การทำแห้งเมล็ดข้าวเปลือกโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานจากถ่านไม้

นางสาวอภิญญา ดวงจันทร์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาเคมีเทคนิค
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ.2526

ISBN 974-563-041-1

013311
i 18207133

DRYING OF PADDY BY SOLAR ENERGY AND ENERGY FROM WOOD CHARCOAL

Miss Apinya Duangchan

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Chemical Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1983

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การทำแห้งเมล็ดข้าวเปลือกโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานจากถ่านไม้
โดย	นางสาวอภิญญา ดวงจันทร์
ภาควิชา	เคมีเทคนิค
อาจารย์ที่ปรึกษา	ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ
	ศาสตราจารย์ ดร.ปรีดา วิบูลย์สุวัสดิ์

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุประดิษฐ์ บุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.พล สาเกทอง)

.....กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ)

.....กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.ปรีดา วิบูลย์สุวัสดิ์)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.รัตนา ภัครานนท์)

.....กรรมการ
(อาจารย์ โสมพรรษ์ พูลผล)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การทำแห้งเมล็ดข้าวเปลือกโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ และพลังงานจากถ่านไม้
ชื่อนิสิต	นางสาว อภิญญา ดวงจันทร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ
	ศาสตราจารย์ ดร.ปรีดา วิบูลย์สวัสดิ์
ภาควิชา	เคมีเทคนิค
ปีการศึกษา	2526

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานจากถ่านไม้ โครงสร้างทำด้วยลำไม้ไผ่คลุมด้วยพลาสติกหนา 0.3 มม. ประกอบด้วยแผงรับความร้อนจากดวงอาทิตย์ขนาด 4.5 x 7.0 ม.^{2} ชั้นตากข้าวอยู่สูงจากพื้นดิน 0.8 ม. มีขนาด 1.5 x 7.0 ม.^{2} เหนือชั้นตากข้าวมีปล่องระบายอากาศสูงจากพื้นดิน 4.0 ม. จำนวนสองปล่อง ใต้ชั้นตากข้าวได้สร้างท่อเผาไหม้ที่ทำด้วยถังน้ำมันขนาด 200 ลิตรเชื่อมต่อกันจำนวน 10 ลูก ปลายทางปล่องเผาไหม้ มีปล่องขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.39 ม. สูงจากพื้นดิน 4.0 ม. ใช้ระบายอากาศจาก ท่อเผาไหม้ ที่ผนังบางส่วนของท่อเผาไหม้ได้คลุมด้วยฉนวนเพื่อปรับให้อุณหภูมิของอากาศร้อนใต้ชั้นตากมีอุณหภูมิสม่ำเสมอตลอดชั้นตาก ความร้อนจากการเผาไหม้ถ่ายเทให้กับผนังท่อและอากาศใต้ชั้นตากตามลำดับ อากาศได้รับความร้อนจากการเผาไหม้เพียงร้อยละ 30.6 เมื่อเทียบกับปริมาณความร้อนจากการเผาไหม้ของถ่านที่ใช้ในการทดลอง

ทดลองนำข้าวซึ่งมีปริมาณความชื้นเริ่มต้นประมาณร้อยละ 27 มาทำการอบภายในเครื่องอบ โดยใช้พลังงานความร้อนจากการเผาไหม้ถ่านไม้ แต่ละครั้งได้ทดลองอบข้าวที่ความหนาชั้นข้าว 8,4 และ 2 ซม. และได้ทำการอบข้าวที่ความหนาชั้นข้าว 8,6,4และ 2 ซม. ในเวลาเดียวกัน ทำการวัดความชื้นของเมล็ดข้าวทุก 3 ชั่วโมง หาอัตราการตากแห้งพบว่าที่ความหนาชั้นข้าว 2 ซม. ให้ประสิทธิภาพสูงสุดร้อยละ 10.1 นอกจากนี้ยังได้ทดลองอบข้าวด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่ความหนาของชั้นข้าว 4 ซม. ได้ประสิทธิภาพ

ถึงร้อยละ 15.3

ในการประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์ เมื่อใช้พลังงานจากถ่านไม้ ค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่องอบ เท่ากับ 2.75 บาท ต่อ เมกะจูล เมื่อใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่องอบเท่ากับ 1.56 บาทต่อเมกะจูล และเมื่อใช้ทั้งพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานจากถ่านไม้ ค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่องอบเท่ากับ 2.27 บาท ต่อเมกะจูล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Thesis Title	Drying of Paddy by Solar Energy and Energy from Wood Charcoal
Name	Miss Apinya Duangchan
Thesis Advisor	Professor Somsak Damronglerd, Ph.D.
	Professor Preeda Wibulswas, Ph.D.
Department	Chemical Technology
Academic Year	1983

พระมหากษัตริย์ สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ABSTRACT

A dryer device was constructed with bamboo tree and covered with transparent plastic of 0.3 mm. thickness. Energy sources used in the dryer can be both solar and charcoal. It is consisted of a collector with 4.5 x 7.0 m^2 area, 1.5 x 7.0 m^2 of drying mat area, 0.8 m of height from the ground, and two chimneys of 4.0 m. height locating above the drying mat. Ten empty oil drums was welded together and placed under the drying mat to be used as a furnace. At the end of the drum furnace, there was a flue chimney of 0.39 m. diameter and 4.0 m of height from the ground. A certain part of the surface of the drum furnace was covered with insulator in order to obtain a uniform temperature of air along the length of drying section. Air could gain the heat from the furnace about 30.6 percent compared to the total heat combustion of charcoal used.

Paddy having initial moisture content approximately 27 percent was spreaded out over the drying mat. The bed height of each experiment was 8,4, and 2 cm. respectively and simultaneously the bed height of 8,6,4 and 2 cm. in the same batch had run. Firstly,it

was the combustion of charcoal that contributes energy. Moisture content was checked every 3 hours. The experimental results indicated that the bed depth of 2 cm. gave the highest efficiency of 10.1 percent base on energy input. Secondly, rice was dried by solar energy at 4 cm. of bed depth, the efficiency was 15.3 percent.

Economic analysis by the anual cost method indicated that the cost of useful energy gain was 2.75 Baht per megajoule when solar energy was used, 1.56 Baht per megajoule when energy from wood charcoal was used and 2.27 Baht per megajoule when both solar energy and energy from wood charcoal were used and 20 tons of dried paddy was expected per year.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เพราะได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ ศาสตราจารย์ ดร.ปรีดา วิบูลย์สวัสดิ์ และอาจารย์ศศิธร วสุวัต ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำแนวทางในการศึกษาทดลอง ผู้วิจัยรู้สึกสำนึกในความกรุณา และขอขอบคุณท่านอาจารย์ทั้งสามเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ผู้วิจัยขอขอบคุณ Dr.R.H.B. Exell ที่ได้กรุณาเอื้อเฟื้อให้ใช้เครื่องมือ อบข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ของแผนกพลังงาน สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย ตลอดจนคุณ สมพงษ์ บุญธรรมจินดา คุณฐากูร ทรงประจักษ์กุล อาจารย์สมหมาย ครสาคู คุณสมเจตน์ รงค์ทอง คุณวัฒนชาติ แก้วนิคม และหลาย ๆ ท่านที่สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ อาจารย์ โสมพรรษ พูลผล ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำและทุก ๆ ท่านที่ช่วยทำงานวิจัย และขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แห่งประเทศไทย ที่ได้มอบทุนสำหรับการทำวิทยานิพนธ์นี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... ฉ
กิตติกรรมประกาศ..... ช
รายการตารางประกอบ..... ฌ
รายการรูปประกอบ..... ฐ
สัญลักษณ์ที่ใช้..... ท

บทที่

1 บทนำ..... 1
2 การอบแห้ง..... 3
2.1 นิยาม..... 3
2.2 กระบวนการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์..... 3
2.2.1 เตางานในอดีต..... 4
2.3 กระบวนการอบแห้งด้วยพลังงานจากเชื้อเพลิงต่าง ๆ..... 7
2.3.1 เชื้อเพลิงจากวัสดุการเกษตร..... 7
2.3.2 เชื้อเพลิงจากถ่านหิน..... 9
2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้ง..... 11
2.4.1 อุณหภูมิ..... 11
2.4.2 ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์..... 12
2.4.3 อัตราการไหลของอากาศ..... 12
2.5 อัตราการอบแห้ง..... 12
2.5.1 อัตราการอบแห้งคงที่..... 13
2.5.2 อัตราการอบแห้งไม่คงที่..... 13
2.6 การถ่ายเทความร้อนของท่อเผาไหม้..... 13
2.7 ปล่องเผาไหม้..... 17
2.8 เชื้อเพลิง..... 17

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	2.8.1 ลักษณะและคุณสมบัติของถ่านไม้.....	17
3	อุปกรณ์การทดลองและวิธีการทดลอง.....	19
	3.1 เครื่องมือ.....	19
	3.1.1 เครื่องอบข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ของสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย.....	19
	3.1.2 ท่อเผาไหม้พร้อมด้วยปล่องเผาไหม้.....	21
	3.2 เครื่องวัดต่าง ๆ	
	3.2.1 เครื่องวัดอุณหภูมิ.....	25
	3.2.2 เครื่องวัดปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ.....	25
	3.2.3 เครื่องวัดอัตราเร็วของก๊าซร้อน.....	26
	3.2.4 เครื่องวัดปริมาณความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือก...	26
	3.2.5 เครื่องวัดปริมาณ global radiation.....	26
	3.2.6 เครื่องชั่งน้ำหนัก.....	26
	3.3 วิธีการทดลอง	
	3.3.1 การทดลองอบข้าวโดยใช้พลังงานความร้อนจากการเผาไหม้ถ่านไม้.....	27
	3.3.2 การทดลองอบโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์.....	34
4	ผลการทดลอง.....	36
	4.1 ผลของการหาค่าความร้อนของถ่านไม้	36
	4.2 ผลการทดลองเผาถ่านไม้ภายในท่อเผาไหม้.....	37
	4.2.1 การทดลองเผาถ่านไม้ภายในท่อเผาไหม้เมื่อยังไม่ได้หุ้มฉนวน.....	37
	4.2.2 การทดลองเผาถ่านไม้ภายในท่อเผาไหม้เมื่อทำการหุ้มฉนวนด้วยดินเหนียว.....	37

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	4.2.3 การทดลองเผาถ่านไม้ภายในท่อเผาไหม้เมื่อทำการหุ้มฉนวนด้วยใยแก้ว.....	37
	4.3 ผลการทดลองอบข้าวเปลือกโดยใช้พลังงานจากการเผาไหม้ถ่านไม้ภายในท่อเผาไหม้.....	37
	4.4 ผลการทดลองอบวัสดุเกษตรโดยใช้พลังงานจากดวงอาทิตย์	38
5	วิจารณ์	
	5.1 ลักษณะการเผาไหม้ของถ่านไม้ภายในท่อเผาไหม้.....	62
	5.2 อุณหภูมิภายในเครื่องอบ.....	63
	5.3 อุณหภูมิที่ผนังท่อ.....	69
	5.4 ปริมาณความร้อนที่สูญเสียทางปล่องเผาไหม้.....	69
	5.5 การทดลองอบข้าวภายในเครื่องอบ โดยใช้พลังงานจากการเผาไหม้ถ่านไม้.....	71
	5.6 การอบวัตถุดิบด้วยพลังงานแสงอาทิตย์.....	74
6	สรุปและข้อเสนอแนะ.....	77
เอกสารอ้างอิง.....		80
ภาคผนวก.....		83
ประวัติ.....		114

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
4-ก	แสดงค่าความร้อนของถ่านไม้ที่ใช้ทดลอง.....	36
4-ข	แสดงผลการคำนวณปริมาณความร้อนที่ขั้นตากได้รับปริมาณความร้อนที่สูญเสียออกทางปล่องเผาไหม้และประสิทธิภาพของเครื่องอบ...	39
4.1	เผาถ่านไม้ภายในห่อเผาไหม้ เมื่อยังไม่ได้ติด damper.....	91
4.2	เผาถ่านไม้ภายในห่อเผาไหม้ เมื่อปิด damper.....	92
4.3	หุ้มฉนวนผนังห่อเผาไหม้ด้วยดินเหนียว.....	93
4.4	หุ้มฉนวนผนังห่อเผาไหม้ด้วยใยแก้ว.....	94
4.5	อบข้าวหนา 8 ซม.....	95
4.6	อบข้าวหนา 4 ซม.....	97
4.6.1	ปริมาณความชื้นของเมล็ดข้าวที่เวลาต่าง ๆ เมื่อทำการเกลี่ย...	98
4.6.2	ปริมาณความชื้นของเมล็ดข้าวที่เวลาต่าง ๆ เมื่อไม่ทำการเกลี่ย	98
4.7	อบข้าวหนา 4 ซม. ทำการเกลี่ยและเปิดประตูเครื่องอบ.....	99
4.7.1	ปริมาณความชื้นของเมล็ดข้าวที่เวลาต่าง ๆ.....	100
4.8	อบข้าวหนา 2 ซม. และอบข้าวหนา 2, 4, 6 และ 8 ซม. ในเวลาเดียวกัน.....	101
4.8.1	ปริมาณความชื้นของเมล็ดข้าวที่เวลาต่าง ๆ (ในการทดลองสุ่มตัวอย่างเปรียบเทียบ).....	102
4.8.2	ปริมาณความชื้นของเมล็ดข้าวที่ความหนาชั้นข้าว 2 ซม. (ภายในเครื่องอบทั้งหมด).....	102
4.9	อบขมิ้นโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์.....	103
4.9.1	อบขิงโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์.....	104
4.10	อบข้าวหนา 4 ซม. โดยการเกลี่ยและไม่เกลี่ยโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์.....	105
4.11	ปริมาณความชื้นในเมล็ดข้าวที่เวลาต่าง ๆ อบโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์.....	105

รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
2.1.ก	ตู้อบพลังแสงอาทิตย์ ของ สุวัฒน์ ไทยนะ	5
2.1.ข	ลักษณะแผงรับแสงอาทิตย์	5
2.2	เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ของ ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ และ มานิต ทองประเสริฐ	8
2.3	เครื่องอบแห้งของบริษัท Cadbury Brothers แห่งประเทศอังกฤษ	8
2.4	เตาเผาแกลบของ เรืองศรี ศรีหะวงษ์	10
2.5	แปลนการวางเตาและท่อของโรงบ่มยาสูบชนิดที่ใช้แบบเตาและระบบการวางท่อแบบปรับปรุงใหม่	10
2.6	การส่งถ่ายความร้อนผ่านผนังท่อสู่อากาศโดยรอบ	14
3.1.ก	ภาพด้านข้างของเครื่องอบข้าวพลังงานแสงอาทิตย์	20
3.1.ข	ภาพด้านหลังของเครื่องอบข้าวพลังงานแสงอาทิตย์	20
3.2.ก	ภาพด้านข้างของเครื่องอบข้าวพลังงานแสงอาทิตย์พร้อมท่อเผาไหม้	22
3.2.ข	ภาพด้านหลังของเครื่องอบข้าวพลังงานแสงอาทิตย์พร้อมท่อเผาไหม้	22
3.3.ก	ลักษณะ damper	24
3.3.ข	ลักษณะ damper ในปล่องเผาไหม้	24
3.4	แสดงตำแหน่งการวัดอุณหภูมิอากาศชั้นบนและชั้นล่างของชั้นตากที่ช่อง 1, 3, 5 และ 7 และแสดงตำแหน่งการวัดปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ชั้นบนและชั้นล่างของชั้นตากที่ช่อง 2, 4 และ 6	24
3.5	แสดงตำแหน่งการวัดอุณหภูมิที่ผนังท่อเผาไหม้และอุณหภูมิที่ชั้นตากและแสดงลักษณะการพูนผนังท่อเผาไหม้ ด้วยดินเหนียว	30
3.6	แสดงลักษณะการพูนผนังท่อเผาไหม้ ด้วยใยแก้ว	30
4.1.ก–4.10.ง	แสดงผลการทดลอง	40–61

สัญญลักษณ์ที่ใช้แทนข้อความ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CRF	=	Capital recovery factor
	=	$i(1+i)^n / (1+i)^n - 1$
$\hat{C}_p$	=	ความจุความร้อนของอากาศ, จูล/กิโลกรัม.องศาเคลวิน
D	=	เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของท่อ, เมตร
E	=	ประสิทธิภาพในการอบ, ร้อยละ
e_1	=	ความถูกต้อง (correction) ของปริมาณความร้อนของการรวมตัว (formation) ของกรดไนตริก (nitric acid)
e_2	=	ความถูกต้อง (correction) ของปริมาณความร้อนของการรวมตัว (formation) ของกรดกำมะถัน (sulphuric acid)
e_3	=	ความถูกต้องของปริมาณความร้อนของการเผาไหม้ของขดลวด (ignition wire)
H	=	ปริมาณความร้อนของการเผาไหม้ของกรดเบนโซอิค, เมกะจูล
H_t	=	ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการอบทั้งหมด, เมกะจูล
H_g	=	ค่าความร้อนของถ่านไม้, เมกะจูล/กิโลกรัม
h_o	=	สัมประสิทธิ์การส่งถ่ายความร้อนระหว่างอากาศภายในท่อและผนังท่อด้านใน, จูล/วินาที.เมตร^2.องศาเคลวิน
h_1	=	สัมประสิทธิ์การส่งถ่ายความร้อนระหว่างอากาศภายนอกท่อและผนังท่อด้านนอก, จูล/วินาที เมตร^{2}องศาเคลวิน
h_2	=	สัมประสิทธิ์การส่งถ่ายความร้อนระหว่างผนังปล่องเผาไหม้และอากาศโดยรอบปล่องเผาไหม้, จูล/วินาที.เมตร^{2}องศาเคลวิน
i	=	อัตราดอกเบี้ยต่อปี, ร้อยละ
k_{01}	=	สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของท่อเผาไหม้, จูล/วินาที.เมตร^2 องศาเคลวิน
L	=	ความยาวของท่อเผาไหม้, เมตร
L_s	=	ความยาวของปล่องเผาไหม้, เมตร
m	=	น้ำหนักกรดเบนโซอิค, กิโลกรัม
m_a	=	มวลของอากาศ, กิโลกรัม
m_c	=	มวลของถ่านไม้, กิโลกรัม

สัญญลักษณ์ที่ใช้แทนข้อความ (ต่อ)

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

n = อายุการใช้งานของเครื่องอบ, ปี

P = ราคาต้นทุนของเครื่องอบ, บาท

q = ปริมาณความร้อนของอากาศ, จูล/วินาที

Q_o = ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทจากภายในท่อสู่บรรยากาศ, จูล/วินาที

Q = ปริมาณความร้อนที่อากาศภายนอกผนังท่อได้รับจากท่อเผาไหม้, จูล/วินาที

Q_1 = ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทจากผนังท่อเผาไหม้สู่อากาศโดยรอบท่อ, จูล/วินาที

Q_2 = ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทจากผนังท่อเผาไหม้สู่อากาศรอบปล่องเผาไหม้, จูล/วินาที

Q_3 = ปริมาณความร้อนที่สูญเสียไปกับอากาศร้อนทางปล่องเผาไหม้, จูล/วินาที

RH = ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ, ร้อยละ

RH_1 = ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในเครื่องอบ วัดที่ช่องที่ 2 ของเครื่องอบ, ร้อยละ

RH_2 = ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในเครื่องอบ วัดที่ช่องที่ 4 ของเครื่องอบ, ร้อยละ

RH_3 = ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในเครื่องอบ วัดที่ช่องที่ 6 ของเครื่องอบ, ร้อยละ

r_o = รัศมีภายในท่อ, เมตร

r_1 = รัศมีภายนอกท่อ, เมตร

S = ราคาของเครื่องอบเมื่อหมดอายุการใช้งาน, บาท

= Sinking fund factor

= $i/(1+i)^n - 1$

t = ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิเริ่มต้นและอุณหภูมิสุดท้าย, องศาเคลวิน

t_a = อุณหภูมิอากาศ, องศาเคลวิน

T_o = อุณหภูมิอากาศภายนอกรอบท่อ, องศาเคลวิน

T_1 = อุณหภูมิภายในเครื่องอบวัดที่ช่องที่ 1 ของเครื่องอบ, องศาเซลเซียส

T_2 = อุณหภูมิภายในเครื่องอบวัดที่ช่องที่ 3 ของเครื่องอบ, องศาเซลเซียส

T_3 = อุณหภูมิภายในเครื่องอบวัดที่ช่องที่ 5 ของเครื่องอบ, องศาเซลเซียส

T_4 = อุณหภูมิภายในเครื่องอบวัดที่ช่องที่ 7 ของเครื่องอบ, องศาเซลเซียส

สัญญลักษณ์ที่ใช้แทนข้อความ (ต่อ)

T_a = อุณหภูมิบรรยากาศ, องศาเคลวิน

T_c = อุณหภูมิที่ผนังปล่องเผาไหม้, องศาเคลวิน

T_h = อุณหภูมิอากาศร้อนที่ออกจากปล่องเผาไหม้, องศาเคลวิน

T_i = อุณหภูมิอากาศภายในท่อ, องศาเคลวิน

Tm_1 = อุณหภูมิที่ชั้นตากภายในเครื่องอบวัดที่ระยะห่างจากผนังภายในเครื่องอบด้านต้นท่อเผาไหม้ 0.7 ม., องศาเซลเซียส

Tm_2 = อุณหภูมิที่ชั้นตากภายในเครื่องอบวัดที่ระยะห่างจากผนังภายในเครื่องอบด้านต้นท่อเผาไหม้ 2.1 ม., องศาเซลเซียส

Tm_3 = อุณหภูมิที่ชั้นตากภายในเครื่องอบวัดที่ระยะห่างจากผนังภายในเครื่องอบด้านต้นท่อเผาไหม้ 3.5 ม., องศาเซลเซียส

Tm_4 = อุณหภูมิที่ชั้นตากภายในเครื่องอบวัดที่ระยะห่างจากผนังภายในเครื่องอบด้านต้นท่อเผาไหม้ 4.9 ม., องศาเซลเซียส

Tm_5 = อุณหภูมิที่ชั้นตากภายในเครื่องอบวัดที่ระยะห่างจากผนังภายในเครื่องอบด้านต้นท่อเผาไหม้ 6.3 ม., องศาเซลเซียส

T_s = อุณหภูมิที่ผนังท่อเผาไหม้, องศาเคลวิน

Ts_1 = อุณหภูมิที่ผนังท่อเผาไหม้วัดที่ระยะห่างจากผนังภายในเครื่องอบด้านต้นท่อเผาไหม้ 0.7 ม., องศาเซลเซียส

Ts_2 = อุณหภูมิที่ผนังท่อเผาไหม้วัดที่ระยะห่างจากผนังภายในเครื่องอบด้านต้นท่อเผาไหม้ 2.1 ม., องศาเซลเซียส

Ts_3 = อุณหภูมิที่ผนังท่อเผาไหม้วัดที่ระยะห่างจากผนังภายในเครื่องอบด้านต้นท่อเผาไหม้ 3.5 ม., องศาเซลเซียส

Ts_4 = อุณหภูมิที่ผนังท่อเผาไหม้วัดที่ระยะห่างจากผนังภายในเครื่องอบด้านต้นท่อเผาไหม้ 4.9 ม., องศาเซลเซียส

Ts_5 = อุณหภูมิที่ผนังท่อเผาไหม้วัดที่ระยะห่างจากผนังภายในเครื่องอบด้านต้นท่อเผาไหม้ 6.3 ม., องศาเซลเซียส

W = ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการระเหยน้ำ, เมกะจูล

สัญญลักษณ์ที่ใช้แทนข้อความ (ต่อ)

W_a = อัตราการไหลของมวลอากาศผ่านผนังท่อเผาไหม้, กิโลกรัม/วินาที

W_s = อัตราการไหลของมวลอากาศผ่านปล่องเผาไหม้, กิโลกรัม/วินาที

w = ปริมาณความร้อนเทียบเท่าของบอมบ์แคลอริมิเตอร์ , จูล/องศาเคลวิน

x = น้ำหนักข้าวเปียก, กิโลกรัม

x_1 = น้ำหนักข้าวเปียกก่อนอบ, กิโลกรัม

x_2 = น้ำหนักข้าวเปียกหลังอบ, กิโลกรัม

y = ปริมาณความชื้นของข้าวเปลือก (มาตรฐานเปียก), ร้อยละ

z = น้ำหนักแห้งของข้าวเปลือก, กิโลกรัม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย