เอกสารอ้างอิง

1. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ และ มานิจ ทองประเสริฐ "เครื่องอบแห้งข้าวพลังงานแสงอาทิตย์" วิศวกรรมก้าวหน้า ปีที่ 4 ฉบับที่ 3 (2526) : 26-33

2. สมพงษ์ บุญธรรมจินดา และ โรเบิร์ต . เอช . บี เอ็กเซล "โครงการเครื่องอบข้าวพลังแสงอาทิตย์ (ระยะ 2)" สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย 2525.

3. สุวัฒน์ ไทยนะ "ตู้อบแห้งด้วยแสงอาทิตย์" วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 2522.

4. เรืองศรี ศรีหะวงษ์ "การนำแกลบมาใช้ประโยชน์ในการอบเมล็ดพืช" วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตร แห่งประเทศไทย ปีที่ 22 ฉบับที่ 3 (2520) : 8-15

5. เกษม ปราบริปูตลุง การทำงานเป็นหน่วยในกระบวนการผลิตอาหาร หน้า 155-156 มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2521.

6. Makarananda, D. and Pongkitvorasin, P. "Solar Dryer" Senior Project, Department of Chemical Technology, Chulalongkorn University, 1981.

7. Exell, R.H.B. "Basic Design Theory for a Simple Solar Rice Dryer." Renewable Energy Review Journal. 1 (1980) : 1-14.

8. สมพงษ์ บุญธรรมจินดา สมเจตน์ รงค์ทอง และ วัฒนชาติ แก้วนิคม คู่มือการสร้างเครื่องอบข้าวพลังแสงอาทิตย์ หน้า 1-88, ศูนย์สนเทศทางพลังงานทดแทน สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย กรุงเทพฯ 2525.

9. Wibulswas, P. and Niyomkarn, C. "Development of Solar Air Heaters for a Cabinet-Type Solar Dryer" King Mongkuts Institute of Technology Thonburi, 1980.

10. Rohan, T.A. in Processing of Raw Cocoa for the Market FAO Agricultural Studies, No. 60 pp. 135-143, 1963.

11. สมบูรณ์ ภักดี และ วีณรงค์ ภิญโญ "การทดลองแบบเตาและระบบการวางท่อบ่มยาสูบเวอร์ยิเนียเพื่อประหยัดเชื้อเพลิง " นิตยสารยาสูบ ปีที่ 32 ฉบับที่ 6 (2524) : 5-14.

12. Brooker, D.B., Bakker-Arkerna, F.W., and Hall, C.W. in Drying Cereal Grains, AVI Publishing Co., Connecticut, 1975.

13. Mc Cabe, W.L. and Smith, J.C. in Unit Operations of Chemical Engineering, 2nd ed., pp. 949-954, Mc Graw-Hill, New York, 1967.

14. Bird, Stewart and Lightfoot in Transport Phenomena pp. 286-288, Wiley & Sons, New York, 1960.

15. นิตยา จุฬากรณ์. "การศึกษาเตาเผาชนิดปฏิกิริยาสองห้อง" วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเคมีเทคนิค บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2525.

16. Levenspiel, Octave. in Chemical Reaction Engineering, 2nd. ed., John Wiley & Sons, Inc., 1972.

17. วิวัฒน์ ศัพพานิชกุล อุปกรณ์อบแห้งในอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) 2522.

18. Daniels, F. in Direct Use of the Sun's Energy pp. 124-135, Yale University Press, 1977.

19. Duffie, J.A. in Solar Energy Thermal Process, A. Wiley-Interscience Publication, 1974.

20. Esmay, M.L. and Hall, C.W. in Agricultural Mechanization in Developing countries. pp. 147-150, Shin-Norinsha Co., Tokyo, 1973.

21. Janadan Prasad Kesari. "The Performance of a Solar Rice Dryer." Master's Thesis, AIT, 1979.

22. Lawand, T.A. in The Potential of Solar Agricultural Driers in Developing Areas, Development and Transfer of Technology Series, No.5. pp. 125-131. United Nations, New York, 1978.

23. Md. Nural Islam. "Simulation of Paddy Drying under Tropical Conditions." Master's Thesis, AIT, 1979.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

การหาค่าความร้อน (Heating value or Calorific value)

ตัวอย่างการคำนวณ

1. การคำนวณหาปริมาณความร้อนเทียบเท่า (Energy equivalent) ของบอมบ์ แคลอริมิเตอร์ (Bomb calorimeter) จากปริมาณความร้อนของการเผาไหม้ (Heat of combustion) ของกรดเบนโซอิค (Benzoic acid)

จากสูตร $w = \frac{Hm + e_1 + e_3}{t}$

โดยที่ w = ปริมาณความร้อนเทียบเท่าของบอมบ์ แคลอริมิเตอร์ (จูล/องศาเคลวิน)

H = ปริมาณความร้อนของการเผาไหม้ของกรดเบนโซอิค (26.4345 เมกะจูล/กิโลกรัม)

m = น้ำหนักของกรดเบนโซอิค (0.9885×10^{-3} กิโลกรัม)

t = อุณหภูมิแตกต่างระหว่างอุณหภูมิเริ่มต้นและอุณหภูมิสุดท้าย
= 4.6 องศาเคลวิน

e_1 = ความถูกต้อง (Correction) ของปริมาณความร้อนของการรวมตัว (Formation) ของกรดไนตริก (Nitric acid)
= 0 จูล

e_3 = ความถูกต้องของปริมาณความร้อนของการเผาไหม้ของขดลวด (Ignition wire)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$= 2.3 \times 2.5 \times 4.184 = 24.0$ จูล

ดังนั้น $w = \frac{26.4345 \times 10^{6} \times 0.9885 \times 10^{-3} + 0 + 24}{4.6}$

$= 5686$ จูล/องศาเคลวิน

2. การคำนวณหาค่าความร้อนของถ่านไม้

จากสูตร $H_g = \frac{tw - e_1 - e_2 - e_3}{m_c}$

โดยที่ $t = 2.77$ องศาเคลวิน

$m_c = 0.6579 \times 10^{-3}$ กิโลกรัม

$w = 5686$ จูล/องศาเคลวิน

$e_1 = 0$

e_2 = ความถูกต้องสำหรับการรวมตัวของกรดกำมะถัน (Sulphuric acid)

$= 0$

$e_3 = 2.3 \times 7.5 \times 4.184$ จูล

$= 72.2$ จูล

$H_g = \frac{2.77 \times 5686 - 0 - 0 - 72.2}{0.6579 \times 10^{-3}}$

ดังนั้น ค่าความร้อนของถ่านไม้ = 23.83 เมกะจูล/กิโลกรัม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ช

ตารางแสดงค่า Mean Molal Heat Capacities ของก๊าซต่าง ๆ ระหว่าง 25 และ t องศาเซลเซียส (16)

g-cal/(g-mole)(K°)

t	H_2	N_2	CO	Air	O_2	NO	H_2O	CO_2	HCl	Cl_2	CH_4	SO_2	C_2H_4	SO_3	C_3H_8
25	6.894	6.961	6.965	6.972	7.017	7.134	8.024	8.884	6.96	8.12	8.55	9.51	10.45	12.11	12.63
100	6.921	6.972	6.983	6.996	7.083	7.144	8.084	9.251	6.97	8.21	8.98	9.85	11.35	12.84	13.76
200	6.957	6.996	7.017	7.021	7.181	7.221	8.177	9.701	6.98	8.37	9.62	10.25	12.53	13.74	15.27
300	6.970	7.036	7.070	7.073	7.293	7.252	8.215	10.108	7.00	8.48	10.20	10.62	13.65	14.54	16.72
400	6.982	7.089	7.136	7.152	7.406	7.301	8.409	10.462	7.02	8.55	10.97	10.94	14.67	15.22	18.11
500	6.993	7.159	7.210	7.225	7.515	7.369	8.559	10.776	7.06	8.61	11.65	11.22	15.60	15.92	19.39
600	7.011	7.229	7.289	7.299	7.616	7.470	8.678	11.053	7.10	8.66	12.27	11.45	16.45	16.33	20.58
700	7.032	7.295	7.365	7.374	7.706	7.519	8.816	11.303	7.15	8.70	12.90	11.66	17.22	16.77	21.68
800	7.060	7.360	7.443	7.447	7.792	7.630	8.963	11.53	7.21	8.73	13.48	11.84	17.95	17.17	22.72
900	7.076	7.443	7.521	7.520	7.874	7.708	9.109	11.74	7.27	8.77	14.04	12.01	18 63	17.52	23.69
1000	7.123	7.507	7.587	7.593	7.941	7.773	9.246	11.92	7.33	8.80	14.56	12.15	19.23	17.86	21.56
1100	7.169	7.574	7.653	7.660	8.009	7.839	9.389	12.10	7.39	8.82	15.01	12.28	19.81	18.17	25.40
1200	7.208	7.635	7.714	7.719	8.068	7.898	9.523	12.25	7.45	8.91	15.49	12.39	20.33	18.44	26.15
1300	7.252	7.692	7.772	7.778	8.123	7.952	9.66	12.39							
1400	7.288	7.738	7 818	7.824	8.168	7.994	9.77	12.50							
1500	7.328	7.780	7.866	7.873	8.203	8.039	9.89	12.69							
1600	7.386	7.844	7.922	7.929	8.269	8.092	9.95	12.75							
1700	7.421	7.879	7.958	7.965	8.305	8.124	10.13	12.70							
1800	7.467	7.924	8.001	8.010	8.349	8.164	10.24	12.94							
1900	7.505	7.957	8.033	8.043	8.382	8.192	10.31	13.01							
2000	7.548	7.991	8.069	8.091	8.423	8.225	10.43	13.10							
2100	7.588	8.028	8.101	8 115	8.460	8.255	10.52	13.17							
2200	7.624	8.054	8.127	8.144	8.491	8.277	10.61	13.21							

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. การหาปริมาณความร้อนของอากาศที่ออกจากปล่องเผาไหม้

จากข้อมูลที่ทำการวัด และบันทึก ในตารางที่ 4.1 ในภาคผนวก ค

อุณหภูมิบรรยากาศ = 28 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิอากาศร้อนที่ออกจากปล่องเผาไหม้ = 86 องศาเซลเซียส

อัตราการไหลของอากาศร้อนผ่านปล่องเผาไหม้ = 53.1 ลบ.ม/ชม.

ความหนาแน่นของอากาศที่ 0 °ซ 760 มม.ปรอท = 1.2929 กก./ลบ.ม

ความหนาแน่นของอากาศที่ 86 °ซ $= \frac{273 \times 1.2929}{273 + 86}$

$= 983.18 \times 10^{-3}$ กก./ลบ.ม

มวลอากาศที่ไหลผ่านปล่องเผาไหม้ $= 53.1 \times 983.18 \times 10^{-3}$

= 52.207 กก./ชม.

จากตารางค่า mean molal heat capacity ของก๊าซต่าง ๆ

ค่า mean molal heat capacity ของอากาศที่อุณหภูมิ 25 °ซ

= 6.972 กรัม–แคลอรี่/กรัม–โมล. องศาเคลวิน

$= \frac{6.972}{28.97}$ กรัม–แคลอรี่/กรัม องศาเคลวิน

= 0.2407 กรัม–แคลอรี่/กรัม องศาเคลวิน

= 0.2407 x 4.184 กิโลจูล/กิโลกรัม. องศาเคลวิน

= 1.0071 กิโลจูล/กิโลกรัม. องศาเคลวิน

ในทำนองเดียวกันค่า mean molal heat capacity ของอากาศที่อุณหภูมิ 100 °ซ

$= \frac{6.996}{28.97}$

= 0.2415 กรัม–แคลอรี่/กรัม. องศาเคลวิน

= 1.0104 กิโลจูล/กิโลกรัม. องศาเคลวิน

ค่า mean molal heat capacity ของอากาศที่อุณหภูมิ 86 °ซ

$$= \frac{(0.2415 - 0.2407)(86 - 25)}{(100 - 25)} + 0.2407$$

= 0.2414 กรัม–แคลอรี่/กรัม. องศาเคลวิน

= 1.0100 กิโลจูล/กิโลกรัม. องศาเคลวิน

$q = m_a C_p \Delta t$

= (52.207 กิโลกรัม/ชั่วโมง)×(1.0100กิโลจูล/กิโลกรัม.องศาเคลวิน)

X(359 - 301 องศาเคลวิน)

ปริมาณความร้อนที่ออกจากปล่องเผาไหม้

= 3.0583 เมกะจูล/ชั่วโมง

2. การหาปริมาณความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ถ่านไม้

จากข้อมูลในตารางที่ 4,1 ในภาคผนวก ค

ปริมาณถ่านไม้ที่ใช้ทั้งหมด = 20 กิโลกรัม

ระยะเวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ = 5 ชั่วโมง

ค่าความร้อนของถ่านไม้ = 18.10 เมกะจูล/กิโลกรัม

ปริมาณความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ $= \frac{(20 \text{ กิโลกรัม})(18.10 \text{ เมกะจูล/กิโลกรัม})}{(5 \text{ ชั่วโมง})}$

= 72.4 เมกะจูล/ชั่วโมง

3. เปรียบเทียบปริมาณความร้อนที่สูญเสียทางปล่องเผาไหม้ กับปริมาณความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ถ่านไม้

จากข้อมูลในข้อ 1 และข้อ 2

ปริมาณความร้อนสูญเสียทางปล่องเผาไหม้,ร้อยละ

$$= \frac{\text{ปริมาณความร้อนที่ออกจากปล่องเผาไหม้} \times 100}{\text{ปริมาณความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ถ่านไม้}}$$

$$= \frac{3.0583 \times 100}{72.4}$$

= 4.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. การหาปริมาณความร้อนที่อากาศใต้ชั้นตากได้รับจากผนังท่อเผาไหม้

จากข้อมูลในตารางที่ 4.1 ในภาคผนวก ค

อุณหภูมิอากาศใต้ชั้นตากเฉลี่ย = 46 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิบรรยากาศ = 28 องศาเซลเซียส

ค่า mean molal heat capacity ของอากาศที่อุณหภูมิ 46 °ซ

= 1.0079 กิโลจูล/กิโลกรัม. องศาเคลวิน

ความหนาแน่นของอากาศที่ 46 °ซ = 1.1065 กิโลกรัม/ลบ.ม

มวลของอากาศผ่านชั้นตาก

= (1337.5 ลบ.ม/ชม.)(1.1065 กิโลกรัม/ลบ.ม)

= 1.4799×10^3 กิโลกรัม/ชั่วโมง

$q = m_a C_p \Delta t$

= (1.4799×10^3 กิโลกรัม/ชั่วโมง)(1.0799 กิโลจูล/กิโลกรัม.องศาเคลวิน)

