

การพัฒนาแบบจำลองของการใช้พลังงาน
ในการป้อนใยสาบพันธุ์เวอร์จิเนียแบบอัดแน่น

นาย ณัฐเดช เพ็ชรวงศ์



สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2542

ISBN 974-333-988-4

ลิขสิทธิ์ของ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEVELOPMENT OF AN ENERGY MODEL
FOR VIRGINIA-TOBACCO CURING



Mr. Nattadate Fuangworawong

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Mechanical Engineering

Department of Mechanical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 1999

ISBN 974-333-988-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การพัฒนาแบบจำลองของการใช้พลังงานในการบ่มไบโอบีโอดี

เวอร์ชันแบบอัดแน่น

โดย

นายณัฐเดช เพ็ญวรวงศ์


ภาควิชา

วิศวกรรมเครื่องกล


อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.มานิจ ทองประเสริฐ

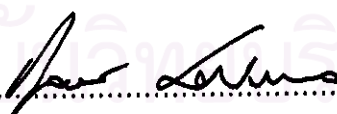
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้แก่นักวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

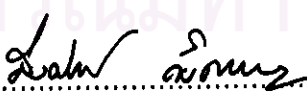

..... คนบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. พงษ์ธร จริญญากรณ์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.มานิจ ทองประเสริฐ)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. กุลธร ศิลปบรรเลง)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ มิ่งศักดิ์ ตั้งตระกูล)

นายณัฐเดช เพ็ญจรวงศ์: การพัฒนาแบบจำลองของการใช้พลังงานในการบ่มใบยาสูบพันธุ์
เวอร์จิเนียแบบอัดแน่น. (DEVELOPMENT OF AN ENERGY MODEL FOR VIRGINIA-TOBACCO
CURING) อ. ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.มานิจ ทองประเสริฐ, 172 หน้า. ISBN 974-333-988-4.

งานวิจัยนี้กล่าวถึงการศึกษา การใช้พลังงานในการบ่มใบยาสูบพันธุ์เวอร์จิเนียแบบอัดแน่น
โดยสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการใช้พลังงานในการบ่มใบยาสูบฯ และมีการทดสอบแบบ
จำลองฯโดยการเปรียบเทียบกับผลการทดลองการบ่มใบยาสูบฯ ซึ่งปรากฏว่า ค่าความต้องการพลัง
งานแต่ละชั่วโมงมีค่าผันแปรค่อนข้างสูง เนื่องจากผลความคลาดเคลื่อนจากการวัดสภาวะอากาศทาง
เข้าชั้นบ่มใบยาสูบ แต่อย่างไรก็ตามแนวโน้มของค่าความต้องการแต่ละชั่วโมงมีแนวโน้มในทิศทาง
เดียวกัน สำหรับค่าปริมาณความร้อนรวมที่ใช้ในการบ่มมีความถูกต้องในเกณฑ์สูง โดยความคลาด
เคลื่อนน้อยกว่า 6 % ของปริมาณความร้อนที่ใช้ในการบ่มจากการทดลอง

จากการศึกษานี้พบว่า การใช้พลังงานในการบ่มใบยาสูบฯ ช่วงการเปลี่ยนสี, การตรึงสีกับการ
ทำแห้งใบยาสูบ และการไล่น้ำที่ก้านมีค่า 20,35,45 % ของการใช้พลังงานในการบ่มใบยาสูบฯทั้งหมด
ตามลำดับ และสำหรับโรงบ่มใบยาสูบแบบรวมศูนย์ 6 ห้องบ่ม ที่มีการจัดการให้การบ่มใบยาสูบฯ
เหลื่อมกันหนึ่งวัน หม้อน้ำร้อนที่ใช้ปัจจุบันจะสามารถให้พลังงานความร้อนบ่มใบยาสูบฯได้อีกหนึ่งห้อง
บ่ม

จากการศึกษานี้พบว่า รูปแบบการบ่มใบยาสูบฯและอัตราการไหลของอากาศผ่านชั้นใบยาสูบ
เป็นปัจจัยสำคัญต่อการใช้พลังงานในการบ่มใบยาสูบฯ การศึกษาการบ่มใบยาสูบของห้องบ่มขนาด
บรรจุ 6,000 กิโลกรัม ใช้รูปแบบการบ่มฯที่แนะนำโดย A.Hiran(1986) จะได้ว่าจะใช้พลังงานความ
ร้อนและพลังงานไฟฟ้าน้อยกว่ารูปแบบการบ่มใบยาสูบฯที่ใช้ทดลองเป็น 161.9 MJ และ 54 kW.h ต่อ
การบ่มหนึ่งครั้ง ตามลำดับ และระยะเวลาในการบ่มจะลดลงประมาณ 20 ชั่วโมง และได้จำลองแบบฯ
โดยใช้รูปแบบการบ่มฯที่เหมือนกัน แต่เปลี่ยนอัตราการไหลของอากาศให้ต่างกันไปตามคำแนะนำ
ของผู้วิจัยที่ผ่านมา พบว่าอัตราการไหลของอากาศเท่ากับ 0.19 m/s ใช้พลังงานทั้งความร้อนและ
พลังงานไฟฟ้าน้อยที่สุด

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา 2542

ลายมือชื่อนิสิต ณัฐเดช เพ็ญจรวงศ์
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ดร. ทนพรัตน์
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม _____

##4170298421 : MAJOR MECHANICAL ENGINEERING

KEY WORD: BULK VIRGINIA-TOBACCO CURING/MATHEMATICAL MODEL/AIR CHANGE/ENERGY

NATTADATE FUANGWORAWONG : DEVELOPMENT OF AN ENERGY MODEL FOR VIRGINIA-TOBACCO CURING . THESIS ADVISOR : ASSO.PROF. MANIT THONGPRASERT , 172 pp.

ISBN 974-333-988-4

This study is related to the usage of energy for Bulk Virginia Tobacco Curing . The mathematical model of energy consumption was proposed. Also, direct measurements at Tobacco Curing Station were made. The developed energy mathematical model was verified by comparing its results with the measured values. The research found that the hourly energy requirement was highly fluctuated. These unstable values were the result of ununiform air mixing properties at the entrance of tobacco curing shelves. However, the trend of energy requirements , predicted from the mathematical model and directed measurement, were found to be the same. It was also found that the total heat energy usage in the tobacco curing process, predicted from the mathematical model, was highly accurate, with The error was less than 6 percent of the entire heat energy used in the curing test.

This study found that the energy usage in the Yellowing Stage, Color fixing and Leaf drying Stage as well as Stem drying Stage were 20%, 35% and 45% of total energy used in tobacco curing, respectively. For the efficient energy utilization, the bulk-curing barn with central hot-water heating, having 6 independent curing rooms, should be scheduled to start curing process with one day lagging for each barn in a row. As the result, the boiler that was currently used was found to have excess capacity enough for one additional curing room.

This research also found that the pattern of controlled air properties for tobacco curing and the air circulation velocity through the packed tobacco were very important factors toward the energy usage in the curing process. Among the different curing patterns, it was found that the heat and electrical energy used for tobacco curing in the curing room with the capacity of 6,000 kgs., recommended by A.Hiran (1986), was less than that currently used at Tobacco Curing Station by 161.9 MJ and 54 kW.h, respectively and the consumed curing time could be reduced by 20 hrs. Moreover it was found that air circulation velocity through the bulked tobacco at 0.19 m/s would consume the least energy usage.

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล.....

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล.....

ปีการศึกษา 2542.....

ลายมือชื่อผู้ผลิต ณัฐเดช ฟูางวรวงษ์.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา อ. มานิต ทองประเสริฐ.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของบุคคลหลายท่านดังนี้ รองศาสตราจารย์มานิจ ทองประเสริฐ ซึ่งได้ให้คำแนะนำข้อคิดเห็นในแง่มุมต่างๆที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย ตลอดจนช่วยกรุณาจัดหาเงินทุนสำหรับจัดซื้ออุปกรณ์การทดลองและค่าใช้จ่ายต่างๆในงานวิจัยนี้ทุกอย่าง

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.พงษ์ธร จรรย์ญากรณ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ มิ่งศักดิ์ ตั้งตระกูล และ รองศาสตราจารย์ ดร. กุลธร ศิลปบรรเลง ที่กรุณาให้คำแนะนำถ่ายทอดประสบการณ์ความรู้ต่างๆและช่วยสืบค้นเอกสารวิชาการต่างๆ มา ณ ที่นี้ด้วย

ผู้วิจัยขอขอบคุณคุณคุณพี่อัมพา เกลี้ยงสิน ที่ช่วยจัดพิมพ์เอกสารต่างๆเกี่ยวกับงานวิจัยนี้ ขอขอบคุณ อาจารย์ สมเกียรติ ตั้งสิทธิจิตเจริญ คุณ จิรชนม์ เสรีวิชัยสวัสดิ์ คุณ ประพจน์ ชัยวรวิทย์กุล คุณสุบิน ชันดี คุณเบญมาศ ปุยอึก คุณธนากร จงวิลาสลักษณ์ และคุณพัชรี ชุ่มเจริญ ที่ช่วยในการทำการทดลองต่างๆเกี่ยวกับงานวิจัยนี้

ท้ายที่สุดนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และคุณ อริยา ทิมา ที่ให้การสนับสนุนผู้วิจัยทั้งในด้านค่าใช้จ่าย และกำลังใจมาโดยตลอด ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ณัฐเดช เพ็ญวรรณวงศ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
รายการสัญลักษณ์	ฒ
บทที่	
1. บทนำ	
1.1 ความสำคัญ.....	1
1.2 ปัญหาและที่มา.....	5
1.3 จุดประสงค์ของวิทยานิพนธ์.....	7
1.4 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์.....	7
1.5 ขั้นตอนการทำวิทยานิพนธ์.....	7
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	8
2. ผลงานวิจัยที่ผ่านมา	
2.1 ผลงานวิจัยในประเทศไทย.....	9
2.2 ผลงานวิจัยในต่างประเทศ.....	11
3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
3.1 กระบวนการปมไวยาธูป.....	14
3.2 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการอบแห้ง.....	16
3.3 ค่าความชื้นสมดุล.....	18

บทที่	หน้า
3.4 ความชื้นในวัสดุ.....	19
3.5 กฎข้อที่ 1 ทางเทอร์โมไดนามิค.....	20
3.6 การถ่ายเทความร้อน.....	20
3.7 คุณสมบัติอากาศชื้น.....	22
3.8 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการใช้พลังงาน ในการบ่มใบยาสูบพันธุ์เวอร์จิเนียแบบอัดแน่น.....	26
3.9 การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการจำลอง แบบทางคณิตศาสตร์ของการใช้พลังงานในการบ่มใบยาสูบพันธุ์ เวอร์จิเนียแบบอัดแน่น.....	40
3.10 พลังงานความร้อนทางทฤษฎีที่ใช้ในการบ่มใบยาสูบพันธุ์ เวอร์จิเนีย.....	45
 4. การดำเนินการวิจัย	
4.1 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการบ่มใบยาสูบฯ.....	46
4.2 การทดลองการบ่มใบยาสูบฯ.....	50
 5. ผลการทดลองและการจำลองแบบทางคณิตศาสตร์ของการใช้พลังงาน ในการบ่มใบยาสูบพันธุ์เวอร์จิเนียแบบอัดแน่น	
5.1 ผลการทดลองการบ่มใบยาสูบฯ.....	60
5.2 ผลการจำลองแบบโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ของการใช้พลังงานในการบ่มใบยาสูบฯ.....	72
5.3 การเปรียบเทียบผลการทดลองกับผลของการจำลองแบบฯ.....	79
5.4 การเปรียบเทียบอัตราการใช้พลังงานในการบ่มใบยาสูบ ของรูปแบบการบ่มใบยาสูบฯ ที่แตกต่างกัน.....	86
5.5 ผลของอัตราการไหลของอากาศผ่านชั้นใบยาสูบที่มีผลต่อการ แห้งเป็นชั้นๆ ของใบยาสูบ.....	92

บทที่	หน้า
6. วิเคราะห์ สรุปและเสนอแนะผลงานวิจัย	
6.1 ข้อวิเคราะห์ผลงานวิจัย.....	101
6.2 ข้อสรุปผลงานวิจัย.....	111
6.3 ข้อเสนอแนะผลงานวิจัย.....	112
รายการอ้างอิง.....	113
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. โปรแกรมคอมพิวเตอร์.....	115
ภาคผนวก ข. ข้อมูลการทดลองในการบ่มใบยาสูบ ที่บ. สหใบยาสูบไทย และบ. เชียงรายวัฒนาพร.....	122
ภาคผนวก ค. ข้อมูลและผลการจำลองแบบจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์.	137
ภาคผนวก ง. fan curve ของพัดลม.....	170
ประวัติผู้เขียน.....	172

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง (ต่อ)

ญ
หน้า

3.8.1	พลังงานความร้อนสูญเสียผ่านพื้นห้องป่มไບยาสูบจากการคำนวณโดยใช้ Finite Element.....	36
3.8.2	พลังงานความร้อนสูญเสียผ่านพื้นห้องป่มไບยาสูบจากการทดลองโดย Chang et.al.....	36
5.1.1	แสดงข้อมูลเบื้องต้นของการทดลอง การป่มฯ.....	61
5.1.2	สรุปข้อมูลจากการทดลองในการป่มไບยาสูบ.....	71
5.2.1	ข้อมูลเบื้องต้นในการคำนวณตามโปรแกรมคอมพิวเตอร์.....	72
5.2.2	สรุปข้อมูลจากการทดลองและผลจากการจำลองแบบฯ.....	78
5.3.1	ข้อมูลน้ำหนักไບยาสูบจากผลการทดลองและแบบจำลองฯ.....	81
5.3.2	แสดงข้อมูลจากผลการทดลองและผลจากการจำลองแบบฯ.....	83
5.4.1	ข้อมูลเบื้องต้นในการจำลองแบบฯการป่มไບยาสูบ.....	87
5.4.2	ผลลัพธ์จากการจำลองแบบฯการป่มไບยาสูบ.....	87
5.4.3	สรุปการใช้พลังงานความร้อน,พลังงานไฟฟ้าและราคาจากการจำลองและ การป่มไບยาสูบฯของรูปแบบการป่มที่ต้องการ.....	88
5.5.1	ข้อมูลการวิจัยของอัตราการไหลของอากาศผ่านชั้นไບยาสูบ.....	92
5.5.2	ข้อมูลอัตราการไหลของอากาศที่ไหลผ่านไບยาสูบโดยในห้องป่มมี น้ำหนักไບยาสูบ 5407 กิโลกรัม.....	93
5.5.3	ข้อมูลอัตราการไหลของอากาศและพลังงานของพัดลมในห้องป่มไບยาสูบฯ ตามคำแนะนำของผู้วิจัยต่างๆ.....	94
5.5.4	ข้อมูลน้ำหนักไບยาสูบ,ความชื้นและชั่วโมงการป่มไບยาสูบของแต่ละคำแนะนำ จากแบบจำลองฯ.....	95
5.5.5	ข้อมูลพลังงานความร้อน,พลังงานไฟฟ้า ค่าใช้จ่ายในด้านเชื้อเพลิงและด้านไฟฟ้า ของแต่ละคำแนะนำจากแบบจำลองฯ.....	95
6.1.1	ข้อมูลอุณหภูมิของอากาศและอัตราการระเหยอากาศของห้องป่มไບยาสูบฯ.....	102
6.1.2	ข้อมูลการใช้พลังงานพลังงานแยกตามขั้นตอนต่างๆของการป่มไບยาสูบ.....	103
6.1.3	ข้อมูลพลังงานความร้อนสูงสุดของแต่ละวันจากการทดลองการป่มไບยาสูบ.....	104
6.1.4	ข้อมูลแสดงสถานะการใช้พลังงานในการป่มไບยาสูบฯของโรงป่มไບยาสูบ.....	105
6.1.5	ข้อมูลพลังงานความร้อนเข้า,พลังงานความร้อนออกและพลังงานความร้อนสะสม ของการป่มไບยาสูบฯจากการทดลอง.....	106

6.1.6 ข้อมูลการใช้พลังงานรวม,พลังงานทางทฤษฎีและประสิทธิภาพในการบ่มใบยาสูบฯ.. 108



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่	หน้า
1.1.1 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกระเปาะแห้ง, กระเปาะเปียกและน้ำหนักใบยาสูบ ที่ลดลงในช่วงระยะเวลาการบ่มใบยาสูบพันธุ์เวอร์จิเนีย.....	4
1.2.1 ลักษณะการไหลของอากาศของการบ่มใบยาสูบแบบ Natural Convection Curing...	6
1.2.2 ลักษณะการไหลของอากาศของการบ่มใบยาสูบแบบ Forced Convection Curing..	6
3.2.1 การเปลี่ยนแปลงมวลและอุณหภูมิของวัสดุอบแห้งกับเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง.....	16
3.8.1 แสดงลักษณะการไหลของอากาศในห้องบ่มใบยาสูบฯแบบอัดแน่น.....	26
3.8.2 แสดงชั้นใบยาสูบที่อัดแน่นในห้องบ่มใบยาสูบ.....	27
3.8.3 แสดงภาคตัดขวางของห้องบ่มใบยาสูบฯ.....	33
3.8.4 ข้อมูลและผลการคำนวณพลังงานสูญเสียผ่านพื้นจากสมการทางคณิตศาสตร์ ของ A.E. Delsante และผลการทดลองของ Chang et.al.....	38
3.9.1 แสดงการแบ่งชั้นของใบยาสูบ.....	41
3.9.2 แสดงการสมมูลย์พลังงานความร้อนของห้องบ่มใบยาสูบฯ.....	41
3.9.3 แสดง Flow Chart ของ Energy Model For Tobacco Curing.....	43
4.1.1 แสดงน้ำหนักใบยาสูบในตะกร้าลดตลอดช่วงการบ่มใบยาสูบฯ.....	49
4.1.2 แสดงความสัมพันธ์ของค่า Kn กับ Gn ตลอดช่วงการบ่มใบยาสูบฯ.....	49
4.2.1 แสดงส่วนประกอบของโรงบ่มใบยาสูบฯ.....	50
4.2.2 แสดงส่วนประกอบของห้องบ่มใบยาสูบฯ.....	51
4.2.3 แสดงลักษณะของหม้อน้ำร้อน.....	52
4.2.4 แสดงส่วนประกอบด้านหน้าและด้านหลังของโรงบ่มใบยาสูบฯ.....	54
4.2.5 แสดงส่วนประกอบของอุปกรณ์เสียบใบยาสูบ.....	55
4.2.6 แสดงจุดที่ใช้ติดตั้งเทอร์โมคัพเปิดและจุดวัดอัตราการไหลของอากาศ หมุนเวียนกับอากาศออกจากห้องบ่มใบยาสูบ ตลอดการทดลองบ่ม.....	60
5.1.1 แสดงอัตราการไหล, อุณหภูมิที่หม้อน้ำร้อนทางเข้าและทางออกจากอุปกรณ์ แลกเปลี่ยนความร้อนในห้องบ่มใบยาสูบฯ.....	62
5.1.2 แสดงอุณหภูมิกระเปาะแห้งและกระเปาะเปียกของอากาศเข้าชั้นใบยาสูบ ตลอดการบ่มใบยาสูบฯ.....	63
5.1.3 แสดงอุณหภูมิกระเปาะแห้งและกระเปาะเปียกของอากาศออกจากชั้นใบยาสูบ ตลอดการบ่มใบยาสูบฯ.....	64

รูปที่

หน้า

5.1.4	แสดงอุณหภูมิกระเปาะแห้งและกระเปาะเปียกของอากาศรอบห้องปรมโบยาสูบ ตลอดการปรมโบยาสูบฯ.....	65
5.1.5	แสดงอุณหภูมิด้านในและด้านนอกของผิวห้องปรมโบยาสูบฯตลอดการปรมโบยาสูบฯ..	66
5.1.6	แสดงความเร็วของอากาศที่หมุนเวียนและไหลออกจากห้องปรมโบยาสูบฯ.....	67
5.1.7	แสดงพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับพัดลมหมุนเวียนอากาศภายในห้องปรมโบยาสูบฯ.....	68
5.1.8	แสดงน้ำหนักของโบยาสูบที่อยู่ในตะกร้าลวดของบ.สทโบยาสูบไทย ตลอดการปรมโบยาสูบฯ.....	69
5.2.1	แสดงผลการคำนวณจากแบบจำลองฯของอุณหภูมิกระเปาะแห้งและกระเปาะเปียก หลังผ่านชั้นโบยาสูบตลอดการปรมโบยาสูบฯ.....	74
5.2.2	แสดงผลการคำนวณจากแบบจำลองฯของน้ำหนักโบยาสูบแต่ละชั้น ตลอดช่วงการปรมโบยาสูบฯ.....	75
5.2.3	แสดงผลการคำนวณจากแบบจำลองฯของน้ำหนักโบยาสูบในห้องปรมโบยาสูบฯ ตลอดช่วงการปรมโบยาสูบฯ.....	76
5.2.4	แสดงผลการคำนวณจากแบบจำลองฯของพลังงานความร้อนที่ใช้ในการปรม ตลอดช่วงการปรมโบยาสูบฯ.....	77
5.3.1	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะแห้งและกระเปาะเปียกที่ได้จากการจำลอง และจากผลการทดลองตลอดช่วงการปรมโบยาสูบฯ.....	80
5.3.2	แสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักโบยาสูบที่ได้จากจำลองแบบฯและผลการทดลอง ตลอดช่วงการปรมโบยาสูบฯ.....	82
5.3.3	แสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานในการปรมโบยาสูบฯที่ได้จากการจำลองแบบฯ และผลการทดลองตลอดช่วงการปรมโบยาสูบฯ.....	89
5.4.1	แสดงรูปแบบการปรมโบยาสูบฯตามคำแนะนำของ A. Hiran.....	90
5.4.2	แสดงรูปแบบการปรมโบยาสูบฯของบ. เชียงรายวัฒนาพร.....	90
5.4.3	แสดงพลังงานความร้อนที่ใช้ในการปรมตามคำแนะนำแบบ A. Hiran.....	91
5.4.4	แสดงพลังงานความร้อนที่ใช้ในการปรมโบยาสูบฯของบ. เชียงรายวัฒนาพร.....	91
5.5.1	แสดงรูปแบบการปรมโบยาสูบฯโดยมีอัตราการไหลอากาศผ่านโบยาสูบ 0.3 m/s.....	96
5.5.2	แสดงรูปแบบการปรมโบยาสูบฯโดยมีอัตราการไหลอากาศผ่านโบยาสูบ 0.19 m/s.....	96
5.5.3	แสดงรูปแบบการปรมโบยาสูบฯโดยมีอัตราการไหลอากาศผ่านโบยาสูบ 0.1 m/s.....	97
5.5.4	แสดงน้ำหนักโบยาสูบและพลังงานความร้อนที่ใช้ในการปรมโบยาสูบฯ	

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

๗

รูปที่

หน้า

ตามรูปแบบการบ่มใบยาสูบฯในรูปที่ 5.5.1.....	98
5.5.5 แสดงน้ำหนักใบยาสูบและพลังงานความร้อนที่ใช้ในการบ่มใบยาสูบฯ ตามรูปแบบการบ่มใบยาสูบฯในรูปที่ 5.5.2.....	99
5.5.6 แสดงน้ำหนักใบยาสูบและพลังงานความร้อนที่ใช้ในการบ่มใบยาสูบฯ ตามรูปแบบการบ่มใบยาสูบฯในรูปที่ 5.5.3.....	100



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สัญลักษณ์

สัญลักษณ์	คำอธิบาย	หน่วย
A	พื้นที่ที่ความร้อนไหลผ่าน	m^2
a	ความกว้างของพื้นห้องบ่มไບยาสูบ	m
b	ความยาวของพื้นห้องบ่มไບยาสูบ	m
Cp_a	ความร้อนจำเพาะของอากาศ	kJ/kg.K
Cp_t	ความร้อนจำเพาะของไບยาสูบ	kJ/kg.K
Cp_w	ความร้อนจำเพาะของน้ำ	kJ/kg.K
D	มวลวัสดุแห้ง (ไม่มีความชื้น)	kg
D_s	ความหนาแน่นของสสารของแข็ง	kg/m^3
G_a	ความเร็วเชิงมวลของอากาศ	$\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$
h'	สัมประสิทธิ์การพาความร้อน	$\text{W}/(\text{k.m}^2)$
h_u	เอนทัลปีของอากาศ	kJ/kg
h_v	เอนทัลปีของน้ำ	kJ/kg
H	Surface air film conductance	$\text{W}/(\text{m.k})$
\bar{H}	Heat of Vaporization	kJ/kg
k	ค่าสภาพนำความร้อนของวัสดุ	$\text{W}/(\text{m.k})$
M	มวลของวัสดุ	kg
M_c	มวลคอนกรีต	kg
M_s	มวลโครงสร้าง	kg
M_r	มวลอุปกรณ์เสียบไບยา	kg
MC	ความชื้นมาตรฐานแห้งของไບยาสูบ	
MC_o	ความชื้นมาตรฐานแห้งของไບยาสูบเริ่มต้น	
MC_e	ความชื้นสมดุลย์ของไບยาสูบมาตรฐานแห้ง	
M_w	ความชื้นมาตรฐานเปียก	
m'_a	อัตราการไหลของอากาศ	kg/s
m'_w	อัตราการไหลของน้ำ	kg/s
\bar{Nu}	Nusselt number	
P	ความดันรวมของอากาศ	P_a
P_u	ความดันอากาศแห้ง	P_a

สัญลักษณ์	คำอธิบาย	หน่วย
P_v	ความดันของไอน้ำ	P_a
P_{v_s}	ความดันของไอน้ำอิ่มตัว	P_a
q	อัตราการถ่ายเทความร้อน	KW
Q	ความร้อนที่แลกเปลี่ยนระหว่างปริมาตรควบคุมและสิ่งแวดล้อม	KJ
Q_w	พลังงานความร้อนมากน้ำร้อนที่ให้แก่อ่างต้ม	KJ
Q_r	พลังงานความร้อนจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมี	KJ
Q_x	พลังงานความร้อนของการถ่ายเทอากาศ	KJ
Q_m	พลังงานความร้อนที่ต้องการเพิ่มและควบคุมอุณหภูมิของไอบยาสูบ	KJ
Q_s	พลังงานความร้อนที่ต้องการเพิ่มและควบคุมอุณหภูมิโครงสร้างรวมถึงพลังงานสูญเสียผ่านโครงสร้าง	KJ
Q_{sl}	พลังงานความร้อนสูญเสียผ่านโครงสร้าง	KJ
Q_{ss}	พลังงานความร้อนที่สะสมในโครงสร้าง	KJ
Q_{wf}	พลังงานความร้อนสูญเสียผ่านผนัง	KJ
Q_{fl}	พลังงานความร้อนสูญเสียผ่านพื้น	KJ
Q_{the}	พลังงานความร้อนทางทฤษฎีในการต้มไอบยาสูบ	KJ
S	พื้นที่หน้าตัดของการไหลของอากาศ	m^2
T	อุณหภูมิอากาศ	$^{\circ}C$
T_s	อุณหภูมิที่ผิววัสดุ	$^{\circ}C$
T_{∞}	อุณหภูมิกระแสการไหลอิสระของของไหล	$^{\circ}C$
T_{inroom}	อุณหภูมิอากาศในห้องต้มไอบยาสูบ	$^{\circ}C$
$T_{outroom}$	อุณหภูมิอากาศนอกห้องต้มไอบยาสูบ	$^{\circ}C$
T_{tubein}	อุณหภูมิผิวที่นำร้อนทางเข้า	$^{\circ}C$
$T_{tubeout}$	อุณหภูมิผิวที่นำร้อนทางออก	$^{\circ}C$
t	เวลา	hr
U_w	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนัง	$W/(m^2.k)$
U_f	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของพื้น	$W/(m^2.k)$
U	ความหนาของพื้น	m

สัญลักษณ์	คำอธิบาย	หน่วย
W	อัตราส่วนความชื้น	kg water/kgair
work	งานเพลลาที่แลกเปลี่ยนระหว่างปริมาตรควบคุมและสิ่งแวดล้อม	kJ
X	ระยะทาง	m
ΔU_c	การเปลี่ยนแปลงพลังงานภายในปริมาตรควบคุม	kJ
ΔH_f	การเปลี่ยนแปลงเอนทัลปีของกระแส	kJ
ΔKE	การไหลของของไหล	
ΔPE	การเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์	kJ
ϕ	การเปลี่ยนแปลงพลังงานศักย์ ความชื้นสัมพัทธ์	kJ
ρ	ความหนาแน่นของอากาศ	kg/m ³
$\frac{dT}{dx}$	เกรเดียนต์อุณหภูมิต่อระยะทาง	K/m
ϵ	ความหนาแน่นของสสารของแข็ง ในปริมาตรบังคับ	kg/m ³

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย