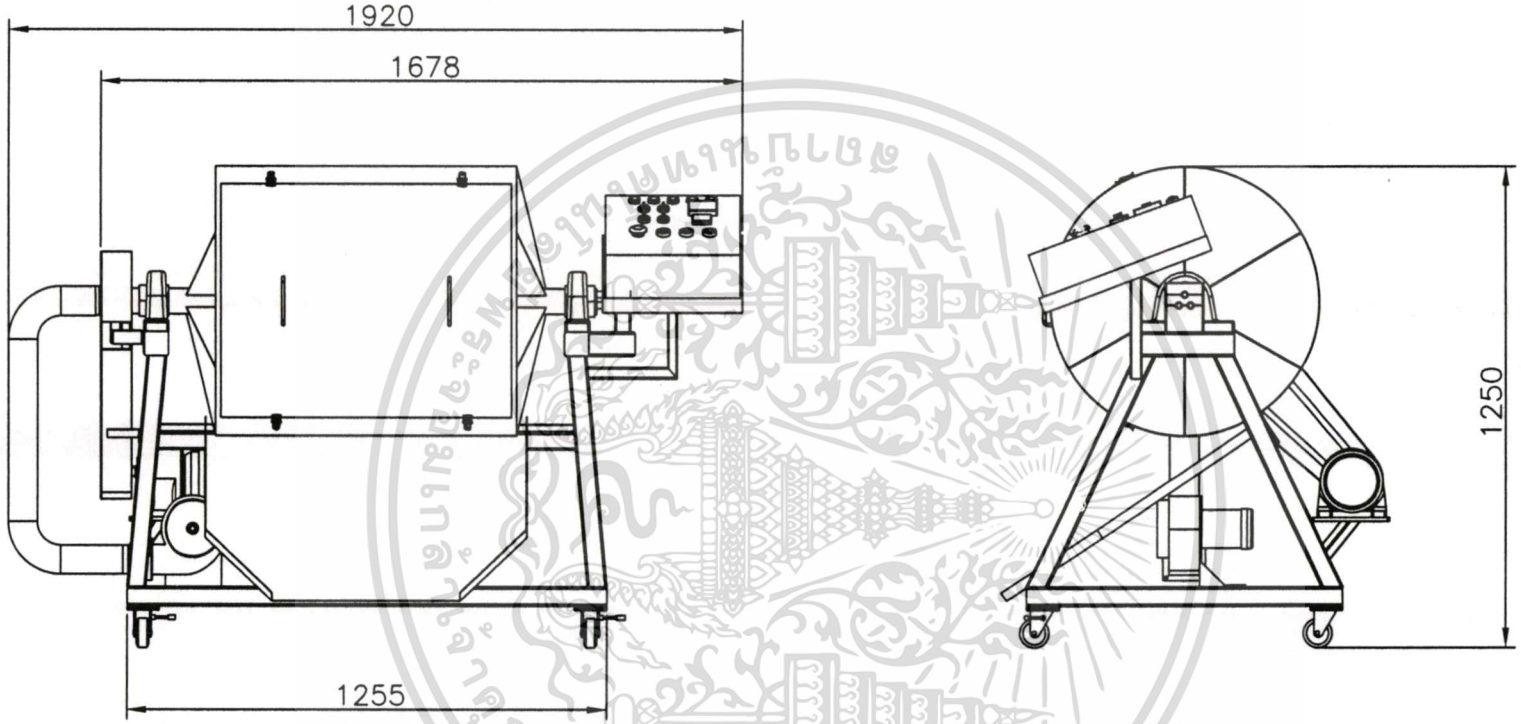
CALIBRATED BY :	CHECKED BY :	APPROVED BY :

ภาคผนวก ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

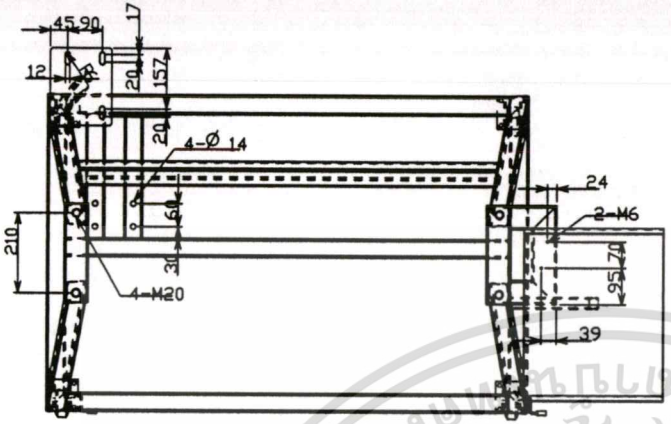
ชื่อเรื่อง	ผู้ประดิษฐ์	มาตราส่วน : 1/15
ระบบตรวจสอบและแจ้งเตือนการเกิดอุบัติเหตุในโรงงานอุตสาหกรรมด้วยเทคโนโลยีสัญญาณไร้สาย	ชื่อ-นามสกุล : นายธีรพัฒน์ ภู่ประดิษฐ์	
	ชื่อ-นามสกุล : นายกิตติภัค ทองเรือง	
	ชื่อ-นามสกุล : นายวรวุฒิ ชมภูคำ	
	อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.ณัฐพล ธรรมรังสี	
	ภาควิชา : วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์	
	คณะ : วิศวกรรมศาสตร์	

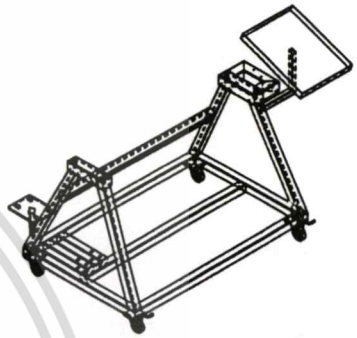
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

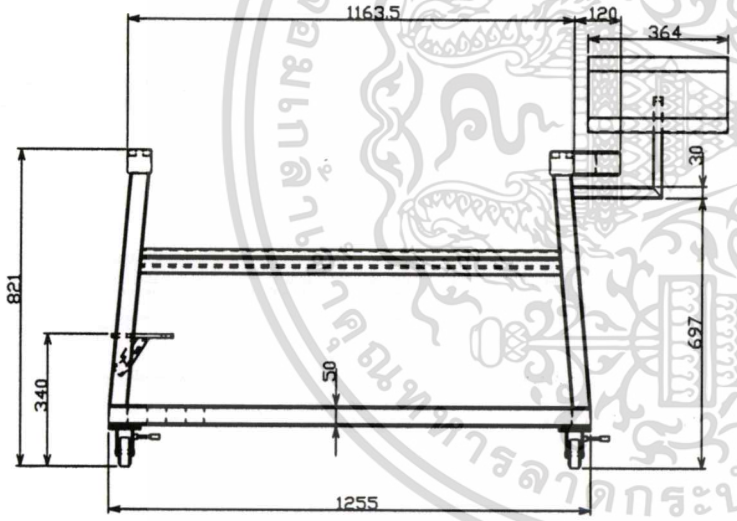


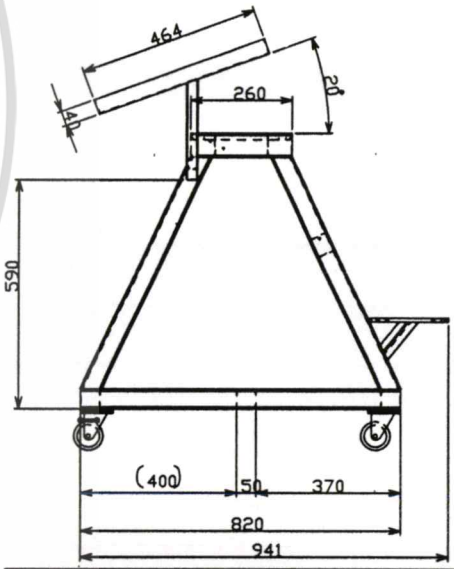
ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือนำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

บัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	
: จารนิพนธ์	
ชื่อโครงการ : พัฒนาเครื่องอบสมุนไพร	
ผู้ออกแบบ : นายชุมพล ลิ้มสุวรรณ	
ผู้ควบคุมสารนิพนธ์ : รองศาสตราจารย์อุดมศักดิ์ สาริบุตร	
หน่วยวัด เป็น มิลลิเมตร	อัตราส่วน : 1/20



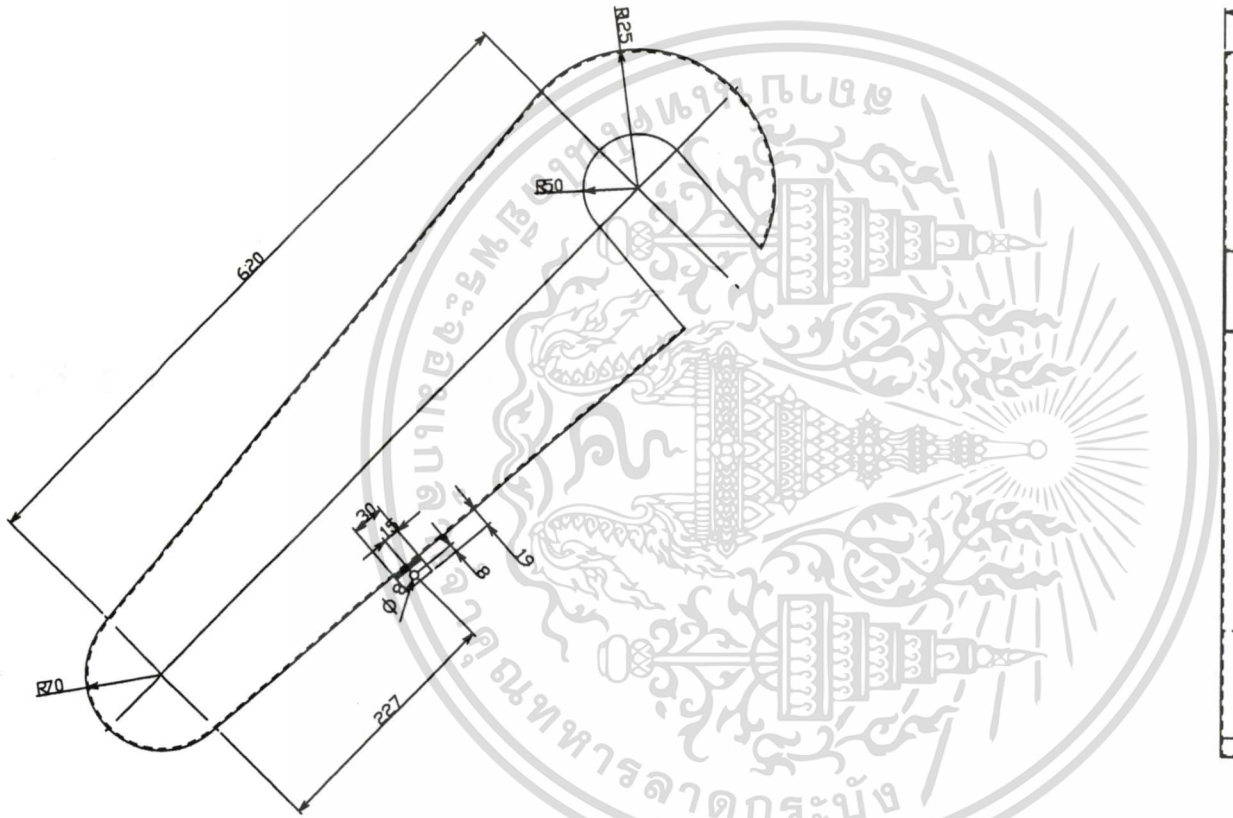


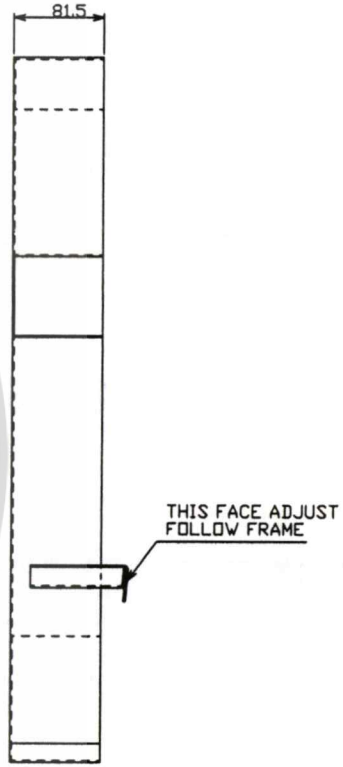




บัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	
: สารนิพนธ์	
ชื่อโครงการ : พัฒนาเครื่องอบสมุนไพร	
ผู้ออกแบบ : นายชุมพล ลิ้มสุวรรณ	
ผู้ควบคุมสารนิพนธ์ : รองศาสตราจารย์อุดมศักดิ์ สาริบุตร	
หน่วยวัด เป็น มิลลิเมตร	อัตราส่วน : 1/20

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือนำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น



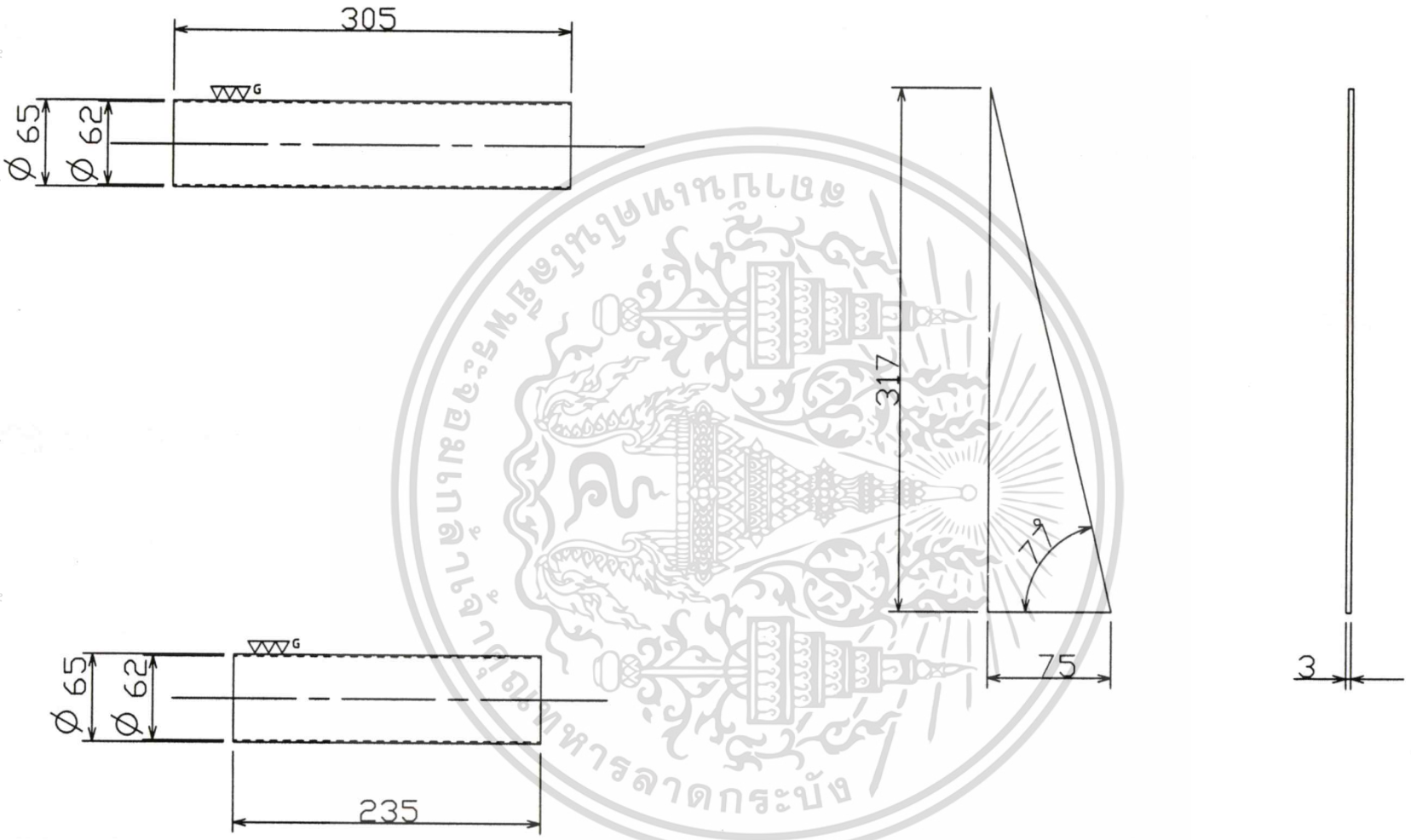


บัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	
: สารนิพนธ์	
ชื่อโครงการ : พัฒนาเครื่องอบสมุนไพร	
ผู้ออกแบบ : นายชุมพล ลิ้มสุวรรณ	
ผู้ควบคุมสารนิพนธ์ : รองศาสตราจารย์อุดมศักดิ์ สาริบุตร	
หน่วยวัด เป็น มิลลิเมตร	อัตราส่วน : 1/5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อ-สกุล นายพีรพัฒน์ ทับไว้ รหัสนักศึกษา		มาตราส่วน : 1/10
ชื่อโครงการ : ตู้เก็บอุปกรณ์ประกอบการเรียนการสอน		
ชื่อเรื่อง : ตู้เก็บอุปกรณ์		
หน่วยงาน : ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ		
ที่ปรึกษาโครงการ : ผศ.ดร.ชัยยุทธ ชัยสุขโข		
ผู้ดำเนินการ : นายพีรพัฒน์ ทับไว้		
ผู้ประสานงานและให้ข้อมูลในโครงการ : นายพีรพัฒน์ ทับไว้		
ผู้ประสานงานและให้ข้อมูลในโครงการ : นายพีรพัฒน์ ทับไว้		

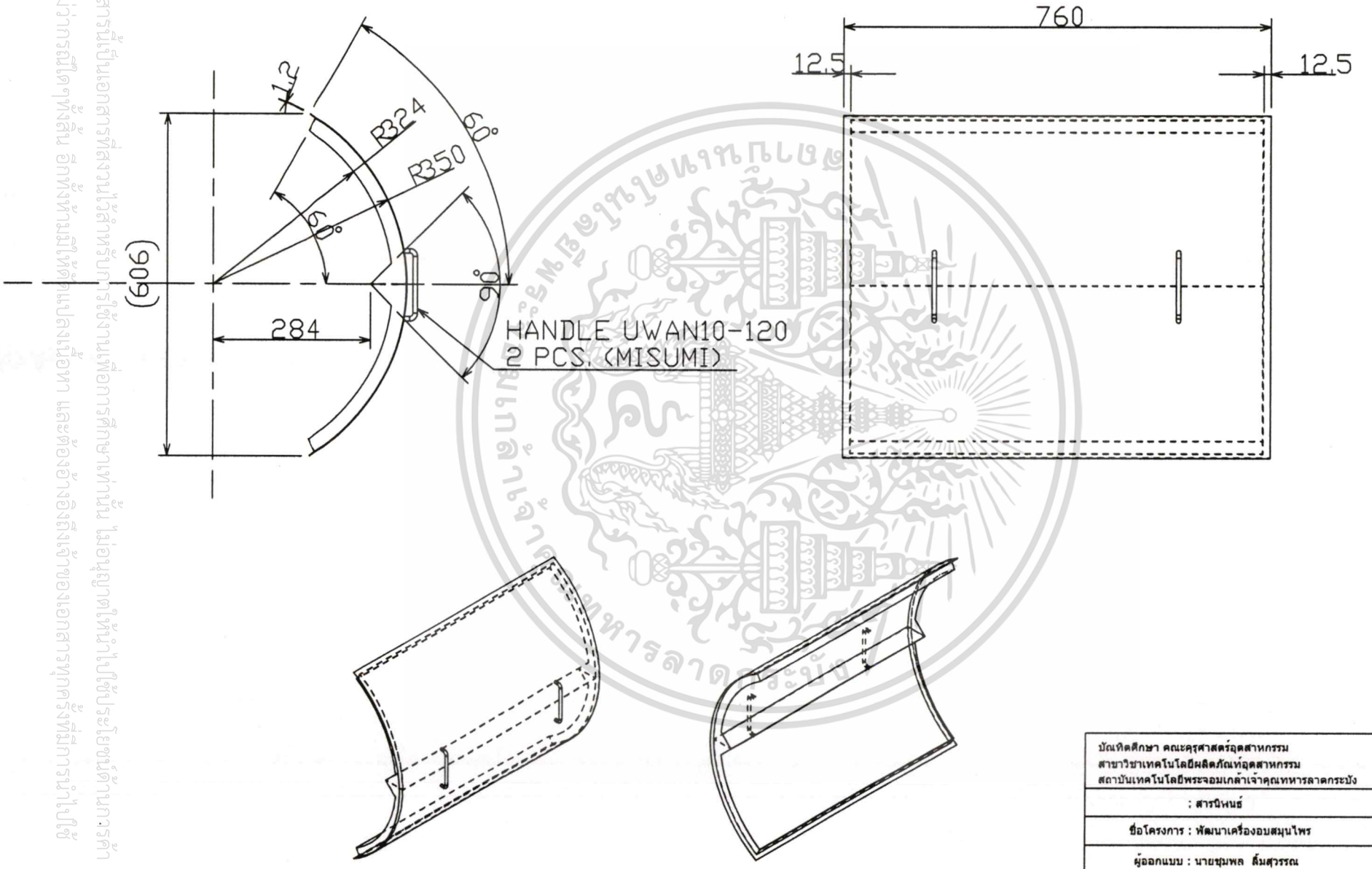
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

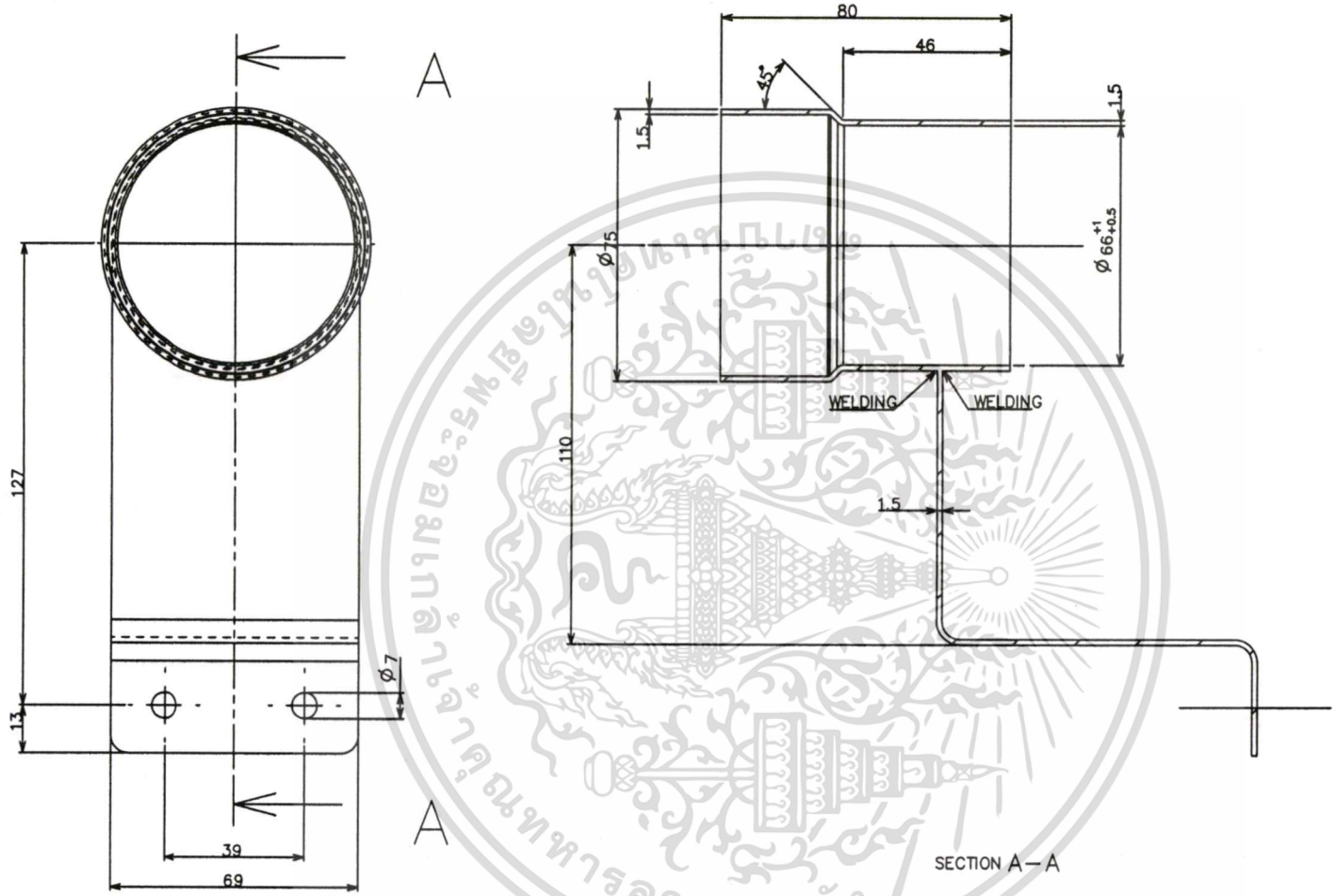
บัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	
: สารนิพนธ์	
ชื่อโครงการ : พัฒนาเครื่องอบสมุนไพร	
ผู้ออกแบบ : นายชุมพล ลิ้มสุวรรณ	
ผู้ควบคุมสารนิพนธ์ : ของศาสตราจารย์อุดมศักดิ์ สาริบุตร	
หน่วยวัด เป็น มิลลิเมตร	อัตราส่วน : 1/5

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



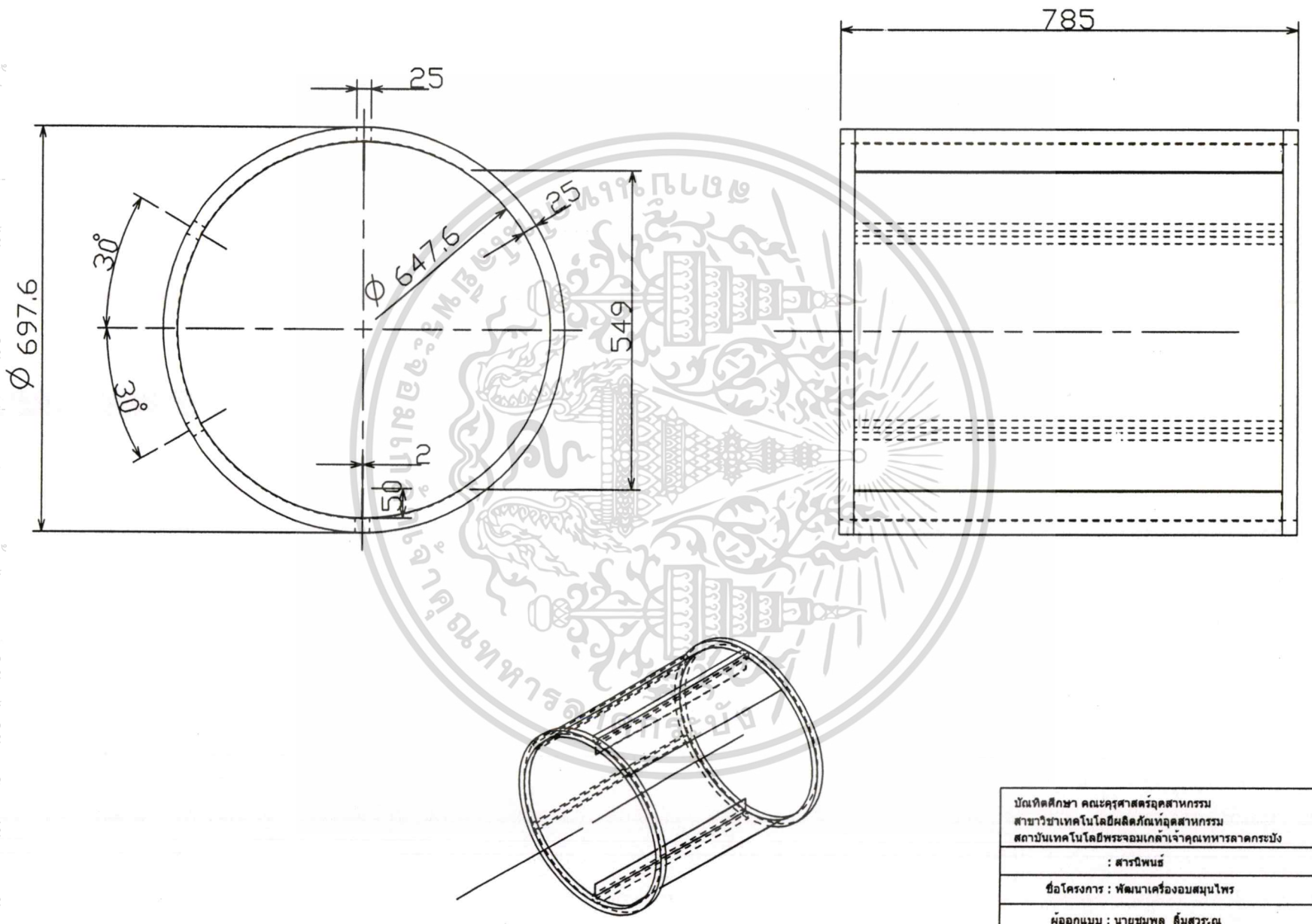
บัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	
: สารนิพนธ์	
ชื่อโครงการ : พัฒนาเครื่องอบสมุนไพร	
ผู้ออกแบบ : นายชุมพล ลิ้มสุวรรณ	
ผู้ควบคุมสารนิพนธ์ : รองศาสตราจารย์อุดมศักดิ์ สาริบุตร	
หน่วยวัด เป็น มิลลิเมตร	อัตราส่วน : 1/10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



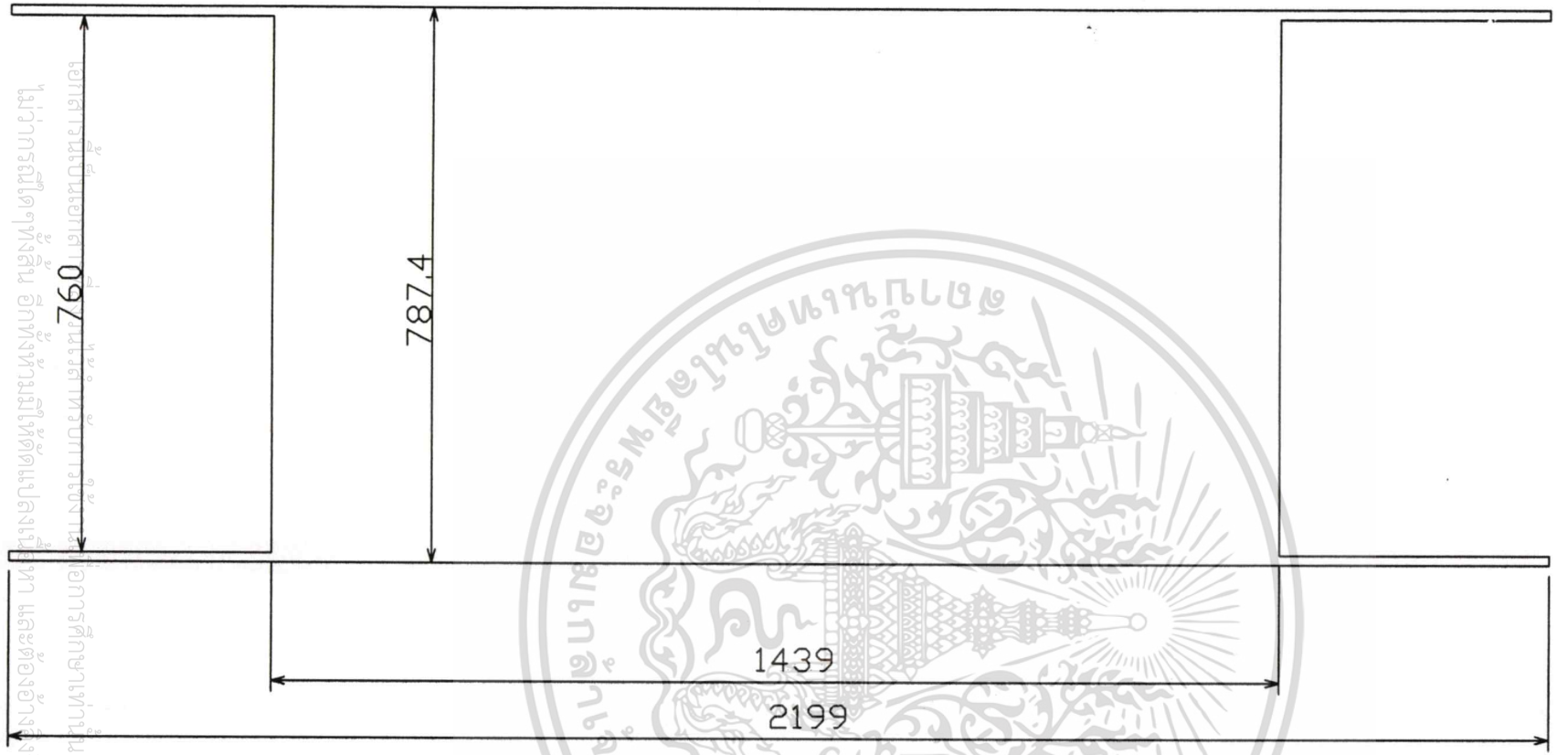
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	
: สารนิพนธ์	
ชื่อโครงการ : พัฒนาเครื่องอบสมุนไพร	
ผู้ออกแบบ : นายชุมพล ลิ้มสุวรรณ	
ผู้ควบคุมสารนิพนธ์ : รองศาสตราจารย์อุดมศักดิ์ สาริบุตร	
หน่วยวัด เป็น มิลลิเมตร	อัตราส่วน : 1/2

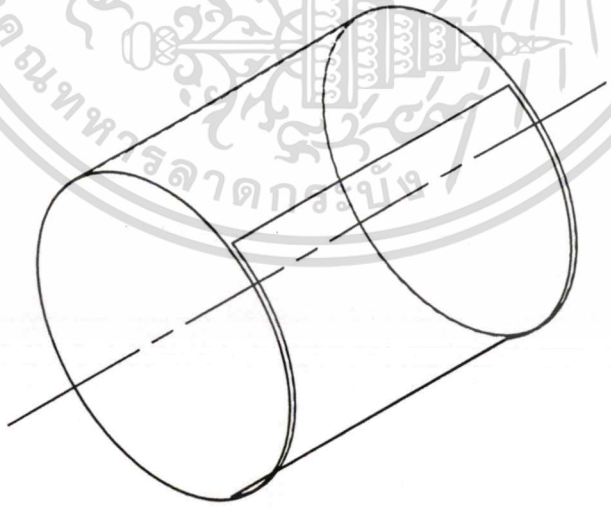


บัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	
: สารนิพนธ์	
ชื่อโครงการ : พัฒนาเครื่องอบสมุนไพร	
ผู้ออกแบบ : นายชุมพล ดิ่มสุวรรณ	
ผู้ควบคุมสารนิพนธ์ : รองศาสตราจารย์อุดมศักดิ์ สาริบุตร	
หน่วยวัด เป็น มิลลิเมตร	อัตราส่วน : 1/10

ลิขสิทธิ์เป็นของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

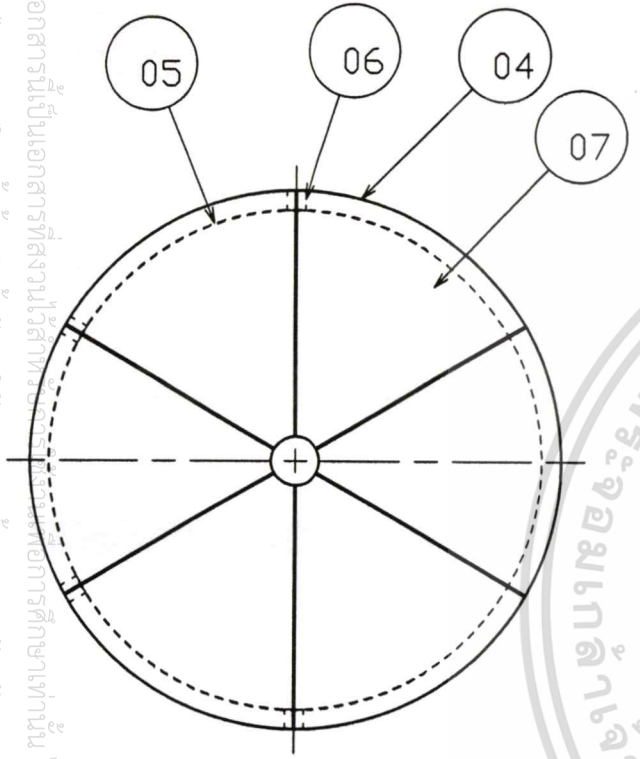


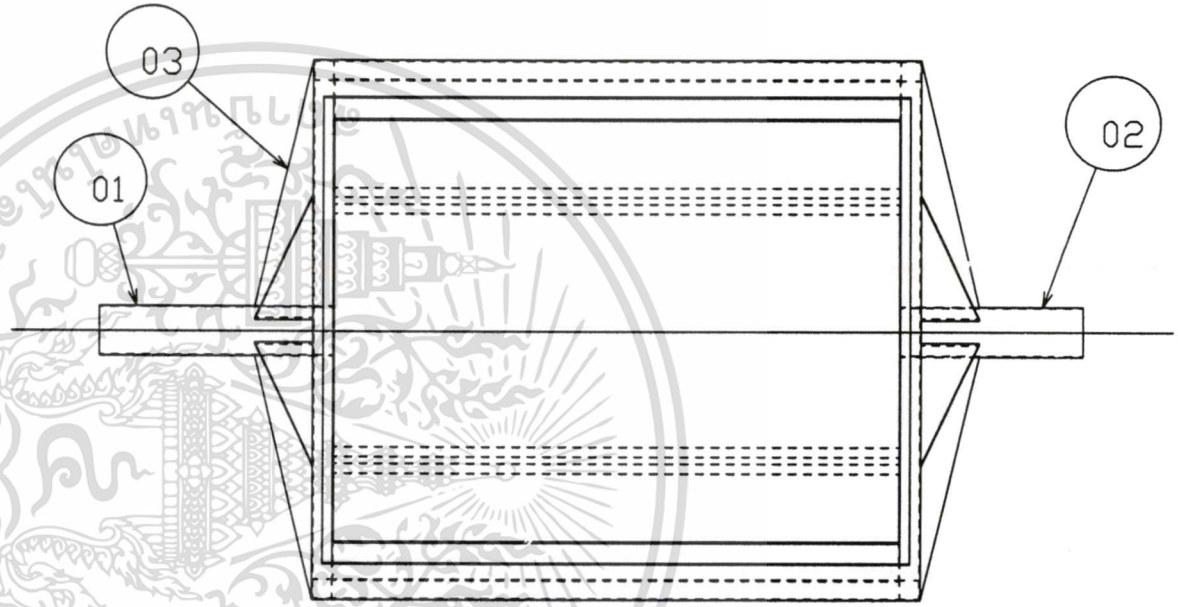
ROOLLING DIA 700(OUT SIDE)

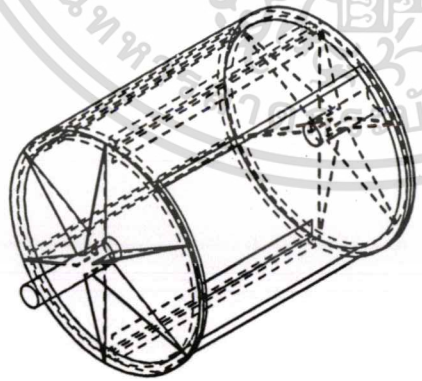


บัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	
: สารนิพนธ์	
ชื่อโครงการ : พัฒนาเครื่องอบสมุนไพร	
ผู้ออกแบบ : นายชุมพล ลิ้มสุวรรณ	
ผู้ควบคุมสารนิพนธ์ : รองศาสตราจารย์อุดมศักดิ์ สาริบุตร	
หน่วยวัด เป็น มิลลิเมตร	อัตราส่วน : 1/10

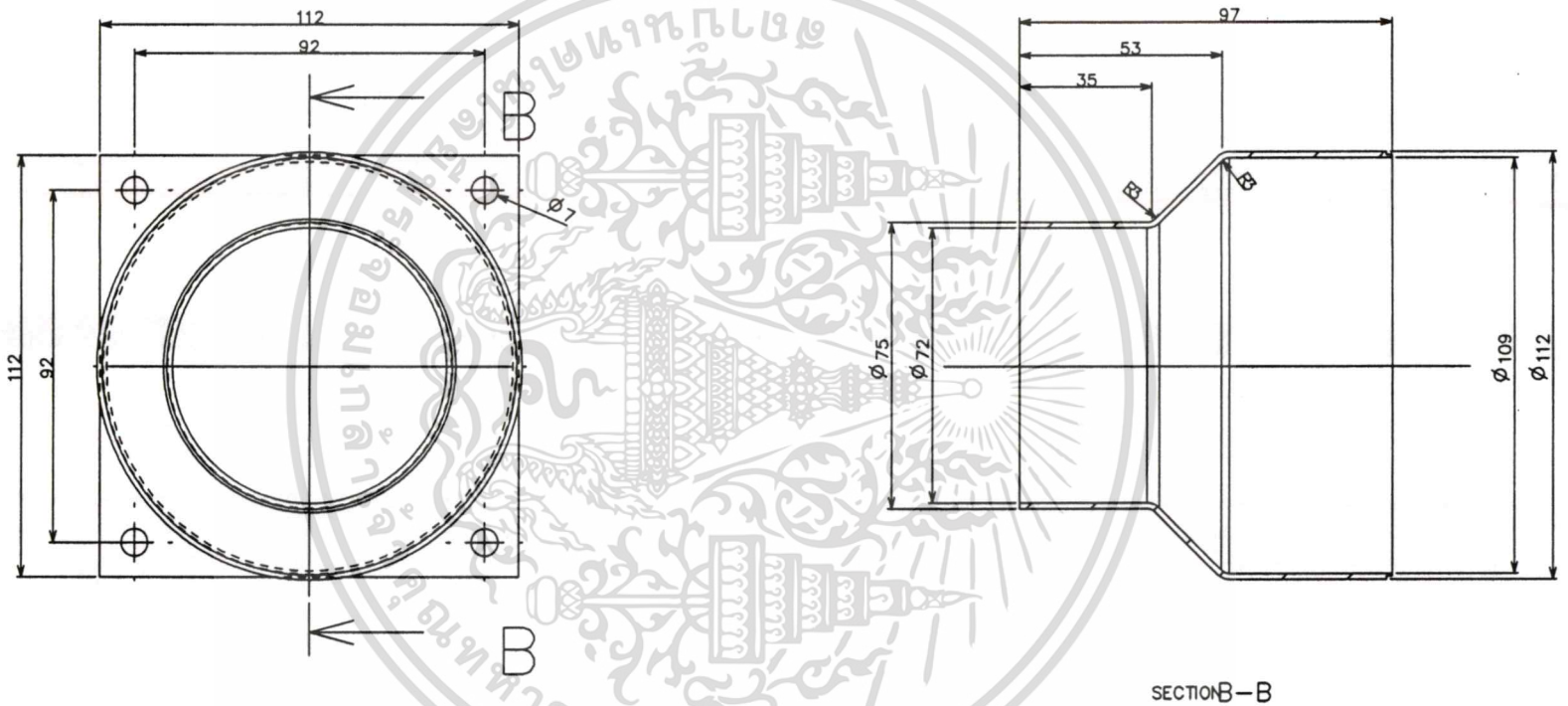
ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือนำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น





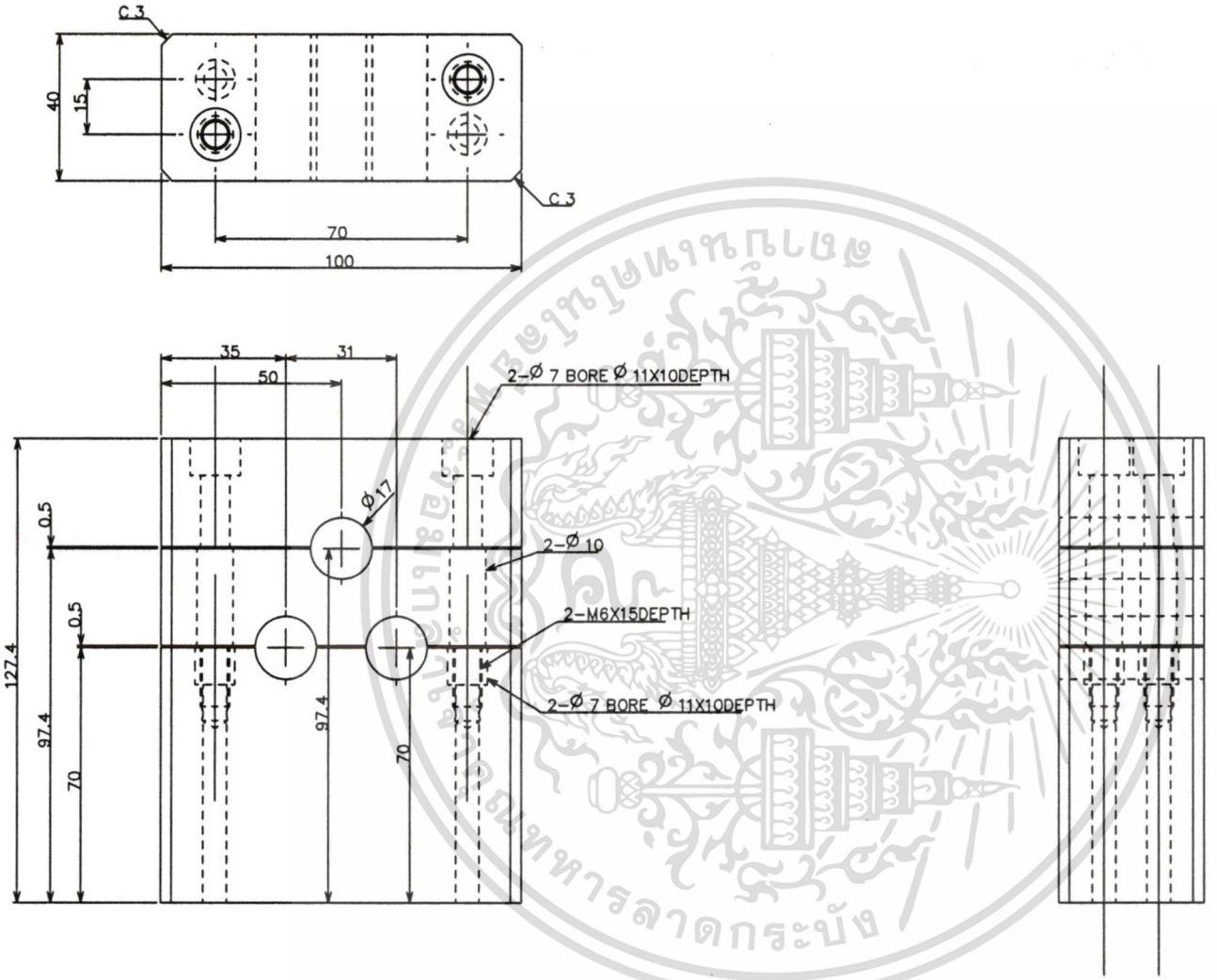


บัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	
: สารนิพนธ์	
ชื่อโครงการ : พัฒนาเครื่องอบสมุนไพร	
ผู้ออกแบบ : เายชุมพล ลิ้มสุวรรณ	
ผู้ควบคุมสารนิพนธ์ : รองศาสตราจารย์อุดมศักดิ์ สาริบุตร	
หน่วยวัด เป็น มิลลิเมตร	อัตราส่วน : 1/10



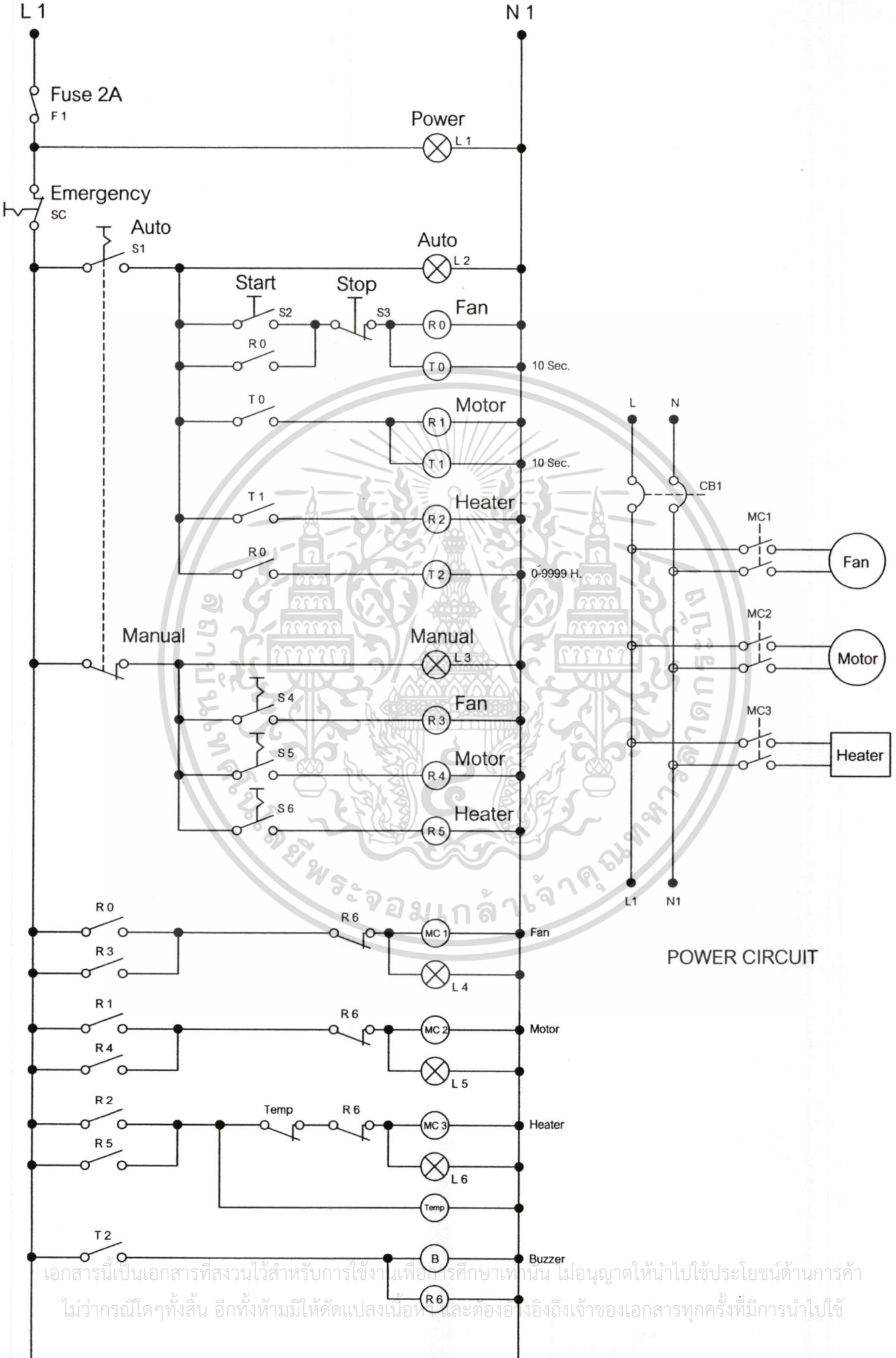
SECTION B–B

บัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	
: สารนิพนธ์	
ชื่อโครงการ : พัฒนาเครื่องอบสมุนไพร	
ผู้ออกแบบ : นายชุมพล ลิ้มสุวรรณ	
ผู้ควบคุมสารนิพนธ์ : รองศาสตราจารย์อุดมศักดิ์ สาริบุตร	
หน่วยวัด เป็น มิลลิเมตร	อัตราส่วน : 1/2



บัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	
: สารนิพนธ์	
ชื่อโครงการ : พัฒนาเครื่องอบสมุนไพร	
ผู้ออกแบบ : นายชุมพล ดิ่มสุวรรณ	
ผู้ควบคุมสารนิพนธ์ : รองศาสตราจารย์อุดมศักดิ์ สาริบุตร	
หน่วยวัด เป็น มิลลิเมตร	อัตราส่วน : 1/2

ลิขสิทธิ์เป็นของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NO,	สัญลักษณ์	รายละเอียด
1	CB 1	Mitsubishi Circuit Breaker Model NF30-CS,15A,2POLE
2	MC 1,MC 2	Mitsubishi Magnetic Contactor Model SN-11,220VAC
3	MC 3	Mitsubishi Magnetic Contactor Model SN-25,220VAC
4	F 1	Fuse 2A
5	S 0	MARUYASU Emergency Push Swith Model A25PM001,1NC
6	S 1	MARUYASU Selector Swith Model A25SN311,ON-OFF-ON
7	S 2,S 3	MARUYASU Push Bottom Swith Model A25PF10,1NO 1NC
8	S 4,S 5,S 6	MARUYASU Selector Swith Model A25SN211,1NO 1NC
9	R 1,R 2, R 3,R 4,R 5,R 6	OMRON Relay Model MY4, 220VAC
10	T 0,T 1	OMRON Solid-StateTimer Model H3y-2,220VAC, 30Sec.
11	T2	OMRON Digital Multifunction Timer Model H5BR-B,O.OO15-9999H.
12	Temp	OMRON Temperature Controller Model E5CN-RMT-500,100-240VAC
13	L 1,L 2,L 3,L 4,L 5,L 6	MARUYASU Pilot Lamp Model A25ILT200,200-220V
14	Buzzer	E-TEN MODEL EBL-1,AC220V
15	Fan	
16	Motor	
17	Heater	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติ และคุณวุฒิ ของผู้เชี่ยวชาญ

1. ผู้เชี่ยวชาญด้านออกแบบผลิตภัณฑ์ จำนวน 3ท่าน ดังนี้

1.1 ชื่อ-สกุล	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ มานพ สุดสงวน
วุฒิการศึกษา	ปริญญาโท การบริหารอาชีวศึกษา
ตำแหน่ง	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ระดับ 8 ภาควิชาศิลปะอุตสาหกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประสบการณ์	30 ปี
1.2 ชื่อ-สกุล	อาจารย์ก้องเกียรติ มหาอินทร์
วุฒิการศึกษา	ปริญญาโท ศศ.ม.ทัศนศิลป์-ศิลปะสมัยใหม่
ตำแหน่ง	อาจารย์ประจำ คณะอุตสาหกรรมและสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์
ประสบการณ์	10 ปี
1.3 ชื่อ-สกุล	อาจารย์ กิตติศักดิ์ อริยะเครือ
วุฒิการศึกษา	ปริญญาโท ศศ.ม. ทัศนศิลป์-ศิลปะสมัยใหม่
ตำแหน่ง	อาจารย์ประจำ คณะอุตสาหกรรมและสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์
ประสบการณ์	15 ปี

2. ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเครื่องจักรกล จำนวน 3 ท่าน ดังนี้

2.1 ชื่อ สกุล	อาจารย์ มงคล สีนะวัฒน์
วุฒิการศึกษา	ปริญญาโท ว.ศ.ม. วิศวกรรมการเชื่อม
ตำแหน่ง	อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ประสบการณ์	10 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ชื่อ-สกุล คุณ พัชรินทร์ หอมเกตุ
วุฒิการศึกษา ปริญญาตรี ว.ศ.บ. วิศวกรรมอุตสาหการ
ตำแหน่ง ผู้จัดการบริษัท Advance Solalium co,ltd
ออกแบบ, ผลิต และจำหน่ายเครื่องจักรอุตสาหกรรม
ประสบการณ์ 15 ปี

2.3 ชื่อ-สกุล คุณ ธนวัฒน์ วิเชียรวรรณ
วุฒิการศึกษา ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง
ตำแหน่ง ผู้จัดการบริษัท แลมพ์ด้า กรุ๊ป จำกัด
ประสบการณ์ ออกแบบ,ผลิต และจำหน่าย เตาอบแห้ง
อุตสาหกรรม 22 ปี

3. **ผู้เชี่ยวชาญทางด้านไฟฟ้า จำนวน 3 ท่าน ดังนี้**

3.1 ชื่อ – สกุล อาจารย์ อมรชัย ชัยชนะ
วุฒิการศึกษา ปริญญาโท วิศวกรรมสื่อสาร
ตำแหน่ง อาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประสบการณ์ โทรคมนาคม , และอิเล็คโทรนิค 10 ปี

3.2 ชื่อ-สกุล คุณเพียรศักดิ์ ธีระเสถียร
วุฒิการศึกษา ปริญญาตรี เทคโนโลยีสารสนเทศ
ตำแหน่ง ผู้ช่วยผู้จัดการฝ่าย วิศวกรรมการผลิต
บริษัท Mitsubishi Electric Automation (Thailand)
ประสบการณ์ ออกแบบเครื่องวัดกำลังไฟฟ้า , ตัวเก็บประจุ 25 ปี

3.3 ชื่อ - สกุล คุณ พิทยา จริงใจกุล
วุฒิการศึกษา ปริญญาตรี ว.ศ.บ.ไฟฟ้ากำลัง
ตำแหน่ง ผู้จัดการแผนกตรวจสอบ และทดสอบผลิตภัณฑ์
บริษัท Mitsubishi Electric Automation (Thailand) จำกัด
ประสบการณ์ ควบคุมการผลิตเครื่องวัด และทดสอบผลิตภัณฑ์ 15 ปี

เอกสารนี้เผยแพร่เพื่อสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04 /3687

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

31 สิงหาคม 2548

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อการวิจัย

เรียน อาจารย์ก้องเกียรติ มหาอินทร์

ด้วย นายชุมพล ลิ้มสุวรรณ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำการวิจัยเพื่อเรียบเรียงสาระนิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาเครื่องอบแห้งสมุนไพร"

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ความรู้ในด้านดังกล่าวเพื่องานวิจัย ของ นายชุมพล ลิ้มสุวรรณ

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02-326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04 / 3867

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

31 สิงหาคม 2548

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านเครื่องการออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อการวิจัย

เรียน อาจารย์ กิตติศักดิ์ อริยะเครือ

ด้วย นายชุมพล ลิ้มสุวรรณ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำการวิจัยเพื่อเรียบเรียงสาระนิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาเครื่องอบแห้งสมุนไพร"

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ความรู้ในด้านดังกล่าว เพื่องานวิจัยของ นายชุมพล ลิ้มสุวรรณ

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02-326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม หน่วยบัณฑิตศึกษา งานทะเบียน โทร. 3692

ที่ ศธ 0524.04/ 3867 **วันที่** 31 สิงหาคม 2548

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ มานพ สุดสงวน

ด้วย นายชุมพล ลิ้มสุวรรณ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำการวิจัยเพื่อเรียบเรียงสาระนิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาเครื่องอบแห้งสมุนไพร" คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ความรู้ในด้านดังกล่าวเพื่องานวิจัยของ นายชุมพล ลิ้มสุวรรณ

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04 / 3867

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

31 สิงหาคม 2548

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านเครื่องจักรกลเพื่อการวิจัย

เรียน คุณธนวัฒน์ วิเชียรวรรณ

ด้วย นายชุมพล ลิ้มสุวรรณ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำการวิจัยเพื่อเรียบเรียงสาระนิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาเครื่องอบแห้งสมุนไพร"

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านเครื่องจักรกล เพื่อให้ความรู้ทางด้านการออกแบบเครื่องกล เพื่องานวิจัยของ นายชุมพล ลิ้มสุวรรณ

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02-326-4325

อนุเคราะห์เป็นวิทยากร

cc ธนวัฒน์ วิเชียรวรรณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04 / 3867

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

31 สิงหาคม 2548

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านเครื่องจักรกลเพื่อการวิจัย

เรียน อาจารย์มงคล สีนะวัฒน์

ด้วย นายชุมพล ลิ้มสุวรรณ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำการวิจัยเพื่อเรียบเรียงสาระนิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาเครื่องอบแห้งสมุนไพร"

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านเครื่องจักรกล เพื่อให้ความรู้ทางด้านการออกแบบเครื่องกล เพื่องานวิจัยของ นายชุมพล ลิ้มสุวรรณ

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02-326-4325

ยินดีเรียนเป็นผู้เชี่ยวชาญ ในการทำงานวิจัย
เรื่อง การพัฒนาเครื่องอบแห้งสมุนไพร
มงคล สีนะวัฒน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04 / 3867

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

31 สิงหาคม 2548

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านเครื่องจักรกลเพื่อการวิจัย

เรียน คุณพัชรินทร์ หอมเกตุ

ด้วย นายชุมพล ลิ้มสุวรรณ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำการวิจัยเพื่อเรียบเรียงสาระนิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาเครื่องอบแห้งสมุนไพร"

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านเครื่องจักรกล เพื่อให้ความรู้ทางด้านการออกแบบเครื่องกล เพื่องานวิจัยของ นายชุมพล ลิ้มสุวรรณ

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02-326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04 / 3867

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

31 สิงหาคม 2548

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านไฟฟ้าเพื่อการวิจัย

เรียน คุณพิทยา จริงใจกุล

ด้วย นายชุมพล ลิ้มสุวรรณ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำการวิจัยเพื่อเรียบเรียงสาระนิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาเครื่องอบแห้งสมุนไพร"

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านไฟฟ้า เพื่อให้ความรู้ในด้านดังกล่าวเพื่องานวิจัยของ นายชุมพล ลิ้มสุวรรณ

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02-326-4325

ยินดีเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ความรู้ด้านไฟฟ้า ชุมพล ลิ้มสุวรรณ

(พิทยา จริงใจกุล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04 / 3867

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

31 สิงหาคม 2548

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านไฟฟ้าเพื่อการวิจัย

เรียน คุณเพียรศักดิ์ ธีระเสถียร

ด้วย นายชุมพล ลิ้มสุวรรณ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำการวิจัยเพื่อเรียบเรียงสาระนิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาเครื่องอบแห้งสมุนไพร"

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านไฟฟ้า เพื่อให้ความรู้ในด้านดังกล่าวเพื่องานวิจัยของ นายชุมพล ลิ้มสุวรรณ

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02-326-4325

ยินดีรับเป็นที่ปรึกษาให้คุณชุมพล ลิ้มสุวรรณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม หน่วยบัณฑิตศึกษา งานทะเบียน โทร. 3692

ที่ ศธ 0524.04/ 3867 **วันที่** 31 สิงหาคม 2548

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านไฟฟ้าเพื่อการวิจัย

เรียน อาจารย์อมรชัย ชัยชนะ

ด้วย นายชุมพล ลิ้มสุวรรณ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำการวิจัยเพื่อเรียบเรียงสาระนิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาเครื่องอบแห้งสมุนไพร" คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านไฟฟ้า เพื่อให้ความรู้ในด้านดังกล่าว เพื่องานวิจัยของนายชุมพล ลิ้มสุวรรณ

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

อนุมัติเป็นผู้เชี่ยวชาญ และให้ค่าปรึกษา

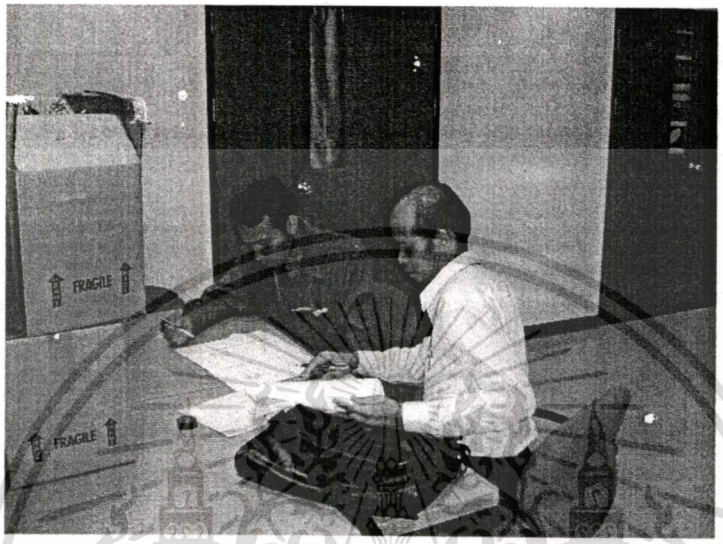
(อ.อมรชัย ชัยชนะ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

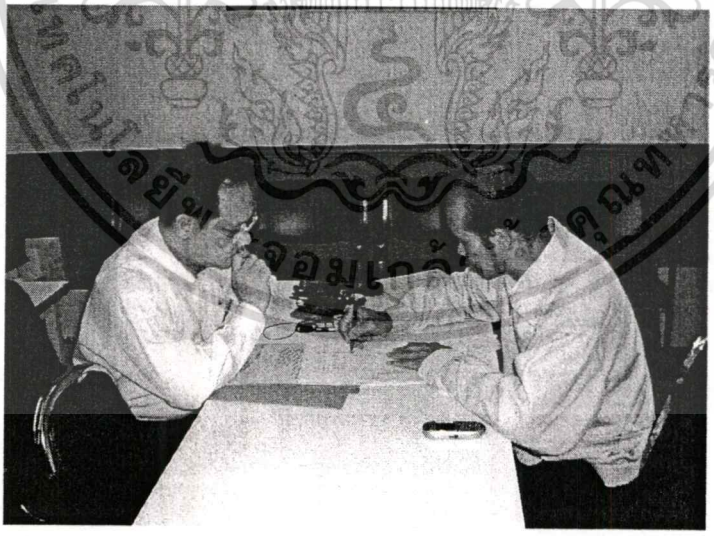
ภาคผนวก ฉ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปภาพกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย



รูปที่ ฉ.1 แสดงผู้วิจัยขอความอนุเคราะห์ จาก อาจารย์ อมรชัย ชัยชนะ



รูปที่ ฉ. 2 แสดงผู้วิจัยขอความอนุเคราะห์ จาก คุณเพียรศักดิ์ ธีระเสถียร

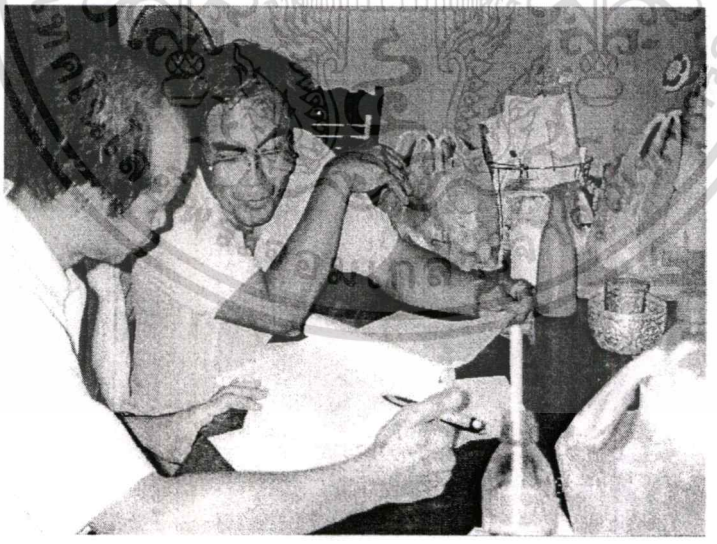
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ฉ.3 แสดงผู้วิจัยขอความอนุเคราะห์ จาก คุณ พัชรินทร์ หอมเกตุ

รูปที่ ฉ.4 แสดงผู้วิจัยขอความอนุเคราะห์ จาก คุณ ธนวัฒน์ วิเชียรวรรณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ฉ.5 แสดงผู้วิจัยขอความอนุเคราะห์ จาก อาจารย์ ก้องเกียรติ มหาอินทร์



รูปที่ ฉ.6 แสดงผู้วิจัยขอความอนุเคราะห์ จาก ผศ. มานพ สุดสงวน

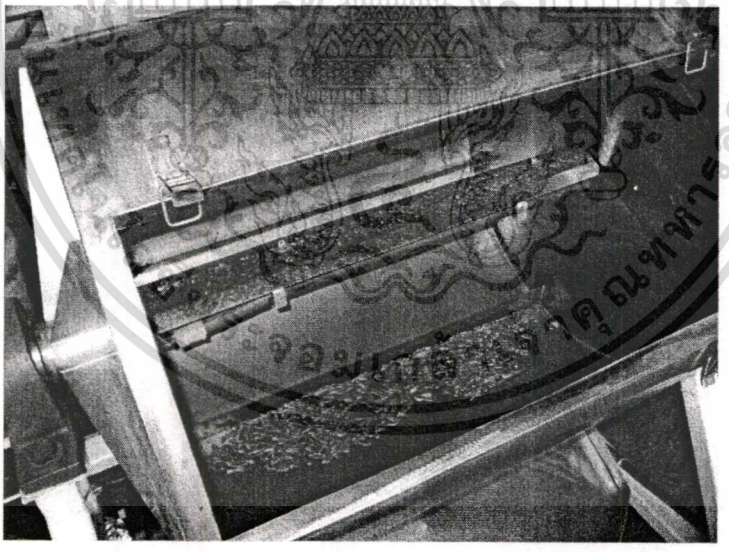
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ฉ.7 แสดงการเตรียม ขมิ้น

รูปที่ ฉ.8 แสดงการชั่งน้ำหนัก ขมิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

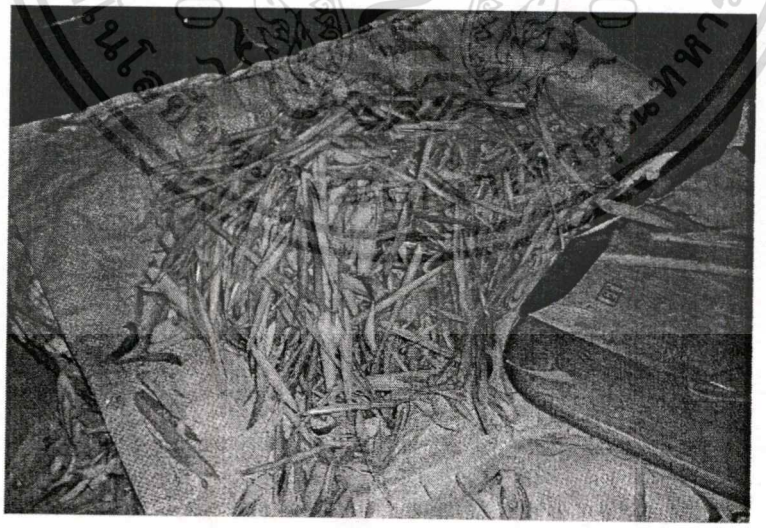
รูปที่ ฉ.9 แสดง การอบ ขมิ้น



รูปที่ ฉ.10 แสดงขมิ้น หลังอบภายในเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

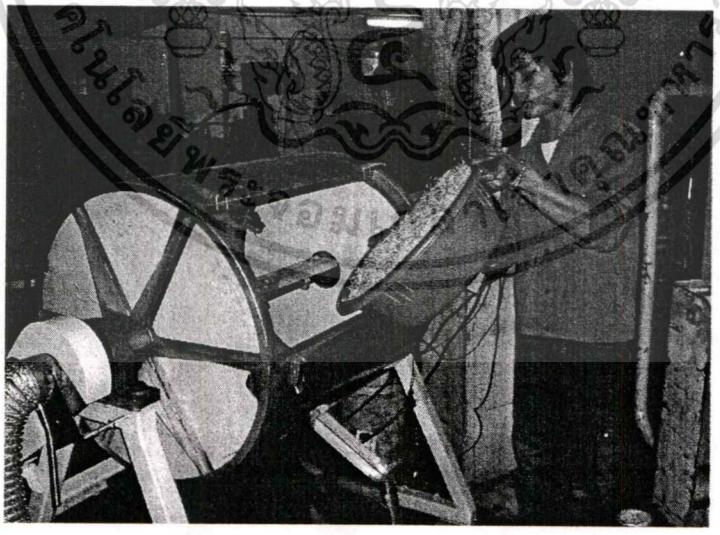
รูปที่ ฉ.11 แสดงขมิ้น หลังอบ



รูปที่ ฉ.12 แสดงการเตรียมตะไคร้

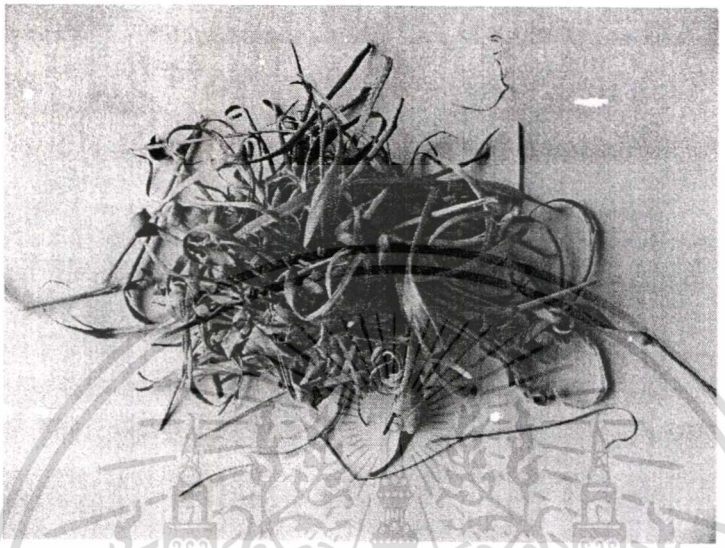
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ฉ.13 แสดงการชั่งน้ำหนัก ตะไคร้



รูปที่ ฉ.14 แสดงการใส่ตะไคร้ลงในเครื่องอบ

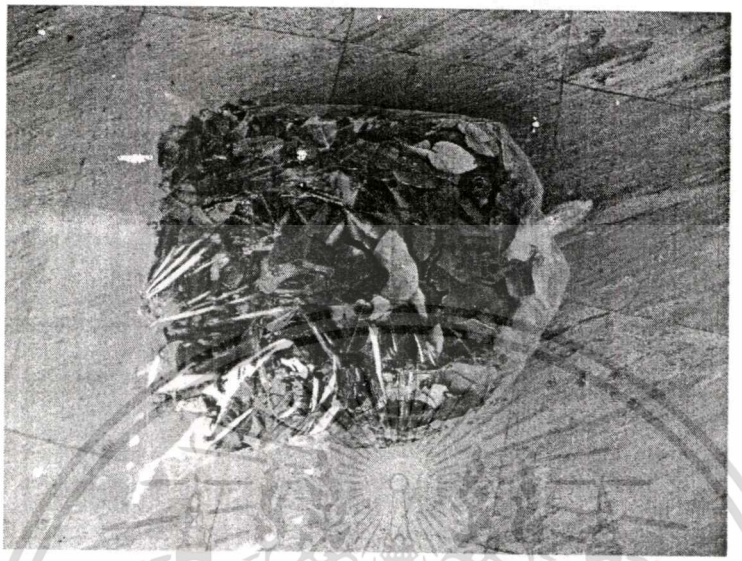
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ฉ.15 แสดงสมุนไพรตะไคร้หลังจากการอบ

รูปที่ ฉ. 16 แสดงการชั่งน้ำหนักตะไคร้หลังการอบ

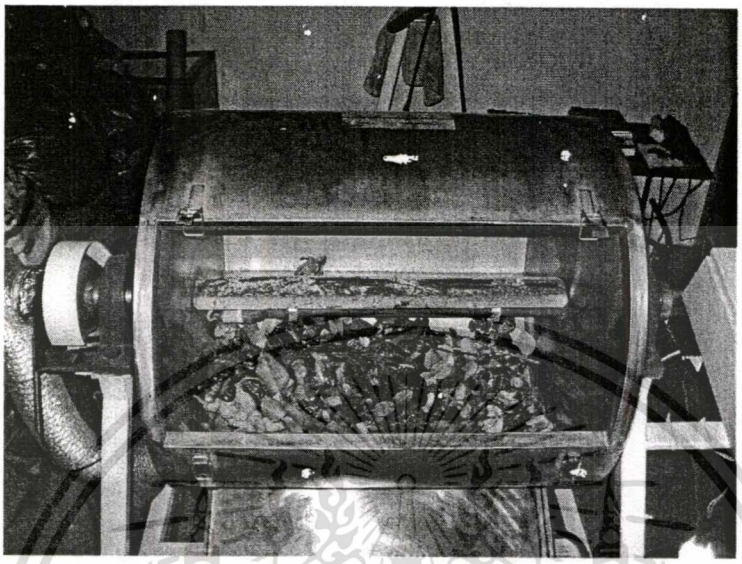
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ฉ. 17 แสดงการเตรียม มะกรูด

รูปที่ ฉ. 18 แสดงการชั่งน้ำหนัก มะกรูด

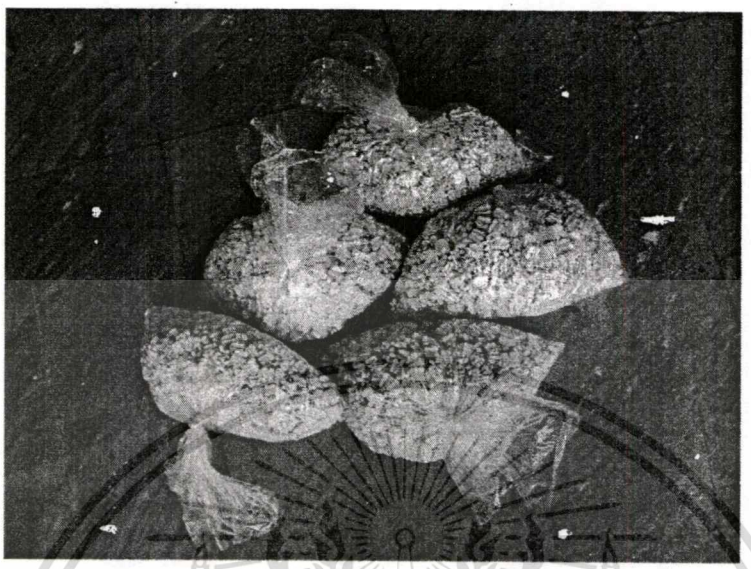
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



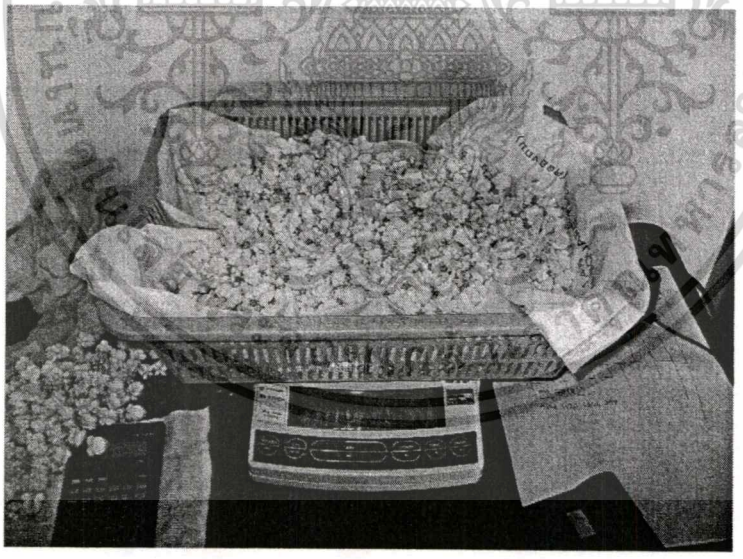
รูปที่ ฉ. 19 แสดงการอบ มะกรูด

รูปที่ ฉ. 20 แสดงมะกรูด หลังการอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

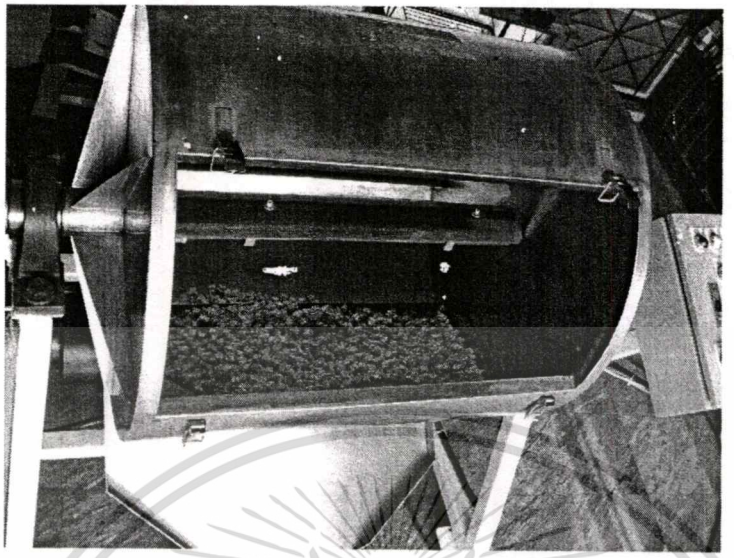


รูปที่ ฉ. 21 แสดงการเตรียม รัก ก่อนอบแห้ง

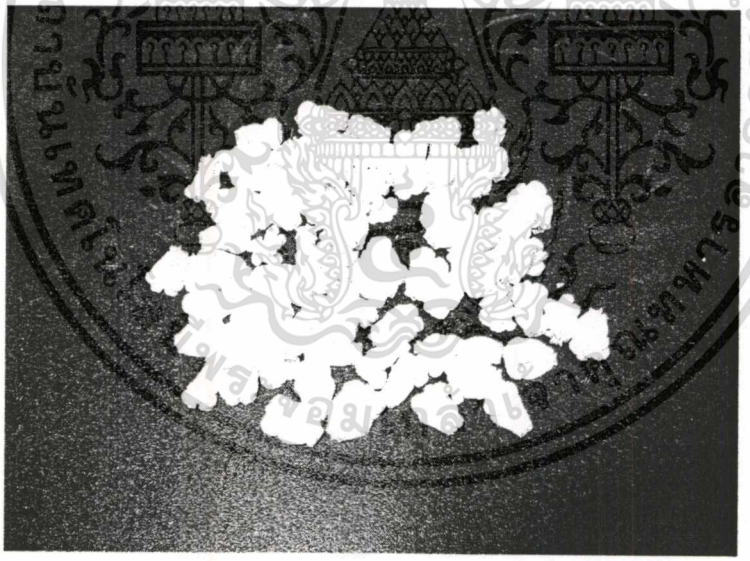


รูปที่ ฉ. 22 แสดงการชั่งน้ำหนัก รัก ก่อนอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

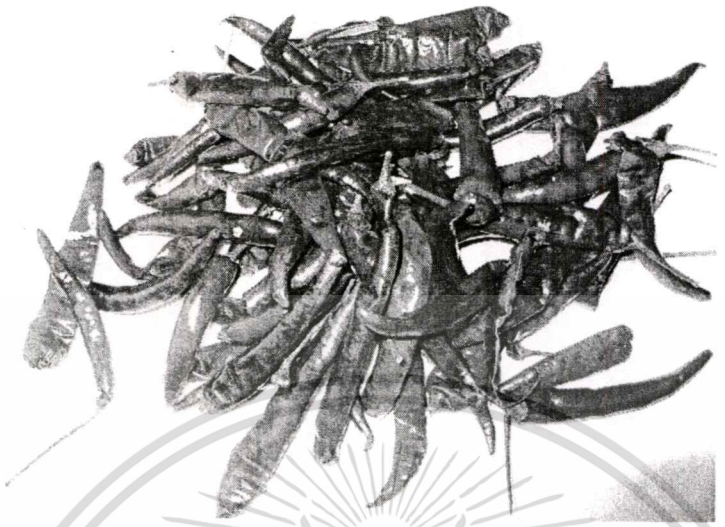


รูปที่ ฉ. 23 แสดงการอบแห้ง รัก



รูปที่ ฉ. 24 แสดง รัก หลังการอบแห้ง

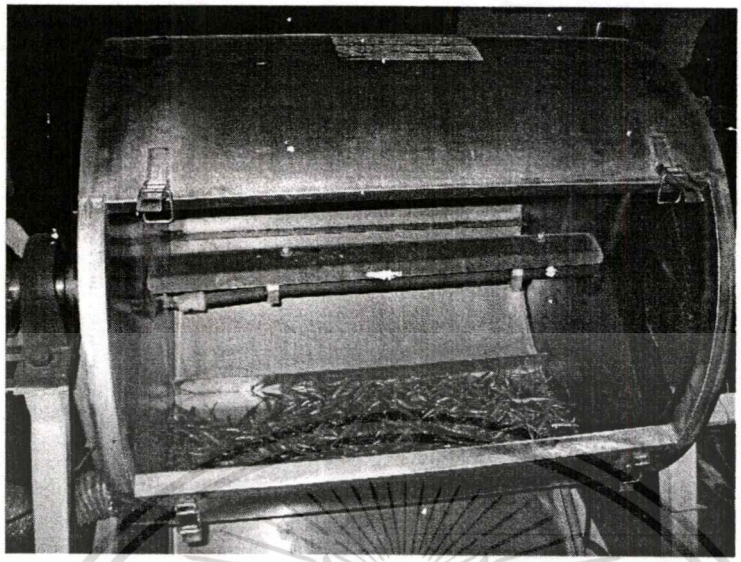
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ฉ. 25 แสดง พริก ก่อนการอบแห้ง

รูปที่ ฉ. 26 แสดง การชั่งน้ำหนัก พริก ก่อนการอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ฉ. 27 แสดงการอบแห้ง พริก

รูปที่ ฉ. 28 แสดง การชั่งน้ำหนักหลังอบแห้ง พริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นาย ชุมพล ลิ้มสุวรรณ
วัน เดือน ปี เกิด	15 กันยายน 2505
ประวัติการศึกษา	
ระดับ ปวช.	ประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาช่างกลโรงงาน วิทยาลัยเทคนิค สุราษฎร์ธานี
ระดับ ปวส.	ประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นสูง สาขาช่างกลโรงงาน วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา วิทยาเขตเทคนิคภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นครราชสีมา
ระดับ ปริญญาตรี	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชา เขียนแบบออกแบบการผลิต วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา วิทยาเขต เทเวศร์ กรุงเทพฯ
ประวัติการทำงาน	ผู้จัดการแผนก เทคนิค บริษัท โรงงาน ไทยเซนจำกัด พ.ศ.2530 - พ.ศ.2535
	ผู้จัดการอาวุโส แผนกแม่พิมพ์ บริษัท มิตซูบิชิ อิเลคทริค ออโตเมชั่น (ประเทศไทย) จำกัด พ.ศ.2535 - พ.ศ. 2550

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้