(319-301 องศาเคลวิน)

ปริมาณความร้อนที่ชั้นตากได้รับ = 26.849 เมกะจูล/ชั่วโมง

5. เปรียบเทียบปริมาณความร้อนที่ชั้นตากได้รับ กับปริมาณความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้

$$\text{ปริมาณความร้อนที่ชั้นตากได้รับ, ร้อยละ} = \frac{\text{ปริมาณความร้อนที่ชั้นตากได้รับ} \times 100}{\text{ปริมาณความร้อนที่ได้รับจากท่อเผาไหม้}}$$

$$= \frac{26.849 \times 100}{72.4}$$

$$= 37.1$$

6. การหาปริมาณความชื้นของวัตถุดิบ

$$\text{ปริมาณความชื้นของวัตถุดิบ, ร้อยละ (มาตรฐานเปียก)} = \frac{(\text{น้ำหนักเปียกของวัตถุดิบ} - \text{น้ำหนักแห้งของวัตถุดิบ}) \times 100}{\text{น้ำหนักเปียกของวัตถุดิบ}}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7. การหาประสิทธิภาพของเครื่องอบ เมื่ออบแห้งด้วยพลังงานจากการเผาไหม้ถ่านไม้

ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของน้ำในเมล็ดข้าวเปลือก

= 2.47 เมกะจูล/กิโลกรัมของน้ำที่ระเหย (12,18)

จากข้อมูลในการอบข้าวหนา 8 ซม.

ปริมาณน้ำที่ระเหย = 25 กิโลกรัม

ปริมาณความร้อนที่เมล็ดข้าวได้รับ = 2.47x25 เมกะจูล

= 61.75 เมกะจูล

ปริมาณถ่านไม้ที่ใช้ = 45 กิโลกรัม

ค่าความร้อนของถ่านไม้ = 20.68 เมกะจูล/กิโลกรัม

ปริมาณความร้อนที่ได้จากการเผาถ่าน = 45 x 20.68

= 930.6 เมกะจูล

$$\text{ประสิทธิภาพของเครื่องอบ, ร้อยละ} = \frac{\text{ปริมาณความร้อนที่เมล็ดข้าวได้รับ} \times 100}{\text{ปริมาณความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้}}$$

$$= \frac{61.75 \times 100}{930.6}$$

$$= 6.6$$

8. การหาประสิทธิภาพของเครื่องอบเมื่ออบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

จากข้อมูลในการทดลองอบข้าวหนา 4 ซม. ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

พลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้รับเฉลี่ยจาก 9.00–17.00 น. วันที่ 19 มี.ค. 2526

= 622 วัตต์/ตารางเมตร

พื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์ = 31.5 ตารางเมตร

ระยะเวลาในการอบ = 8 ชั่วโมง

พลังงานที่แผงรับแสงอาทิตย์ได้รับ

$$= \frac{622 \times 31.5 \text{ วัตต์}}{1 \text{ วัตต์.ชั่วโมง}} \left| \frac{3.41214 \text{ บี.ที.ยู.}}{8 \text{ ชั่วโมง}} \right| \frac{252 \text{ แคลอรี}}{1 \text{ บี.ที.ยู.}} \left| \frac{4.184 \text{ จูล}}{1 \text{ แคลอรี}} \right.$$

= 563.91 เมกะจูล

ปริมาณน้ำที่ระเหย = 35 กิโลกรัม

ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ ของน้ำในเมล็ดข้าวเปลือก

= 2.47 เมกะจูล/กิโลกรัมน้ำที่ระเหย(12,18)

พลังงานที่เมล็ดข้าวได้รับ = 2.47 x 35

= 86.45 เมกะจูล

ประสิทธิภาพของเครื่องอบ,ร้อยละ = $\frac{\text{พลังงานที่เมล็ดข้าวได้รับ} \times 100}{\text{พลังงานที่เครื่องอบได้รับ}}$

= $\frac{86.45 \times 100}{563.91}$

= 15.3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

ตารางที่ 4.1

การทดลอง เผาถ่านไม้ภายในท่อเผาไหม้ เมื่อยังไม่ได้ติด damper

ค่าความร้อนของถ่านไม้ (heating value) 18.10 เมกะจูลต่อกิโลกรัม

ปริมาตรอากาศไหลผ่านชั้นตาก 1337.5 ลบ.ม.ต่อชม.

ปริมาตรอากาศไหลผ่านปล่องเผาไหม้ 53.1 ลบ.ม.ต่อชม.

อุณหภูมิอากาศที่ออกจากปล่องเผาไหม้เฉลี่ย 66 องศาเซลเซียส

เวลา	อุณหภูมิภายในเครื่องอบ (°ซ)								อุณหภูมิผนังท่อ (°ซ)					อุณหภูมิที่ชั้นตาก (°ซ)					อุณหภูมิบรรยากาศ (°ซ)	น้ำหนักถ่าน (กก.)
	T_1		T_2		T_3		T_4		Ts_1	Ts_2	Ts_3	Ts_4	Ts_5	Tm_1	Tm_2	Tm_3	Tm_4	Tm_5		
	บน	ล่าง	บน	ล่าง	บน	ล่าง	บน													
19.00	29	30	29	30	29	30	29	30	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	2
19.30	29	31	29	30	29	30	29	30	30	30	29	29	29	29	29	29	29	29	29	2
20.00	34	40	31	35	30	34	30	33	77	54	48	53	48	36	32	30	30	30	28	2
20.30	44	57	37	41	35	41	35	41	106	78	71	85	79	47	38	35	35	35	28	2
21.00	47	61	40	51	37	47	37	47	123	92	81	97	89	51	42	39	39	38	28	2
21.30	48	61	40	51	38	48	38	47	110	81	72	90	84	53	42	38	38	38	28	2
22.00	47	61	39	49	37	46	37	46	121	87	76	95	86	51	40	38	38	38	28	2
22.30	49	63	40	51	38	48	37	47	123	93	83	101	92	53	41	38	38	38	28	2
23.00	50	63	41	52	38	48	37	47	117	90	78	98	90	53	41	38	38	38	28	2
23.30	53	69	45	57	43	51	42	51	129	99	84	107	98	54	46	43	43	43	28	2
24.00	50	64	42	53	40	48	38	48	115	87	73	96	89	52	45	42	40	40	27.5	

ตารางที่ 4.2

การทดลอง เผาถ่านไม้ภายในท่อเผาไหม้ เมื่อปิด damper

ค่าความร้อนของถ่านไม้ (heating value) 18.10 เมกะจูลต่อกิโลกรัม

ปริมาตรอากาศไหลผ่านชั้นตาก 1236.0 ลบ.ม.ต่อชม.

ปริมาตรอากาศไหลผ่านปล่องเผาไหม้ 31.5 ลบ.ม.ต่อชม.

อุณหภูมิอากาศที่ออกจากปล่องเผาไหม้เฉลี่ย 94.0 องศาเซลเซียส

เวลา	อุณหภูมิภายในเครื่องอบ (°ซ)								อุณหภูมิผนังท่อ (°ซ)					อุณหภูมิที่ชั้นตาก (°ซ)					อุณหภูมิบรรยากาศ (°ซ)	น้ำหนักถ่าน (กก.)
	T_1		T_2		T_3		T_4		Ts_1	Ts_2	Ts_3	Ts_4	Ts_5	Tm_1	Tm_2	Tm_3	Tm_4	Tm_5		
	บน	ล่าง	บน	ล่าง	บน	ล่าง	บน	ล่าง												
19.30	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	2
20.00	34	40	32	37	30	35	30	35	72	54	48	54	49	34	32	31	30	30	28	2
20.30	41	51	36	44	34	40	33	40	105	75	67	78	72	44	38	34	34	34	28	2
21.00	46	60	38	49	37	46	35	46	117	82	73	88	81	50	40	38	37	37	28	2
21.30	48	62	39	51	37	47	36	47	122	87	77	94	86	51	40	38	37	37	28	2
22.00	51	65	43	54	40	50	38	50	128	94	83	101	92	53	44	41	40	40	28	2
22.30	53	66	45	55	42	51	39	50	115	86	73	95	88	57	46	44	44	44	28	2
23.00	54	70	46	58	43	54	41	52	135	98	84	111	102	59	47	45	44	44	28	2
23.30	56	71	46	58	44	54	41	53	130	95	81	106	99	61	48	45	45	45	27.5	2
24.00	53	69	46	57	43	52	41	51	118	87	74	98	92	59	47	45	44	44	27.5	

ตารางที่ 4.3

การทดลอง หุ้มฉนวนผนังท่อเผาไหม้ด้วยดินเหนียว

ค่าความร้อนของถ่านไม้ (heating value) 21.81 เมกะจูลต่อกิโลกรัม

ปริมาตรอากาศไหลผ่านชั้นถาก 1141.6 ลบ.ม.ต่อชม.

ปริมาตรอากาศไหลผ่านปล่องเผาไหม้ 25.1 ลบ.ม.ต่อชม.

อุณหภูมิอากาศที่ออกจากปล่องเผาไหม้เฉลี่ย 97 องศาเซลเซียส

เวลา	อุณหภูมิภายในเครื่องอบ (°ซ)								อุณหภูมิผนังท่อ (°ซ)					อุณหภูมิที่ชั้นถาก (°ซ)					อุณหภูมิบรรยากาศ (°ซ)	น้ำหนักถ่าน (กก.)
	T_1		T_2		T_3		T_4		Ts_1	Ts_2	Ts_3	Ts_4	Ts_5	Tm_1	Tm_2	Tm_3	Tm_4	Tm_5		
	บน	ล่าง	บน	ล่าง	บน	ล่าง	บน	ล่าง												
18.30	28	30	28	30	28	31	28	31	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	2
19.00	31	33	31	33	31	33	31	33	95	67	52	54	52	31	31	31	31	31	28	2
19.15																				2
19.30																				2
19.45																				2
20.00	35	45	40	50	39	49	35	47	168	122	87	101	97	37	41	39	36	36	28	2
20.30																				2
21.00	47	61	45	58	43	54	39	52	212	148	95	110	107	49	45	44	41	40	28	2
22.00	50	64	45	58	44	53	40	52	182	129	78	96	92	53	46	44	42	40	28	2
23.00	45	54	42	50	39	47	37	46	127	83	56	73	72	49	44	42	40	37	28	

ตารางที่ 4.4

การทดลอง หุ้มฉนวนผนังท่อเผาไหม้ด้วยใยแก้ว

ค่าความร้อนของถ่านไม้ (heating value) 20.68 เมกะจูลต่อกิโลกรัม

ปริมาตรอากาศไหลผ่านชั้นตาก 1043.6 ลบ.ม.ต่อชม.

ปริมาตรอากาศไหลผ่านปล่องเผาไหม้ 29.2 ลบ.ม.ต่อชม.

อุณหภูมิอากาศที่ออกจากปล่องเผาไหม้เฉลี่ย 97 องศาเซลเซียส

เวลา	อุณหภูมิภายในเครื่องอบ (°ซ)								อุณหภูมิผนังท่อ (°ซ)					อุณหภูมิที่ชั้นตาก (°ซ)					อุณหภูมิบรรยากาศ (°ซ)	น้ำหนักถ่าน (กก.)
	T_1		T_2		T_3		T_4		Ts_1	Ts_2	Ts_3	Ts_4	Ts_5	Tm_1	Tm_2	Tm_3	Tm_4	Tm_5		
	บน	ล่าง	บน	ล่าง	บน	ล่าง	บน	ล่าง												
19.00																				2
19.30																				2
20.00																				2
20.30	37	45	37	45	37	45	37	45	168	139	109	91	82	34	28	33	31	35	28	2
21.00	40	52	40	52	39	50	37	50	195	160	125	107	96	43	32	36	37	41	28	2
21.30	43	53	41	51	40	50	36	49	159	121	94	89	85	45	33	40	39	40	28	2
22.00	43	51	43	51	40	49	36	49	159	124	96	91	85	46	42	44	44	39	28	2
22.30	42	52	42	51	40	51	37	49	168	138	109	99	92	46	44	48	46	44	28	2
23.00	43	53	43	53	40	52	38	50	161	127	101	98	91	47	46	48	45	44	26	2
23.30	43	52	43	52	39	51	37	50	159	125	99	94	87	47	46	48	43	44	26	

ตารางที่ 4.5 อบข้าวหนา 8 ซม.

เวลา	อุณหภูมิอากาศภายในเครื่อง °ซ								อุณหภูมิผนังท่อ (°ซ)					ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์(ร้อยละ)						อุณหภูมิบรรยากาศ (°ซ)	น้ำหนักถาน (กก.)
	T_1		T_2		T_3		T_4		Ts_1	Ts_2	Ts_3	Ts_4	Ts_5	RH_1		RH_2		RH_3		บรรยากาศ	
	บน	ล่าง	บน	ล่าง	บน	ล่าง	บน	ล่าง						บน	ล่าง	บน	ล่าง	บน	ล่าง		
19.00																					2
19.30																					2
20.00																					2
20.30																					2
21.00	28	44	28	51	28	48	28	48	213	162	124	102	92	92	68	80	60	75	62	88	28	2
21.30	30	52	30	55	30	52	30	49	206	157	125	107	97								28	2
22.00	30	49	30	51	30	49	30	48	181	145	115	99	91								28	3
22.30	30	47	30	48	30	46	30	46	174	144	113	92	84								28	3
23.00	31	50	31	53	30	47	30	47	199	160	128	109	99	93	58	80	62	73	68	80	28	3
23.30	31	50	31	53	30	51	30	50	185	142	112	96	87								28	3
24.00	32	54	32	54	31	52	31	50	193	140	111	102	93								27	3
0.30	31	51	31	52	30	50	30	49	183	128	100	94	87								27	3
1.00	32	54	32	53	31	52	31	50	180	131	100	93	84								27	3
1.30	31	52	32	52	31	52	31	51	161	124	94	89	79								27	3
2.00	32	52	32	55	32	53	32	52	167	119	92	85	78	95	62	75	58	70	52	72	27	3
2.30	32	55	32	54	32	53	32	52	187	134	105	100	95								27	3
3.00	34	59	34	62	33	61	33	59	205	147	115	112	101								27	
3.30	34	58	34	59	33	58	33	56	119	120	97	98	91								27	
4.00	33	54	33	56	32	56	32	53	177	130	100	98	89	90	58	95	50	80	58	62	27	3
4.30	33	54	33	55	32	55	32	52														
5.00	34	56	34	59	34	60	34	56	189	142	108	104	92								27	
5.30																						
6.00																						

การทดลอง อบข้าวหนา 8 ซม.

ค่าความร้อนของถ่านไม้ (heating value)	20.68	เมกะจูลต่อกิโลกรัม
ปริมาตรอากาศไหลผ่านชั้นตาก	776.0	ลบ.ม.ต่อชม.
ปริมาตรอากาศไหลผ่านปล่องเผาไหม้	207.0	ลบ.ม.ต่อชม.
อุณหภูมิอากาศที่ออกจากปล่องเผาไหม้เฉลี่ย	69.0	องศาเซลเซียส
น้ำหนักข้าวก่อนอบ	550.0	กิโลกรัม
น้ำหนักข้าวหลังอบ	525.0	กิโลกรัม
ปริมาณความชื้นเริ่มต้นร้อยละ	26.8	
ปริมาณความชื้นสุดท้ายร้อยละ	22.0	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.6 อบข้าวหนา 4 ซม.

เวลา	อุณหภูมิภายในเครื่องอบ (°ซ)								อุณหภูมิผนังท่อ (°ซ)					ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ (ร้อยละ)						บรรยากาศ	อุณหภูมิบรรยากาศ (°ซ)	น้ำหนักถ่าน (กก.)
	T_1		T_2		T_3		T_4		Ts_1	Ts_2	Ts_3	Ts_4	Ts_5	RH_1		RH_2		RH_3				
	บน	ล่าง	บน	ล่าง	บน	ล่าง	บน	ล่าง						บน	ล่าง	บน	ล่าง	บน	ล่าง			
18.00	29	32	29	32	29	32	29	32	32	32	32	32	32	76	65	75	65	81	65	68	29	2
18.30																						2
19.30	29	32	29	32	29	32	29	32	37	33	33	33	32								29	2
20.00	30	41	29	39	29	39	29	39	137	95	74	65	58	80	50	80	52	80	53	78	29	2
20.30																						2
21.00	35	59	33	58	32	56	32	53	208	162	132	115	99								29	2
21.30																						2
22.00	41	67	34	61	33	61	32	57	229	168	135	122	106	60	33	79	43	80	47	60	29	2
22.30																						
23.00	38	58	35	56	33	54	32	51	171	132	107	99	88								29	2
23.30																						
24.00	38	57	35	56	33	52	32	51	169	128	105	98	87	58	55	80	63	96	61	68	28.5	2
0.30																						
1.00	41	53	33	54	31	52	30	51	168	132	106	99	87								28.5	2
1.30																						
2.00	37	52	35	51	32	50	31	48	146	109	88	87	76	76	45	75	45	90	52	91	28	2
2.30																						2
3.00	39	56	36	58	33	57	32	54	168	130	108	102	89								28	
3.30																						2
4.00	38	53	34	55	32	54	30	52	160	121	101	96	84	92	41	97	52	88	58	90	27	2
4.30																						
5.00	38	51	33	52	31	50	30	49	148	110	92	88	77								27	2
5.30																						2
6.00	41	57	36	59	33	58	31	55	145	107	99	90	79	72	52	76	48	82	49	90	27	
6.30																						
7.00	39	49	35	50	33	48	32	47	119	68	72	73	65								27	
7.30																						
8.00	44	54	39	55	36	52	35	50	159	109	91	89	80								29	

การทดลอง อบข้าวหนา 4 ซม.

ค่าความร้อนของถ่านไม้ (heating value)	20.63	เมกะจูลต่อกิโลกรัม
ปริมาตรอากาศไหลผ่านชั้นถาก	802.0	ลบ.ม.ต่อชม.
ปริมาตรอากาศไหลผ่านปล่องเผาไหม้	191.0	ลบ.ม.ต่อชม.
อุณหภูมิอากาศที่ออกจากปล่องเผาไหม้เฉลี่ย	85.7	องศาเซลเซียส
น้ำหนักข้าวก่อนอบ	280.0	กิโลกรัม
น้ำหนักข้าวหลังอบ	250.0	กิโลกรัม

ตารางที่ 4.6.1 ปริมาณความชื้นของเมล็ดข้าวที่เวลาต่าง ๆ เมื่อทำการเกลี่ย

เวลา (น.)	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)
18.00	26.9
21.00	26.0
24.00	25.1
3.00	24.0
6.00	19.7
8.00	16.7

ตารางที่ 4.6.2 ปริมาณความชื้นของเมล็ดข้าวที่เวลาต่าง ๆ เมื่อไม่ทำการเกลี่ย

ความหนาชั้นข้าว (ซม.)	ปริมาณความชื้นของเมล็ดข้าว (ร้อยละ)							
	18.00	20.00	22.00	24.00	2.00	4.00	6.00	8.00
ชั้นบน 2-4 (ซม.)	26.9	26.9	26.9	26.9	26.6	25.8	25.7	24.2
ชั้นล่าง 0-2 (ซม.)	26.9	26.8	22.1	20.0	17.6	14.3	11.0	8.6

ตารางที่ 4.7 อบข้าวหนา 4 ซม. ทำการเกลี่ยและเปิดประตูเครื่องอบ

เวลา	อุณหภูมิภายในเครื่องอบ (°ซ)								อุณหภูมิผนังท่อ (°ซ)					ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์(ร้อยละ)						อุณหภูมิ	น้ำหนักถ่าน
	T_1		T_2		T_3		T_4		Ts_1	Ts_2	Ts_3	Ts_4	Ts_5	RH_1		RH_2		RH_3		บรรยากาศ	(°ซ)	(กก.)
	บน	ล่าง	บน	ล่าง	บน	ล่าง	บน	ล่าง						บน	ล่าง	บน	ล่าง	บน	ล่าง			
18.00	31	34	31	34	31	34	31	34	34	34	34	34	34	78	64	72	64	72	70	71	31	2
18.30																						2
19.00	29	34	29	34	29	34	29	34	75	58	50	45	42								29	2
19.30																						2
20.00	34	47	31	47	30	46	29	45	147	120	94	85	76	75	48	69	48	70	50	77	29	2
20.30																						2
21.00	36	54	32	53	31	53	30	50	160	124	101	94	85								29	2
21.30																						2
22.00	36	55	32	54	32	53	30	50	174	137	112	100	92	80	49	80	50	60	48	84	29	
22.30																						2
23.00	36	53	32	52	31	51	29	49	167	133	108	98	90								28	2
23.30																						
24.00	33	48	30	45	29	42	28	41	139	102	81	71	64	84	63	88	55	82	60	84	28	2
0.30																						2
1.00	36	53	32	53	30	51	30	48	150	114	95	87	78								28	2
1.30																						2
2.00	34	50	31	48	29	47	29	45	142	104	85	82	73	83	57	86	53	88	55	90	28	2
2.30																						
3.00	34	51	31	50	30	49	30	46	138	103	85	81	74								28	
3.30																						
4.00	31	44	29	41	27	39	27	38	111	78	63	63	58	85	60	90	64	90	77	90	27	2
4.30																						2
5.00	32	48	30	47	28	45	28	43	132	110	90	84	75								27	2
5.30																						2
6.00	32	48	30	48	28	47	28	43	152	110	90	48	75	84	60	90	52	90	57	88	27	
6.30																						
7.00																						
7.30																						
8.00																						

การทดลอง อบข้าวหนา 4 ซม. ทำการเกลี่ย และเปิดประตูเครื่องอบ

ค่าความร้อนของถ่านไม้ (heating value) 20.68 เมกะจูลต่อกิโลกรัม

ปริมาตรอากาศไหลผ่านชั้นถาก ไม่ได้ทำการวัด

ปริมาตรอากาศไหลผ่านปล่องเผาไหม้ 192.6 ลบ.ม.ต่อชม.

อุณหภูมิอากาศที่ออกจากปล่องเผาไหม้เฉลี่ย 79.8 องศาเซลเซียส

น้ำหนักข้าวก่อนอบ 280 กก.

น้ำหนักข้าวหลังอบ 255 กก.

ตารางที่ 4.7.1 ปริมาณความชื้นของเมล็ดข้าวที่เวลาต่าง ๆ

เวลา	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)
18.00	27.7
21.00	27.0
24.00	24.4
3.00	22.0
6.00	20.5
8.00	19.0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.8 อบข้าวหนา 2 ซม. และ อบข้าวหนา 2,4,6 และ 8 ซม.ในเวลาเดียวกัน

เวลา	อุณหภูมิภายในเครื่องอบ (°ซ)								ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์(ร้อยละ)						อุณหภูมิบรรยากาศ (°ซ)	น้ำหนักถาน (กก.)
	T_1		T_2		T_3		T_4		RH_1		RH_2		RH_3		บรรยากาศ	
	บน	ล่าง	บน	ล่าง	บน	ล่าง	บน	ล่าง	บน	ล่าง	บน	ล่าง	บน	ล่าง		
18.00	28	30	28	31	28	32	28.5	32	75	70	78	70	78	70	79	28	2
18.30																	2
19.00	28	32	28	32	28	31	28	31								28	2
19.30																	2
20.00	30	45	31	44	31	45	31	45	70	58	70	58	70	62	74	28	2
20.30																	2
21.00	36	64	36	64	35	59	34	56								28	2
21.30																	
22.00	37	60	37	59	35	56	34	56	48	45	58	47	90	62	85	28	
22.30																	2
23.00	34	53	35	55	33	51	32	49								28	2
23.30																	2
24.00	35	53	36	59	36	57	34	55	62	46	58	45	77	65	82	27	2
0.30																	2
1.00	37	52	37	58	36	56	34	53								27	
1.30																	
2.00	36	53	36	53	36	51	34	49	72	60	80	60	76	60	82	27	2
2.30																	
3.00	35	49	35	50	35	49	33	48								27	2
3.30																	2
4.00	36	52	37	54	35	52	33	50	62	42	67	43	80	57	82	27	2
4.30																	
5.00	36	49	36	50	35	46	32	46								27	2
5.30																	2
6.00	37	56	38	57	36	53	33	50	55	42	64	50	75	58	90	27	
6.30																	
7.00	39.5	54	39	53	37	50	35	48								27.5	
7.30																	
8.00	40	46	39	44	37	41	35	40								28	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลอง อบข้าวหนา 2 ซม. และอบข้าวหนา 2,4,6 และ 8 ซม.ในเวลาเดียวกัน

ค่าความร้อนของถ่านไม้ (heating value)	23.72	เมกะจูลต่อกิโลกรัม
ปริมาตรอากาศไหลผ่านชั้นตาก	850.0	ลบ.ม.ต่อชม.
ปริมาตรอากาศไหลผ่านปล่องเผาไหม้	215.0	ลบ.ม.ต่อชม.
อุณหภูมิอากาศที่ออกจากปล่องเผาไหม้เฉลี่ย	100.7	องศาเซลเซียส
น้ำหนักข้าวก่อนอบ	150	กก.
น้ำหนักข้าวหลังอบ	115	กก.

ตารางที่ 4.8.1 ปริมาณความชื้นของเมล็ดข้าวที่เวลาต่าง ๆ (ในการทดลองสุ่มตัวอย่างเปรียบเทียบ)

ความหนาชั้นข้าว (ซม.)	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)					
	18.00	21.00	24.00	3.00	6.00	8.00
2	27.7	18.5	10.4	7.8	5.6	5.4
4	27.7	25.5	24.3	20.7	18.7	16.3
6	27.7	27.2	26.0	25.0	23.4	21.9
8	27.7	27.6	26.6	25.0	23.6	22.5

ตารางที่ 4.8.2 ปริมาณความชื้นของเมล็ดข้าวหนา 2 ซม. (ภายในเครื่องอบทั้งหมด)

ความหนาชั้นข้าว (ซม.)	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)					
	18.00	21.00	24.00	3.00	6.00	8.00
2	27.7	19	12.9	10.0	6.9	6.4

ตารางที่ 4.9 อบขมิ้นโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

ระยะในการอบ	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	
(วัน)	อบภายในเครื่องอบ	ตากแดดกลางแจ้ง
0	74.7	74.7
1	65.8	70.8
2	57.9	66.4
3	50.3	63.1
4	35.9	46.5
5	35.4	54.5
6	22.6	37.8
7	12.5	39.8
8	16.0	34.7
9	6.6	25.6
10		
11	4.4	14.6
12		25.9
13		13.4
14		16.1
15		9.6
16		
17		
18		9.8
19		
20		9.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.9.1 อบชิงโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

วัตถุดิบ	ปริมาณความชื้นเริ่มต้น (ร้อยละ)	ปริมาณความชื้นสุดท้าย (ร้อยละ)		ระยะเวลาในการอบ (วัน)
		อบภายในเตาอบ	ตากแดดกลางแจ้ง	
ชิงนครปฐมหั่นบาง	85.5	13.7	15.0	1.5
ชิงเพชรบุรีหั่นบาง	80.2	5.4	9.8	2.5
ชิงนครปฐมลวก	82.5	14.4-44	52	8
ชิงเพชรบุรีลวก	64.6	18.8-60	53.7	8

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.10 อบข้าวหนา 4 ซม.โดยการเกลี่ยและไม่เกลี่ย โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

เวลา	อุณหภูมิภายในเครื่อง (°ซ)								ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์(ร้อยละ)						อุณหภูมิบรรยากาศ (°ซ)
	T_1		T_2		T_3		T_4		RH_1		RH_2		RH_3		บรรยากาศ
	บน	ล่าง	บน	ล่าง	บน	ล่าง	บน	ล่าง	บน	ล่าง	บน	ล่าง	บน	ล่าง	
9.00	38	38	37	37	36	37	37	37							32
10.00	39	40	38	40	38	40	38	40	78	56	72	57	68	54	70	33
11.00	44	43	42	43	42	43	43	43							34
12.00	42	43	40	43	41	45	42	45	73	53	61	52	72	53	60	35
13.00	46	46	45	48	45	46	46	48							36
14.00	48	48	47	48	47	49	48	49	55	45	52	42	50	44	53	36
15.00	48	47	48	48	47	48	48	48							36
16.00	44	43	43	44	43	44	45	44	57	50	50	46	55	52	59	35.5
17.00	39	39	38	40	39	40	40	41								34.5

ปริมาตรอากาศไหลผ่านชั้นถาด 1342.26 ลบ.ม.ต่อชม.

น้ำหนักข้าวก่อนอบ 275 กก.

น้ำหนักข้าวหลังอบ 240 กก.

พลังงานแสงอาทิตย์ 622 วัตต์ต่อตร.ม.

ตารางที่ 4.11 ปริมาณความชื้นในเมล็ดข้าวที่เวลาต่าง ๆ อบโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

เวลา	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)			
	อบภายในเครื่องไม่ทำการเกลี่ย		อบภายในเครื่องทำการเกลี่ย	ตากแดดกลางแจ้งทำการเกลี่ย
	ชั้นบน (2-4 ซม.)	ชั้นล่าง (0-2 ซม.)	(0-4 ซม.)	(0-3 ซม.)
9.00	26.7	26.7	26.7	26.7
11.00	26.2	26.2	25.1	25.0
14.00	19.4	19.7	16.3	18.4
17.00	17.3	17.2	12.4	14.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

เป็นการวิเคราะห์เพื่อหาค่าใช้จ่ายในการอบ ต่อหน่วยพลังงานโดยวิธี annual cost เมื่อทำการอบโดยใช้ทั้งพลังงานจากแสงอาทิตย์ และพลังงานจากถ่านไม้ เมื่อทำการอบโดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ และ เมื่อทำการโดยใช้พลังงานงานจากถ่านไม้

การคำนวณค่าใช้จ่ายต่อปีของเครื่องอบข้าวสามารถคำนวณได้ดังนี้

ค่าใช้จ่ายต่อปี = (CRF)P-(SFF)S + ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานต่อปี + ค่าบำรุงรักษาต่อปี

เมื่อ P = ราคาต้นทุนของเครื่องอบ

S = ราคาของเครื่องอบเมื่อหมดอายุการใช้งาน

CRF = capital recovery factor,

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

SFF = sinking fund factor,

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

i = อัตราดอกเบี้ยต่อปี, ร้อยละ

n = อายุการใช้งานของเครื่องอบ, ปี

ค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ในการอบเมื่อใช้ ทั้งพลังงานจากแสงอาทิตย์ และพลังงานจากถ่านไม้

ราคาเครื่องอบข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ (รวมค่าก่อสร้าง),บาท	3,500
ราคาท่อเผาไหม้ (รวมค่าก่อสร้าง),บาท	3,500
รวมราคาเครื่องอบ,บาท	7,000
ค่าแรงงานต่อปี,บาท	8,320
ค่าใช้จ่ายสำหรับซื้อเชื้อเพลิง,บาท	2,160

ค่าบำรุงรักษาต่อปี, บาท	900
ราคาของเครื่องอบ (ท่อเผาไหม้) เมื่อหมดอายุการใช้งาน,บาท	2,000
อายุการใช้งานของเครื่องอบ, ปี	5
อัตราดอกเบี้ยต่อปี, ร้อยละ	12

การคำนวณค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ในการอบเมื่อใช้ทั้งพลังงานจากแสงอาทิตย์และพลังงานจากถ่านไม้

คำนวณค่าใช้จ่ายเมื่อทำการอบโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในเวลากลางวัน ทำการอบ 8.00-16.00 น. ของวันที่มีเมฆมาก และฝนตก และใช้ถ่านไม้ในเวลากลางคืน ทำการอบ 18.00-6.00 น. ของวันรุ่งขึ้น

ให้ประสิทธิภาพของเครื่องอบเมื่อใช้พลังงานแสงอาทิตย์ (ในฤดูฝน),ร้อยละ 12

ให้ประสิทธิภาพของเครื่องอบเมื่อใช้ถ่านไม้ในเวลากลางคืน,ร้อยละ 10

ในการคำนวณใช้ค่าพลังงานแสงอาทิตย์ของช่วงวันที่ 5-8 กรกฎาคม 2520 เวลา 8.00-16.00 น. สภาพอากาศเมฆมากและฝนตก

พลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้รับ = 15.6 เมกะจูล ต่อ ตารางเมตร

คำนวณปริมาณข้าวที่อบได้ในเวลากลางวัน

$$E = \frac{W}{H_t} \times 100 \qquad (ก)$$

เมื่อ E = ประสิทธิภาพในการอบ, ร้อยละ

W = ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการระเหยน้ำ, เมกะจูล

H_t = ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการอบทั้งหมด, เมกะจูล

$$12 = \frac{W \times 100}{(15.6 \text{ เมกะจูล ต่อ ตร.ม.})(4.5 \times 7 \text{ ตร.ม.})}$$

$$= 58.97 \text{ เมกะจูล}$$

ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการระเหยน้ำจากเมล็ดข้าว

$$= 2.47 \text{ เมกะจูล/กิโลกรัมน้ำ}$$

ดังนั้นปริมาณน้ำที่ระเหย $= \dfrac{58.97}{2.47}$

$$= 24 \text{ กิโลกรัม}$$

$$y = \frac{(x-z)}{x} \times 100 \qquad (ข)$$

เมื่อ y = ปริมาณความชื้นของข้าวเปลือก (มาตรฐานเปียก), ร้อยละ

x = น้ำหนักข้าวเปียก, กิโลกรัม

z = น้ำหนักข้าวแห้ง, กิโลกรัม

ปริมาณความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือก, ร้อยละ = 24

ปริมาณความชื้นสุดท้ายของข้าวเปลือก, ร้อยละ = 14

$$24 = \frac{(x_1-z)}{x_1} \times 100 \qquad (1)$$

$$14 = \frac{(x_2-z)}{x_2} \times 100 \qquad (2)$$

$$x_1-x_2 = 24 \qquad (3)$$

เมื่อ x_1 = น้ำหนักข้าวเปียกก่อนอบ, กิโลกรัม

x_2 = น้ำหนักข้าวเปียกหลังอบ, กิโลกรัม

ผลจากการแก้สมการ (1), (2) และ (3)

$x_1 = 206.4$ กิโลกรัม

$x_2 = 182.4$ กิโลกรัม

ปริมาณข้าวเปียกที่อบเมื่อใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงฤดูฝน $\approx$ 200 กิโลกรัม

ปริมาณข้าวแห้งที่ได้เมื่อทำการอบโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงฤดูฝน $\approx$ 180 กิโลกรัม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำนวณปริมาณข้าวที่อบได้ในเวลากลางคืน

คิดค่าความร้อน (heating value) ของถ่านไม้ 23 เมกะจูล/กิโลกรัมถ่านไม้

ระยะเวลาในการอบ 12 ชั่วโมง

จากตารางที่ 4.8 อบข้าวหนา 2 ซม. จาก 18.00-6.00 น.

ใช้ถ่านปริมาณ 36 กิโลกรัม

แทนค่าในสมการ (ก)

$$10 = \frac{W \times 100}{(36 \text{ กิโลกรัม})\ (23 \text{ เมกะจูลต่อกิโลกรัม})}$$

$$W = 82.80 \text{ เมกะจูล}$$

คิดเป็นปริมาณน้ำ

$$= \frac{82.80}{2.47}$$

$$= 34 \text{ กิโลกรัม}$$

ในทำนองเดียวกันแทนค่าใน (ข)

$$24 = \frac{(x_1 - z) \times 100}{x_1} \qquad (1)$$

$$14 = \frac{(x_2 - z) \times 100}{x_2} \qquad (2)$$

$$x_1 - x_2 = 34 \qquad (3)$$

ผลจากการแก้สมการ (1), (2) และ (3) $x_1 = 292.4$ กิโลกรัม

$x_2 = 258.4$ กิโลกรัม

ปริมาณข้าวเปียกที่อบเมื่อใช้พลังงานจากถ่านไม้ในเวลากลางคืน $\approx$ 300 กิโลกรัม

ปริมาณข้าวแห้งที่ได้เมื่อทำการอบโดยใช้พลังงานจากถ่านไม้ในเวลากลางคืน $\approx$ 260 กิโลกรัม

รวมเวลาในเวลา 1 วัน ทำการอบในเวลากลางวัน 8 ชั่วโมง และในเวลากลางคืน 12 ชั่วโมงในฤดูฝน

ปริมาณข้าวเปียก (ความชื้นร้อยละ 24) ที่ทำการอบ = 200 + 300

= 500 กิโลกรัม

ปริมาณข้าวแห้ง (ความชื้นร้อยละ 14) ที่ได้หลังทำการอบ

= 180 + 260 = 440 กิโลกรัม

ดังนั้นในการอบข้าว 1 ตัน (ประมาณ 1 เกวียน) ต้องใช้เวลาในการอบ ประมาณ 2 วัน

1. ค่าใช้จ่ายสำหรับซื้อเชื้อเพลิง, ต่อปี

ปริมาณถ่านไม้ที่ใช้ = 2 x 36

= 72 กิโลกรัม

คิดราคาถ่านไม้กิโลกรัมละ = 1.5 บาท

เสียค่าใช้จ่ายซื้อถ่านไม้ต่อข้าว 1 ตัน

= 72 x 1.5

= 108 บาท

กำหนดให้อบข้าวได้ 20 ตันต่อปี

เสียค่าใช้จ่ายซื้อถ่านไม้ต่อปี = (108 บาทต่อตัน) x (20 ตันต่อปี)

= 2160 บาท

2. ค่าแรงงานต่อปี

คิดค่าแรงในตอนกลางวันชม.ละ 8 บาท

ทำงาน 8 ชม. คิดเป็นเงิน = 64 บาท

ค่าแรงงานในตอนกลางคืนคิด 1.5 เท่าของค่าแรงงานในเวลากลางวัน

ทำงาน 12 ชม. คิดเป็นเงิน = 1.5 x 12 x 8

= 144 บาท

รวมค่าแรงงานต่อวัน (8.00-16.00น. และ 18.00-6.00น. ของวันรุ่งขึ้น

= 144 + 64

= 208 บาท

ค่าแรงงานต่อปี = (208 บาทต่อวัน x 2 วันต่อ ตัน) x (20ตันต่อปี)

= 8320 บาท

3. ค่าบำรุงรักษา

พลาสติกมีอายุการใช้งาน 1 ปี

ราคาพลาสติก 900 บาท

ค่าบำรุงรักษาต่อปี = 900 บาท

4. ราคาของเครื่องอบเมื่อหมดอายุการใช้งาน

คิดราคาของท่อเผาไหม้พร้อมปล่องเผาไหม้ = 2,000 บาท

5. อายุการใช้งานของเครื่องอบ

คิดอายุการใช้งานของไม้ไผ่ 5 ปี

การประเมินผลเครื่องอบข้าวทางเศรษฐศาสตร์

ราคาเครื่องอบต่อปี = P(CRF)

= 7000 x 0.27741

= 1,942 บาท

ราคาเครื่องอบเมื่อหมดอายุการใช้งานแล้ว ต่อปี

= S(SFF)

= 2000 x 0.15741

= 315 บาท

ราคาค่าใช้จ่ายทั้งหมดต่อปีเมื่อใช้ทั้งพลังงานแสงอาทิตย์ และพลังงานจากถ่านไม้

= 1942 - 315 + 8320 + 2160 + 900

= 13,007 บาท

ปริมาณน้ำที่ระเหยจากข้าวเปลือก 1000 กิโลกรัมจากความชื้นร้อยละ 24 ถึง 14

= 116 กิโลกรัม

ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการระเหยน้ำจากข้าว 1 ตัน

= 116 x 2.47

= 286.52 เมกะจูล

ปริมาณความร้อนที่ใช้อบข้าวต่อปี = 286.52 x 20

= 5730.4 เมกะจูล

ค่าใช้จ่ายในการอบข้าว = $\frac{13,007}{5730.4}$

= 2.27 บาทต่อเมกะจูล

= 0.63 บาทต่อกิโลวัตต์ . ชั่วโมง

การคำนวณค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ในการอบเมื่อใช้เฉพาะพลังงานจากแสงอาทิตย์

1. ราคาเครื่องอบต่อปี = 1942 บาท

2. ราคาเครื่องอบเมื่อหมดอายุการใช้งานแล้วต่อปี = 315 บาท

3. ค่าแรงงานต่อปี

ในการอบข้าวโดยใช้เฉพาะพลังงานจากแสงอาทิตย์ ในสภาพอากาศที่มีฝนตกหนักในฤดูฝน สามารถอบข้าวได้ประมาณวันละ = 200 กิโลกรัม

ดังนั้นในการอบข้าวให้ได้ 1000 กิโลกรัมใช้เวลาในการอบ

= $\frac{1000}{200}$

= 5 วัน

คิดค่าแรงในการอบต่อวัน (8.00-16.00 น.) = 64 บาท

ดังนั้นค่าแรงงานในการอบข้าว 20 ตัน = 5 x 64 x 20

= 6,400 บาท

4. ค่าบำรุงรักษาต่อปี = 900 บาท

ดังนั้นราคาค่าใช้จ่ายต่อปีเมื่อใช้เฉพาะพลังงานจากแสงอาทิตย์

= 1942 - 315 + 6400 + 900 + 0

= 8927 บาท

ค่าใช้จ่ายในการอบข้าว = $\frac{8927}{5730.4}$

= 1.56 บาทต่อเมกะจูล

= 0.43 บาทต่อกิโลวัตต์ ชั่วโมง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การคำนวณค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ในการอบเมื่อใช้เฉพาะพลังงานจากถ่านไม้ในเวลากลางคืน

1. ราคาเครื่องอบต่อปี = 1942 บาท

2. ราคาเครื่องอบเมื่อหมดอายุการใช้งานแล้วต่อปี = 315 บาท

3. ค่าแรงงานต่อปี

อบข้าวโดยใช้พลังงานจากถ่านไม้ สามารถอบข้าวได้ 300 กิโลกรัมโดยใช้เวลาในการอบ 12 ชั่วโมง

อบข้าวได้ 300 กิโลกรัมใช้เวลา = 12 ชั่วโมง

อบข้าวได้ 1000 กิโลกรัมใช้เวลา = $\frac{1000 \times 12}{300}$

= 40 ชั่วโมง

ค่าแรงงานต่อการอบข้าว 1 ตัน = 1.5 x 8 x 40

= 480 บาท

ค่าแรงงานต่อการอบข้าว 20 ตัน = 480 x 20

= 9,600 บาท

คิดปริมาณถ่านไม้ที่ใช้ในการอบข้าวนาน 40 ชั่วโมง 122 กิโลกรัม

ราคาถ่านไม้ที่ใช้ต่อการอบข้าว 1 ตัน = 122 x 1.5

= 183 บาท

ราคาถ่านไม้ที่ใช้ต่อการอบข้าว 20 ตัน = 183 x 20

= 3,660 บาท

4. ค่าบำรุงรักษาต่อปี 900 บาท

ราคาค่าใช้จ่ายทั้งหมดต่อปี = 1,942 - 315 + 9,600 + 3,660 + 900

= 15,787 บาท

ค่าใช้จ่ายในการอบข้าว = $\frac{15787}{5730.4}$

= 2.75 บาทต่อเมกะจูล

= 0.76 บาทต่อกิโลวัตต์.ชั่วโมง

ประวัติ

นางสาวอภิญญา ดวงจันทร์ เกิดเมื่อวันที่ 29 พฤษภาคม พ.ศ. 2503 ที่จังหวัดนครราชสีมา จบการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีวิศวกรรม) จาก คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2523

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย