บรรณานุกรม

1. Mc Cormick and Y. Paul, "The key to drying solids", Chemical Engineering, August 15, 113-122, 1988.
2. กมลรัตน์ พันธุ์อารยะ, "เทคนิคการสลับทิศทางการไหลของลมร้อนในเครื่องอบแห้งแบบไหลผ่านเพื่อผลผลิตสูงสุด", วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2528.
3. Henderson, J. M. and S. M. Henderson, "A computer procedure for deep-bed drying", J. agric. Engng Res., 13 (2), 1299-1308, 1968.
4. Keey, R. B., "Batch Drying with Air Reciculation", Chem. Eng. Sci. 23, 1299-1308, 1968.
5. Chhinnan, M. S. and J. H. Young, "Computer simulation of bulk drying of peanut pods", Pap ASAE for Summer Meet, 70-3032, St. Joseph , 1976.
6. Lai, F. S. and E. Hague, "Three-dimensional flow of air through nonuniform grain beds", Pap ASAE for Winter Meet, 76-3529, 1976.
7. Agrawal, Y. C. and P. R. Singh, "Thin-layer drying studies on short grain rough-rice", Pap ASAE for Winter Meet, 77-3531, St. Joseph, 1978.
8. Gonzalo, R., R. Fioreze, S. J. Rossi and L. Villa, "Dynamic estimation of thin layer drying parameters", Pap ASAE for Winter Meet, 77-3530, St. Joseph, 1978.
9. Parti, M., "Transport processes in packed beds", First International drying symposium (Mujumdar, A.), pp. 160-167, 1978.
10. Wang, G. Y. and R. P. Singh, "Single layer drying equation for rough rice", Pap ASAE for Summer Meet, 78-3001, St. Joseph, 1978.
11. Balazs, T., "Determination of the average heat and mass transfer coefficients for through-flow drying", Period Polytech Mech Eng, 23 (1), 29-39, 1979.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

12. Hasatani, M. and N. Arai, "Unsteady heat and mass transfer in a packed bed of fine particles with an endothermic process", Drying '80 (Mujumdar, A.), vol.2, pp. 163-169, Hemisphere, Washington, D.C., 1980.

13. Misra, M. K. and D. B. Brooker, "Thin-layer drying and rewetting equations for shelled yellow corn", Pap ASAE for Presentation at Jt ASAE and CSAE Summer Meet, 79-3041, St. Joseph, 1979.

14. Parti, M., "Heat and mass transfer in packed beds", Drying '80 (Mujumdar, A.), vol.2, pp. 219-223, Hemisphere, Washington, D.C., 1980.

15. Davilla, S. I., L. H. Chen and G. B. Welch, "Simulation model for reverse direction of air flow drying of rough-rice", Transactions of ASAE, 26 (6), 1842-1848, 1983.

16. Hallstroem, A. and R. Wimmerstredt, "Drying of porous granular materials", Chem. Eng. Sci., 38 (9), 1507-1516, 1983.

17. Toei, R., "Calculation of through-flow drying time using charts", Kagaku Kagaku, 47 (11), 726-729, 1983.

18. Morey, R. V. and H. Li, "Thin-layer equation effects on deep-bed drying prediction", Transactions of ASAE, 27 (6), 1924-1928, 1984.

19. Rajan, T. S. and S. H. Ibrahim, "On drying of materials in through circulation system", Drying '84 (Mujumdar, A.), pp. 110-116, Hemisphere, Washington, D.C., 1984.

20. Syareif, A. M., R. V. Morey and R. J. Gustafson, "Thin-layer drying rates of sunflower seed", Transactions of ASAE, 27 (1), 195-200, 1984.

21. Palancz, B., "Modelling and simulation of heat and mass transfer in a packed bed of solid particles having high diffusion resistance", Computer and Chemical Engineering, 9 (6), 567-581, 1985.

22. Zuritz, C. A. and P. R. Singh, "Equation to compute the heat of evaporation of water for rough rice during drying", Drying Technology, 3, pp. 421-435, 1985.

23. Nishiyama, Y., "Grain drying simulation by the sphere drying model", Drying Solids (Mujumdar, A.), pp. 102-108, Wiley Eastern Ltd., New Delhi, 1986.

24. Bala, B. K. and J. L. Woods, "Thin layer drying of malt", Drying '88 (Mujumdar, A.), pp. 43-48, 1988.

25. Rattanpant, O., A. Lebert, J. Laguerre and J. Bimbenet, "Simulation of deep bed drying of particles", Drying '88 (Mujumdar, A.), pp. 565-572, 1988.

26. Sokhansanj, S. and S. Cenkowski, "Equipment and methods of thin layer drying, A review", Drying '88 (Mujumdar, A.), pp. 159-170 , 1988.

27. Chirife, J. and R. A. Cachero, "Through-circulation drying of tapioca root", J. Food Science, 35, 364-368, 1970.

28. Shanokprasith, S. and S. Bunrungsanor, "Through-circulation drying of freshly harvested paddy", Senior project, Department of Chemical Technology, Graduate School, Chulalongkorn University, 1978.

29. Rusmitus, S., "Study of variables effecting drying rate of tapioca chips", Master Thesis, Department of Chemical Technology, Grauate School, Chulalongkorn University, 1978.

30. Chakraverty, A. and M. L. Jain, "Thin layer drying characteristics of cashew nuts and cashew kernals", Drying '84, pp. 396-400, Hemisphere, Washington, D.C., 1984.

31. Tanthapanichakoon, W. and T. Loychirakul, "Through flow drying characteristics of some thai fruits", International drying symposium (Toei, R.), pp. 591-596, 1984.

32. Young, J. H. and J. W. Dickens, "Evaluation of costs for drying grain in batch or cross-flow systems", Transactions of ASAE, 18 (4), 734-739, 1975.

33. Bashi, A. S., R. P. Singh, C. Y. Wang and J. F. Steffe, "Energy costs of a conventinal and air recycling cross flow rice dryer", Pap ASAE for Summer Meet, 78-3011, St. Joseph, 1978.

34. Ashworth, J.C. and J.W. Carter, "The performance of convective dryers as a function of energy efficiency capital cost and solid residence time", Drying '80 (Mujumdar, A.), pp. 293-303, Hemisphere, Washington, D.C., 1980.

35. Poole, W. H. and J. R. Thygeson, Jr., "The impact of energy conservation principles on dryer performance", Drying '80 (Mujumdar, A.), (1), pp. 308-313, 1980.

36. Mc Gaw, D. R., H. Farabi and J. Ibrahim, "The optimisation of batch operated packed bed dryers for the drying of tropical agricultural products", International drying symposium (Toei, R.), pp. 616-619, 1984.

37. Lower , O. J. and T. C. Bridges, "Economics of stirring devices in grain drying", Transactions of ASAE (Gen Ed), 27 (2), 603-608, 1984.

38. Kulshrehtha, M., S. K. Mehra and S. Kumar, "Simulation and nomographic repesentation of energy requirements in fixed deep bed drying of paddy", Drying '86 (Mujumdar, A.), pp. 547-552, 1986.

39. Kulshrehtha, M., R. D. Singh and S. K. Srivastava, "Grain drying with intermittent heated air - A simulation approach", Drying '88 (Mujumdar, A.), pp. 65-67, 1988.

40. Tanthapanichakoon, W., K. Parnaraya and T. Loychirakul, "Modeling and optimum condition of a through-flow dryer", Drying '86, pp. 142-147, 1986.

41. Tanthapanichakoon, W. and C. Cheanmingkwan, "Computer simulation of effects of exhaust air recycling on the performance of a batch through-flow dryer", Drying '88 (Mujumdar, A.), pp. 583-587, 1988.

42. Nissan, A. H. and H. D. Macmurray, "Chemical Engineering Practice", (Cremer, H. W. and S. B. Watkins), vol.7, pp. 269-379, Butterworth, London, 1963.

43. เรียวโช โทเอ, "อุปกรณ์อบแห้งในอุตสาหกรรม", พิมพ์ครั้งที่ 2 , pp. 85-92, สมาคมเทคโนโลยี่ไทย-ญี่ปุ่น, 1984.

44. Foust, A. S., L. A. Wenzel, C. W. Clump, L. Maus and L. B. Anderson, "Principles of Unit Operations", chsp. 18, John Wiley & Sons, USA., 2nd ed., 1980.

45. Mc. Cormick, P. Y., "Encyclopedia of chemical Technology", (Grayson, M. and D. Eckroth), vol. 8, pp. 75-113, John Wiley & Sons, USA., 3rd ed., 1979.

46. Keey, R. B., "Introduction to Industrial Drying Operations", chap. 8, Pergamon Press, Oxford, 1978.

47. Brooker, D. B., F. W. Bakker-Arkema and C. W. Hall, "Drying Cereal Grains", chap. 8, AVI pub., Westport, 1974.

48. สมชาติ โสภณรณฤทธิ์, "การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหาร", สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, พิมพ์ครั้งที่ 3, ตค. 2529.

49. Perry, R. H. and D. Green, "Perry's Chemical Engineers' Handbook", chap. 3, 12, 20, Mc Graw-Hill, 6th ed., 1983.

50. Weiss, Albert,"Algorithms for the calculation of moist air properties on a hand calculator", Transactions of ASAE, 1133-1136, 1977.

51. Wilhelm, L. R., "Numerical calculation of psychrometric properties in S. I. units", Transactions of ASAE, 19, 318-325, 1976.

52. Chua, Khe V., "Some new empirical equations for properties of moist air", Transactions of ASAE, 25, 1266-1271, 1980.

53. Keeping, E. S., "Introduction to Statistical Inference", p. 424, Van Nostrand Reinhold Company, Holland, 1962.

54. Akhtar, J., "Drying of cassava chips with heated air", Master Thesis, Department of Agricultural Engineering, A.I.T., 1978.

55. กรมวิชาการเกษตร, "ข้าวโพด", เอกสารวิชาการ, 4, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ งานทะเบียน และประมวลผล กองแผนงาน, 2524.

56. Sinnott, R. K., "Chemical Engineering", vol. 6, Pergamon Press, Great Britain, 1979.

57. Geankoplis, C. J., "Transport Process and Unit Operations", chap. 7, Allyn and Bacon, Inc., Boston, 1978.

58. Luwig, E. E., "Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants", vol. 3, p. 53, Gulf Publishing Company, Houston, 2nd ed., 1980.

59. Razjevic, K., "Handbook of Thermodynamic Tables and Charts", pp. 240-242, Hemisphere Publishing Corporation, 1976.

69. Hall, C. W., "Drying and Storage of Agricaltural Crops", chap. 6, AVI Pub., Westport, 1980.

61. Cooks, E.M. and H.D. DuMont, "New ideas to improve dryer performance", Chemical Engineering, May 9, 70-78, 1988.

62. Charm, S. E., "Fundamental of Food Engineering", chap. 8, AVI pub., Westport, 2nd ed., 1971.

63. Treybal, R. E., "Mass - Transfer Operatiobs", chap. 12, Mc Graw-Hill, Tokyo, 3rd ed., 1982.

64. Barre, H.J., G.R. Baughman and M.Y. Hamdy,"Application of logarithmic model to cross-flow deep-bed grain drying", Transactions of ASAE, 14, 1061-1064, 1971.

65. Baughman, G.R., M.Y. Hamdy and H.J. Barre,"Analog computer simulation of deep-bed drying of grain", Transactions of ASAE, 14, 1058 - 1060, 1971.

66. Young, J. H. and J. W. Dicken, "Evaluation of costs for drying grain in batch or cross-flow systems", Transactions of ASAE, 5, 734-739, 1975.

67. Hossain, S. S. M., "Thermal properties of cassava roots and chips", Master Thesis, Department of Agricultural Engineering, A.I.T., 1978.

68. Roberts, D. E. and D. B. Brooker, "Grain drying with a recirculator", Transactions of ASAE, 18, 181-184, 1975.

69. Nonhebel, G. and A. A. H. Moss, "Drying of Solids in the Chemical Industry", Butterworth & Co. Ltd., London, chap. 1-3, 1971.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

โดยทั่วไปแล้วค่าคุณสมบัติต่างๆของอากาศชื้นที่อุณหภูมิต่างๆ เช่น ความดันไออิ่มตัวของน้ำ ความชื้นสัมบูรณ์อิ่มตัวของอากาศชื้น ความร้อนแฝงของการระเหยของน้ำ ปริมาตรจำเพาะของอากาศชื้น อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศชื้น เป็นต้น สามารถหาได้จากตารางไซโครเมตริก หรือจากแผนภาพไซโครเมตริกในหนังสือคู่มือ (handbook) ต่างๆ แต่แบบจำลองคณิตศาสตร์ของการอบแห้งแบบไหลผ่านในวิทยานิพนธ์นี้เป็นแบบจำลองคำนวณเชิงตัวเลขจึงจำเป็นต้องอาศัยสหสัมพันธ์ต่างๆ มาทำนายคุณสมบัติต่างๆของอากาศชื้นที่อุณหภูมิต่างๆ

คุณสมบัติของอากาศชื้นที่อุณหภูมิต่างๆที่ใช้ในแบบจำลอง คือ

1 ความดันไออิ่มตัวของน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ

2 ความชื้นสัมบูรณ์อิ่มตัวของอากาศชื้น

3 ความร้อนแฝงของการระเหยน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ

4 ปริมาตรจำเพาะของอากาศชื้น และความหนาแน่นของอากาศชื้น

สำหรับรายละเอียดนั้นจะได้กล่าวถึงต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.1

ความดันไออิ่มตัวของน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ

จากอดีตจนถึงปัจจุบันมีคนเสนอสมการทำนายมากมาย อย่างเช่น ปี ค.ศ. 1930 Teten (50) เสนอสมการทำนายเฟสของน้ำบริสุทธิ์ในอากาศชื้นในช่วง 0-100 °ซ, ปี ค.ศ.1946 Goff และ Gratch (50,51) ได้เสนอสมการทำนายความดันไอของน้ำในอากาศชื้น โดยคำนึงถึงแรงกระทำระหว่างโมเลกุลในอากาศชื้นด้วย (คำนึงว่าอากาศชื้นไม่ใช่ก๊าซผสมในอุดมคติ) ในช่วง 0-100 °ซ, ในปี ค.ศ.1971 Wexler และ Greenspan (50,52) ได้เสนอสมการทำนายในช่วง 0-100 °ซ และในปี ค.ศ.1976 สมาคม ASAE (47,52) ได้เสนอสมการทำนาย (อาจรู้จักในนามของแบบจำลองของ Lerew (1972)) ในช่วง -17.78 -260 °ซ (ซึ่งเป็นสมการที่ใช้ในแบบจำลองนี้), ASHRAE(1977), ASAE(1978) และอื่นๆอีกเป็นต้น

ในวิทยานิพนธ์นี้ใช้สมการของสมาคม ASAE ในปี ค.ศ. 1976 เพียงอย่างเดียวดังนี้คือ

ในช่วง -17.78 - 0 °ซ (459.69 - 491.69 °R) :

$$\ln(P_s) = 23.3924 - (11286.6489/T_R) - 0.46057\ln(T_R) \qquad (1)$$

ในช่วง 0 - 260 °ซ (491.69 - 959.69 °R) :

$$\ln(P_S/3206.18) = (-27405.5 + 54.1896T_R - 0.04513T_R^2 + 0.215321\times10^{-4}T_R^3 - 0.462027\times10^{-8}T_R^4)/(2.41613T_R - 0.00121547T_R^2) \qquad (2)$$

ในสมการข้างต้น T_R มีหน่วยเป็น °R และ P_S มีหน่วยเป็น psia

ภาคผนวก ก.2

ความชื้นสัมบูรณ์อิ่มตัวของอากาศชื้น

แบบจำลองนี้ใช้สมมติฐานว่า อากาศชื้นเป็นกาซผสมในอุดมคติ และใช้สมการของกาซในอุดมคติมาคำนวณ

$$H_s = 0.62198*P_s/(P_T-P_s) \quad (3)$$

สมการนี้ใช้ได้ในช่วงของความดันย่อยอิ่มตัวของน้ำตั้งแต่ 0-14.696 psia (0-760 mmHg) เท่านั้น

โดยที่ P_T เป็นความดันรวมเท่ากับ 14.696 psia,

P_S เป็นความดันไออิ่มตัว (หน่วย psia) หรือ mmHg และ

H_S มีหน่วยเป็น กิโลกรัมไอน้ำต่อกิโลกรัมของอากาศแห้ง

ผลที่ได้จากการคำนวณตามสมการข้างบนมีเปรียบเทียบกับค่าใน handbook ดังแสดงในตาราง ก.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.3

ความร้อนแฝงของการระเหยน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ

สมการทำนายความร้อนแฝงที่ใช้ในแบบจำลองนี้ เป็นของสมาคม ASAE ปี ค.ศ. 1976 ซึ่งสามารถใช้ได้ในช่วง -17.78-260 °ซ (459.69-959.69 °R) ดังนี้

ช่วง -17.78 - 0 °ซ (459.69 - 491.69 °R) :

$$h_{sg} = 1220.844 - 0.05077x(T_R-459.69) \qquad (4)$$

ช่วง 0 - 65.56 °ซ (491.69 - 609.69 °R) :

$$h_{fg} = 1075.8965 - 0.56983x(T_R-491.69) \qquad (5)$$

ช่วง 65.56 - 260 °ซ (609.69 - 959.69 °R) :

$$h_{fg} = (1354673.214 - 0.9125275587xT_R^{\,2})^{1/2} \qquad (6)$$

สมการข้างบนนี้ใช้ซิมูเลตในสับรูทีน LHVP การเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากตาราง steam table ของ handbook มีแสดงในตาราง ก.1

หน่วยของความร้อนแฝงของการระเหยคือ Btu/lb-steam

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.4

ปริมาตรจำเพาะของอากาศชื้น และความหนาแน่นของอากาศชื้น

จากสมมติฐานที่ว่าอากาศชื้นเป็นของผสมในอุดมคติ (ก๊าซในอุดมคติ) ปริมาตรจำเพาะของอากาศชื้นสามารถหาได้จาก

$$V_H = 22.4(273+T_A)(18+29*H)/(273*18*29) \qquad (7)$$

ในที่นี้ T จะมีหน่วยเป็น °K และ H มีหน่วยเป็น kg-steam/kg-dry air

ตาราง ก.1 เปรียบเทียบค่าของปริมาตรจำเพาะของอากาศชื้นที่คำนวณได้จากสมการข้างบนกับค่าที่ได้จาก (47,59)

ส่วนค่าของความหนาแน่นของอากาศแห้งสามารถคำนวณได้จาก

$$\rho_{air} = (1+H)/V_H \qquad (8)$$

โดยที่ ρ_{air} มีหน่วยเป็น kg-dry air/m^3

ในตาราง ก.1 เปรียบเทียบค่าของความดันไออิ่มตัวของน้ำในอากาศชื้น, ค่าของความชื้นสัมบูรณ์อิ่มตัว, ค่าความร้อนแฝงของการระเหยน้ำ, ปริมาตรจำเพาะของอากาศชื้น และความหนาแน่นของอากาศแห้ง (จากสมการ 7) กับค่าที่ได้จาก Handbook (47,59)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

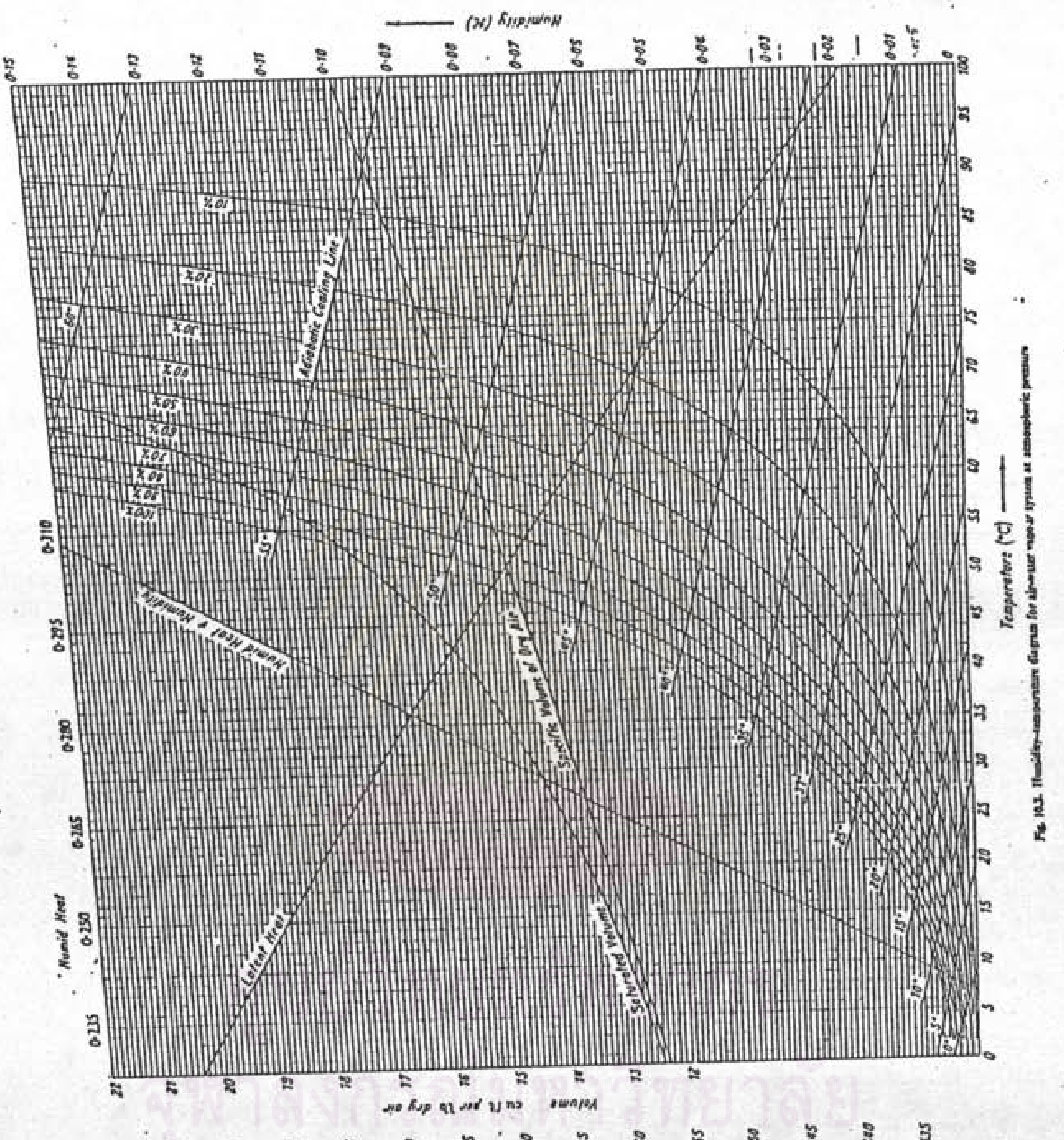
ตาราง ก.1 ตารางไซโครเมตริก (Psychrometric Table) เปรียบเทียบระหว่างค่าของความดันไอน้ำอิ่มตัว, ความชื้นสัมบูรณ์ และความร้อนแฝงของการระเหยน้ำ กับอุณหภูมิของอากาศชื้นที่ซิมูเลตได้จากสับรูทีน RCZHS และ LHVP กับค่าที่ได้จาก Handbook ตามลำดับ ในช่วง 0-100 °C (ผิดพลาดไม่เกิน 0.3%)

TEMP. (C)	HANDBOOK		HANDBOOK			FROM ASAE EQ. (1976)		
	PS (MM. HG)	HS (-)	PS (MM. HG)	HS (-)	HFO* (KCAL/KG)	PS (MM. HG)	HS (-)	HFO (KCAL/KG)
0	4.579	0.003770	4.5811	0.00378	597.3	4.6126	0.003798	597.72
1	4.926	0.004058	4.9238	0.00407	596.7	4.9426	0.004072	597.15
2	5.294	0.004363	5.2909	0.00437	596.2	5.3099	0.004376	596.58
3	5.685	0.004688	5.6807	0.00470	595.6	5.7011	0.004701	596.01
4	6.101	0.005034	6.0970	0.00503	595.1	6.1176	0.005047	595.44
5	6.545	0.005401	6.5391	0.00540	594.5	6.5608	0.005416	594.87
6	7.013	0.005793	7.0099	0.00579	593.9	7.0322	0.005809	594.30
7	7.513	0.006210	7.5101	0.00621	593.4	7.5332	0.006227	593.73
8	8.045	0.006655	8.0411	0.00665	592.8	8.0655	0.006672	593.16
9	8.609	0.007126	8.6053	0.00713	592.3	8.6308	0.007145	592.59
10	9.209	0.007629	9.2041	0.00763	591.7	9.2307	0.007647	592.02
11	9.844	0.008162	9.8388	0.00805	591.2	9.8670	0.008181	591.45
12	10.518	0.008729	10.512	0.00876	590.6	10.5417	0.008749	590.88
13	11.231	0.009330	11.265	0.00935	590.1	11.2567	0.009351	590.31
14	11.987	0.009968	11.982	0.00997	589.5	12.0140	0.009980	589.74
15	12.788	0.010645	12.781	0.0106	588.9	12.8156	0.010668	589.17
16	13.634	0.011362	13.628	0.0114	588.3	13.6640	0.011387	588.60
17	14.530	0.012123	14.524	0.0121	587.7	14.5612	0.012150	588.03
18	15.477	0.012930	15.093	0.0129	587.1	15.5097	0.012958	587.46
19	16.477	0.013784	16.469	0.0138	586.6	16.5120	0.013813	586.89
20	17.535	0.014690	17.526	0.0147	586.0	17.5706	0.014720	586.32
21	18.650	0.015648	18.639	0.0156	585.4	18.6881	0.015680	585.75
22	19.827	0.016662	19.816	0.0166	584.9	19.8673	0.016696	585.18
23	21.068	0.017734	21.059	0.0177	584.3	21.1111	0.017771	584.61
24	22.377	0.018869	22.368	0.0188	583.8	22.4224	0.018908	584.04
25	23.756	0.020070	23.751	0.0200	583.2	23.8043	0.020111	583.47
26	25.209	0.021339	25.200	0.0214	582.6	25.2599	0.021383	582.90
27	26.739	0.022682	26.730	0.0226	585.1	26.7926	0.022728	582.33
28	28.349	0.024100	28.341	0.0240	581.5	28.4057	0.024150	581.77
29	30.043	0.025600	30.033	0.0256	581.0	30.1027	0.025652	581.20
30	31.824	0.027184	31.813	0.0272	580.4	31.8874	0.027239	580.63

TEMP. (C)	HANDBOOK		HANDBOOK			FROM ASAE EQ.(1976)		
	PS (MM. HG)	HS (-)	PS (MM. HG)	HS (-)	HFG (KCAL/KG)	PS (MM. HG)	HS (-)	HFG (KCAL/KG)
31	33.695	0.028856	33.689	0.0288	579.9	33.7633	0.028916	580.06
32	35.663	0.030624	35.653	0.0306	579.3	35.7344	0.030688	579.49
33	37.729	0.032491	37.719	0.0315	578.7	37.8048	0.032559	578.92
34	39.898	0.034462	39.889	0.0344	578.2	39.9785	0.034535	578.35
35	42.175	0.036545	42.170	0.0366	577.6	42.2598	0.036622	577.78
36	44.563	0.038743	44.553	0.0388	577.0	44.6531	0.038825	577.21
37	47.067	0.041064	47.061	0.0411	576.5	47.1629	0.041152	576.64
38	49.692	0.043514	49.687	0.0435	575.9	49.7939	0.043608	576.07
39	52.442	0.046101	52.438	0.0460	575.3	52.5510	0.046202	575.50
40	55.324	0.048833	55.314	0.0488	574.7	55.4302	0.048941	574.93
41	58.340	0.051720	58.330	0.0517	574.1	58.4630	0.051833	574.36
42	61.500	0.054760	61.493	0.0548	573.5	61.6290	0.054888	573.79
43	64.800	0.057980	64.795	0.0580	572.9	64.9413	0.058113	573.22
44	68.260	0.061380	68.253	0.0613	572.4	68.4057	0.061520	572.65
45	71.880	0.064970	71.871	0.0650	571.8	72.0288	0.065120	572.08
46	75.650	0.068760	75.645	0.0689	571.3	75.8154	0.068922	571.51
47	79.600	0.072770	79.595	0.0728	570.7	79.7721	0.072941	570.94
48	83.710	0.076990	83.721	0.0770	570.1	83.9051	0.077190	570.37
49	88.020	0.081470	88.024	0.0815	569.6	88.2212	0.081681	569.80
50	92.510	0.086200	92.519	0.0862	569.0	92.7261	0.086432	569.23
51	97.200	0.091220	97.212	0.0913	568.4	97.4270	0.091458	568.66
52	102.090	0.096520	102.103	0.0966	567.8	102.3306	0.096778	568.09
53	107.200	0.102140	107.208	0.102	567.3	107.4446	0.102410	567.52
54	112.510	0.108080	112.526	0.108	566.7	112.7754	0.108377	566.95
55	118.040	0.114370	118.065	0.114	566.1	118.3311	0.114700	566.38
56	123.800	0.121050	123.831	0.121	565.5	124.1190	0.121406	565.81
57	129.820	0.128140	129.848	0.128	565.0	130.1474	0.128521	565.24
58	136.080	0.135660	136.108	0.136	564.4	136.4240	0.136075	564.67
59	142.600	0.143660	142.625	0.144	563.8	142.9506	0.144101	564.10
60	149.380	0.152160	149.392	0.152	563.2	149.7545	0.152634	563.53
61	156.430	0.161210	156.453	0.161	562.6	156.8260	0.161715	562.96
62	163.770	0.170850	163.809	0.171	562.0	164.1793	0.171388	562.39
63	171.380	0.181100	171.385	0.181	561.4	171.8243	0.181700	561.82
64	179.310	0.192070	179.329	0.192	560.8	179.7698	0.192705	561.25
65	187.540	0.203770	187.568	0.204	560.2	188.0255	0.204464	560.68
66	196.090	0.216290	196.100	0.216	559.6	196.6004	0.217042	559.59

TEMP. (C)	HANDBOOK PS (MM. HG)	HANDBOOK HS (-)	HANDBOOK PS (MM. HG)	HANDBOOK HS (-)	HANDBOOK HFG (KCAL/KG)	FROM ASAE EQ.(1976) PS (MM. HG)	FROM ASAE EQ.(1976) HS (-)	FROM ASAE EQ.(1976) HFG (KCAL/KG)
67	204.960	0.229690	205.000	0.230	559.1	205.5051	0.230516	559.04
68	214.170	0.244060	214.195	0.244	558.5	214.7496	0.244970	558.48
69	223.730	0.259500	223.757	0.259	557.9	224.3438	0.260498	557.92
70	233.700	0.276200	233.687	0.276	557.3	234.2983	0.277208	557.36
71	243.900	0.293950	243.985	0.294	556.7	244.6242	0.295224	556.80
72	254.600	0.313340	254.724	0.314	556.1	255.3323	0.314685	556.23
73	265.700	0.334340	265.756	0.335	555.5	266.4334	0.335753	555.66
74	277.200	0.357120	277.232	0.357	554.9	277.9394	0.358612	555.10
75	289.100	0.381600	289.148	0.382	554.3	289.8617	0.383480	554.52
76	301.400	0.408790	301.432	0.408	553.7	302.2127	0.410606	553.95
77	314.100	0.438150	314.231	0.437	553.1	315.0039	0.440287	553.37
78	327.300	0.470490	327.397	0.470	552.5	328.2475	0.472872	552.79
79	341.000	0.506210	341.079	0.506	551.9	341.9568	0.508776	552.21
80	355.100	0.545500	355.202	0.545	551.3	356.1440	0.548499	551.63
81	369.700	0.589170	369.639	0.589	550.7	370.8227	0.592645	551.05
82	384.900	0.638250	384.992	0.639	550.1	386.0056	0.641956	550.46
83	400.000	0.693310	400.659	0.695	549.5	401.7068	0.697344	549.87
84	416.800	0.755390	416.841	0.756	548.9	417.9400	0.759954	549.28
85	433.600	0.826280	433.639	0.828	548.3	434.7189	0.831230	548.68
86	450.000	0.907340	450.824	0.908	547.7	452.0578	0.913064	548.08
87	468.700	1.000000	468.698	1.000	547.1	469.9718	1.007880	547.49
88	487.100	1.110200	487.161	1.110	546.4	488.4753	1.118950	546.88
89	506.100	1.239800	506.212	1.240	545.8	507.5834	1.250740	546.28
90	525.760	1.396100	525.851	1.400	545.2	527.3005	1.409510	545.67
91	545.050	1.587500	546.153	1.590	544.6	547.6747	1.604350	545.07
92	566.900	1.827200	567.116	1.830	543.9	568.6916	1.848000	544.45
93	588.600	2.136000	588.742	2.135	543.3	590.3704	2.164740	543.84
94	610.900	2.548500	611.029	2.546	542.7	612.7371	2.587980	543.23
95	633.900	3.126300	633.979	3.120	542.1	635.8070	3.184160	542.61
96	657.820	3.995300	657.737	3.990	541.5	659.5855	4.085670	541.99
97	682.070	5.444000	682.158	5.450	540.9	684.1034	5.606490	541.36
98	707.270	8.342900	707.314	8.350	540.3	709.3764	8.715460	540.74
99	733.240	17.043000	733.279	17.000	539.6	735.4148	18.604700	540.11
100	----	----	759.987	----	539.0	762.2392	****	539.48

* ข้อมูลจากตาราง Steam table



รูปที่ ก.1 แผนภูมิไซโครเมตริก (Psychometric chart) ของความชื้นกับอุณหภูมิ สำหรับระบบ อากาศกับน้ำ ที่ความดันบรรยากาศ

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างการคำนวณค่าพื้นที่ผิวจำเพาะเชิงปริมาตรของวัสดุ

ภาคผนวกนี้จะแสดงขั้นตอนการคำนวณค่าพื้นที่ผิวจำเพาะเชิงปริมาตรของวัสดุที่ได้จากการทดลองกับผลจากทฤษฎี ในการอบแห้งมันสำปะหลัง หนา 40 ซม. กรณีการอบแห้งปกติ เงื่อนไขของการทดลองการอบแห้งเป็นดังนี้ คือ

วัสดุ : ชิ้นมันสำปะหลังขนาด 0.5 x 0.5 x 0.3 ซม.		
อุณหภูมิเข้าของลมร้อน	65	°ซ
ความเร็วลมร้อน	0.6	m/s
ความชื้นของลมร้อน	0.018	kg-water/kg dry air
อัตราส่วนช่องว่าง	0.768	
ความหนาแน่นจริงของวัสดุ	924	kg/m^2
เส้นผ่าศูนย์กลางสมมูล	0.409×10^{-2}	m
ความชื้นแรกเริ่ม	1.68	d.b.
ความชื้นสมดุล	0	d.b.

ค่าพื้นที่สมดุลย์ $a = 6x(1-\epsilon)/d_p = 6x(1-0.768)/0.409x10^{-2}$

$= 340.34 \ m^2/m^3$

$ka = 162{,}626$ kg water/m^3 hr

เงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดของการชีมูเลตจะแตกต่างอย่างเดียวคือ ความเร็วลมร้อน (V_{bed}) เท่ากับ 2100 m/hr = 0.5556 m/s และค่า ka = 55,000 kg water/(kg dry air m‡3 H hr) ก่อนอื่นคำนวณค่า k ก่อนจากสมการ (3.7) และ (3.8) ในบทที่ 3 สมมติว่าลมร้อนที่ออกจากชั้นวัสดุมีอุณหภูมิ 33 °ซ และความชื้นของลมร้อน 0.033 kg water/kg dry air

อุณหภูมิของลมร้อนเฉลี่ยผ่านเบด = (65+33)/2 = 49 °ซ

ความหนาแน่นของอากาศชื้นขาเข้า $= 273x18x29/(22.4(273+T_{Ain})(18+29H_{in}))$

$= 273x18x29/(22.4(273+30)(18+29x0.018))$

$= 1.1335$ kg dry air/m^3

อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศแห้ง(G) = $\rho_A \ v_{fA}$ = 1.1338 x 2100

= 2,380 kg dry air/m^2 hr

อัตราการไหลเชิงมวลของลมร้อน (G) $= G(1+H_{ave})$

$= 2,380x(1+(0.018+0.033)/2)$

$= 2,441.05$ kg tot/m^2 hr

คำนวณ Re

$$Re = d_pG/\mu$$

ความหนืดของลมร้อนที่อุณหภูมิเฉลี่ย (49 °ซ)= 0.07 kg/m hr

เพราะฉนั้น $Re = (2,441.05 \times 0.00409)/0.07 = 142.63$

จากสมการ (3.7)

$$(h/GC_{Have}) = \begin{cases} 2.41(Re)^{-0.51} & ;Re < 350 \\ 1.31(Re)^{-0.41} & ;Re > 350 \end{cases}$$

$$C_{Have} = C_{p_A} + C_{p_V}H_{ave}$$

$$= 0.24 + 0.46x(1+(0.018 + 0.033)/2)$$

$$= 0.2517$$

เพราะฉนั้น $h = 0.2517x2441.05x2.41(142.6)^{-0.51}$

$= 118.0$ kcal/m^3

$k = h/CH_{ave}$

$= 118/0.2517 = 468.81$ kg water/m^2

นับว่าค่า k ที่ได้จากผลการคำนวณ = k ที่ได้จากการทดลอง

แต่ค่า ka ที่เหมาะสมจากการซิมูเลต = 55,000 kg water/m^3 hr

เพราะฉนั้น $a = 55,000/468.81 = 117.2$ m^2/m^3

ค่า a ที่คำนวณได้ = 34 % ของ a ที่คำนวณจากทฤษฎีแสดงว่าวัสดุเรียงตัวกันค่อนข้างแน่นมาก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างการคำนวณค่าในบทที่ 5

ตัวอย่างการคำนวณค่าในภาคผนวกนี้ แบ่งเป็น 2 ตัวอย่างคือ

1. การคำนวณราคาของพลังงานความร้อน, ไฟฟ้า และราคาแรงงาน
2. การคำนวณความดันลดของลมร้อนผ่านเครื่องอุ่นลมร้อน

รายละเอียดของการคำนวณมีดังนี้คือ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค.1

การคำนวณราคาของพลังงานความร้อน, ไฟฟ้า และราคาแรงงาน

คำนวณราคาของพลังงานความร้อนที่ใช้อุ่นลมร้อน ในระบบของเครื่องอบแห้ง โดยใช้ไอน้ำอิ่มตัวความดัน 2 บรรยากาศ มาแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเชลล์และท่อ และไอน้ำที่เราใช้นี้ผลิตมาจากน้ำมันเตาอีกทอดหนึ่ง โดยประเมินว่าน้ำมันเตา 1 ลิตร สามารถผลิตไอน้ำได้ 17 ตัน และราคาของน้ำมันเตาลิตรละ 4.50 บาท ขณะที่ส่งผ่านระบบท่อจากต้นกำเนิดมาถึงเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนนั้น มีการสูญเสียพลังงานไปประมาณ 5 %

น้ำมันเตา 1 ลิตร สามารถผลิตไอน้ำได้ 17 ตัน หรือเท่ากับพลังงาน $17 \times 2257 \times 1000 = 3.837 \times 10^{7}$ kJ สูญเสียไป 5% เหลือพลังงาน $0.95 \times 3.837 \times 10^{7} = 3.645 \times 10^{7}$ kJ ดังนั้นราคาพลังงานไอน้ำเท่ากับ $4.5/3.645 \times 10^{7} = 1.235 \times 10^{-7}$ baht/kJ หรือ $C_1 = 1.235 \times 10^{-7}$ baht/kJ

ราคาของค่าไฟฟ้า (C_2) เท่ากับ 1.40 baht/kW = 3.89×10^{-4} baht/kJ

ราคาค่าแรงงาน (C_3) เท่ากับ 25 baht/hr = 6.944×10^{-3} baht/sec ,

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค.2

การคำนวณความดันลดของลมร้อนผ่านเครื่องอุ่นลมร้อน

ในที่นี้เครื่องอุ่นลมร้อนคือเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเชลล์และท่อ ที่ให้ไอน้ำ (saturated steam) ความดัน 2 บรรยากาศ มาควบแน่นในเชลล์ และถ่ายเทความร้อนให้ลมร้อนซึ่งไหลอยู่ในท่อ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ศึกษานี้จำลองขึ้นเอง โดยกำหนดขนาดและรูปร่างดังนี้ คือเป็นแบบ pull through floating head, 1 tube pass และ 1 shell pass มีเส้นผ่าศูนย์กลางของเชลล์ ($\varnothing_{SHELL}$) 30 นิ้ว (0.764 m), ยาว (L_{HX}) 3.5 m ส่วนท่อที่ใช้ BWG£14 เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 2 นิ้ว จำนวน 64 ท่อ เรียงตัวแบบ standard square pitch มีระยะ pitch 0.0635 m, มัดท่อ (tube bundle) = 0.671 m, ระยะห่างของแผ่นกั้น (baffle spacing) 0.764 m และ segment cut 20%

ความดันลดของด้านท่อ ($-\Delta P_{HX}$) สามารถคำนวณได้จากสูตรใน (56) ดังนี้

$$(-\Delta P_{HX}) = 8 j_F \left(\frac{L}{D_I}\right)\frac{\rho V_T^2}{2} \qquad (9)$$

โดยที่ค่า j_F หาได้จากกราฟใน (56) เมื่อทราบค่า Re

L ความยาวของท่อ (m)

D_I เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ (m)

V_T ความเร็วลมร้อนในท่อ (m/s)

ความหนืดของลมร้อนเฉลี่ยในท่อ และที่ผิวของท่อ (

ความหนาแน่นของลมร้อนเฉลี่ยภายในท่อ (kg/m^3)

เช่น ในกรณีที่ลมร้อนมีความเร็วผ่านเบด (V_{BED}) 0.4634 เมตร/วินาที

ความเร็วลมร้อนในท่อหนึ่งท่อ (V_T) 8.3173 เมตร/วินาที

ค่า Re $= d_p\bar{G}/\mu$

$= 1.1128 \times 8.3173 \times 0.04526 / 2.094 \times 10_{-5}$

$= 20,004.9$

อ่านค่า j_F จาก (56) ได้ $j_F = 3.9 \times 10^{-3}$

T_{wall} = 117 °C (เนื่องจากไอน้ำอิ่มตัวความดัน 2 บรรยากาศ ควบแน่นที่อุณหภูมิ 119.96 °C และ $\mu_{wall} = 2.447 \times 10^{-5}$ kg/(m hr)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$(-\Delta P_{HX}) = 8x3.9x10^{-3}x(3.5/0.04526)x(1.1128x8.3173^2/2)x$$
$$x(2.094x10^{-5}/2.447x10^{-5})^{-0.14}$$
$$= 94.9144 \quad N/m^2$$
$$(-\Delta P_{HX}) = 9.3073 \quad mmH_2O$$

ความดันลดของลมร้อนเมื่อไหลผ่านท่อ (ความดันลดของลมร้อนเมื่อผ่านเครื่องอุ่นลมร้อน) เมื่อลมร้อนมีความเร็วผ่านเบด 0.4634 เมตร/วินาที เท่ากับ 9.3073 mmH_2O

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

อัลกอริทัมของวิธีรันท์-คัตตา ออเดอร์ที่ 4 (Fourth order Runge-Kutta)

วิธีหาคำตอบเชิงตัวเลขสำหรับสมการอนุพันธ์กรณีปัญหาค่าเริ่มต้น (initial value problem) มีอยู่ด้วยกันหลายวิธี เช่น วิธีของออยล์เลอร์ (Euler's method), วิธีของอดัมพ์ (Adam's method), วิธีของรันท์-คัตตา (Runge-Kutta' method), วิธีของเกียร์ (Gear's method) เป็นต้น ซึ่งแต่ละวิธีก็มีอัลกอริทัมแตกต่างกันและความแม่นยำความยุ่งยากต่างๆ กัน

ในวิทยานิพนธ์นี้ใช้วิธีของลันท์-คัตตา ออเดอร์ที่ 4 เพียงวิธีเดียวในการซีมูเลตการเปลี่ยนแปลงเชิงจลน์ของตัวแปรต่างๆในแบบจำลอง (ดูบทที่ 3) วิธีนี้สามารถใช้แก้ระบบสมการอนุพันธ์กำลังส่วนหนึ่ง n สมการการ (frist order differential equation) พร้อมกันโดยเริ่มจากเงื่อนไขเริ่มต้นที่กำหนดให้ของตัวแปร n อัน ดังนี้

ก่อนอื่นนิยามให้

$$Y_{j,i} \quad = \quad Y_j(X_i) \qquad (ง.1)$$

สำหรับ $j = 1, 2, ..., n$

โดยที่ $Y_{j,i}$ คือ ค่าของตัวแปรไม่อิสระ (dependent variable) ณ ตำแหน่งตัวแปรอิสระ X_i (ขั้นตอนที่ i)

เมื่อเริ่มต้นซีมูเลต ($X_i = X_0$) จะต้องป้อนเงื่อนไขเริ่มต้นของตัวแปรต่างๆ คือ $Y_{j,i=0}$ สำหรับทุกๆ j เข้าไป และใช้วิธีการของรันท์-คัตตาเพื่ออินทริเกตหาคำตอบสำหรับขั้นตอน $i = 1$ หรือ $Y_{j,i=1}$ สำหรับทุกๆ j และใช้คำตอบที่หาได้นี้ เป็นเงื่อนไขเริ่มต้นสำหรับทำการอินทิเกรดในขั้นตอน $i = 2$ และต่างๆ ไป นั่นคือ เขียนสรุปเป็นขั้นตอนง่ายๆ สำหรับการอินทริเกตหาคำตอบที่ขั้นตอน $i + 1$ หรือ $Y_{j,i+1}$ จากเงื่อนไขของขั้นตอน i หรือ $Y_{j,i}$ ได้ดังนี้

$$Y_{j,i+1} = Y_{j,i} + H_j = Y_{j,i} + h(k_{j,1} + 2\,k_{j,2} + 2\,k_{j,3} + k_{j,4}) \qquad (ง.2)$$

โดยที่ $h = X_{i+1} - X_i$ และค่าของ $k_{j,1}$, $k_{j,2}$, $k_{j,3}$ และ $k_{j,4}$ สามารถหาได้จาก

$$k_{j,1} = f_j(X_i, Y_{1,2}, Y_{2,i}, \ldots, Y_{n,i}) \qquad (ง.3)$$

โดยที่ f_j ในสมการข้างต้นเป็นสมการอนุพันธ์สมการที่ j ของตัวแปร $Y_{1,2}$, $Y_{2,i}$, $\ldots, Y_{n,i}$ กับ X_i

ต่อมาประมาณค่าคำตอบ $Y^*_{j,i}$ ขึ้นมาเพื่อนำไปใช้หาค่า $k_{j,2}$

$$Y^*_{j,i} = Y_{j,i} + 1/2\ h\ k_{j,i} \qquad (ง.4)$$

$$k_{j,2} = f_j(X_i+1/2h,\ Y^*_{1,i},\ Y^*_{2,i},\ldots,\ Y^*_{n,i}) \qquad (ง.5)$$

ต่อมาประมาณค่าคำตอบ $Y_{j,i}$ เพื่อหาค่า $k_{j,3}$ ดังนี้

$$Y_{j,i} = Y_{j,i} + 1/2h\ k_{j,2} \qquad (ง.6)$$

$$k_{j,3} = f_j(X_i+1/2h,\ Y_{1,i},\ Y_{2,i},\ldots,\ Y_{n,i}) \qquad (ง.7)$$

ต่อมาประมาณค่าคำตอบ $\bar{Y}^*_{j,i}$ เพื่อหาค่า $k_{j,3}$ ดังนี้

$$\bar{Y}^*_{j,i} = Y_{j,i} + 1/2h\ k_{j,3} \qquad (ง.8)$$

$$k_{j,4} = f_j(X_i + h,\ \bar{Y}^*_{1,i},\ \bar{Y}^*_{2,i},\ldots,\ \bar{Y}^*_{n,i}) \qquad (ง.9)$$

เมื่อหาค่าของ $Y_{j,i+1}$ ได้จาก $Y_{j,i}$ ค่าของ $Y_{j,i+1}$ จะเป็นคำตอบที่หาได้เมื่อถึงขั้นตอน i+1 ด้วยวิธีรันท์-คัตตา ออเดอร์ที่ 4 ตามต้องการ

สำหรับในกรณีที่สมการอนุพันธ์มีกำลังสูงกว่าหนึ่งก็สามารถใช้วิธีนี้ได้ แต่ต้องแปลงรูป (transform) มาเป็นสมการกำลังหนึ่งเสียก่อน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ

โปรแกรมคอมพิวเตอร์สมบูรณ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
R
C     ************************************************************
C     *          MAIN PROGRAM OF THESIS SIMULATION OF            *
C     *                   THROUGH-FLOW DRYER                     *
C     ************************************************************

      IMPLICIT DOUBLE PRECISION (A-H,O-Z), INTEGER*4 (I-N)
      COMMON /VAR1/ VV(100),WW(100),AK(100),AKT(100)
      COMMON /VAR2/ RT,CPAFA,CPAI,QZ,HI
      COMMON /VAR3/ HIO(25),HVTS(25),QEVP(25),QP(25),QXT(25),RCX(25),TIO
     1(25),VHI(25),ZHS(25),WST(25)
      COMMON /VAR4/ BHVTS(25),BRCX(25),BZHS(25)
      COMMON /CONSR1/ AREA,HL,CMFA,ESP,DEQ,HVS,CMFA0,CMF,SX,SPAREA
      COMMON /CONSR2/ RHFA,WC,WE,CPS,CPW,WOAVE
      COMMON /CONSR3/ CPA,CPV,HFA,TFA,TSO,DT,RAV
      COMMON /CONSR4/ R,HIO,TAI,VOLB,GN,CKA,HCA
      COMMON /CONSI1/ N,NM

C     ************************************************
C     *      NOMENCLATURE AND UNIT OF VARIABLES      *
C     ************************************************

C     :N: NO. OF TANKS (-)
C     :HL: HEIGHT OF BED (M)
C     :SX,RHFA: BULK DENSITY OF DRY SOLID (KG-DRY SOLID/M-SOLID^3)
C              DENSITY OF DRY AIR (KG-DRY AIR/M-HUMID AIR^3)
C     :ESP: VOID FRACTION OF BED (M-VOID^3/M-BED^3)
C     :DEQ: EQUIVALENCE DIAMETER OF SOLID (M)
C     :AREA,SPAREA: X-SECTION AREA OF BED (M-BED^2) AND
C                   SPECIFIC SURFACE AREA PER VOLUME (M-BED^2/M-BED^3)
C     :CPS,CPA,CPW,CPV: SPECIFIC HEAT CAPACITY OF DRY SOLID, DRY AIR,
C                       WATER AND WATER VAPOR (KJ/(KG-DRY SOLID*( C))),
C                       (KJ/(KG-DRY AIR*( C))), (KJ/(MOISTURE CONTENT
C                       *( C))), (KJ/(ABS. HUMIDITY*( C)))
C     :HVS,HVTS: LATENT HEAT OF VAPORIZATION OF WATER AT REF. TEMP. 0 C
C          = 2491.15 KJ/KG-WATER AND OF THAT SOLID TEMP.
C     :R: RECYLE RATIO OF DRY AIR AT OUTLET PER INLET FRESH AIR (-)
C     :VEL: SUPERFICIAL VELOCITY OF HUMID AIR (M/HR)
C     :CMF,CMFA0,CMFA: MASS VELOCITY AND MASS FLOW RATE OF DRY AIR
C                      AT ANY POSITION IN BED (KG-DRY AIR/(M-BED^2*HR)),
C                      (KG-DRY AIR/HR)
C     :CKA,HCA: MASS TRANSFER COEFF. AND HEAT TRANSFER COEFF. BY VOL.
C               (KG WATER/(M^3BED*HR)), (KCAL/(M^3BED*HR*( C)))
C     :RT,TT,DT,TDT,TSTOP: REAL TIME (HR), DIMENSIONLESS TIME, REAL TIME
C                          AND DIMENSIONLESS TIME INCREMENT (HR),(-)
C                          AND TIME TO STOP RUNNING PROGRAM (HR)
C     :JTPRT,JTMIX: TIME TO PRINT OUT RESULTS OF PROGRAM (S), TIME TO
C                   MIXING SOLID IN BED ( = 0.5 HR )
C     :VV(I),WW(I): VECTOR OF VARIABLES FOR W,H,TS,TA AT ANY TANKS AND
C                   ANY TIME AND THE VECTOR IN DIMENSIONLESS VAR.
C     :VHI: SPECIFIC VOLUME OF DRY AIR AT ANY POINT,TIME (M^3/KG DRY AIR)
C     :AK(I),AKT(I): THE DERIVATIVE OF VECTOR VV(I)
C     :W,WAVE,WOAVE,WC,WE: MOISTURE CONTENT, AVE. MOISTURE CONTENT AT
C                          ANY TIME AND AT TIME = 0, CRITICAL AND
C                          EQUILIBRIUM MOISTURE CONTENT
C                          (KG-WATER/KG-DRY SOLID)
C     :WSTOP: FINAL MOISTURE CONTENT WHICH STOP RUNNING PROGRAM (
C          KG-SOLID/KG-WATER)
C     :H,ZHS,HFA,HI,HIO: ABS. HUMIDITY AT DRY BULB TEMP., AT ITS SAT.
C                        VALUE OF SOLID TEMP., OF FRESH AIR, AT THE
C                        ENTRANCE OF BED (KG WATER/KG DRY AIR)
C     :TS,TSAVE,TSO: TEMP. OF WET SOLIDIN BED, AVE. VALUE OF ITS (C),
C                    AT TIME = 0
C     :TA,TFA,TAI: DRY BULB TEMP. OF HUMID AIR IN (C), OF FRESH AIR (C)
C                  AT THE ENTRANCE OF BED (C)
C     :WST,WSTAVE: DIMENSIONLESS VARIABLES OF W AND ITS AVERAGE
C     :QLHR,QL,QTOT: RATE OF PREHEATING MIXED AIR TO DESIRES TEMP.,
C                    AND HEAT AT ANY TIME, TOTAL PREHEATED ENERGY OF
C                    HEATER(KJ/HR),(KJ)
C     :QXT,QEVP,QP: RATE OF HEAT TRANSFER FROM AIR TO SOLID, RATE OF
C                   VAPORIZATION, MODIFIED TERM OF ENTHALPY BALANCE
C                   (KJ/HR)
C     :RCX,RAVE: RATE OF VAPORIZATION AT ANY POINT,TIME(KG WATER/M 3/HR)
C                AVERAGE OF BED (KG WATER/HR)
C     :HIO,TIO: TERM OF INPUT-OUTPUT OF HUMIDITY, TEMPERATURE
C     :QZ: REAL TOTAL HEAT OF VAPORIZATION OF WATER (KJ)
C     :THEFF: THERMAL EFF. APPROX. = HFG30*RAVE/QTOT*100%
C     : REAL THERMAL EFF. = QZ/QTOT*100%
```

```
C      ********************************************************
C      *          READ NECESSARY DATA AND INITIAL DATA        *
C      *                      FROM FILE                       *
C      ********************************************************
C
       READ(5,1) N
       READ(5,1) JTPRT
       READ(5,1) JTMIX
     1 FORMAT(5X,I8)
       READ(5,2) HL
       READ(5,2) AREA
       READ(5,2) SPAREA
       READ(5,2) SX
       READ(5,2) DEQ
       READ(5,2) ESP
       READ(5,2) WC
       READ(5,2) WE
       READ(5,2) CPS
       READ(5,2) CPW
       READ(5,2) VEL
       READ(5,2) R
       READ(5,2) HVS
       READ(5,2) HFA
       READ(5,2) TFA
       READ(5,2) CPA
       READ(5,2) CPV
       READ(5,2) TDT
       READ(5,2) WOAVE
       READ(5,2) WSTOP
       READ(5,2) TSTOP
       READ(5,2) RTO
       READ(5,2) HI
       READ(5,2) HIO
       READ(5,2) TAIO
       READ(5,2) QTOTO
       READ(5,2) TSO
       READ(5,2) CKA
       READ(5,2) HCA
       READ(5,2) QZ
     2 FORMAT(5X,D20.0)
C
       NM = 4*N
       DO 3 I=1,NM
     3 READ(5,5) VV(I)
     5 FORMAT(5X,D20.0)
C      ********************************************
C      *       SHOW NECESSARY DATA INPUT          *
C      ********************************************
C
       WRITE(1,10)
    10 FORMAT(20X,'========== NECESSARY DATA INPUT =========='//10X,'DIME
      1NSION OF DRYER'/)
       WRITE(1,12) HL,AREA
    12 FORMAT(5X,'HL(M) = ',D14.7,25X,'AREA(M**2) = ',D14.7//10X,'PROPERT
      1IES OF SOLID'/)
       WRITE(1,14) CPS,CPW,WC,WE
    14 FORMAT(5X,'CPS(KJ/KG DRY SOLID. C) = ',D14.7,5X,'CPW(KJ/KG WATER.
      1 C) = ',D14.7/5X,'WC(D.B.) = ',D14.7,22X,'WE(D.B.) = ',D14.7)
       WRITE(1,16) CPA,CPV
    16 FORMAT(/10X,'PROPERTIES OF AIR'//5X,'CPA(KJ/KG DRY AIR. C) = ',D14
      1.7,7X,'CPV(KJ/KG WATER VAP.. C) = ',D14.7)
       WRITE(1,18) DEQ,ESP,SPAREA,SX,TSO,WOAVE,N
    18 FORMAT(/10X,'CONDITIONS OF DRYING '//5X,'DEQ(M) = ',D14.7,24X,'ESP
      1 = ',D14.7/5X,'SPAREA(M**2/M**3) = ',D14.7,13X,'SX(KG DRY SOLID/M*
      1*3) = ',D14.7/5X,'TSO( C) = ',D14.7,23X,'WOAVE(D.B.) = ',D14.7/5X,
      1'N(-) = ',I3)
       WRITE(1,20) TFA,HFA,VEL,R,HI,HIO,TAIO,HVS
    20 FORMAT(/5X,'TFA( C) = ',D14.7,23X,'HFA = ',D14.7/5X,'VEL.(M/HR) =
      1',D14.7,20X,'R(-) = ',D14.7/5X,'HI = ',D14.7,28X,'HIO = ',D14.7/5X
      1,'TAIO( C) = ',D14.7,22X,'HVS(KCAL/KG WATER) = ',D14.7)
       WRITE(1,22) CKA,HCA
    22 FORMAT(/10X,'MASS & HEAT TRANSFER BY UNIT VOL.'//5X,'CKA(KG WATER/
      1( H.M**3.HR)) = ',D14.7,4X,'HCA(KCAL/(M**3.HR. C) = ',D14.7)
       WRITE(1,24) QTOT,QZ
    24 FORMAT(/10X,'ENERGY CONSUMPTION'//5X,'QTOT(KJ) = ',D14.7,20X,'QZ(K
      1J) = ',D14.7)
       WRITE(1,26) RTO,TDT,JTPRT,JTMIX
    26 FORMAT(/10X,'TIME TO BEGIN RUNNING',30X,'STEP TO INTEGRATE'//5X,'R
      1T(HR) = ',D14.7,24X,'TDT(SEC) = ',D14.7//10X,'STEP TO PRINT RESULT
      1S',30X,'STEP TO MIXING SOLID IN BED'//5X,'JTPRT = ',I8,31X,'JTMIX
      1= ',I8)
```

```
      WRITE(1,28) WSTOP,TSTOP
   28 FORMAT(/10X,'CONDITION TO STOP RUNNING'//5X,'WSTOP(D.B.) = ',D14.7
     1,19X,'TSTOP(HR) = ',D14.7)
C
      WRITE(1,35)
   35 FORMAT(/5X,'<<<<<<<<<<<<<<<<  SETTING UP CALCULATION  >>>>>>>>>>>>
     1>>>>')
C
      GN = FLOAT(N)
      TAI = TAI0
      RT = RT0
C
      IF( RT.GT.0.0D0 ) GOTO 40
C               AVERAGE MOISTURE CONTENT IN BED AT RT = 0
        WOAVE = 0.0D0
        DO 38 I = 1,N
   38     WOAVE = WOAVE+(VV(4*(I-1)+1))
        WOAVE = WOAVE/GN
C
        HI = HI0
C             CALCULATE VOLUME AND MASS OF DRY SOLID IN BED
   40 VOLB = AREA*HL
      CMDS = SX*VOLB
C             CHANGE TIME STEP OF INTEGRATION TO HOUR UNIT
      DT = TDT/3.6D3
C                     CALCULATE DENSITY OF FRESH AIR
      RHFA = 2.73D2*1.8D1*2.9D1/(2.24D1*(2.73D2+TFA)*(1.8D1+(2.9D1*HFA))
     1)
C          CALCULATE TOTAL MASS FLOW RATE OF DRY AIR OF FRESH AIR
      CMFA0 = RHFA*VEL*AREA
      IF( R.GT.0.0D0 ) GOTO 45
C
C        CALCULATE MASS FLOW RATE OF DRY AIR INPUT OF FRESH AIR IN CASE
C                               OF NO RECYCLE
        CMFA = CMFA0
        GOTO 50
C
C        CALCULATE MASS FLOW RATE OF DRY AIR INPUT OF FRESH AIR IN CASE
C                                 OF RECYCLE
   45 CMFA = (1.0D0/(1.0D0+R))*CMFA0

C
   50 CMF = CMFA0*GN/VOLB

C           CALCULATE LATENT HEAT OF VAPORIZATION OF WATER AT 30 C
      TS = 3.0D1
      CALL LHVP(TS,HFG,RT)
      HFG30 = HFG

C             SHOW THE RESULTS OF CALCULATE EXTERNAL CONDITION
C                       IN THE FIRST PART OF PROGRAM
      WRITE(1,55) NH,GN,VOLB,CMDS,DT
   55 FORMAT(5X,'NH(-) = ',I4,35X,'GN(-) = ',D10.3/5X,'VOLB(M**3) = ',D1
     14.7,20X,'CMDS(KG DRY SOLID) = ',D14.7/5X,'DT(HR) = ',D14.7)
      WRITE(1,60) RHFA,CMFA0,CMFA,CHF,HFG30
   60 FORMAT(5X,'RHFA(KG FRESH AIR/M**3) = ',D14.7,7X,'CMFA0(KG FRESH AI
     1R/HR) = ',D14.7/5X,'CMFA(KG FRESH AIR/HR) = ',D14.7,9X,'CHF(KG FRE
     1SH AIR/(M**3.HR)) = ',D14.7/5X,'HFG(KJ/KG WATER) AT 30 C = ',D14.7
     1)

C                 CALCULATE PREHEATING ENERGY OF HEATER
      IF( RT.GT.0.0D0 ) GOTO 65
C                          AT TIME RT = 0
        QTOT = 0.0D0
        QL = 0.0D0
        QLHR = 0.0D0
        QTOT = QTOT+QL
        GOTO 70
C                          AT TIME RT > 0
   65 QTOT = QTOT0

C     ************************************************************
C     *        SHOW THE RESULTS OF VARIABLES CALCULATED          *
C     *                 AT EVERY JTPRT STEPS                     *
C     ************************************************************

   70 IPRT = 0
      IMIX = 0
      WRITE(1,75)
   75 FORMAT('*************************************************************
     1*****************************************************************
     1')
```

```
      IF( RT.EQ.RTO ) GOTO 90
 85   IF( IPRT.NE.JTPRT ) GOTO 150
 87     IPRT = 0
 90   WRITE(1,95) RT,HI,TAI
 95   FORMAT(5X,'AT TIME (HR) = ',D14.7,4X,'HI(-) = ',D13.6,4X,'TAIO( C
     1) = ',D13.6/'***********************************************************
     1****************************************************************
     1***')
      WRITE(1,100)
100   FORMAT(1X,'POS.',7X,'W',13X,'H',12X,'TS',13X,'TA',11X,'WST',10X,'
     1HVTS',11X,'ZHS',12X,'RCX')
      DO 110 I=1,N
       II = 4*(I-1)
       WST(I) = (VV(II+1)-WE)/(WC-WE)
110    WRITE(1,115) I,VV(II+1),VV(II+2),VV(II+3),VV(II+4),WST(I),HVTS(I
     1),ZHS(I),RCX(I)
115    FORMAT(1X,I3,8(1X,D13.6))
C
      WRITE(1,117)
117   FORMAT('*****************************************************************
     1****************************************************************
     1**')
      WRITE(1,120) QLHR,QTOT
120   FORMAT(5X,'QLHR( KJ/HR ) = ',D13.6,17X,'QTOT( KJ ) = ',D14.7/'***
     1'****************************************************************
     1****************************************************************')
C                   CALCULTE WAVE,TSAVE,RAV,THEFF,WSTAV
      WAVE = 0.0D0
      TSAVE = 0.0D0
      WSTAV = 0.0D0
      DO 130 J=1,N
       JJ = 4*(J-1)
       WAVE = WAVE+VV(JJ+1)
       TSAVE = TSAVE+VV(JJ+3)
       WSTAV = WSTAV+WST(J)
130   CONTINUE
      WAVE = WAVE/GN
      TSAVE = TSAVE/GN
      WSTAV = WSTAV/GN
C
      IF( RT.NE.0.0D0 ) GOTO 135
        RAV = 0.0D0
        THEFF = 0.0D0
        GOTO 137
135   RAV = CMDS*(WOAVE-WAVE)/RT
      QEFF = RAV*RT*HFG30
      THEFF = QEFF*1.0D2/QTOT
C
137   WRITE(1,140) WAVE,TSAVE,RAV,WSTAV,THEFF,QZ
140   FORMAT(5X,'WAVE(D.B.) = ',D16.8,19X,'TSAVE( C) = ',D16.8/5X,'RAVE(
     1KG WATER/HR) = ',D16.8,12X,'WSTAVE(-) = ',D16.8/5X,'THEFF (%) = ',
     1D11.4,25X,'QZ(KJ) = ',D16.8/'*****************************************
     1****************************************************************
     1*************************')
C
150   IPRT = IPRT+1
C     ******************************************************
C     *       CHECKING TIME TO MIXING SOLID IN BED         *
C     ******************************************************
      IF( IMIX.NE.JTMIX ) GOTO 157
C            THE PROGRAM REACHING TIME TO MIXING SOLID IN BED
        IMIX = 0
        DO 155 J = 1,N
         JJ = 4*(J-1)
         VV(JJ+1) = WAVE
         VV(JJ+2) = HIO
         VV(JJ+3) = TSAVE
         VV(JJ+4) = TAIO
155     CONTINUE
        HI = HIO
        TAI = TAIO
        WRITE(1,156)
156     FORMAT(5X,' TIME TO MIXING BED AGAIN.')
        GOTO 87
C                NOT REACHING TIME TO MIXING SOLID IN BED
157     IMIX = IMIX+1
```

```
C     ****************************************************
C     *       CHECK TIME TO STOP RUNNING PROGRAM          *
C     ****************************************************

  250 IF(( VV(NM-3).LE.WSTOP ).OR.( RT.GE.TSTOP )) GOTO 270

C                    TIME BEGIN TO CHANGE
      RT = RT+DT
C       CALL SUBROUTINE FOR INTEGRATE THE VARIABLES OF NEXT TIME
      CALL RUNGKT(IPRT,JTPRT,QLHR)

C             CALCULATE THE PREHEATING ENERGY OF HEATER
      QL = QLHR*DT
      QTOT = QTOT+QL
C             RETURN TO CHECK WHETHER TO PRINT RESULTS AGAIN
      GOTO 85

C     *****************************************
C     *        THE END OF SIMULATION          *
C     *****************************************

  270 WAVE = 0.0D0
      DO 275 J=1,N
       JJ = 4*(J-1)
       WAVE = WAVE+VV(JJ+1)
  275 CONTINUE
      WAVE = WAVE/GN
      WRITE(1,280) RT,WAVE,WSTOP,TSTOP,QTOT,QZ
  280 FORMAT(3X,'AT TIME (HR) = ',D14.7,2X,'WAVE(D.B.) = ',D14.7,' <= W
     1STOP(D.B.) ',D14.7,' OR TIME => ',D14.7,'HR.'/5X,'TOTAL ENERGY FOR
     1 HEATER (KJ) = ',D14.7,5X,'TOTAL HEAT OF VAPORIZATION (KJ) = ',D14
     1.7)
C
      WRITE(1,290)
  290 FORMAT('==========================================================
     1==================='/1X,'POS.',7X,'W',13X,'H',13X,'TS',14X,'TA')
      DO 300 M = 1,N
       MI = 4*(M-1)
  300 WRITE(1,310) M,VV(MI+1),VV(MI+2),VV(MI+3),VV(MI+4)
  310  FORMAT(1X,I3,2X,D13.6,2X,D12.5,2(2X,D13.6))
      WRITE(1,320)
  320 FORMAT(5X,'----------------------------------')
      STOP
      END
C     *****************************************************************
C     ********************** END OF MAIN PROGRAM ***********************
C     *****************************************************************

C     ******************************************************
C     *     SUBROUTINE RUNGKT FOR CAL. Y(I,TT+DELTDT)       *
C     ******************************************************

      SUBROUTINE RUNGKT(IPRT,JTPRT,QLHR)
      IMPLICIT DOUBLE PRECISION (A-H,O-Z), INTEGER*4 (I-N)
      COMMON /VAR1/ VV(100),WW(100),AK(100),AKT(100)
      COMMON /VAR2/ RT,CPAFA,CPAI,QZ,HI
      COMMON /VAR3/ HIO(25),HVTS(25),QEVP(25),QP(25),QXT(25),RCX(25),TIO
     1(25),VHI(25),ZHS(25),WST(25)
      COMMON /VAR4/ BHVTS(25),BRCX(25),BZHS(25)
      COMMON /CONSR1/ AREA,HL,CMFA,ESP,DEQ,HVS,CMFA0,CMF,SX,SPAREA
      COMMON /CONSR2/ RHFA,WC,WE,CPS,CPW,W0AVE
      COMMON /CONSR3/ CPA,CPV,HFA,TFA,TSO,DT,RAV
      COMMON /CONSR4/ R,HI0,TAI,VOLB,GN,CKA,HCA
      COMMON /CONSI1/ N,NM

      QHR = 0.0D0
      BQZ = 0.0D0
      IF( IPRT.NE.JTPRT ) GOTO 4
C             INITIALIZED THE INTERMEDIATE VARIABLES
       DO 3 NI = 1,N
        BHVTS(NI) = 0.0D0
        BRCX(NI) = 0.0D0
        BZHS(NI) = 0.0D0
    3  CONTINUE
C                  INITIALIZED THE VARIABLES
    4 DO 5 IMF=1,NM
       AKT(IMF) = 0.0D0
       AK(IMF) = 0.0D0
    5 CONTINUE
C              SET UP 4-TH ORDER RUNGE-KUTTA METHOD
```

```
      DO 200 IK=1,4
       GOTO(10,15,15,20),IK
   10     C = DT
          DX = 0.0D0
          GOTO 25
   15    C = 2.0D0*DT
         DX = 5.0D-1*DT
         GOTO 25
   20   C = DT
        DX = DT
   25  DO 30 J=1,NM
        WW(J) = VV(J)+(DX*AK(J))
   30  CONTINUE
C                CHANGE BOUNDARY CONDITION OF H INPUT
       HI = (1.0D0/(1.0D0+R))*HFA+(R*WW(NM-2))
C           CALCULATE RATE OF PREHEATING ENERGY OF HEATER AT RT > 0
       CPAI = (CPA+(CPV*HI))*TAI
       CPAFA = (1.0D0/(1.D0+R))*(CPA+(CPV*HFA))*TFA
       CPAR = (R/(1.0D0+R))*(CPA+(CPV*WW(NM-2)))*WW(NM)
       QLH = CMFA0*(CPAI-CPAFA-CPAR)

       DO 120 I=1,N
        IDW = 4*(I-1)
        W = WW(IDW+1)
        H = WW(IDW+2)
        TS = WW(IDW+3)
        TA = WW(IDW+4)
C                CALL SUBROUTINE FOR CAL. RATE OF VAPORIZATION
        CALL RCZHS(W,H,TS,IK,I)
C            CALL SUBROUTINE FOR CAL. LATENT HEAT OF VAPORIZATION
        CALL LHVP(TS,HFG,RT)
        HVTS(I) = HFG
C                       WE ASSUMED NO HEAT LOSS FROM SYSTEM
C                       CAL. SP. HEAT CAPACITY OF WET SOLID
        CX = CPS+(CPW*W)
C                    CAL. HEAT TRANSFER FROM AIR TO WET SOLID
        QXT(I) = HCA*(TA-TS)
C                    CAL. HEAT OF VAPORIZATION FROM WET SOLID
        QEVP(I) = RCX(I)*HVTS(I)
        BQZ = BQZ+(C*QEVP(I)*VOLB/GN)
C                            CAL. SP. VOL. OF AIR
        VHI(I) = 2.24D1*(2.73D2+TA)*(1.8D1+(2.9D1*H))/(2.73D2*1.8D1*2.9D
     11)
C                         CAL. SP. HEAT CAPACITY OF AIR
        CAX = CPA+(CPV*H)
        QP(I) = RCX(I)*CPV*(TA-TS)

C                          H,TA FLOW INTO TANK ANY 'I'
        IF( I.GT.1 ) GOTO 80
C                                  OF TANK '1'
         HINP = HI
         TAINP = TAI
         GOTO 100
C                              OF TANK '2' TO 'N'
   80    HINP = WW(IDW-2)
         TAINP = WW(IDW)
C
C          CALCULATE SP. HEAT CAPACITY OF AIR FLOW INTO TANK 'I'
  100   CPI = CPA+(CPV*HINP)

C             CALCULATE TERMS OF NET FLOW TO SYSTEM OF H AND TA
        HIO(I) = CMF*(HINP-H)
        TIO(I) = CMF*CPI*(TAINP-TA)

C           CALCULATE MATERIAL AND ENERGY BALANCE EQUATIONS OF SYSTEM
        AK(IDW+1) = -RCX(I)/SX
        AK(IDW+2) = (VHI(I)/ESP)*(HIO(I)+RCX(I))
        AK(IDW+3) = (QXT(I)-QEVP(I))/(SX*CX)
        AK(IDW+4) = (VHI(I)/(ESP*CAX))*(TIO(I)-QXT(I)-QP(I))
C
        IF( IPRT.NE.JTPRT ) GOTO 120
C                ACCUMULATION OF INTERMEDIATE VARIABLES
         BHVTS(I) = BHVTS(I)+(C*HVTS(I))
         BRCX(I) = BRCX(I)+(C*RCX(I))
         BZHS(I) = BZHS(I)+(C*ZHS(I))
C
  120  CONTINUE
C
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      DO 130 II=1,NM
       AKT(II) = AKT(II)+(C*AK(II))
  130 CONTINUE
      QHR = QHR+(C*QLH)
  200 CONTINUE
C
      DO 210 JI=1,NM
       AKT(JI) = AKT(JI)/6.0D0
       VV(JI) = VV(JI)+AKT(JI)
  210 CONTINUE
      QLHR = QHR/(6.0D0*DT)
      QZ = QZ+(BQZ/6.0D0)
C
      IF( IPRT.NE.JTPRT ) RETURN
C                AVERAGE INTERMEDIATE VARIABLES IN DT PERIOD
       DO 250 JZ = 1,N
        HVTS(JZ) = BHVTS(JZ)/(6.0D0*DT)
        RCX(JZ) = BRCX(JZ)/(6.0D0*DT)
        ZHS(JZ) = BZHS(JZ)/(6.0D0*DT)
  250  CONTINUE
       RETURN
      END

C     ***********************************************
C     *     SUBROUTINE FOR CAL. RC AND HVTS         *
C     ***********************************************

      SUBROUTINE RCZHS(W,H,TS,IK,I)
      IMPLICIT DOUBLE PRECISION (A-H,O-Z), INTEGER*4 (I-N)
      COMMON /VAR1/ VV(100),WW(100),AK(100),AKT(100)
      COMMON /VAR2/ RT,CPAFA,CPAI,QZ,HI
      COMMON /VAR3/ HIO(25),HVTS(25),QEVP(25),QP(25),QXT(25),RCX(25),TIO
     1(25),VHI(25),ZHS(25),WST(25)
      COMMON /VAR4/ BHVTS(25),BRCX(25),BZHS(25)
      COMMON /CONSR1/ AREA,HL,CMFA,ESP,DEQ,HVS,CMFAO,CMF,SX,SPAREA
      COMMON /CONSR2/ RHFA,WC,WE,CPS,CPW,WOAVE
      COMMON /CONSR3/ CPA,CPV,HFA,TFA,TSO,DT,RAV
      COMMON /CONSR4/ R,HIO,TAI,VOLB,GN,CKA,HCA
      COMMON /CONSI1/ N,NM

C               CALCULATE RATIO OF FREE MOISTURE CONTENT

      IF( W.GT.WE ) GOTO 20
C                              W <= WE
       FWST = 0.0D0
       ZHS(I) = 0.0D0
       RCX(I) = 0.0D0
       RETURN
   20  IF( W.GT.WC ) GOTO 30
C                             WE < W < WC
        FWST = (W-WE)/(WC-WE)
        GOTO 40
C                              W => WC
   30   FWST = 1.0D0

C           CALL SUBROUTINE FOR CALCULATE SAT. ABS. HUMIDITY HS

   40 CALL PSHS(TS,HS,RT,IK,I)
      ZHS(I) = HS

C              CALCULATE RATE OF VAPORIZATION RCX

      RCX(I) = CKA*(ZHS(I)-H)*FWST

      RETURN
      END

C     ******************************************************
C     *          SUBROUTINE PSHS FOR CALCULATE PS,HS       *
C     *                FROM ASAE EQN.(1976)                *
C     ******************************************************

      SUBROUTINE PSHS(TS,HS,RT,IK,I)
      IMPLICIT DOUBLE PRECISION (A-H,O-Z), INTEGER*4 (I-N)
```

```
C     *************************
C     *       CAL. PS         *
C     *************************
C               CHANGE TEMPERATURE FROM CELCIUS TO RANKINE DEGREE
      TR = (1.8D0*TS)+4.9169D2
      IF( TR.GT.4.5969D2 ) GOTO 10
C                         TS <= 459.69 R (-17.78 C)
        TR = 4.5969D2
        WRITE(1,5)
    5   FORMAT(5X,'TS IN PSHS SUB. < -17.78 C ')
        GOTO 25
   10  IF( TR.LE.4.9169D2 ) GOTO 25
         IF( TR.LE.9.5969D2 ) GOTO 20
C                         TS > 959.69 R (260 C)
           TR = 9.5969D2
           WRITE(1,15)
   15      FORMAT(5X,'TS IN PSHS SUB. > 260 C ')
C                   491.69 R (0 C) < TS <= 959.69 R (260 C)
   20      A1 = -2.74055D4
           A2 = 5.41896D1*TR
           A3 = -4.513D-2*(TR*TR)
           A4 = 2.15321D-5*(TR*TR*TR)
           A5 = -4.62027D-9*(TR*TR*TR*TR)
           A6 = 2.41613D0*TR
           A7 = -1.21547D-3*(TR*TR)
           PS = 3.20618D3*DEXP((A1+A2+A3+A4+A5)/(A6+A7))
           GOTO 30
C                459.69 R (-17.78 C) < TS <= 491.69 R (0 C)
   25   PS = DEXP(2.33924D1-(1.12866489D4/TR)-(4.6057D-1*DLOG(TR)))
C     ***************************************************
C     *       CAL. HS  FROM IDEAL GAS ASSUMPTION        *
C     ***************************************************
C
C     ASSUME MOIST AIR TO BE IDEAL GASES, THIS METHOD CAN FIND HS IN
C     RANGE OF TEMPERATURE < 100 C ( OR PS <= 1 ATM )
C
   30 IF( PS.GT.1.4696D1 ) GOTO 40
C                       0 < PS <= 14.696 PSIA (1 ATM)
       HS = 6.2198D-1*PS/(1.4696D1-PS)
       RETURN
C            PS > 14.696 PSIA (1 ATM) CAN'T USED THIS METHOD
   40  WRITE(1,50) RT,IK,I
   50  FORMAT(5X,' AT RT = ',D13.5,' HR. AND IK = ',I2,' AND I = ',I2,'
     1VAPOR PRESSURE OF WATER VAPOR > 14.696 PSI, AND CANNOT FIND HS ')
       STOP
       END
C     ********************************************
C     *     SUBROUTINE LHVP FOR CAL. HFG         *
C     ********************************************

      SUBROUTINE LHVP(TS,HFG,RT)
      IMPLICIT DOUBLE PRECISION (A-H,O-Z), INTEGER*4 (I-N)
C               CHANGE TEMPERATURE FROM CELCIUS TO RANKINE DEGREE
      TR = (1.8D0*TS)+4.9169D2
      IF( TR.GT.4.5969D2 ) GOTO 10
C                       TS <= 459.69 R (-17.78 C)
        TR = 4.5969D2
        WRITE(1,5)
    5   FORMAT(5X,'TS IN LHVP SUB. < -17.78 C ')
        GOTO 40
   10  IF( TR.LE.4.9169D2 ) GOTO 40
         IF( TR.LE.6.0969D2 ) GOTO 30
           IF( TR.LE.9.5969D2 ) GOTO 20
C                       TS > 959.69 R (260 C)
             TR = 9.5969D2
             WRITE(1,15)
   15        FORMAT(5X,'TS IN LHVP SUB. > 260 C ')
C             CAL. LATENT HEAT OF VAPORIZATION IN BTU/LB WATER UNIT
C                   609.69 R (65.55 C) < TS <= 959.69 R (260 C)
   20        HFG = DSQRT(1.354673214D6-(9.125275587D-1*(TR*TR)))
             GOTO 50
C                   491.69 R (0 C) < TS <= 609.69 R (65.55 C)
   30      HFG = 1.0758965D3-(5.6983D-1*(TR-4.9169D2))
           GOTO 50
C                  459.69 R (-17.78 C) < TS <= 491.69 R (0 C)
   40   HFG = 1.220844D3-(5.077D-2*(TR-4.5969D2))
C            CONVERT LATENT HEAT OF VAPORIZATION TO KJ/KG WATER
   50  HFG = 2.326D3*HFG
       RETURN
C
C     *************************************************************
C     *************************************************************
C     *                    THE LAST LINE OF PROGRAM               *
C     *************************************************************
```

ภาคผนวก ฉ

สับรูทีน RCZHS และ PSHS

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
C
C     ********************************************************
C     *          SUBROUTINE PSHS FOR CALCULATE PS,HS          *
C     *                FROM ASAE EQN.(1976)                   *
C     ********************************************************
C     SUBROUTINE PSHS(TR,HS,RT,IK,I)
      IMPLICIT DOUBLE PRECISION (A-H,O-Z), INTEGER*4 (I-N)
      WRITE(1,2)
    2 FORMAT(5X,'  T( C)    T( R)     PS(PSIA)       HS(-)      HFG(KJ/K
     1G)')
C
      DO 150 II = -50,1000
       TS = FLOAT(II)/1.0D1
C
C                  CHANGE TEMPERATURE FROM CELCIUS TO RANKINE DEGREE
C
       TR = 1.8D0*TS + 4.9169D2
C
C     *************************
C     *      CAL. PS          *
C     *************************
C
       IF( TR.GT.4.5969D2 ) GOTO 10
C                      TS <= 459.69 R (-17.78 C)
         TR = 4.5969D2
         WRITE(1,5)
    5    FORMAT(5X,'  TS IN PSHS SUB. < -17.78 C ')
         GOTO 25
   10   IF( TR.LE.4.9169D2 ) GOTO 25
          IF( TR.LE.9.5969D2 ) GOTO 20
C                        TS > 959.69 R (260 C)
            TR = 9.5969D2
            WRITE(1,15)
   15       FORMAT(5X,'  TS IN PSHS SUB.  > 260 C ')
C                 491.69 R (0 C) < TS <= 959.69 R (260 C)
   20      A1 = -2.74055D4
           A2 = 5.41896D1*TR
           A3 = -4.513D-2*TR*TR
           A4 = 2.15321D-5*TR*TR*TR
           A5 = -4.62027D-9*TR*TR*TR*TR
           A6 = 2.41613D0*TR
           A7 = -1.21547D-3*TR*TR
           PS = 3.20618D3*DEXP((A1+A2+A3+A4+A5)/(A6+A7))
           GOTO 30
C                 459.69 R (-17.78 C) < TS <= 491.69 R (0 C)
   25    PS = DEXP(2.33924D1-(1.12866489D4/TR)-(4.6057D-1*DLOG(TR)))
C
C     ***************************
C     *        CAL. HS          *
C     ***************************
C
C     ASSUME MOIST AIR TO BE IDEAL GASES, THIS METHOD CAN FIND HS IN
C     RANGE OF TEMPERATURE  < 100 C ( OR PS <= 1 ATM )
C
   30  IF( PS.GT.1.4696D1 ) GOTO 40
C                0 < PS <= 14.696 PSIA (1 ATM)
         HS = 6.2198D-1*PS/(1.4696D1-PS)
         GOTO 60
C        RETURN
C              PS > 14.696 PSIA (1 ATM) CAN'T USED THIS METHOD
   40   WRITE(1,50) RT,IK,I
   50   FORMAT(5X,' AT RT = ',D13.5,' HR. AND IK = ',I2,' AND I = ',I2,'
     1 VAPOR PRESSURE OF WATER VAPOR > 14.696 PSIA, AND CAN'T FIND HS.')
        STOP
   60  CALL LHVP(TS,HFG)
       WRITE(1,120) TS,TR,PS,HS,HFG
  120  FORMAT(2X,F6.2,2X,F8.3,3(2X,D13.6))
  150 CONTINUE
      STOP
      END
```

```
C     ***********************************************
C     *      SUBROUTINE LHVP FOR CAL. HFG           *
C     ***********************************************
      SUBROUTINE LHVP(TS,HFG)
      IMPLICIT DOUBLE PRECISION (A-H,O-Z), INTEGER*4 (I-N)
C                 CHANGE TEMPERATURE FROM CELCIUS TO RANKINE DEGREE
      TR = 1.8D0*TS + 4.9169D2
      IF( TR.GT.4.5969D2 ) GOTO 10
C                        TS <= 459.69 R (-17.78 C)
        TR = 4.5969D2
        WRITE(1,5)
    5   FORMAT(5X,' TS IN LHVP SUB. < -17.78 C ')
        GOTO 40
   10 IF( TR.LT.4.9169D2 ) GOTO 40
        IF( TR.LE.6.0969D2 ) GOTO 30
          IF( TR.LE.9.5969D2 ) GOTO 20
C                        TS > 959.69 R (260 C)
            TR = 9.5969D2
            WRITE(1,15)
   15       FORMAT(5X,' TS IN LHVP SUB. > 260 C ')
C         CAL. LATENT HEAT OF VAPORIZATION IN BTU/LB WATER UNIT
C                 609.69 R (65.55 C) < TS <= 959.69 R (260 C)
   20     HFG = DSQRT(1.354673214D6-(9.125275587D-1*TR*TR))
          GOTO 50
C                 491.69 R (0 C) < TS <= 609.69 R (65.55 C)
   30   HFG = 1.0758965D3-(5.6983D-1*(TR-4.9169D2))
        GOTO 50
C                 459.69 R (-17.78 C) < TS <= 491.69 R (0 C)
   40 HFG = 1.220844D3-(5.077D-2*(TR-4.5969D2))
C         CONVERT LATENT HEAT OF VAPORIZATION TO KJ/KG WATER
   50 HFG = 2.326D3*HFG
      RETURN
C
C     ****************************************************************
C     *                  THE LAST LINE OF PROGRAM                    *
C     ****************************************************************
      END
```

ภาคผนวก ช

ข้อมูลการซีมูเลตทั้งหมด

รายละเอียดของข้อมูลที่ได้จากการซีมูเลตทั้งหมดสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

1. ทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อยๆ คือ

1.1 กรณีการอบแห้งเบดหนา ข้อมูลประกอบด้วยผลการทดลอง (43) และผลการซีมูเลต

1.2 กรณีการอบแห้งเบดหนา แบ่งย่อยออกเป็น 2 กลุ่มย่อยๆ คือ

1.2.1 ผลการทดลองอบแห้งชิ้นมันสำปะหลังในเบดสูง 40 ซม. กรณีการอบแห้งปกติ (2) และผลการซีมูเลต

1.2.2 ผลการทดลองอบแห้งชิ้นมันสำปะหลังในเบดสูง 40 ซม. กรณีการอบแห้งที่มีการผสมวัสดุในเบดเป็นครั้งคราว (ทุกๆ 150 นาที) และผลการซีมูเลต

2. ข้อมูลผลการซีมูเลตการอบแห้งเมล็ดข้าวโพด (shelled corn drying) ในเชิงอุตสาหกรรม เพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรสำคัญ 4 ตัวแปร คือ

2.1 อิทธิพลของอุณหภูมิลมร้อน

2.2 อิทธิพลของความชื้นเริ่มต้นของเมล็ดข้าวโพด

2.3 อิทธิพลของความเร็วลมร้อน

2.4 อิทธิพลของช่วงห่างของเวลาในการผสมวัสดุในเบด

(สำหรับรายละเอียดของเงื่อนไขมีอยู่ในตาราง 4.1-4.5 ด้วย)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ช.1.1

กรณีการอบแห้งเบดบาง

ผลการทดลอง

ขนาดของเครื่องอบแห้ง

พื้นที่หน้าตัดของเบด	1.0	m^2
เบดสูง	6	ซม.

คุณสมบัติของวัสดุชื้น

ความหนาแน่นของมันสำปะหลังแห้ง (dry bone density)	1600	kg dry solid/m^3
ความชื้นวิกฤต	0.10	d.b.
ความชื้นสมดุลย์	0.0	d.b.

เงื่อนไขของการอบแห้ง

เส้นผ่าศูนย์กลางสมมูลของเม็ดอนุภาค	0.006	m
อัตราส่วนช่องว่าง	0.50	
ความชื้นมันเริ่มต้น	0.50	d.b.
ความชื้นมันสุดท้าย	0.05	d.b.
อุณหภูมิลมร้อน	80	°C
ความชื้นของลมร้อน	0.02	kg water/kg dry air
ความเร็วลมร้อน	1.0	m/s

ผลการทดลองกรณีการอบแห้งเบดบาง (43) แสดงอัตราการอบแห้งเฉลี่ยกับความชื้นของวัสดุ และเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง

ความชื้นเฉลี่ย (d.b.)	อัตราการอบแห้งเฉลี่ย (kg/(m^2hr)	เวลาที่ใช้ (min.)
0.5-0.405	66.77	4.08
0.324	63.43	
0.234	59.43	
0.162	51.41	
0.081	38.06	
0.05	24.70	18.9

เวลาที่ใช้ในการอบแห้งทั้งหมด 22.98 นาที

ผลการซิมูเลต

=========== NECESSARY DATA INPUT ===========

DIMENSION OF DRYER

HL(M) = 0.6000000D-01
AREA(M**2) = 0.1000000D-01

PROPERTIES OF SOLID

CPS(KJ/KG DRY SOLID/ C) = 0.1675D 01
WC(D.B.) = 0.1000000D 00
CPW(KJ/KG WATER/ C) = 0.4187D 01
WE(D.B.) = 0.1000000D-04

PROPERTIES OF AIR

CPA(KJ/KG DRY AIR/ C) = 0.1005D 01
CPV(KJ/KG WATER VAP./ C) = 0.1926D 01

CONDITIONS OF DRYING

DEQ(M) = 0.6000000D-02
SPAREA(M**2/M**3) = 0.5000000D 03
TSO(C) = 0.3000000D 02
N(-) = 6
ESP = 0.5000000D 00
SX(KG DRY SOLID/M**3) = 0.8000000D 03
WOAVE(D.B.) = 0.5000000D 00

TFA(C) = 0.3000000D 02
VEL.(M/HR) = 0.3092000D 04
HI = 0.2000000D-01
TAIO(C) = 0.8000000D 02
HFA = 0.2000000D-01
R(-) = 0.0000000D 00
HIO = 0.2000000D-01
HVS(KJ/KG WATER) = 0.2491D 04

MASS & HEAT TRANSFER BY UNIT VOL.

CKA(KG WATER/(H.M**3.HR)) = 0.2444620D 06
HGA(KJ/(M**3 HR C) = 0.25690D 06

ENERGY CONSUMPTION

QTOT(KJ) = 0.0000D 00
QZ(KJ) = 0.0000D 00

TIME TO BEGIN RUNNING

RT(HR) = 0.0000000D 00

STEP TO INTEGRATE

TDT(SEC) = 0.5000000D-02

STEP TO PRINT RESULTS

JTPRT = 12000

STEP TO MIXING SOLID IN BED

JTMIX = 500000

CONDITION TO STOP RUNNING

WSTOP(D.B.) = 0.5000000D-01
TSTOP(HR) = 0.1000000D 01

<<<<<<<<<<<<<<<< SETTING UP CALCULATION >>>>>>>>>>>>>>>>

NM(-) = 24
VOLB(M**3) = 0.6000000D-03
DT(HR) = 0.1388889D-05
RHFA(KG FRESH AIR/M**3) = 0.1130048D 01
CMFA(KG FRESH AIR/HR) = 0.3494108D 02
HFG(KJ/KG WATER) AT 30 C = 0.2431D 04
GN(-) = 0.600D 01
CMDS(KG DRY SOLID) = 0.4800000D 00
CMFAO(KG FRESH AIR/HR) = 0.3494108D 02
CMF(KG FRESH AIR/(M**3.HR)) = 0.3494108D 06

****

AT TIME (HR) = 0.0000000D 00 HI(-) = 0.200000D-01 TAIO(C) = 0.800000D 02

****

POS.	W	H	TS	TA	WST	HVTS
1	0.500000D 00	0.200000D-01	0.300000D 02	0.800000D 02	0.500040D 01	0.000000D 00
2	0.500000D 00	0.200000D-01	0.300000D 02	0.800000D 02	0.500040D 01	0.000000D 00
3	0.500000D 00	0.200000D-01	0.300000D 02	0.800000D 02	0.500040D 01	0.000000D 00
4	0.500000D 00	0.200000D-01	0.300000D 02	0.800000D 02	0.500040D 01	0.000000D 00
5	0.500000D 00	0.200000D-01	0.300000D 02	0.800000D 02	0.500040D 01	0.000000D 00
6	0.500000D 00	0.200000D-01	0.300000D 02	0.800000D 02	0.500040D 01	0.000000D 00

****

QLHR(KCAL/HR) = 0.000000D 00
QTOT(KCAL) = 0.0000000D 00

****

WAVE(D.B.) = 0.50000000D 00
RAVE(KG WATER/HR) = 0.00000000D 00
THEFF (%) = 0.0000D 00
TSAVE(C) = 0.30000000D 02
WSTAVE(-) = 0.50004000D 01
QZ(KCAL) = 0.00000000D 00

****

AT TIME (HR) = 0.1000000D 00 HI(-) = 0.200000D-01 TAIO(C) = 0.800000D 02

POS.	W	H	TS	TA	WST	HVTS
1	0.167856D 00	0.277813D-01	0.360345D 02	0.616099D 02	0.167863D 01	0.577187D 03
2	0.308087D 00	0.323519D-01	0.360263D 02	0.510486D 02	0.308107D 01	0.577191D 03
3	0.389946D 00	0.350487D-01	0.360346D 02	0.448784D 02	0.389975D 01	0.577187D 03
4	0.438068D 00	0.366442D-01	0.360440D 02	0.412879D 02	0.438102D 01	0.577181D 03
5	0.466472D 00	0.375896D-01	0.360511D 02	0.391583D 02	0.466508D 01	0.577177D 03
6	0.483275D 00	0.381503D-01	0.360559D 02	0.378987D 02	0.483314D 01	0.577175D 03

QLHR(KCAL/HR) = 0.435366D 03 QTOT(KCAL) = 0.4353658D 02

WAVE(D.B.) = 0.37561720D 00 TSAVE(C) = 0.36041064D 02
RAVE(KG WATER/HR) = 0.59703742D 00 WSTAVE(-) = 0.37564477D 01
THEFF (%) = 0.7962D 02 QZ(KCAL) = 0.34464958D 02

AT TIME (HR) = 0.2000000D 00 HI(-) = 0.200000D-01 TAIO(C) = 0.800000D 02

POS.	W	H	TS	TA	WST	HVTS
1	0.100000D-04	0.200000D-01	0.797484D 02	0.798960D 02	0.246139D-15	0.551777D 03
2	0.512729D-01	0.267676D-01	0.387859D 02	0.627261D 02	0.512680D 00	0.575619D 03
3	0.235915D 00	0.315810D-01	0.358384D 02	0.516104D 02	0.235929D 01	0.577298D 03
4	0.347007D 00	0.344247D-01	0.358511D 02	0.451481D 02	0.347032D 01	0.577291D 03
5	0.412487D 00	0.361103D-01	0.358646D 02	0.413596D 02	0.412518D 01	0.577284D 03
6	0.451195D 00	0.371113D-01	0.358746D 02	0.391276D 02	0.451230D 01	0.577278D 03

QLHR(KCAL/HR) = 0.435366D 03 QTOT(KCAL) = 0.8707316D 02

WAVE(D.B.) = 0.24964786D 00 TSAVE(C) = 0.43660492D 02
RAVE(KG WATER/HR) = 0.60084512D 00 WSTAVE(-) = 0.24966283D 01
THEFF (%) = 0.8013D 02 QZ(KCAL) = 0.69347860D 02

AT TIME (HR) = 0.3000000D 00 HI(-) = 0.200000D-01 TAIO(C) = 0.800000D 02

POS.	W	H	TS	TA	WST	HVTS
1	0.100000D-04	0.200000D-01	0.800000D 02	0.800000D 02	0.241801D-15	0.551630D 03
2	0.100000D-04	0.200000D-01	0.799952D 02	0.799980D 02	0.241801D-15	0.551633D 03
3	0.107515D-04	0.200017D-01	0.733152D 02	0.772352D 02	0.751605D-05	0.555486D 03
4	0.143888D 00	0.272691D-01	0.354766D 02	0.597814D 02	0.143893D 01	0.577505D 03
5	0.292488D 00	0.314732D-01	0.353971D 02	0.497152D 02	0.292507D 01	0.577550D 03
6	0.379956D 00	0.339025D-01	0.353481D 02	0.438268D 02	0.379984D 01	0.577578D 03

QLHR(KCAL/HR) = 0.435366D 03 QTOT(KCAL) = 0.1306097D 03

WAVE(D.B.) = 0.13606057D 00 TSAVE(C) = 0.56588704D 02
RAVE(KG WATER/HR) = 0.58230309D 00 WSTAVE(-) = 0.13605417D 01
THEFF (%) = 0.7766D 02 QZ(KCAL) = 0.10078689D 03

AT TIME (HR) = 0.3500000D 00 HI(-) = 0.200000D-01 TAIO(C) = 0.800000D 02

POS.	W	H	TS	TA	WST	HVTS
1	0.100000D-04	0.200000D-01	0.800000D 02	0.800000D 02	0.241801D-15	0.551630D 03
2	0.100000D-04	0.200000D-01	0.800000D 02	0.800000D 02	0.241801D-15	0.551630D 03
3	0.100000D-04	0.200000D-01	0.799758D 02	0.799700D 02	0.241801D-15	0.551644D 03
4	0.386353D-02	0.223456D-01	0.541525D 02	0.692703D 02	0.385392D-01	0.566863D 03
5	0.186432D 00	0.284884D-01	0.352990D 02	0.551308D 02	0.186441D 01	0.577606D 03
6	0.317502D 00	0.321577D-01	0.353604D 02	0.469865D 02	0.317523D 01	0.577571D 03

QLHR(KCAL/HR) = 0.435366D 03 QTOT(KCAL) = 0.1523780D 03

WAVE(D.B.) = 0.84637917D-01 TSAVE(C) = 0.60797953D 02
RAVE(KG WATER/HR) = 0.56963943D 00 WSTAVE(-) = 0.84636381D 00
THEFF (%) = 0.7597D 02 QZ(KCAL) = 0.11501838D 03

AT TIME (HR) = 0.4000000D 00 HI(-) = 0.200000D-01 TAIO(C) = 0.800000D 02

POS.	W	H	TS	TA	WST	HVTS
1	0.100000D-04	0.200000D-01	0.800000D 02	0.800000D 02	0.241801D-15	0.551630D 03
2	0.100000D-04	0.200000D-01	0.800000D 02	0.800000D 02	0.241801D-15	0.551630D 03
3	0.100000D-04	0.200000D-01	0.799999D 02	0.800000D 02	0.241801D-15	0.551630D 03
4	0.100000D-04	0.200000D-01	0.798781D 02	0.799496D 02	0.243970D-15	0.551702D 03
5	0.321479D-01	0.260485D-01	0.413703D 02	0.638541D 02	0.321411D 00	0.574146D 03
6	0.220923D 00	0.310931D-01	0.357680D 02	0.522298D 02	0.220935D 01	0.577339D 03

QLHR(KCAL/HR) = 0.435366D 03 QTOT(KCAL) = 0.1741463D 03

WAVE(D.B.) = 0.42185132D-01 TSAVE(C) = 0.66169395D 02
RAVE(KG WATER/HR) = 0.54937784D 00 WSTAVE(-) = 0.42179350D 00
THEFF (%) = 0.7327D 02 QZ(KCAL) = 0.12677420D 03

ภาคผนวก ช.1.2.1

กรณีการอบแห้งเบดหนา (ชิ้นมันสำปะหลังในเบดสูง 40 ซม.) ในกรณีการอบแห้งปกติ

ผลการทดลอง

ขนาดของเครื่องอบแห้ง	
เส้นผ่าศูนย์กลางของเบด	10.5 ซม.
เบดสูง	40 ซม.
คุณสมบัติของวัสดุชื้น	
ความหนาแน่นของมันสำปะหลังแห้ง (dry bone density)	924 kg dry solid/m^3
ความชื้นวิกฤต	3.85 d.b.
ความชื้นสมดุลย์	0.0 d.b.
เงื่อนไขของการอบแห้ง	
ชิ้นมันสำปะหลังขนาด	0.5x0.5x0.3 ซม.
เส้นผ่าศูนย์กลางสมมูลของชิ้นมัน	0.409×10^{-2} m
อัตราส่วนช่องว่าง	0.768
ความชื้นมันเริ่มต้น	1.68 d.b.
ความชื้นมันสุดท้าย	0.130 d.b.
อุณหภูมิลมร้อน	60 °C
ความชื้นของลมร้อน	0.018 kg water/kg dry air
ความเร็วลมร้อน	0.6 m/s
ไม่มีการผสมวัสดุในเบด	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการทดลองการอบแห้งชิ้นมันสำปะหลังในเบดสูง 40 ซม. กรณีการอบแห้งปกติ (2)
การกระจายความชื้นของวัสดุ (มาตราฐานแห้ง) ที่ตำแหน่งต่างๆภายในเบด และเวลาต่างๆ

TIME	LENGTH (C.M.)								
(MIN.)	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	AVE
0	1.680	1.680	1.680	1.680	1.680	1.680	1.680	1.680	1.680
30	0.675	1.333	1.588	1.659	1.668	1.680	1.675	1.664	1.493
60	0.234	0.721	1.296	1.563	1.626	1.637	1.643	1.626	1.293
90	0.066	0.279	0.756	1.332	1.555	1.615	1.621	1.610	1.104
120	0.027	0.086	0.307	0.801	1.323	1.534	1.588	1.572	0.905
165	0.016	0.027	0.071	0.226	0.561	1.053	1.419	1.514	0.611
195	0.009	0.016	0.038	0.092	0.264	0.625	1.145	1.417	0.451
225	0.005	0.005	0.021	0.039	0.099	0.276	0.627	1.097	0.271
255	0.000	0.005	0.011	0.022	0.038	0.104	0.296	0.675	0.144
285	0.000	0.005	0.005	0.016	0.016	0.041	0.121	0.318	0.065
305	0.000	0.000	0.000	0.005	0.011	0.019	0.040	0.135	0.026

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการซิมูเลต

ผลการซิมูเลตการอบแห้งชิ้นมันสำปะหลังในเบดสูง 40 ซม. กรณีการอบแห้งปกติ (2) การกระจายความชื้นของวัสดุ (มาตรฐานแห้ง) ที่ตำแหน่งต่างๆ ภายในเบดและเวลาต่างๆ (เงื่อนไขของการซิมูเลตนั้นมีแสดงในตาราง 4.1)

TIME	LENGTH (C.M.)								
(MIN.)	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	AVE
0	1.6800	1.680	1.680	1.680	1.680	1.680	1.680	1.680	1.680
30	0.9741	1.2958	1.4757	1.5727	1.6240	1.6509	1.6650	1.6723	1.4913
60	0.3690	0.8828	1.2358	1.4412	1.5538	1.6139	1.6456	1.6622	1.3005
90	0.0288	0.4186	0.9139	1.2529	1.4503	1.5586	1.6164	1.6468	1.1108
120	0.0002	0.0466	0.4663	0.9494	1.2740	1.4620	1.5648	1.6197	0.9229
165	0.0001	0.0001	0.0070	0.2758	0.7861	1.1721	1.4045	1.5338	0.6474
195	0.0001	0.0001	0.0001	0.0118	0.3198	0.8270	1.1981	1.4193	0.4720
225	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0191	0.3651	0.8667	1.2230	0.3093
255	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0298	0.4112	0.9050	0.1683
285	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0444	0.4576	0.0628
305	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0016	0.1670	0.0288
307	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.1300	0.0163

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ช.1.2.2

กรณีการอบแห้งเบดหนา ในกรณีที่มีการผสมวัสดุเป็นครั้งคราว (ทุกๆ 150 นาที)

ผลการทดลอง

ขนาดของเครื่องอบแห้ง	
เส้นผ่าศูนย์กลางของเบด	10.5 ซม.
เบดสูง	40 ซม.
คุณสมบัติของวัสดุชื้น	
ความหนาแน่นของมันสำปะหลังแห้ง (dry bone density)	924 kg dry solid/m^3
ความชื้นวิกฤต	3.85 d.b.
ความชื้นสมดุลย์	0.0 d.b.
เงื่อนไขของการอบแห้ง	
ชิ้นมันสำปะหลังขนาด	0.5x0.5x0.3 ซม.
เส้นผ่าศูนย์กลางสมมูลของชิ้นมัน	0.409×10^{-2} m
อัตราส่วนช่องว่าง	0.768
ความชื้นมันเริ่มต้น	1.68 d.b.
ความชื้นมันสุดท้าย	0.130 d.b.
อุณหภูมิลมร้อน	60 °C
ความชื้นของลมร้อน	0.018 kg water/kg dry air
ความเร็วลมร้อน	0.6 m/s
มีการผสมวัสดุในเบดทุกๆ	150 min.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการทดลองการอบแห้งชิ้นมันสำปะหลังในเบดสูง 40 ซม. กรณีการอบแห้งที่มีการผสมวัสดุในเบดทุกๆ 150 นาที (2) การกระจายความชื้นของวัสดุ (มาตราฐานแห้ง) ที่ตำแหน่งต่างๆภายในเบด และเวลาต่างๆ

TIME (MIN.)	LENGTH (C.M.) 0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	AVE
0	1.605	1.605	1.605	1.605	1.605	1.605	1.605	1.605	1.6050
75	0.094	0.454	1.133	1.423	1.531	1.557	1.563	1.529	1.1605
150	0.026	0.030	0.096	0.377	0.914	1.310	1.455	1.439	0.7059
			MIXING SOLID IN BED						
150	0.706	0.706	0.706	0.706	0.706	0.706	0.706	0.706	0.7059
225	0.032	0.055	0.106	0.194	0.338	0.476	0.581	0.621	0.3008
300	0.002	0.008	0.026	0.013	0.005	0.029	0.048	0.013	0.0180
			MIXING SOLID IN BED						
300	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.0180

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการซิมูเลต

ผลการซิมูเลตการอบแห้งชิ้นมันสำปะหลังในเบดสูง 40 ซม. กรณีการอบแห้งปกติ (2) การกระจายความชื้นของวัสดุ (มาตรฐานแห้ง) ที่ตำแหน่งต่างๆ ภายในเบดและเวลาต่างๆ (เงื่อนไขของการซิมูเลตนั้นมีแสดงในตาราง 4.1)

TIME	LENGTH (C.M.)								
(MIN.)	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	AVE
0	1.605	1.605	1.605	1.605	1.605	1.605	1.605	1.605	1.6050
75	0.1854	0.7065	1.1176	1.3640	1.5000	1.5721	1.6100	1.6297	1.2106
150	0.0001	0.0008	0.3238	0.6300	1.0647	1.3333	1.4830	1.5632	0.7759
MIXING SOLID IN BED									
150	0.7759	0.7759	0.7759	0.7759	0.7759	0.7759	0.7759	0.7759	0.7759
225	0.0006	0.0138	0.1052	0.2719	0.4315	0.5508	0.6308	0.6816	0.3358
300	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0014	0.0197	0.1260	0.0185
MIXING SOLID IN BED									
300	0.0185	0.0185	0.0185	0.0185	0.0185	0.0185	0.0185	0.0185	0.0185

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ช.2.1

ผลการซิมูเลตการอบแห้งเมล็ดข้าวโพด เพื่อศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิลมร้อน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างผลการซิมูเลตความชื้น, อุณหภูมิ ของวัสดุชื้นและลมร้อน ภายในเบดที่ตำแหน่งต่างๆ เงื่อนไข $T_A = 60\,^{\circ}C$, $W_{in} = 0.25$ d.b. และ $V_{bed} = 0.4634$ m/s 3 กรณีคือ

1. กรณีไม่มีการหมุนเวียนลมทิ้ง และไม่มีการผสมวัสดุในเบด
2. กรณีไม่มีการหมุนเวียนลมทิ้ง และมีการผสมวัสดุในเบด
3. กรณีที่มีการหมุนเวียนลมทิ้ง และมีการผสมวัสดุในเบด

1. กรณีไม่มีการหมุนเวียนลมทิ้ง และไม่มีการผสมวัสดุในเบด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
F2.out = 0. MM
******************************************************************************
                AT REAL TIME (HR) RT =  0.000000 00
   HI(-) =   0.20000D-01                      TAI( C) =   0.60000D 02
******************************************************************************
POS.        W              H              TS              TA
  1   0.2500000 00   0.20000D-01   0.300000D 02   0.600000D 02
  2   0.2500000 00   0.20000D-01   0.300000D 02   0.600000D 02
  3   0.2500000 00   0.20000D-01   0.300000D 02   0.600000D 02
  4   0.2500000 00   0.20000D-01   0.300000D 02   0.600000D 02
  5   0.2500000 00   0.20000D-01   0.300000D 02   0.600000D 02
  6   0.2500000 00   0.20000D-01   0.300000D 02   0.600000D 02
  7   0.2500000 00   0.20000D-01   0.300000D 02   0.600000D 02
  8   0.2500000 00   0.20000D-01   0.300000D 02   0.600000D 02
------------------------------------------------------------------------------
   QLHR( KJ/HR ) =  0.000000 05      QTOT( KJ ) =  0.000000 00
------------------------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------------------------
     WAVE =   0.250000000 00       TSAVE =   0.300000000 02
     RAVE =   0.000000000 00       THEFF (%) =  0.00000 00
------------------------------------------------------------------------------
                AT REAL TIME (HR) RT =  0.25000D 00
   HI(-) =   0.20000D-01                      TAI( C) =   0.60000D 02
******************************************************************************
POS.        W              H              TS              TA
  1   0.128871D 00   0.29384D-01   0.349640D 02   0.373337D 02
  4   0.251531D 00   0.31676D-01   0.325405D 02   0.325473D 02
  8   0.251819D 00   0.31702D-01   0.325488D 02   0.325494D 02
------------------------------------------------------------------------------
   QLHR( KJ/HR ) =  0.10739D 06      QTOT( KJ ) =  0.268D 05
------------------------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------------------------
     WAVE =   0.233834885D 00      TSAVE =   0.328888854D 02
     RAVE =   0.380184020 02       THEFF (%) =  0.8142D 00
------------------------------------------------------------------------------
                AT REAL TIME (HR) RT =  0.50000D 00
   HI(-) =   0.20000D-01                      TAI( C) =   0.60000D 02
******************************************************************************
POS.        W              H              TS              TA
  1   0.495580D-01   0.20269D-01   0.356089D 02   0.560232D 02
  4   0.250094D 00   0.30151D-01   0.317179D 02   0.317612D 02
  8   0.251281D 00   0.30317D-01   0.318078D 02   0.318028D 02
------------------------------------------------------------------------------
   QLHR( KJ/HR ) =  0.10739D 06      QTOT( KJ ) =  0.537D 05
------------------------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------------------------
     WAVE =   0.216388230 00       TSAVE =   0.348974880 02
     RAVE =   0.374435150 02       THEFF (%) =  0.8471D 00
------------------------------------------------------------------------------
                AT REAL TIME (HR) RT =  0.75000D 00
   HI(-) =   0.20000D-01                      TAI( C) =   0.60000D 02
******************************************************************************
POS.        W              H              TS              TA
  1   0.494000D-01   0.20000D-01   0.599992D 02   0.599993D 02
  4   0.247388D 00   0.31233D-01   0.323739D 02   0.324778D 02
  8   0.251725D 00   0.31434D-01   0.324212D 02   0.324193D 02
------------------------------------------------------------------------------
   QLHR( KJ/HR ) =  0.10739D 06      QTOT( KJ ) =  0.805D 05
------------------------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------------------------
     WAVE =   0.189183850 00       TSAVE =   0.367032980 02
     RAVE =   0.127771380 02       THEFF (%) =  0.2891D 00
------------------------------------------------------------------------------
                AT REAL TIME (HR) RT =  0.10000D 01.
   HI(-) =   0.20000D-01                      TAI( C) =   0.60000D 02
******************************************************************************
POS.        W              H              TS              TA
  1   0.494000D-01   0.20000D-01   0.600000D 02   0.600000D 02
  4   0.232384D 00   0.31348D-01   0.328785D 02   0.331375D 02
  8   0.251750D 00   0.31364D-01   0.324710D 02   0.324728D 02
------------------------------------------------------------------------------
   QLHR( KJ/HR ) =  0.10739D 06      QTOT( KJ ) =  0.107D 06
------------------------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------------------------
     WAVE =   0.182389770 00       TSAVE =   0.397150220 02
     RAVE =   0.189371540 02       THEFF (%) =  0.4285D 00
------------------------------------------------------------------------------
```



```
------------------------------------------------------------------------------
                AT REAL TIME (HR) RT =  0.12500D 01
   HI(-) =   0.20000D-01                      TAI( C) =   0.60000D 02
******************************************************************************
POS.        W              H              TS              TA
  1   0.494000D-01   0.20000D-01   0.600000D 02   0.600000D 02
  4   0.179423D 00   0.29073D-01   0.332594D 02   0.355242D 02
  8   0.251207D 00   0.30205D-01   0.317270D 02   0.317295D 02
------------------------------------------------------------------------------
   QLHR( KJ/HR ) =  0.10739D 06      QTOT( KJ ) =  0.134D 06
------------------------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------------------------
     WAVE =   0.165208720 00       TSAVE =   0.421715240 02
     RAVE =   0.228084900 02       THEFF (%) =  0.5161D 00
------------------------------------------------------------------------------
                AT REAL TIME (HR) RT =  0.15000D 01
   HI(-) =   0.20000D-01                      TAI( C) =   0.60000D 02
******************************************************************************
POS.        W              H              TS              TA
  1   0.494000D-01   0.20000D-01   0.600000D 02   0.600000D 02
  4   0.881456D-01   0.26874D-01   0.388410D 02   0.417498D 02
  8   0.251603D 00   0.31314D-01   0.323501D 02   0.323490D 02
------------------------------------------------------------------------------
   QLHR( KJ/HR ) =  0.10739D 06      QTOT( KJ ) =  0.161D 06
------------------------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------------------------
     WAVE =   0.147809750 00       TSAVE =   0.438844930 02
     RAVE =   0.219072890 01       THEFF (%) =  0.4958D 00
------------------------------------------------------------------------------
                AT REAL TIME (HR) RT = 0.17500D 01
   HI(-) =   0.20000D-01                      TAI( C) =   0.60000D 02
******************************************************************************
POS.        W              H              TS              TA
  1   0.494000D-01   0.20000D-01   0.600000D 02   0.600000D 02
  4   0.494000D-01   0.20000D-01   0.599882D 02   0.599894D 02
  8   0.251470D 00   0.31812D-01   0.325052D 02   0.325130D 02
------------------------------------------------------------------------------
   QLHR( KJ/HR ) =  0.10739D 06      QTOT( KJ ) =  0.188D 06
------------------------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------------------------
     WAVE =   0.130989280 00       TSAVE =   0.468226420 02
     RAVE =   0.723148040 02       THEFF (%) =  0.6134D 00
------------------------------------------------------------------------------
                AT REAL TIME (HR) RT = 0.20000 01
   HI(-) =   0.20000D-01                      TAI( C) =   0.60000D 02
******************************************************************************
POS.        W              H              TS              TA
  1   0.494000D-01   0.20000D-01   0.600000D 02   0.600000D 02
  4   0.494000D-01   0.20000D-01   0.600000D 02   0.600000D 02
  8   0.250041D 00   0.30524D-01   0.319119D 02   0.319854D 02
------------------------------------------------------------------------------
   QLHR( KJ/HR ) =  0.10739D 06      QTOT( KJ ) =  0.215D 06
------------------------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------------------------
     WAVE =   0.114040800 00       TSAVE =   0.494223120 02
     RAVE =   0.110477570 02       THEFF (%) =  0.6134D 00
------------------------------------------------------------------------------
                AT REAL TIME (HR) RT = 0.22500 01
   HI(-) =   0.20000D-01                      TAI( C) =   0.60000D 02
******************************************************************************
POS.        W              H              TS              TA
  1   0.494000D-01   0.20000D-01   0.600000D 02   0.600000D 02
  4   0.494000D-01   0.20000D-01   0.600000D 02   0.600000D 02
  8   0.248789D 00   0.31018D-01   0.322786D 02   0.324010D 02
------------------------------------------------------------------------------
   QLHR( KJ/HR ) =  0.10739D 06      QTOT( KJ ) =  0.242D 06
------------------------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------------------------
     WAVE =   0.985482750-01       TSAVE =   0.507116340 02
     RAVE =   0.141310470 02       THEFF (%) =  0.6134D 00
------------------------------------------------------------------------------
```

```
---------------------------------------------------------------------------------------
                  AT REAL TIME (HR) RT = 0.2500D 01                                236
     HI(-) =   0.20000D-01                          TAI( C) =   0.60000D 02
****************************************************************************************
 POS.       W               H              TS              TA
   1   0.4940000D-01   0.200000D-01   0.6000000D 02   0.6000000D 02
   4   0.4940000D-01   0.200000D-01   0.6000000D 02   0.6000000D 02
   8   0.2303730D 00   0.31311D-01    0.3288560D 02   0.3318060D 02
----------------------------------------------------------------------------------------
   QLHR( KJ/HR ) =  0.10738D 06       QTOT( KJ ) =  0.268D 06
----------------------------------------------------------------------------------------
----------------------------------------------------------------------------------------
     WAVE =   0.79936922D-01       TSAVE =   0.53521954D 02
     RAVE =   0.18431805D 02       THEFF (%) =  0.6134D 00
----------------------------------------------------------------------------------------
                  AT REAL TIME (HR) RT = 0.2500D 01
     HI(-) =   0.20000D-01                          TAI( C) =   0.60000D 02
****************************************************************************************
 POS.       W               H              TS              TA
   1   0.4940000D-01   0.200000D-01   0.6000000D 02   0.6000000D 02
   4   0.4940000D-01   0.200000D-01   0.6000000D 02   0.6000000D 02
   8   0.1690910D 00   0.29438D-01    0.3373170D 02   0.3809290D 02
----------------------------------------------------------------------------------------
   QLHR( KJ/HR ) =  0.10738D 06       QTOT( KJ ) =  0.295D 06
----------------------------------------------------------------------------------------
----------------------------------------------------------------------------------------
     WAVE =   0.84321280D-01       TSAVE =   0.56533741D 02
     RAVE =   0.37600107D 02       THEFF (%) =  0.6134D 00
----------------------------------------------------------------------------------------
     AT  REAL  TIME  RT  =  0.2818D 01 HR., WOAVE = 0.603489D-01 +
BELOW  OR  EQUAL 0.1370D 00 . THE PROGRAM MUST BE ENDED AND TOTAL +
ENERGY FOR HEATER (KJ) IS 0.30258D 06
 POS.       W               H              TS              TA
   1   0.4940000D-01   0.200000D-01   0.6000000D 02   0.6000000D 02
   4   0.4940000D-01   0.200000D-01   0.6000000D 02   0.6000000D 02
   8   0.1369990D 00   0.29822D-01    0.3469680D 02   0.3707990D 02
----------------------------------------------------------------------------------------
```

2. กรณีไม่มีการหมุนเวียนลมทิ้ง และมีการผสมวัสดุในเบด

238

```
     TF31
**********************************************************************
                AT REAL TIME (HR) RT =  0.00000D 00
     HI(-) =   0.20000D-01                  TAI( C) =   0.60000D 02
**********************************************************************
POS.        W            H              TS              TA
  1    0.2500000 00   0.20000D-01   0.300000D 02   0.600000D 02
  2    0.2500000 00   0.20000D-01   0.300000D 02   0.600000D 02
  3    0.2500000 00   0.20000D-01   0.300000D 02   0.600000D 02
  4    0.2500000 00   0.20000D-01   0.300000D 02   0.600000D 02
  5    0.2500000 00   0.20000D-01   0.300000D 02   0.600000D 02
  6    0.2500000 00   0.20000D-01   0.300000D 02   0.600000D 02
  7    0.2500000 00   0.20000D-01   0.300000D 02   0.600000D 02
  8    0.2500000 00   0.20000D-01   0.300000D 02   0.600000D 02
----------------------------------------------------------------------
   QLHR( KJ/HR ) =  0.00000D 05      QTOT( KJ ) =  0.00000D 00
----------------------------------------------------------------------
----------------------------------------------------------------------
     WAVE =   0.250000000 00       TSAVE =   0.300000000 02
     RAVE =   0.000000000 00       THEFF (%) =  0.0000D 00
----------------------------------------------------------------------
                AT REAL TIME (HR) RT =  0.25000D 00
     HI(-) =   0.20000D-01                  TAI( C) =   0.60000D 02
**********************************************************************
POS.        W            H              TS              TA
  1    0.128871D 00   0.29564D-01   0.349640D 02   0.373337D 02
  4    0.251531D 00   0.31678D-01   0.325405D 02   0.325473D 02
  8    0.251818D 00   0.31702D-01   0.325498D 02   0.325494D 02
----------------------------------------------------------------------
   QLHR( KJ/HR ) =  0.10739D 06      QTOT( KJ ) =  0.268D 05
----------------------------------------------------------------------
----------------------------------------------------------------------
     WAVE =   0.23383465D 00       TSAVE =   0.32868854D 02
     RAVE =   0.36016402D 02       THEFF (%) =  0.8142D 00
----------------------------------------------------------------------
                AT REAL TIME (HR) RT =  0.50000D 00
     HI(-) =   0.20000D-01                  TAI( C) =   0.60000D 02
**********************************************************************
POS.        W            H              TS              TA
  1    0.485580D-01   0.20268D-01   0.356089D 02   0.360232D 02
  4    0.250094D 00   0.30151D-01   0.317179D 02   0.317612D 02
  8    0.251281D 00   0.30317D-01   0.318078D 02   0.318028D 02
----------------------------------------------------------------------
   QLHR( KJ/HR ) =  0.10739D 06      QTOT( KJ ) =  0.537D 05
----------------------------------------------------------------------
----------------------------------------------------------------------
     WAVE =   0.21638823D 00       TSAVE =   0.34897486D 02
     RAVE =   0.37443515D 02       THEFF (%) =  0.8471D 00
----------------------------------------------------------------------
                TIME TO MIXING BEGINING AGAIN
                AT REAL TIME (HR) RT =  0.50000D 00
     HI(-) =   0.20000D-01                  TAI( C) =   0.60000D 02
**********************************************************************
POS.        W            H.             TS              TA
  1    0.216388D 00   0.28782D-01   0.348975D 02   0.352870D 02
  4    0.216388D 00   0.28782D-01   0.348975D 02   0.352870D 02
  8    0.216388D 00   0.28782D-01   0.348975D 02   0.352870D 02
----------------------------------------------------------------------
   QLHR( KJ/HR ) =  0.10739D 06      QTOT( KJ ) =  0.537D 05
----------------------------------------------------------------------
----------------------------------------------------------------------
     WAVE =   0.21638823D 00       TSAVE =   0.34897488D 02
     RAVE =   0.37443515D 02       THEFF (%) =  0.8471D 00
----------------------------------------------------------------------
                AT REAL TIME (HR) RT =  0.75000D 00
     HI(-) =   0.20000D-01                  TAI( C) =   0.60000D 02
**********************************************************************
POS.        W            H              TS              TA
  1    0.955115D-01   0.28811D-01   0.364541D 02   0.366830D 02
  4    0.214357D 00   0.31558D-01   0.324840D 02   0.324937D 02
  8    0.214745D 00   0.31621D-01   0.325077D 02   0.325071D 02
----------------------------------------------------------------------
   QLHR( KJ/HR ) =  0.10738D 06      QTOT( KJ ) =  0.803D 05
----------------------------------------------------------------------
----------------------------------------------------------------------
     WAVE =   0.18666881D 00       TSAVE =   0.33023740D 02
     RAVE =   0.14497738D 02       THEFF (%) =  0.3280D 00
----------------------------------------------------------------------
```

239

```
                AT REAL TIME (HR) RT =  0.10000D 01
     HI(-) =   0.20000D-01                  TAI( C) =   0.60000D 02
**********************************************************************
POS.        W            H              TS              TA
  1    0.494001D-01   0.20000D-01   0.598216D 02   0.598576D 02
  4    0.212620D 00   0.31319D-01   0.323805D 02   0.324482D 02
  8    0.214480D 00   0.30934D-01   0.321109D 02   0.321183D 02
----------------------------------------------------------------------
   QLHR( KJ/HR ) =  0.10739D 06      QTOT( KJ ) =  0.107D 06
----------------------------------------------------------------------
----------------------------------------------------------------------
     WAVE =   0.18002329D 00       TSAVE =   0.36071562D 02
     RAVE =   0.20255142D 02       THEFF (%) =  0.4584D 00
----------------------------------------------------------------------
                TIME TO MIXING BEGINING AGAIN
                AT REAL TIME (HR) RT =  0.10000D 01
     HI(-) =   0.20000D-01                  TAI( C) =   0.60000D 02
**********************************************************************
POS.        W            H              TS              TA
  1    0.180023D 00   0.20000D-01   0.360716D 02   0.600000D 02
  4    0.180023D 00   0.20000D-01   0.360716D 02   0.600000D 02
  8    0.180023D 00   0.20000D-01   0.360716D 02   0.600000D 02
----------------------------------------------------------------------
   QLHR( KJ/HR ) =  0.10739D 06      QTOT( KJ ) =  0.107D 06
----------------------------------------------------------------------
----------------------------------------------------------------------
     WAVE =   0.18002329D 00       TSAVE =   0.36071562D 02
     RAVE =   0.20255142D 02       THEFF (%) =  0.4584D 00
----------------------------------------------------------------------
                AT REAL TIME (HR) RT =  0.12500D 01
     HI(-) =   0.20000D-01                  TAI( C) =   0.60000D 02
**********************************************************************
POS.        W            H              TS              TA
  1    0.885408D-01   0.28781D-01   0.402248D 02   0.420974D 02
  4    0.177039D 00   0.31156D-01   0.322916D 02   0.323097D 02
  8    0.177867D 00   0.31358D-01   0.323739D 02   0.323718D 02
----------------------------------------------------------------------
   QLHR( KJ/HR ) =  0.10739D 06      QTOT( KJ ) =  0.134D 06
----------------------------------------------------------------------
----------------------------------------------------------------------
     WAVE =   0.16001850D 00       TSAVE =   0.33391644D 02
     RAVE =   0.25118305D 02       THEFF (%) =  0.5685D 00
----------------------------------------------------------------------
                AT REAL TIME (HR) RT =  0.15000D 01
     HI(-) =   0.20000D-01                  TAI( C) =   0.60000D 02
**********************************************************************
POS.        W            H              TS              TA
  1    0.494000D-01   0.20000D-01   0.599714D 02   0.599741D 02
  4    0.173381D 00   0.30894D-01   0.322881D 02   0.324385D 02
  8    0.177610D 00   0.31182D-01   0.322828D 02   0.322812D 02
----------------------------------------------------------------------
   QLHR( KJ/HR ) =  0.10739D 06      QTOT( KJ ) =  0.161D 06
----------------------------------------------------------------------
----------------------------------------------------------------------
     WAVE =   0.14340528D 00       TSAVE =   0.38886903D 02
     RAVE =   0.27100967D 02       THEFF (%) =  0.6134D 00
----------------------------------------------------------------------
                TIME TO MIXING BEGINING AGAIN
                AT REAL TIME (HR) RT =  0.15000D 01
     HI(-) =   0.20000D-01                  TAI( C) =   0.60000D 02
**********************************************************************
POS.        W            H              TS              TA
  1    0.143405D 00   0.20000D-01   0.388869D 02   0.600000D 02
  4    0.143405D 00   0.20000D-01   0.388869D 02   0.600000D 02
  8    0.143405D 00   0.20000D-01   0.388869D 02   0.600000D 02
----------------------------------------------------------------------
   QLHR( KJ/HR ) =  0.10739D 06      QTOT( KJ ) =  0.161D 06
----------------------------------------------------------------------
----------------------------------------------------------------------
     WAVE =   0.14340528D 00       TSAVE =   0.38886903D 02
     RAVE =   0.27100817D 02       THEFF (%) =  0.6134D 00
----------------------------------------------------------------------
```

```
                    AT REAL TIME (HR) RT = 0.175000D 01                        240
     HI(-) =   0.200000D-01                        TAI( C) =   0.600000D 02
*****************************************************************************
POS.        W              H              TS             TA
  1   0.506152D-01   0.214700D-01   0.508880D 02   0.518420D 02
  4   0.139100D 00   0.298800D-01   0.316788D 02   0.317410D 02
  8   0.140461D 00   0.303380D-01   0.318560D 02   0.318497D 02
-----------------------------------------------------------------------------
   QLHR( KJ/HR ) =  0.10739D 06      QTOT( KJ ) =  0.188D 06
-----------------------------------------------------------------------------
-----------------------------------------------------------------------------
     WAVE =   0.12354908D 00        TSAVE =   0.34481341D 02
     RAVE =   0.63198818D 02        THEFF (%) =  0.6134D 00
-----------------------------------------------------------------------------
                    AT REAL TIME (HR) RT = 0.2000D 01
     HI(-) =   0.200000D-01                        TAI( C) =   0.600000D 02
*****************************************************************************
POS.        W              H              TS             TA
  1   0.494000D-01   0.200000D-01   0.599079D 02   0.599918D 02
  4   0.128153D 00   0.301430D-01   0.327509D 02   0.334211D 02
  8   0.140411D 00   0.303480D-01   0.317777D 02   0.317842D 02
-----------------------------------------------------------------------------
   QLHR( KJ/HR ) =  0.10739D 06      QTOT( KJ ) =  0.215D 06
-----------------------------------------------------------------------------
-----------------------------------------------------------------------------
     WAVE =   0.10770688D 00        TSAVE =   0.39620440D 02
     RAVE =   0.63198818D 02        THEFF (%) =  0.6134D 00
-----------------------------------------------------------------------------
                    TIME TO MIXING BEGINING AGAIN
                    AT REAL TIME (HR) RT =  0.20000D 01
     HI(-) =   0.200000D-01                        TAI( C) =   0.600000D 02
*****************************************************************************
POS.        W              H              TS             TA
  1   0.107707D 00   0.200000D-01   0.396204D 02   0.600000D 02
  4   0.107707D 00   0.200000D-01   0.396204D 02   0.600000D 02
  8   0.107707D 00   0.200000D-01   0.396204D 02   0.600000D 02
-----------------------------------------------------------------------------
   QLHR( KJ/HR ) =  0.10739D 06      QTOT( KJ ) =  0.215D 06
-----------------------------------------------------------------------------
-----------------------------------------------------------------------------
     WAVE =   0.14340528D 00        TSAVE =   0.36866903D 02
     RAVE =   0.27100917D 02        THEFF (%) =  0.6134D 00
-----------------------------------------------------------------------------
     AT  REAL  TIME  RT  =  0.2000D  01 HR., WOAVE = 0.10771D 00
BELOW  OR  EQUAL 0.1370D 00 . THE PROGRAM MUST BE ENDED AND TOTAL
ENERGY FOR HEATER (KJ) IS 0.214805D 06
 POS.       W              H              TS             TA
  1   0.107707D 00   0.200000D-01   0.396204D 02   0.600000D 02
  4   0.107707D 00   0.200000D-01   0.396204D 02   0.600000D 02
  8   0.107707D 00   0.200000D-01   0.396204D 02   0.600000D 02
-----------------------------------------------------------------------------
```

3. กรณีที่มีการหมุนเวียนลมทิ้ง และมีการผสมวัสดุในเบด


```
YY = 0.5

******************************************************************
              AT REAL TIME (HR) RT =  0.000000 00
     HI(-) =   0.20000D-01                  TAI( C) =   0.60000D 02
******************************************************************
 POS.        W              H              TS              TA
   1   0.2500000 00   0.20000D-01   0.3000000 02   0.6000000 02
   2   0.2500000 00   0.20000D-01   0.3000000 02   0.6000000 02
   3   0.2500000 00   0.20000D-01   0.3000000 02   0.6000000 02
   4   0.2500000 00   0.20000D-01   0.3000000 02   0.6000000 02
   5   0.2500000 00   0.20000D-01   0.3000000 02   0.6000000 02
   6   0.2500000 00   0.20000D-01   0.3000000 02   0.6000000 02
   7   0.2500000 00   0.20000D-01   0.3000000 02   0.6000000 02
   8   0.2500000 00   0.20000D-01   0.3000000 02   0.6000000 02
------------------------------------------------------------------
   QLHR( KJ/HR ) =  0.0 D 00        QTOT( KJ ) =  0.0 D 00
------------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------------
     WAVE =   0.250000000 00       TSAVE =   0.300000000 02
     RAVE =   0.000000000 00       THEFF (X) =  0.00000 00
------------------------------------------------------------------
              AT REAL TIME (HR) RT =  0.25000D 00
     HI(-) =   0.28909D-01                  TAI( C) =   0.60000D 02
******************************************************************
 POS.        W              H              TS              TA
   1   0.1420620 00   0.38487D-01   0.3809270 02   0.4020080 02
   4   0.2545490 00   0.40013D-01   0.3651550 02   0.3652230 02
   8   0.2547100 00   0.39817D-01   0.3642590 02   0.3642870 02
------------------------------------------------------------------
   QLHR( KJ/HR ) =  0.97422D 05      QTOT( KJ ) =  0.254D 05
------------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------------
     WAVE =   0.23846074D 00       TSAVE =   0.36705438D 02
     RAVE =   0.25709464D 02       THEFF (X) =  0.61355D 02
------------------------------------------------------------------
              AT REAL TIME (HR) RT =  0.50000D 00
     HI(-) =   0.29763D-01                  TAI( C) =   0.60000D 02
******************************************************************
 POS.        W              H              TS              TA
   1   0.5359680-01   0.32978D-01   0.4802030 02   0.4917400 02
   4   0.2538160 00   0.39093D-01   0.3614470 02   0.3613830 02
   8   0.2546270 00   0.39527D-01   0.3631870 02   0.3631440 02
------------------------------------------------------------------
   QLHR( KJ/HR ) =  0.97615D 05      QTOT( KJ ) =  0.497D 05
------------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------------
     WAVE =   0.22302489D 00       TSAVE =   0.37726215D 02
     RAVE =   0.30050272D 02       THEFF (X) =  0.7349D 02
------------------------------------------------------------------
              TIME TO MIXING BEGINING AGAIN
              AT REAL TIME (HR) RT =  0.50000D 00
     HI(-) =   0.29763D-01                  TAI( C) =   0.60000D 02
******************************************************************
 POS.        W              H              TS              TA
   1   0.2230250 00   0.20000D-01   0.3772820 02   0.6000000 02
   4   0.2230250 00   0.20000D-01   0.3772820 02   0.6000000 02
   8   0.2230250 00   0.20000D-01   0.3772820 02   0.6000000 02
------------------------------------------------------------------
   QLHR( KJ/HR ) =  0.97615D 05      QTOT( KJ ) =  0.497D 05
------------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------------
     WAVE =   0.22302489D 00       TSAVE =   0.37726215D 02
     RAVE =   0.30050272D 02       THEFF (X) =  0.7349D 02
------------------------------------------------------------------
              AT REAL TIME (HR) RT =  0.75000D 00
     HI(-) =   0.30209D-01                  TAI( C) =   0.60000D 02
******************************************************************
 POS.        W              H              TS              TA
   1   0.1161680 00   0.38487D-01   0.3879430 02   0.4083610 02
   4   0.2220030 00   0.40372D-01   0.3867820 02   0.3868230 02
   8   0.2222740 00   0.40418D-01   0.3869250 02   0.3869200 02
------------------------------------------------------------------
   QLHR( KJ/HR ) =  0.86883D 05      QTOT( KJ ) =  0.738D 05
------------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------------
     WAVE =   0.20872543D 00       TSAVE =   0.36984284D 02
     RAVE =   0.32138889D 02       THEFF (X) =  0.7938D 02
------------------------------------------------------------------
```



```
              AT REAL TIME (HR) RT =  0.10000D 01
     HI(-) =   0.29238D-01                  TAI( C) =   0.60000D 02
******************************************************************
 POS.        W              H              TS              TA
   1   0.4949870-01   0.28405D-01   0.5684870 02   0.5715010 02
   4   0.2203890 00   0.38373D-01   0.3581480 02   0.3585430 02
   8   0.2216780 00   0.38476D-01   0.3585380 02   0.3585080 02
------------------------------------------------------------------
   QLHR( KJ/HR ) =  0.98389D 05      QTOT( KJ ) =  0.981D 05
------------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------------
     WAVE =   0.19145427D 00       TSAVE =   0.38609391D 02
     RAVE =   0.32610064D 02       THEFF (X) =  0.8076D 02
------------------------------------------------------------------
              TIME TO MIXING BEGINING AGAIN
              AT REAL TIME (HR) RT =  0.10000D 01
     HI(-) =   0.29238D-01                  TAI( C) =   0.60000D 02
******************************************************************
 POS.        W              H              TS              TA
   1   0.1914540 00   0.20000D-01   0.3860940 02   0.6000000 02
   4   0.1914540 00   0.20000D-01   0.3860940 02   0.6000000 02
   8   0.1914540 00   0.20000D-01   0.3860940 02   0.6000000 02
------------------------------------------------------------------
   QLHR( KJ/HR ) =  0.98389D 05      QTOT( KJ ) =  0.981D 05
------------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------------
     WAVE =   0.19145427D 00       TSAVE =   0.38609391D 02
     RAVE =   0.32609974D 02       THEFF (X) =  0.8076D 02
------------------------------------------------------------------
              AT REAL TIME (HR) RT =  0.12500D 01
     HI(-) =   0.30183D-01                  TAI( C) =   0.60000D 02
******************************************************************
 POS.        W              H              TS              TA
   1   0.8781930-01   0.37785D-01   0.4009640 02   0.4201280 02
   4   0.1897670 00   0.40228D-01   0.3882150 02   0.3883020 02
   8   0.1901290 00   0.40325D-01   0.3885490 02   0.3885380 02
------------------------------------------------------------------
   QLHR( KJ/HR ) =  0.97045D 05      QTOT( KJ ) =  0.122D 06
------------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------------
     WAVE =   0.17472473D 00       TSAVE =   0.37098121D 02
     RAVE =   0.74545841D 01       THEFF (X) =  0.1854D 02
------------------------------------------------------------------
              AT REAL TIME (HR) RT =  0.15000D 01
     HI(-) =   0.29557D-01                  TAI(-C) =   0.60000D 02
******************************************************************
 POS.        W              H              TS              TA
   1   0.4940010-01   0.29557D-01   0.5973490 02   0.5976040 02
   4   0.1879730 00   0.39429D-01   0.3629600 02   0.3635900 02
   8   0.1897680 00   0.39114D-01   0.3611010 02   0.3611470 02
------------------------------------------------------------------
   QLHR( KJ/HR ) =  0.97950D 05      QTOT( KJ ) =  0.147D 06
------------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------------
     WAVE =   0.15986204D 00       TSAVE =   0.39510036D 02
     RAVE =   0.11731149D 02       THEFF (X) =  0.2917D 02
------------------------------------------------------------------
              TIME TO MIXING BEGINING AGAIN
              AT REAL TIME (HR) RT =  0.15000D 01
     HI(-) =   0.29557D-01                  TAI( C) =   0.60000D 02
******************************************************************
 POS.        W              H              TS              TA
   1   0.1598620 00   0.20000D-01   0.3951000 02   0.6000000 02
   4   0.1598620 00   0.20000D-01   0.3951000 02   0.6000000 02
   8   0.1598620 00   0.20000D-01   0.3951000 02   0.6000000 02
------------------------------------------------------------------
   QLHR( KJ/HR ) =  0.97950D 05      QTOT( KJ ) =  0.147D 06
------------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------------
     WAVE =   0.15986204D 00       TSAVE =   0.39510036D 02
     RAVE =   0.11731149D 02       THEFF (X) =  0.2917D 02
------------------------------------------------------------------
```

```
                  AT REAL TIME (HR) RT =  0.175000 01
      WI(-) =   0.29973D-01                        TAI( C) =   0.80000D 02
**************************************************************************
 POS.       W              H              TS            TA
   1   0.832072D-01   0.35894D-01   0.434818D 02   0.450543D 02
   4   0.157382D 00   0.39891D-01   0.384137D 02   0.384304D 02
   8   0.157962D 00   0.39947D-01   0.385015D 02   0.384980D 02
--------------------------------------------------------------------------
   QLHR( KJ/HR ) =  0.97950D 05      QTOT( KJ ) =  0.171D 05
--------------------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------------------------
     WAVE =   0.14281867D 00        TSAVE =   0.37397018D 02
     RAVE =   0.54252971D 01        THEFF (%) =  0.1353D 02
--------------------------------------------------------------------------
                  AT REAL TIME (HR) RT =  0.20000D 01
      WI(-) =   0.29658D-01                        TAI( C) =   0.80000D 02
**************************************************************************
 POS.       W              H              TS            TA
   1   0.494000D-01   0.29658D-01   0.599803D 02   0.599822D 02
   4   0.153772D 00   0.39012D-01   0.382501D 02   0.384004D 02
   8   0.157789D 00   0.39318D-01   0.382235D 02   0.382223D 02
--------------------------------------------------------------------------
   QLHR( KJ/HR ) =  0.97950D 05      QTOT( KJ ) =  0.1950 05
--------------------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------------------------
     WAVE =   0.12819882D 00        TSAVE =   0.40331617D 02
     RAVE =   0.28912006D 01        THEFF (%) =  0.1431D 02
--------------------------------------------------------------------------
                  TIME TO MIXING BEGINING AGAIN
                  AT REAL TIME (HR) RT =  0.20000D 01
      WI(-) =   0.20000D-01                        TAI( C) =   0.80000D 02
**************************************************************************
 POS.       W              H              TS            TA
   1   0.128199D-01   0.20000D-01   0.403318D 02   0.800000D 02
   4   0.128199D-01   0.20000D-01   0.403318D 02   0.800000D 02
   8   0.128199D-01   0.20000D-01   0.403318D 02   0.800000D 02
--------------------------------------------------------------------------
   QLHR( KJ/HR ) =  0.97950D 05      QTOT( KJ ) =  0.1950 05
--------------------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------------------------
     WAVE =   0.12819882D 00        TSAVE =   0.40331617D 02
     RAVE =   0.28912006D 01        THEFF (%) =  0.1431D 02
--------------------------------------------------------------------------
     AT  REAL  TIME  RT  =  0.200000 01 HR., WOAVE = 0.12820D-01
BELOW  OR  EQUAL 0.13700 00 , THE PROGRAM MUST BE ENDED AND TOTAL
ENERGY FOR HEATER (KJ) IS 0.195040D 05
 POS.       W              H              TS            TA
   1   0.128199D-01   0.20000D-01   0.403318D 02   0.800000D 02
   4   0.128199D-01   0.20000D-01   0.403318D 02   0.800000D 02
   8   0.128199D-01   0.20000D-01   0.403318D 02   0.800000D 02
--------------------------------------------------------------------------
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างผลการซิมูเลตความชื้น, อุณหภูมิของวัสดุและลมร้อน ภายในเบดที่ตำแหน่งต่างๆ

เงื่อนไข T_A = 40 C, W_{in} = 0.25 d.b. และ V_{bed} = 0.4634 m/s 2 กรณีคือ

1. กรณีไม่มีการหมุนเวียนลมทิ้ง และมีการผสมวัสดุในเบด

2. กรณีมีการหมุนเวียนลมทิ้ง และมีการผสมวัสดุในเบด

1. กรณีไม่มีการหมุนเวียนลมทิ้ง และมีการผสมวัสดุในเบด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
MA
****************************************************************************
              AT TIME (HR) =  0.0000000D 00
   HI(-) =  0.2000000D-01          TAIO( C) =  0.4000000D 02
****************************************************************************
POS.        W              H              TS            TA
  1  0.2500000D 00  0.2000000D-01  0.3000000D 02  0.4000000D 02
  2  0.2500000D 00  0.2000000D-01  0.3000000D 02  0.4000000D 02
  3  0.2500000D 00  0.2000000D-01  0.3000000D 02  0.4000000D 02
  4  0.2500000D 00  0.2000000D-01  0.3000000D 02  0.4000000D 02
  5  0.2500000D 00  0.2000000D-01  0.3000000D 02  0.4000000D 02
  6  0.2500000D 00  0.2000000D-01  0.3000000D 02  0.4000000D 02
  7  0.2500000D 00  0.2000000D-01  0.3000000D 02  0.4000000D 02
  8  0.2500000D 00  0.2000000D-01  0.3000000D 02  0.4000000D 02
****************************************************************************
   QLHR( KJ/HR ) =  0.0000000 00               QTOT( KJ ) =  0.00000000 00
****************************************************************************
*
   WAVE(D.B.) =   0.250000000 00            TSAVE( C) =   0.300000000 02
   RAVE(KG WATER/HR) =   0.000000000 00     THEFF (%) =  0.0000D 00
****************************************************************************
              AT TIME (HR) =  0.3000000 00
   HI(-) =  0.2000000-01           TAIO( C) =  0.400000D 02
****************************************************************************
POS.        W              H              TS            TA
  1  0.1489370 00  0.2378080-01  0.3008380 02  0.3102320 02
  4  0.2486120 00  0.2487270-01  0.2849280 02  0.2849720 02
  8  0.2488470 00  0.2488190-01  0.2849460 02  0.2849450 02
****************************************************************************
   QLHR( KJ/HR ) =  0.357950 05                QTOT( KJ ) =  0.178970 05
****************************************************************************
   WAVE(D.B.) =   0.233924820 00            TSAVE( C) =   0.287097160 02
   RAVE(KG WATER/HR) =   0.179079780 02     THEFF (%) =  0.12160 03
****************************************************************************
              TIME TO MIXING BED AGAIN.
              AT TIME (HR) =  0.3000000D 00
   HI(-) =  0.2000000-01           TAIO( C) =  0.4000000 02
****************************************************************************
POS.        W              H              TS            TA
  1  0.2339250 00  0.2000000-01  0.2870970 02  0.4000000 02
  4  0.2339250 00  0.2000000-01  0.2870970 02  0.4000000 02
  8  0.2339250 00  0.2000000-01  0.2870970 02  0.4000000 02
****************************************************************************
   QLHR( KJ/HR ) =  0.357950 05                QTOT( KJ ) =  0.17897D 05
****************************************************************************
   WAVE(D.B.) =   0.233924620 00            TSAVE( C) =   0.287097160 02
   RAVE(KG WATER/HR) =   0.179079780 02     THEFF (%) =  0.12160 03
****************************************************************************
              AT TIME (HR) =  0.1000000 00
   HI(-) =  0.2000000-01           TAIO( C) =  0.4000000 02
****************************************************************************
POS.        W              H              TS            TA
  1  0.1358770 00  0.2358200-01  0.3050110 02  0.3140120 02
  4  0.2333700 00  0.2485250-01  0,2848140 02  0.2848680 02
  8  0.2337890 00  0.2488830-01  0.2848430 02  0.2848440 02
****************************************************************************
   QLHR( KJ/HR ) =  0.357950 05                QTOT( KJ ) =  0.357950 05
****************************************************************************
   WAVE(D.B.) =   0.218788710 00            TSAVE( C) =   0.287584090 02
   RAVE(KG WATER/HR) =   0.173958770 02     THEFF (%) =  0.11810 03
****************************************************************************
              TIME TO MIXING BED AGAIN.
              AT TIME (HR) =  0.1000000D 01
   HI(-) = 0.2000000-01           TAIO( C) = 0.4000000 02
****************************************************************************
POS.        W              H              TS            TA
  1  0.2187690 00  0.2000000-01  0.2875840 02  0.4000000 02
  4  0.2187690 00  0.2000000-01  0.2875840 02  0.4000000 02
  8  0.2187690 00  0.2000000-01  0.2875840 02  0.4000000 02
****************************************************************************
   QLHR( KJ/HR ) =  0.357950 05                QTOT( KJ ) =  0.357950 05
****************************************************************************
   WAVE(D.B.) =   0.218768710 00            TSAVE( C) =   0.287584090 02
   RAVE(KG WATER/HR) =   0.173958290 02     THEFF (%) =  0.11810 03
****************************************************************************
```



```
              AT TIME (HR) =  0.1500000 01
   HI(-) =  0.2000000-01           TAIO( C) =  0.4000000 02
****************************************************************************
POS.        W              H              TS            TA
  1  0.1231810 00  0.2330800-01  0.3112300 02  0.3198410 02
  4  0.2180840 00  0.2481800-01  0.2848200 02  0.2846940 02
  8  0.2185750 00  0.2484010-01  0.2846750 02  0.2848730 02
****************************************************************************
   QLHR( KJ/HR ) =  0.357850 05                QTOT( KJ ) =  0.538930 05
****************************************************************************
   WAVE(D.B.) =   0.203817950 00            TSAVE( C) =   0.288299880 02
   RAVE(KG WATER/HR) =   0.172232840 02     THEFF (%) =  0.11700 03
****************************************************************************
              TIME TO MIXING BED AGAIN.
              AT TIME (HR) =  0.15000000 01
   HI(-) =  0.2000000-01           TAIO( C) =  .4000000 02
****************************************************************************
POS.        W              H              TS            TA
  1  0.2036180 00  0.2000000-01  0.2883000 02  0.4000000 02
  4  0.2036180 00  0.2000000-01  0.2883000 02  0.4000000 02
  8  0.2036180 00  0.2000000-01  0.2883000 02  0.4000000 02
****************************************************************************
   QLHR( KJ/HR ) =  0.357850 05                QTOT( KJ ) =  0.538830 05
****************************************************************************
   WAVE(D.B.) =   0.203817950 00            TSAVE( C) =   0.288299880 02
   RAVE(KG WATER/HR) =   0.172232010 02     THEFF (%) =  0.11700 03
****************************************************************************
              AT TIME (HR) =  0.20000D 01
   HI(-) =  0.2000000-01           TAIO( C) =  0.4000000 02
****************************************************************************
POS.        W              H              TS            TA
  1  0.1118780 00  0.2285470-01  0.3209850 02  0.3284820 02
  4  0.2027310 00  0.2475810-01  0.2842780 02  0.2843880 02
  8  0.2033880 00  0.2479340-01  0.2843730 02  0.2843890 02
****************************************************************************
   QLHR( KJ/HR ) =  0.357850 05                QTOT( KJ ) =  0.713900 05
****************************************************************************
   WAVE(D.B.) =   0.188478140 00            TSAVE( C) =   0.289416560 02
   RAVE(KG WATER/HR) =   0.171339100 02     THEFF (%) =  0.1184D 03
****************************************************************************
              TIME TO MIXING BED AGAIN.
              AT TIME (HR) =  0.2000000D 01
   HI(-) =  0.2000000-01           TAIO( C) =  0.4000000 02
****************************************************************************
POS.        W              H              TS            TA
  1  0.1884780 00  0.2000000-01  0.2894170 02  0.4000000 02
  4  0.1884780 00  0.2000000-01  0.2894170 02  0.4000000 02
  8  0.1884780 00  0.2000000-01  0.2894170 02  0.4000000 02
****************************************************************************
   QLHR( KJ/HR ) =  0.357950 05                QTOT( KJ ) =  0.713900 05
****************************************************************************
   WAVE(D.B.) =   0.188478140 00            TSAVE( C) =   0.289416380 02
   RAVE(KG WATER/HR) =   0.171338390 02     THEFF (%) =  0.1184D 03
****************************************************************************
              AT TIME (HR) =  0.250000 01
   HI(-) =  0.2000000-01           TAIO( C) =  0.4000000 02
****************************************************************************
POS.        W              H              TS            TA
  1  0.1025770 00  0.2213190-01  0.3386930 02  0.3428930 02
  4  0.1872520 00  0.2464780-01  0.2837010 02  0.2838740 02
  8  0.1881320 00  0.2470900-01  0.2838280 02  0.2838210 02
****************************************************************************
   QLHR( KJ/HR ) =  0.357850 05                QTOT( KJ ) =  0.894880 05
****************************************************************************
   WAVE(D.B.) =   0.173381450 00            TSAVE( C) =   0.291253360 02
   RAVE(KG WATER/HR) =   0.170751450 02     THEFF (%) =  0.11600 03
****************************************************************************
              TIME TO MIXING BED AGAIN.
              AT TIME (HR) =  0.2500000D 01
   HI(-) =  0.2000000-01           TAIO( C) =  0.4000000 02
****************************************************************************
POS.        W              H              TS            TA
  1  0.1733810 00  0.2000000-01  0.2912540 02  0.4000000 02
  4  0.1733810 00  0.2000000-01  0.2912540 02  0.4000000 02
  8  0.1733810 00  0.2000000-01  0.2912540 02  0.4000000 02
****************************************************************************
   QLHR( KJ/HR ) =  0.357950 05                QTOT( KJ ) =  0.894880 05
****************************************************************************
   WAVE(D.B.) =   0.173381450 00            TSAVE( C) =   0.291253360 02
   RAVE(KG WATER/HR) =   0.170750890 02     THEFF (%) =  0.11600 03
****************************************************************************
```

```
                    AT TIME (HR) =  0.3000000D 01
   HI(-) =  0.2000000D-01          TAIO( C) =  0.4000000D 02
**************************************************************************
 POS.        W             H              TS             TA
   1  0.9637950D-01  0.2115020D-01  0.3507180D 02  0.3835360D 02
   4  0.1715390D 00  0.2450200D-01  0.2830320D 02  0.2833490D 02
   8  0.1728870D 00  0.2457940D-01  0.2829740D 02  0.2829650D 02
**************************************************************************
   QLHR( KJ/HR ) =  0.35785D 05                 QTOT( KJ ) =  0.10739D 06
**************************************************************************
   WAVE(D.B.) =   0.15828984D 00                TSAVE( C) =   0.29429725D 02
   RAVE(KG WATER/HR) =   0.17027557D 02         THEFF (%) =  0.1156D 03
**************************************************************************
                  TIME TO MIXING BED AGAIN.
                  AT TIME (HR) =  0.3000000D 01
   HI(-) =  0.2000000D-01          TAIO( C) =  0.4000000D 02
**************************************************************************
 POS.        W             H              TS             TA
   1  0.1582900D 00  0.2000000D-01  0.2942970D 02  0.4000000D 02
   4  0.1582900D 00  0.2000000D-01  0.2942970D 02  0.4000000D 02
   8  0.1582900D 00  0.2000000D-01  0.2942970D 02  0.4000000D 02
**************************************************************************
   QLHR( KJ/HR ) =  0.35785D 05                 QTOT( KJ ) =  0.10739D 06
**************************************************************************
   WAVE(D.B.) =   0.15828984D 00                TSAVE( C) =   0.29429725D 02
   RAVE(KG WATER/HR) =   0.17027557D 02         THEFF (%) =  0.1156D 03
**************************************************************************
                  AT TIME (HR) =  0.3500000D 01
   HI(-) =  0.2000000D-01          TAIO( C) =  0.4000000D 02
**************************************************************************
 POS.        W             H              TS             TA
   1  0.9366730D-01  0.2034700D-01  0.3832800D 02  0.3848460D 02
   4  0.1553590D 00  0.2442070D-01  0.2832340D 02  0.2838800D 02
   8  0.1575940D 00  0.2447990D-01  0.2822530D 02  0.2822530D 02
**************************************************************************
   QLHR( KJ/HR ) =  0.35785D 05                 QTOT( KJ ) =  0.12528D 06
**************************************************************************
   WAVE(D.B.) =   0.14328388D 00                TSAVE( C) =   0.29885961D 02
   RAVE(KG WATER/HR) =   0.16983124D 02         THEFF (%) =  0.1153D 03
**************************************************************************
                  TIME TO MIXING BED AGAIN.
                  AT TIME (HR) =  0.3500000D 01
   HI(-) =  0.2000000D-01          TAIO( C) =  0.4000000D 02
**************************************************************************
 POS.        W             H              TS             TA
   1  0.1432840D 00  0.2000000D-01  0.2988600D 02  0.4000000D 02
   4  0.1432840D 00  0.2000000D-01  0.2988600D 02  0.4000000D 02
   8  0.1432840D 00  0.2000000D-01  0.2988600D 02  0.4000000D 02
**************************************************************************
   QLHR( KJ/HR ) =  0.35785D 05                 QTOT( KJ ) =  0.12528D 06
**************************************************************************
   WAVE(D.B.) =   0.14328388D 00                TSAVE( C) =   0.29885961D 02
   RAVE(KG WATER/HR) =   0.16983111D 02         THEFF (%) =  0.1153D 03
**************************************************************************
                  AT TIME (HR) =  0.4000000D 01
   HI(-) =  0.2000000D-01          TAIO( C) =  0.4000000D 02
**************************************************************************
 POS.        W             H              TS             TA
   1  0.9300910D-01  0.2005880D-01  0.3850770D 02  0.3862800D 02
   4  0.1379270D 00  0.2426330D-01  0.2850610D 02  0.2864440D 02
   8  0.1423310D 00  0.2443620D-01  0.2819430D 02  0.2819500D 02
**************************************************************************
   QLHR( KJ/HR ) =  0.35785D 05                 QTOT( KJ ) =  0.14318D 06
**************************************************************************
   WAVE(D.B.) =   0.12838171D 00                TSAVE( C) =   0.30512187D 02
   RAVE(KG WATER/HR) =   0.16938158D 02         THEFF (%) =  0.1150D 03
**************************************************************************
                  TIME TO MIXING BED AGAIN.
                  AT TIME (HR) =  0.4000000D 01
   HI(-) =  0.2000000D-01          TAIO( C) =  0.4000000D 02
**************************************************************************
 POS.        W             H              TS             TA
   1  0.1283620D 00  0.2000000D-01  0.3051220D 02  0.4000000D 02
   4  0.1283620D 00  0.2000000D-01  0.3051220D 02  0.4000000D 02
   8  0.1283620D 00  0.2000000D-01  0.3051220D 02  0.4000000D 02
**************************************************************************
   QLHR( KJ/HR ) =  0.35785D 05                 QTOT( KJ ) =  0.14318D 06
**************************************************************************
   WAVE(D.B.) =   0.12838171D 00                TSAVE( C) =   0.30512167D 02
   RAVE(KG WATER/HR) =   0.16938132D 02         THEFF (%) =  0.1150D 03
**************************************************************************
   AT TIME (HR) =  0.40000D 01  WAVE(D.B.) =  0.12838D 00 <=  0.13700D 00
AND  TOTAL ENERGY FOR HEATER (KJ) =  0.143182D 06
 POS.        W             H              TS             TA
   1   0.1283620D 00   0.20000D-01   0.3051220D 02   0.4000000D 02
   4   0.1283620D 00   0.20000D-01   0.3051220D 02   0.4000000D 02
   8   0.1283620D 00   0.20000D-01   0.3051220D 02   0.4000000D 02
--------------------------------------------------------------------------
```

2. กรณีมีการหมุนเวียนลมทิ้ง และมีการผสมวัสดุในเบด

```
************************************************************
            AT TIME (HR) =  0.0000000D 00
   HI(-) =  0.2000000D-01          TAIO( C) =  0.4000000 02
************************************************************
POS.       W              H              TS           TA
  1  0.2500000 00  0.2000000-01  0.3000000 02  0.4000000 02
  2  0.2500000 00  0.2000000-01  0.3000000 02  0.4000000 02
  3  0.2500000 00  0.2000000-01  0.3000000 02  0.4000000 02
  4  0.2500000 00  0.2000000-01  0.3000000 02  0.4000000 02
  5  0.2500000 00  0.2000000-01  0.3000000 02  0.4000000 02
  6  0.2500000 00  0.2000000-01  0.3000000 02  0.4000000 02
  7  0.2500000 00  0.2000000-01  0.3000000 02  0.4000000 02
  8  0.2500000 00  0.2000000-01  0.3000000 02  0.4000000 02
************************************************************
   QLHR( KJ/HR ) =  0.0000000 00             QTOT( KJ ) =  0.00000 00
************************************************************
   WAVE(D.B.) =   0.250000000 00             TSAVE( C) =   0.300000000 02
   RAVE(KG WATER/HR) =   0.000000000 00      THEFF (%) =  0.00000 00
************************************************************
            AT TIME (HR) =  0.5000000D 00
   HI(-) =  0.2408800-01          TAIO( C) =  0.4000000 02
************************************************************
POS.       W              H              TS           TA
  1  0.1853520 00  0.2738370-01  0.3149860 02  0.3230970 02
  4  0.2501330 00  0.2813220-01  0.3054180 02  0.3054480 02
  8  0.2503790 00  0.2813600-01  0.3054180 02  0.3054150 02
************************************************************
   QLHR( KJ/HR ) =  0.350800 05              QTOT( KJ ) =  0.17657D 05
************************************************************
   WAVE(D.B.) =   0.237800380 00             TSAVE( C) =   0.306722480 02
   RAVE(KG WATER/HR) =   0.135903820 02      THEFF (%) =  0.93550 02
************************************************************
           TIME TO MIXING BED AGAIN.
            AT TIME (HR) =  0.5000000D 00
   HI(-) =  0.2000000-01          TAIO( C) =  0.4000000 02
************************************************************
POS.       W              H              TS           TA
  1  0.2378000 00  0.2000000-01  0.3087220 02  0.4000000 02
  4  0.2378000 00  0.2000000-01  0.3087220 02  0.4000000 02
  8  0.2378000 00  0.2000000-01  0.3087220 02  0.4000000 02
************************************************************
   QLHR( KJ/HR ) =  0.350800 05              QTOT( KJ ) =  0.176570 05
************************************************************
   WAVE(D.B.) =   0.237800380 00             TSAVE( C) =   0.306722480 02
   RAVE(KG WATER/HR) =   0.135903820 02      THEFF (%) =  0.93550 02
************************************************************
            AT TIME (HR) =  0.1000000 00
   HI(-) =  0.2408580-01          TAIO( C) =  0.4000000 02
************************************************************
POS.       W              H              TS           TA
  1  0.1541620 00  0.2728740-01  0.3168830 02  0.3246320 02
  4  0.2374280 00  0.2812500-01  0.3053840 02  0.3054180 02
  8  0.2377040 00  0.2813160-01  0.3053910 02  0.3053910 02
************************************************************
   QLHR( KJ/HR ) =  0.350840 05              QTOT( KJ ) =  0.331800 05
************************************************************
   WAVE(D.B.) =   0.225217370 00             TSAVE( C) =   0.308932150 02
   RAVE(KG WATER/HR) =   0.138039630 02      THEFF (%) =  0.95380 02
************************************************************
           TIME TO MIXING BED AGAIN.
            AT TIME (HR) =  0.10000000 01
   HI(-) =  0.2000000-01          TAIO( C) =  0.4000000 02
************************************************************
POS.       W              H              TS           TA
  1  0.2252170 00  0.2000000-01  0.3089320 02  0.4000000 02
  4  0.2252170 00  0.2000000-01  0.3089320 02  0.4000000 02
  8  0.2252170 00  0.2000000-01  0.3089320 02  0.4000000 02
************************************************************
   QLHR( KJ/HR ) =  0.350840 05              QTOT( KJ ) =  0.351800 05
************************************************************
   WAVE(D.B.) =   0.225217370 00             TSAVE( C) =   0.308932150 02
   RAVE(KG WATER/HR) =   0.13803924D 02      THEFF (%) =  0.95380 02
************************************************************

            AT TIME (HR) =  0.1500000 01
   HI(-) =  0.2408010-01          TAIO( C) =  0.4000000 02
************************************************************
POS.       W              H              TS           TA
  1  0.1427980 00  0.2717840-01  0.3190130 02  0.3287390 02
  4  0.2247870 00  0.2811090-01  0.3053120 02  0.3053530 02
  8  0.2251050 00  0.2812010-01  0.3053240 02  0.3053230 02
************************************************************
   QLHR( KJ/HR ) =  0.350960 05              QTOT( KJ ) =  0.527040 05
************************************************************
   WAVE(D.B.) =   0.212834830 00             TSAVE( C) =   0.307197960 02
   RAVE(KG WATER/HR) =   0.138749780 02      THEFF (%) =  0.96000 02
************************************************************
           TIME TO MIXING BED AGAIN.
            AT TIME (HR) =  0.1500000D 01
   HI(-) =  0.2000000-01          TAIO( C) =  0.4000000 02
************************************************************
POS.       W              H              TS           TA
  1  0.2128350 00  0.2000000-01  0.3071980 02  0.4000000 02
  4  0.2128350 00  0.2000000-01  0.3071980 02  0.4000000 02
  8  0.2128350 00  0.2000000-01  0.3071980 02  0.4000000 02
************************************************************
   QLHR( KJ/HR ) =  0.350960 05              QTOT( KJ ) =  0.527040 05
************************************************************
   WAVE(D.B.) =   0.212834830 00             TSAVE( C) =   0.307197960 02
   RAVE(KG WATER/HR) =   0.138748270 02      THEFF (%) =  0.96000 02
************************************************************
            AT TIME (HR) =  0.200000 01
   HI(-) =  0.2403120-01          TAIO( C) =  0.4000000 02
************************************************************
POS.       W              H              TS           TA
  1  0.1317860 00  0.2702460-01  0.3222400 02  0.3298580 02
  4  0.2121260 00  0.2808900-01  0.3052000 02  0.3052520 02
  8  0.2123010 00  0.2810240-01  0.3052210 02  0.3052190 02
************************************************************
   QLHR( KJ/HR ) =  0.351150 05              QTOT( KJ ) =  0.702270 05
************************************************************
   WAVE(D.B.) =   0.200054040 00             TSAVE( C) =   0.307560380 02
   RAVE(KG WATER/HR) =   0.139100080 02      THEFF (%) =  0.98300 02
************************************************************
           TIME TO MIXING BED AGAIN.
            AT TIME (HR) =  0.2000000D 01
   HI(-) =  0.2000000-01          TAIO( C) =  0.4000000 02
************************************************************
POS.       W              H              TS           TA
  1  0.2000540 00  0.2000000-01  0.3075600 02  0.4000000 02
  4  0.2000540 00  0.2000000-01  0.3075600 02  0.4000000 02
  8  0.2000540 00  0.2000000-01  0.3075600 02  0.4000000 02
************************************************************
   QLHR( KJ/HR ) =  0.351150 05              QTOT( KJ ) =  0.702270 05
************************************************************
   WAVE(D.B.) =   0.200054040 00             TSAVE( C) =   0.307560380 02
   RAVE(KG WATER/HR) =   0.139099510 02      THEFF (%) =  0.96300 02
************************************************************
            AT TIME (HR) =  0.2500000 01
   HI(-) =  0.2403690-01          TAIO( C) =  0.4000000 02
************************************************************
POS.       W              H              TS           TA
  1  0.1213480 00  0.2679770-01  0.3269080 02  0.3338790 02
  4  0.1994320 00 -0.2805310-01  0.3050180 02  0.3050870 02
  8  0.1998690 00  0.2807370-01  0.3050530 02  0.3050520 02
************************************************************
   QLHR( KJ/HR ) =  0.351440 05              QTOT( KJ ) =  0.877510 05
************************************************************
   WAVE(D.B.) =   0.187476480 00             TSAVE( C) =   0.308076210 02
   RAVE(KG WATER/HR) =   0.139303060 02      THEFF (%) =  0.96480 02
************************************************************
           TIME TO MIXING BED AGAIN.
            AT TIME (HR) =  0.2500000D 01
   HI(-) =  0.2000000-01          TAIO( C) =  0.4000000 02
************************************************************
POS.       W              H              TS           TA
  1  0.1874760 00  0.2000000-01  0.3080760 02  0.4000000 02
  4  0.1874760 00  0.2000000-01  0.3080760 02  0.4000000 02
  8  0.1874760 00  0.2000000-01  0.3080760 02  0.4000000 02
************************************************************
   QLHR( KJ/HR ) =  0.351440 05              QTOT( KJ ) =  0.877510 05
************************************************************
   WAVE(D.B.) =   0.187476480 00             TSAVE( C) = . 0.308076210 02
   RAVE(KG WATER/HR) =   0.139302440 02      THEFF (%) =  0.96480 02
************************************************************
```

```
              AT TIME (HR) =  0.30000000 01
   HI(-) =  0.2401230-01          TAIO( C) =  0.4000000 02
****************************************************************************
POS.      W              H              TS             TA
  1  0.1117670 00  0.2644840-01  0.3339550 02  0.3402560 02
  4  0.1866830 00  0.2790180-01  0.3047160 02  0.3048110 02
  8  0.1872660 00  0.2802300-01  0.3047730 02  0.3047690 02
****************************************************************************
   QLHR( KJ/HR ) =  0.35194D 05                  QTOT( KJ ) =  0.1052770 06
****************************************************************************
   WAVE(D.B.) =   0.17490484D 00                 TSAVE( C) =   0.308848000 02
   RAVE(KG WATER/HR) =   0.139428680 02          THEFF (%) =  0.98590 02
****************************************************************************
              TIME TO MIXING BED AGAIN.
              AT TIME (HR) =  0.30000000 01
   HI(-) =  0.2000000-01          TAIO( C) =  0.4000000 02
****************************************************************************
POS.      W              H              TS             TA
  1  0.1749050 00  0.2000000-01  0.3088480 02  0.4000000 02
  4  0.1749050 00  0.2000000-01  0.3088480 02  0.4000000 02
  8  0.1749050 00  0.2000000-01  0.3088480 02  0.4000000 02
****************************************************************************
   QLHR( KJ/HR ) =  0.35194D 05                  QTOT( KJ ) =  0.1052770 06
****************************************************************************
   WAVE(D.B.) =   0.17490484D 00                 TSAVE( C) =   0.308848000 02
   RAVE(KG WATER/HR) =   0.139428680 02          THEFF (%) =  0.98590 02
****************************************************************************
              AT TIME (HR) =  0.3500000 01
   HI(-) =  0.2397010-01          TAIO( C) =  0.4000000 02
****************************************************************************
POS.      W              H              TS             TA
  1  0.1035880 00  0.2580320-01  0.3448850 02  0.3501430 02
  4  0.1738340 00  0.2788590-01  0.3042100 02  0.3043570 02
  8  0.1748230 00  0.2794010-01  0.3042830 02  0.3042770 02
****************************************************************************
   QLHR( KJ/HR ) =  0.35281D 05                  QTOT( KJ ) =  0.1228060 06
****************************************************************************
   WAVE(D.B.) =   0.16234572D 00                 TSAVE( C) =   0.310081290 02
   RAVE(KG WATER/HR) =   0.13948584D 02          THEFF (%) =  0.98650 02
****************************************************************************
              TIME TO MIXING BED AGAIN.
              AT TIME (HR) =  0.35000000 01
   HI(-) =  0.2000000-01          TAIO( C) =  0.4000000 02
****************************************************************************
POS.      W              H              TS             TA
  1  0.1623460 00  0.2000000-01  0.3100810 02  0.4000000 02
  4  0.1623460 00  0.2000000-01  0.3100810 02  0.4000000 02
  8  0.1623460 00  0.2000000-01  0.3100810 02  0.4000000 02
****************************************************************************
   QLHR( KJ/HR ) =  0.35281D 05                  QTOT( KJ ) =  0.1228060 06
****************************************************************************
   WAVE(D.B.) =   0.16234572D 00                 TSAVE( C) =   0.310081290 02
   RAVE(KG WATER/HR) =   0.13949553D 02          THEFF (%) =  0.98650 02
****************************************************************************
              AT TIME (HR) =  0.4000000 01
   HI(-) =  0.2390110-01          TAIO( C) =  0.4000000 02
****************************************************************************
POS.      W              H              TS             TA
  1  0.9758150-01  0.2512550-01  0.3610320 02  0.3847490 02
  4  0.1807860 00  0.2772370-01  0.3035040 02  0.3037590 02
  8  0.1819520 00  0.2780230-01  0.3034800 02  0.3034720 02
****************************************************************************
   QLHR( KJ/HR ) =  0.35422D 05                  QTOT( KJ ) =  0.14034D 06
****************************************************************************
   WAVE(D.B.) =   0.14981099D 00                 TSAVE( C) =   0.31202168D 02
   RAVE(KG WATER/HR) =   0.13951338D 02          THEFF (%) =  0.9887D 02
****************************************************************************
              TIME TO MIXING BED AGAIN.
              AT TIME (HR) =  0.40000000 01
   HI(-) =  0.2000000-01          TAIO( C) =  0.4000000 02
****************************************************************************
POS.      W              H              TS             TA
  1  0.1498110 00  0.2000000-01  0.3120220 02  0.4000000 02
  4  0.1498110 00  0.2000000-01  0.3120220 02  0.4000000 02
  8  0.1498110 00  0.2000000-01  0.3120220 02  0.4000000 02
****************************************************************************
   QLHR( KJ/HR ) =  0.35422D 05                  QTOT( KJ ) =  0.140340 06
****************************************************************************
   WAVE(D.B.) =   0.14981099D 00                 TSAVE( C) =   0.31202168D 02
   RAVE(KG WATER/HR) =   0.13951319D 02          THEFF (%) =  0.9888D 02
****************************************************************************
```



```
              AT TIME (HR) =  0.4500000 01
   HI(-) =  0.2381980-01          TAIO( C) =  0.4000000 02
****************************************************************************
POS.      W              H              TS             TA
  1  0.9430870-01  0.2432890-01  0.3798930 02  0.3818120 02
  4  0.1473880 00  0.2755410-01  0.3030990 02  0.3035880 02
  8  0.1492570 00  0.2783880-01  0.3024920 02  0.3024880 02
****************************************************************************
   QLHR( KJ/HR ) =  0.35598D 05                  QTOT( KJ ) =  0.157885D 06
****************************************************************************
   WAVE(D.B.) =   0.13731824D 00                 TSAVE( C) =   0.31508843D 02
   RAVE(KG WATER/HR) =   0.13947524D 02          THEFF (%) =  0.9884D 02
****************************************************************************
              TIME TO MIXING BED AGAIN.
              AT TIME (HR) =  0.45000000 01
   HI(-) =  0.2000000-01          TAIO( C) =  0.4000000 02
****************************************************************************
POS.      W              H              TS             TA
  1  0.1373180 00  0.2000000-01  0.3150880 02  0.4000000 02
  4  0.1373180 00  0.2000000-01  0.3150880 02  0.4000000 02
  8  0.1373180 00  0.2000000-01  0.3150880 02  0.4000000 02
****************************************************************************
   QLHR( KJ/HR ) =  0.35598D 05                  QTOT( KJ ) =  0.157885D 06
****************************************************************************
   WAVE(D.B.) =   0.13731824D 00                 TSAVE( C) =   0.31508843D 02
   RAVE(KG WATER/HR) =   0.13947488D 02          THEFF (%) =  0.9884D 02
****************************************************************************
   AT TIME (HR) =  0.4557930 01  WAVE(D.B.) =  0.1358660 00 <= 0.137000 00
AND TOTAL ENERGY FOR HEATER (KJ) =  0.159845D 06
POS.      W              H              TS             TA
  1  0.1292880 00   0.27277D-01   0.3246080 02   0.3318040 02
  4  0.1350180 00   0.281030-01   0.3113390 02   0.3133020 02
  8  0.1370000 00   0.287350-01   0.3095970 02   0.3095320 02
```

========== NECESSARY DATA INPUT ==========

```
     DIMENSION OF DRYER
HL(M) =  0.5000000D 00                               AREA(M**2) =  0.2000000D 01

     PROPERTIES OF SOLID
CPS(KJ/KG DRY SOLID/ C) = 0.1122D 01                 CPW(KJ/KG WATER/ C) = 0.4187D 01
WC(D.B.) =  0.6000000D 00

     PROPERTIES OF AIR

CPA(KJ/KG DRY AIR/ C) = 0.1005D 01                   CPV(KJ/KG WATER VAP./ C) = 0.1926D 01

     CONDITIONS OF DRYING

DEG(M) =  0.6000000D-02                              ESP =  0.4000000D 00
SPAREA(M**2/M**3) =  0.7841200D 03                   SX(KG DRY SOLID/M**3) =  0.5570000D 03
TSD( C) =  0.3000000D 02                             WOAVE(D.B.) =  0.2500000D 00
N(-) =   8

TFA( C) =  0.3000000D 02                             HFA =  0.2000000D-01
VEL.(M/HR) =  0.1518000D 04                          R(-) = 0.0, 0.33, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0
HI =  0.2000000D-01                                  HIO =  0.2000000D-01
TAIO( C) = 40, 50, 60, 70                            HVS(KJ/KG WATER) = 0.2491D 04

     MASS & HEAT TRANSFER BY UNIT VOL.

CKA(KG WATER/( H.M**3.HR)) =  0.2612000D 06          HCA(KJ/(M**3 HR C) = 0.273398D 06

     ENERGY CONSUMPTION

QTOT(KJ) = 0.0000D 00                                QZ(KJ) = 0.0000D 00

     TIME TO BEGIN RUNNING                                STEP TO INTEGRATE

RT(HR) =  0.0000000D 00                              TDT(SEC) =  0.1000000D-01

     STEP TO PRINT RESULTS                                STEP TO MIXING SOLID IN BED

JTPRT =    30000                                     JTMIX =   180000

     CONDITION TO STOP RUNNING

WSTOP(D.B.) =  0.1200000D 00                         TSTOP(HR) =  0.3000000D 01

     SETTING UP CALCULATION.........
NM(-) =   32                                         GN(-) =  0.800D 01
VOLB(M**3) =  0.1000000D 01                          CMDS(KG DRY SOLID) =  0.5570000D 03
DT(HR) =  0.2777778D-05
RHFA(KG FRESH AIR/M**3) =  0.1130048D 01            CMFAO(KG FRESH AIR/HR) =  0.3430825D 04
CMFA(KG FRESH AIR/HR) =  0.3430825D 04              CMF(KG FRESH AIR/(M**2.HR)) =  0.2744660D 05
HFG(KJ/KG WATER) AT 30 C = 0.2431D 04
```

(I) $T_A = 40\ ^{\circ}C$

TIME (HR)	r = 0			r = 1		
	Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)	Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)
0	0.2500	0.0000	0.00E+00	0.2500	0.0000	0.00E+00
15	0.2415	0.0342	8.95E+03	0.2441	0.0238	8.88E+03
30	0.2339	0.0322	1.79E+04	0.2378	0.0244	1.77E+04
45	0.2263	0.0316	2.68E+04	0.2315	0.0247	2.64E+04
60	0.2188	0.0312	3.58E+04	0.2252	0.0248	3.52E+04
75	0.2111	0.0311	4.47E+04	0.2189	0.0249	4.39E+04
90	0.2036	0.0309	5.37E+04	0.2126	0.0249	5.27E+04
105	0.1959	0.0309	6.26E+04	0.2063	0.0250	6.15E+04
120	0.1885	0.0308	7.16E+04	0.2000	0.0250	7.02E+04
135	0.1808	0.0308	8.05E+04	0.1937	0.0250	7.90E+04
150	0.1734	0.0307	8.95E+04	0.1875	0.0250	8.78E+04
165	0.1656	0.0307	9.84E+04	0.1811	0.0250	9.65E+04
180	0.1583	0.0306	1.07E+05	0.1749	0.0250	1.05E+05
195	0.1504	0.0306	1.16E+05	0.1685	0.0251	1.14E+05
210	0.1433	0.0305	1.25E+05	0.1623	0.0250	1.23E+05
225	0.1353	0.0306	1.34E+05	0.1560	0.0251	1.32E+05
240	0.1284	0.0304	1.43E+05	0.1499	0.0250	1.40E+05
255	――――	――――	――――	0.1434	0.0251	1.49E+05
270				0.1373	0.0250	1.58E+05
273.5				0.1357	0.0251	1.60E+05

(II) $T_A = 50\ ^{\circ}C$

TIME (MIN)	r = 0			r = 0.33			r = 1			r = 2		
	Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)	Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)	Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)	Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)
0	0.2500	0.0000	0.00E+00	0.2500	0.0000	0.00E+00	0.2500	0.0000	0.00E+00	0.2500	0.0000	0.00E+00
15	0.2378	0.0490	1.79E+04	0.2393	0.0430	1.77E+04	0.2414	0.0344	1.71E+04	0.2434	0.0263	1.63E+04
30	0.2251	0.0498	3.58E+04	0.2279	0.0454	3.53E+04	0.2307	0.0387	3.35E+04	0.2342	0.0317	3.11E+04
45	0.2120	0.0506	5.37E+04	0.2151	0.0466	5.29E+04	0.2197	0.0404	4.99E+04	0.2245	0.0339	4.58E+04
60	0.1995	0.0505	7.16E+04	0.2032	0.0468	7.04E+04	0.2089	0.0411	6.63E+04	0.2150	0.0350	6.05E+04
75	0.1953	0.0510	8.95E+04	0.1908	0.0474	8.79E+04	0.1979	0.0417	8.26E+04	0.2054	0.0357	7.51E+04
90	0.1740	0.0507	1.07E+05	0.1791	0.0473	1.05E+05	0.1871	0.0419	9.90E+04	0.1959	0.0361	8.99E+04
105	0.1604	0.0512	1.25E+05	0.1665	0.0477	1.23E+05	0.1760	0.0423	1.15E+05	0.1862	0.0365	1.04E+05
120	0.1485	0.0507	1.43E+05	0.1551	0.0475	1.41E+05	0.1654	0.0423	1.32E+05	0.1767	0.0367	1.19E+05
135	0.1347	0.0513	1.61E+05	0.1422	0.0479	1.58E+05	0.1541	0.0426	1.48E+05	0.1670	0.0369	1.34E+05
150	0.1231	0.0508	1.79E+05	0.1310	0.0476	1.76E+05	0.1437	0.0425	1.65E+05	0.1576	0.0370	1.48E+05
165	――――	――――	――――	――――	――――	――――	0.1322	0.0428	1.81E+05	0.1479	0.0372	1.63E+05
180							0.1220	0.0427	1.97E+05	0.1385	0.0372	1.76E+05

(III) T_A = 60 °C

TIME (HR)	r = 0 NO MIX. Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)	r = 0, MIX Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)	r = 0.33 Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)	r = 1 Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)
0	0.2500	0.0000	0.00E+00	0.2500	0.0000	0.00E+00	0.2500	0.0000	0.00E+00	0.2500	0.0000	0.00E+00
15	0.2338	0.0647	2.68E+04	0.2338	0.0647	2.68E+04	0.2357	0.0571	2.64E+04	0.2385	0.0462	2.54E+04
30	0.2164	0.0672	5.37E+04	0.2164	0.0672	5.37E+04	0.2190	0.0621	5.25E+04	0.2230	0.0540	4.97E+04
45	0.1992	0.0678	8.05E+04	0.1969	0.0708	8.05E+04	0.2007	0.0657	7.84E+04	0.2067	0.0577	7.38E+04
60	0.1824	0.0676	1.07E+05	0.1800	0.0700	1.07E+05	0.1845	0.0655	1.05E+05	0.1915	0.0585	9.81E+04
75	0.1652	0.0678	1.34E+05	0.1600	0.0720	1.34E+05	0.1657	0.0674	1.31E+05	0.1747	0.0602	1.22E+05
90	0.1478	0.0681	1.61E+05	0.1434	0.0711	1.61E+05	0.1498	0.0668	1.57E+05	0.1599	0.0601	1.47E+05
105	0.1310	0.0680	1.88E+05	0.1235	0.0723	1.88E+05	0.1310	0.0680	1.83E+05	0.1428	0.0612	1.71E+05
120	0.1140	0.0680	2.15E+05	0.1077	0.0711	2.15E+05	0.1155	0.0672	2.09E+05	0.1282	0.0609	1.95E+05
135	0.0965	0.0682	2.42E+05	——	——	——	——	——	——	——	——	——
150	0.0800	0.0680	2.68E+05									
154.6												
165	0.0909	0.0618	2.68E+05									
169.08	0.0582	0.0681	3.22E+05									

TIME (HR)	r = 2 Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)	r = 3 Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)	r = 4 Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)
0	0.2500	0.0000	0.00E+00	0.2500	0.0000	0.00E+00	0.2500	0.0000	0.00E+00
15	0.2410	0.0358	2.43E+04	0.2427	0.0293	2.36E+04	0.2488	0.0247	2.31E+04
30	0.2274	0.0452	4.63E+04	0.2305	0.0390	4.38E+04	0.2328	0.0343	4.20E+04
45	0.2130	0.0493	6.80E+04	0.2175	0.0433	6.36E+04	0.2209	0.0368	6.03E+04
60	0.1991	0.0509	8.99E+04	0.2047	0.0453	8.35E+04	0.2091	0.0409	7.86E+04
75	0.1845	0.0524	1.12E+05	0.1916	0.0467	1.03E+05	0.1970	0.0424	9.68E+04
90	0.1708	0.0528	1.33E+05	0.1789	0.0474	1.23E+05	0.1852	0.0432	1.15E+05
105	0.1559	0.0538	1.55E+05	0.1656	0.0482	1.43E+05	0.1731	0.0439	1.39E+05
120	0.1425	0.0537	1.77E+05	0.1531	0.0484	1.63E+05	0.1614	0.0443	1.52E+05
135	0.1274	0.0545	1.99E+05	0.1396	0.0491	1.83E+05	0.1491	0.0448	1.70E+05
150	0.1142	0.0543	2.21E+05	0.1273	0.0491	2.03E+05	0.1376	0.0450	1.88E+05
154.6	——	——	——	——	——	——	0.1335	0.0452	1.94E+05
165							——	——	——
169.08									

(IV) T_A = 70 °C

TIME (MIN)	r = 0 Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)	r = 0.33 Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)	r = 1 Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)	r = 2 Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)
0	0.2500	0.0000	0.00E+00	0.2500	0.0000	0.00E+00	0.2500	0.0000	0.00E+00	0.2500	0.0000	0.00E+00
15	0.2297	0.0811	3.58E+04	0.2320	0.0722	3.50E+04	0.2352	0.0592	3.37E+04	0.2384	0.0466	3.23E+04
30	0.2046	0.0844	7.16E+04	0.2103	0.0764	6.98E+04	0.2154	0.0693	6.62E+04	0.2203	0.0595	6.20E+04
45	0.1814	0.0914	1.07E+05	0.1858	0.0857	1.04E+05	0.1926	0.0766	9.82E+04	0.1999	0.0668	9.09E+04
60	0.1597	0.0902	1.43E+05	0.1649	0.0851	1.39E+05	0.1729	0.0771	1.31E+05	0.1817	0.0684	1.20E+05
75	0.1387	0.0931	1.79E+05	0.1400	0.0880	1.74E+05	0.1500	0.0800	1.63E+05	0.1611	0.0712	1.49E+05
90	0.1130	0.0913	2.15E+05	0.1190	0.0868	2.08E+05	0.1307	0.0795	1.95E+05	0.1431	0.0713	1.79E+05
105	——	——	——	——	——	——	——	——	——	0.1225	0.0729	2.08E+05
120										0.1051	0.0724	2.38E+05

ภาคผนวก ช.2.2

ผลการชี้มูลเลตการอบแห้งเมล็ดข้าวโพด เพื่อศึกษาอิทธิพลของความชื้นเริ่มต้นของข้าวโพด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

========== NECESSARY DATA INPUT ==========

DIMENSION OF DRYER
HL(M) = 0.5000000D 00
AREA(M**2) = 0.2000000D 01

PROPERTIES OF SOLID
CPS(KJ/KG DRY SOLID/ C) = 0.1122D 01
WC(D.B.) = 0.6000000D 00
CPW(KJ/KG WATER/ C) = 0.4187D 01

PROPERTIES OF AIR
CPA(KJ/KG DRY AIR/ C) = 0.1005D 01
CPV(KJ/KG WATER VAP./ C) = 0.1926D 01

CONDITIONS OF DRYING
DEG(M) = 0.6000000D-02
SPAREA(M**2/M**3) = 0.7841200D 03
TSO(C) = 0.3000000D 02
N(-) = 8
ESP = 0.4000000D 00
SX(KG DRY SOLID/M**3) = 0.5570000D 03
WOAVE(D.B.) = 0.30, 0.25, 0.225, 0.20

TFA(C) = 0.3000000D 02
VEL.(M/HR) = 0.1518000D 04
HI = 0.2000000D-01
TAIO(C) = 0.6000000D 02
HFA = 0.2000000D-01
R(-) = 0.0, 0.33, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0
HIO = 0.2000000D-01
HVS(KJ/KG WATER) = 0.2491D 04

MASS & HEAT TRANSFER BY UNIT VOL.
CKA(KG WATER/(H.M**3.HR)) = 0.2612000D 06
HCA(KJ/(M**3 HR C) = 0.273398D 06

ENERGY CONSUMPTION
QTOT(KJ) = 0.0000D 00
QZ(KJ) = 0.0000D 00

TIME TO BEGIN RUNNING
RT(HR) = 0.1000000D 01

STEP TO INTEGRATE
TDT(SEC) = 0.1000000D-01

STEP TO PRINT RESULTS
JTPRT = 30000

STEP TO MIXING SOLID IN BED
JTMIX = 180000

CONDITION TO STOP RUNNING
WSTOP(D.B.) = 0.1200000D 00
TSTOP(HR) = 0.2500000D 01

<<<<<<<<<<<<<<<< SETTING UP CALCULATION >>>>>>>>>>>>>>>>
NM(-) = 32
VOLB(M**3) = 0.1000000D 01
DT(HR) = 0.2777778D-05
RHFA(KG FRESH AIR/M**3) = 0.1130048D 01
CMFA(KG FRESH AIR/HR) = 0.3430825D 04
HFG(KJ/KG WATER) AT 30 C = 0.2431D 04
GN(-) = 0.800D 01
CMDS(KG DRY SOLID) = 0.5570000D 03
CMFAO(KG FRESH AIR/HR) = 0.3430825D 04
CMF(KG FRESH AIR/(M**3.HR)) = 0.2744660D 05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(I) W_{in} = 0.30 d.b.

TIME (MIN)	r = 0			r = 0.33			r = 1			r = 2		
	Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)	Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)	Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)	Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)
0	0.3000	0.0000	0.00E+00	0.3000	0.0000	0.00E+00	0.3000	0.0000	0.00E+00	0.3000	0.0000	0.00E+00
15	0.2840	0.0641	2.68E+04	0.2860	0.0562	2.64E+04	0.2809	0.0448	2.54E+04	0.2915	0.0341	2.44E+04
30	0.2660	0.0690	5.37E+04	0.2689	0.0622	5.25E+04	0.2733	0.0535	4.97E+04	0.2780	0.0441	4.64E+04
45	0.2474	0.0702	8.05E+04	0.2512	0.0649	7.85E+04	0.2573	0.0569	7.39E+04	0.2638	0.0483	6.81E+04
60	0.2297	0.0703	1.07E+05	0.2344	0.0656	1.05E+05	0.2417	0.0583	9.82E+04	0.2498	0.0503	8.95E+04
75	0.2108	0.0716	1.34E+05	0.2164	0.0668	1.31E+05	0.2256	0.0595	1.22E+05	0.2355	0.0516	1.12E+05
90	0.1935	0.0710	1.61E+05	0.1999	0.0667	1.57E+05	0.2101	0.0599	1.47E+05	0.2215	0.0523	1.33E+05
105	0.1736	0.0722	1.88E+05	0.1814	0.0678	1.83E+05	0.1937	0.0608	1.71E+05	0.2072	0.0530	1.55E+05
120	0.1569	0.0716	2.15E+05	0.1653	0.0673	2.09E+05	0.1786	0.0607	1.95E+05	0.1933	0.0533	1.77E+05
135	0.1369	0.0725	2.42E+05	0.1463	0.0682	2.35E+05	0.1617	0.0615	2.19E+05	0.1788	0.0539	1.98E+05
150	0.1207	0.0717	2.68E+05	0.1307	0.0677	2.61E+05	0.1469	0.0612	2.44E+05	0.1652	0.0539	2.20E+05
165	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.1299	0.0619	2.68E+05	0.1503	0.0545	2.42E+05
180							0.1154	0.0615	2.92E+05	0.1369	0.0544	2.64E+05

(II) W_{in} = 0.25 d.b.

TIME (HR)	r = 0 NO MIX.			r = 0, MIX			r = 0.33			r = 1		
	Wave (D.B.)	Rave	Uheater (KJ)	Wave (D.B.)	Rave	Uheater (KJ)	Wave (D.B.)	Rave	Uheater (KJ)	Wave (D.B.)	Rave	Uheater (KJ)
0	0.2500	0.0000	0.00E+00	0.2500	0.0000	0.00E+00	0.2500	0.0000	0.00E+00	0.2500	0.0000	0.00E+00
15	0.2338	0.0647	2.68E+04	0.2338	0.0647	2.68E+04	0.2357	0.0571	2.64E+04	0.2385	0.0462	2.54E+04
30	0.2164	0.0672	5.37E+04	0.2164	0.0672	5.37E+04	0.2190	0.0621	5.25E+04	0.2230	0.0540	4.97E+04
45	0.1992	0.0678	8.05E+04	0.1969	0.0700	8.05E+04	0.2007	0.0657	7.84E+04	0.2067	0.0577	7.38E+04
60	0.1824	0.0676	1.07E+05	0.1800	0.0700	1.07E+05	0.1845	0.0655	1.05E+05	0.1915	0.0595	9.81E+04
75	0.1652	0.0678	1.34E+05	0.1600	0.0720	1.34E+05	0.1657	0.0674	1.31E+05	0.1747	0.0602	1.22E+05
90	0.1478	0.0681	1.61E+05	0.1434	0.0711	1.61E+05	0.1498	0.0668	1.57E+05	0.1599	0.0601	1.47E+05
105	0.1310	0.0680	1.88E+05	0.1295	0.0723	1.88E+05	0.1310	0.0680	1.83E+05	0.1420	0.0612	1.71E+05
120	0.1143	0.0680	2.15E+05	0.1077	0.0711	2.15E+05	0.1153	0.0672	2.09E+05	0.1202	0.0609	1.95E+05
135	0.0965	0.0682	2.42E+05	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
150	0.0800	0.0680	2.68E+05									
154.6												
165	0.0800	0.0618	2.68E+05									
169.08	0.0502	0.0681	3.22E+05									

TIME (HR)	r = 2			r = 3			r = 4		
	Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)	Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)	Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)
0	0.2500	0.0000	0.00E+00	0.2500	0.0000	0.00E+00	0.2500	0.0000	0.00E+00
15	0.2410	0.0358	2.43E+04	0.2427	0.0293	2.36E+04	0.2438	0.0247	2.31E+04
30	0.2274	0.0452	4.63E+04	0.2305	0.0390	4.38E+04	0.2329	0.0343	4.20E+04
45	0.2130	0.0493	6.80E+04	0.2175	0.0433	6.36E+04	0.2209	0.0388	6.03E+04
60	0.1991	0.0509	8.99E+04	0.2047	0.0453	8.35E+04	0.2091	0.0409	7.86E+04
75	0.1845	0.0524	1.13E+05	0.1916	0.0467	1.03E+05	0.1970	0.0424	9.68E+04
90	0.1709	0.0528	1.33E+05	0.1789	0.0474	1.23E+05	0.1852	0.0432	1.15E+05
105	0.1559	0.0530	1.55E+05	0.1656	0.0482	1.43E+05	0.1731	0.0439	1.39E+05
120	0.1425	0.0537	1.77E+05	0.1531	0.0484	1.63E+05	0.1614	0.0443	1.52E+05
135	0.1274	0.0545	1.99E+05	0.1396	0.0491	1.83E+05	0.1491	0.0448	1.70E+05
150	0.1142	0.0543	2.21E+05	0.1273	0.0491	2.03E+05	0.1376	0.0450	1.88E+05
154.6	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.1335	0.0452	1.94E+05
165							-----	-----	-----
169.08									

(III) W_{in} = 0.225 d.b.

TIME (MIN)	r = 0			r = 0.33			r = 1			r = 3		
	Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)	Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)	Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)	Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)
0	0.2250	0.00000	0.00E+00	0.2250	0.00000	0.00E+00	0.2250	0.00000	0.00E+00	0.2250	0.00000	0.00E+00
15	0.2098	0.05754	2.68E+04	0.2106	0.05754	2.63E+04	0.2133	0.04692	2.53E+04	0.2175	0.03001	2.34E+04
30	0.1918	0.06551	5.37E+04	0.1942	0.06551	5.25E+04	0.1931	0.06084	4.97E+04	0.2053	0.04866	4.37E+04
45	0.1719	0.07468	8.05E+04	0.1756	0.07468	7.84E+04	0.1814	0.06631	7.37E+04	0.1921	0.05257	6.34E+04
60	0.1552	0.06397	1.07E+05	0.1596	0.06397	1.05E+05	0.1664	0.05979	9.61E+04	0.1794	0.05099	8.34E+04
75	0.1352	0.07543	1.34E+05	0.1407	0.07543	1.31E+05	0.1494	0.06804	1.22E+05	0.1661	0.05313	1.08E+05
90	0.1191	0.06273	1.61E+05	0.1250	0.06273	1.57E+05	0.1348	0.05069	1.47E+05	0.1537	0.04991	1.29E+05
105	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.1401	0.05424	1.43E+05
120										0.1278	0.04906	1.63E+05

(IV) W_{in} = 0.20 d.b.

TIME (HR)	r = 0			r = 0.33			r = 1		
	Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)	Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)	Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)
0	0.2000	0.0000	0.00E+00	0.2000	0.0000	0.00E+00	0.2000	0.0000	0.00E+00
15	0.1837	0.0650	2.68E+04	0.1855	0.0579	2.63E+04	0.1881	0.0475	2.53E+04
30	0.1670	0.0670	5.37E+04	0.1695	0.0642	5.25E+04	0.1732	0.0595	4.97E+04
45	0.1470	0.0800	8.05E+04	0.1506	0.0755	7.84E+04	0.1562	0.0681	7.37E+04
60	0.1306	0.0658	1.07E+05	0.1348	0.0633	1.05E+05	0.1415	0.0589	9.81E+04
75	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.1245	0.0682	1.22E+05
90							0.1102	0.0572	1.48E+05

TIME (HR)	r = 2			r = 3		
	Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)	Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)
0	0.2000	0.0000	0.00E+00	0.2000	0.0000	0.00E+00
15	0.1907	0.0373	2.41E+04	0.1923	0.0308	2.33E+04
30	0.1773	0.0596	4.62E+04	0.1802	0.0485	4.36E+04
45	0.1623	0.0598	6.77E+04	0.1667	0.0537	6.32E+04
60	0.1489	0.0538	8.98E+04	0.1542	0.0500	8.33E+04
75	0.1339	0.0603	1.11E+05	0.1407	0.0542	1.03E+05
90	0.1205	0.0530	1.33E+05	0.1284	0.0491	1.23E+05

ภาคผนวก ช.2.3

ผลการชี้มูเลตการอบแห้งเมล็ดข้าวโพด เพื่อศึกษาอิทธิพลของความเร็วลมร้อน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
=========== NECESSARY DATA INPUT ===========

     DIMENSION OF DRYER
HL(M) =  0.5000000D 00                          AREA(M**2) =  0.2000000D 01

     PROPERTIES OF SOLID
CPS(KJ/KG DRY SOLID/ C) = 0.1122D 01            CPW(KJ/KG WATER/ C) = 0.4187D 01
WC(D.B.) =  0.6000000D 00                       WE(D.B.) =  0.4940000D-01

     PROPERTIES OF AIR
CPA(KJ/KG DRY AIR/ C) = 0.1005D 01              CPV(KJ/KG WATER VAP./ C) = 0.1926D 01

     CONDITIONS OF DRYING
DEQ(M) =  0.6000000D-02                         ESP =  0.4000000D 00
SPAREA(M**2/M**3) =  0.7841200D 03              SX(KG DRY SOLID/M**3) =  0.5570000D 03
TSO( C) =  0.3000000D 02                        WOAVE(D.B.) =  0.2000000D 00
N(-) =   8

TFA( C) =  0.3000000D 02                        HFA =  0.2000000D-01
VEL(M/HR) = 1518, 2160, 2880                    R(-) = 0.0, 0.33, 1.0, 2.0, 3.0
HI =  0.2000000D-01                             HIO =  0.2000000D-01
TAIO( C) =  0.6000000D 02                       HVS(KJ/KG WATER) = 0.2491D 04

     MASS & HEAT TRANSFER BY UNIT VOL.
CKA(KG WATER/( H.M**3.HR)) =  0.3587030D 06     HCA(KJ/(M**3 HR C) = 0.273398D 06, 0.32872D 06, 0.37846D 06

     ENERGY CONSUMPTION
QTOT(KJ) = 0.0000D 00                           QZ(KJ) = 0.0000D 00

     TIME TO BEGIN RUNNING                              STEP TO INTEGRATE
RT(HR) =  0.2500000D 00                         TDT(SEC) =  0.7500000D-02

     STEP TO PRINT RESULTS                              STEP TO MIXING SOLID IN BED
JTPRT =    40000

     CONDITION TO STOP RUNNING
WSTOP(D.B.) =  0.1370000D 00                    TSTOP(HR) =  0.2500000D 01

<<<<<<<<<<<<<<<<  SETTING UP CALCULATION  >>>>>>>>>>>>>>>>
NM(-) =   32                                    QN(-) =  0.800D 01
VOLB(M**3) =  0.1000000D 01                     CMDS(KG DRY SOLID) =  0.5570000D 03
DT(HR) =  0.2083333D-05
RHFA(KG FRESH AIR/M**3) =  0.1130048D 01        CMFAO(KG FRESH AIR/HR) =  0.6509075D 04
CMFA(KG FRESH AIR/HR) =  0.6509075D 04          CMF(KG FRESH AIR/(M**3.HR)) =  0.5207260D 05
HFG(KJ/KG WATER) AT 30 C = 0.2431D 04
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(I) $V_{bed} = 0.4634$ m/s

TIME (MIN)	r = 0			r = 0.33			r = 1		
	Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)	Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)	Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)
0	0.2000	0.0000	0.00E+00	0.2000	0.0000	0.00E+00	0.2000	0.0000	0.00E+00
15	0.1837	0.0650	2.68E+04	0.1855	0.0579	2.63E+04	0.1881	0.0475	2.53E+04
30	0.1670	0.0670	5.37E+04	0.1695	0.0642	5.25E+04	0.1732	0.0595	4.97E+04
45	0.1470	0.0800	8.05E+04	0.1506	0.0755	7.84E+04	0.1562	0.0681	7.37E+04
60	0.1306	0.0658	1.07E+05	0.1348	0.0633	1.05E+05	0.1415	0.0589	9.81E+04
75	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.1245	0.0682	1.22E+05
90							0.1102	0.0572	1.48E+05

TIME (MIN)	r = 2			r = 3		
	Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)	Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)
0	0.2000	0.0000	0.00E+00	0.2000	0.0000	0.00E+00
15	0.1907	0.0373	2.41E+04	0.1923	0.0308	2.33E+04
30	0.1773	0.0536	4.62E+04	0.1802	0.0485	4.36E+04
45	0.1623	0.0598	6.77E+04	0.1567	0.0537	6.32E+04
60	0.1489	0.0538	8.98E+04	0.1542	0.0500	8.33E+04
75	0.1338	0.0603	1.11E+05	0.1407	0.0542	1.03E+05
90	0.1205	0.0530	1.33E+05	0.1284	0.0491	1.23E+05

(II) $V_{bed} = 0.6594$ m/s

TIME (MIN)	r = 0 Wave (D.B.)	r = 0 Rave	r = 0 Qheater (KJ)	r = 1 Wave (D.B.)	r = 1 Rave	r = 1 Qheater (KJ)	r = 2 Wave (D.B.)	r = 2 Rave	r = 2 Qheater (KJ)
0	0.2000	0.0000	0.00E+00	0.2000	0.0000	0.00E+00	0.2000	0.0000	0.00E+00
10	0.1847	0.0918	2.55E+04	0.1889	0.0664	2.40E+04	0.1914	0.0516	2.29E+04
20	0.1687	0.0939	5.09E+04	0.1747	0.0857	4.72E+04	0.1787	0.0765	4.38E+04
30	0.1527	0.0946	7.64E+04	0.1605	0.0852	7.03E+04	0.1660	0.0761	6.47E+04
40	0.1323	0.1015	1.02E+05	0.1436	0.1010	9.29E+04	0.1513	0.0882	8.48E+04
50	0.1170	0.0936	1.27E+05	0.1297	0.0835	1.16E+05	0.1385	0.0765	1.06E+05
60	0.1018	0.0982	1.53E+05	0.1160	0.0825	1.39E+05	0.1260	0.0752	1.27E+05
70	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
72.97									

TIME (MIN)	r = 4 Wave (D.B.)	r = 4 Rave	r = 4 Qheater (KJ)
0	0.2000	0.0000	0.00E+00
10	0.1940	0.0362	2.18E+04
20	0.1835	0.0627	3.97E+04
30	0.1728	0.0643	5.74E+04
40	0.1607	0.0729	7.42E+04
50	0.1495	0.0669	9.17E+04
60	0.1387	0.0648	1.09E+05
70	0.1265	0.0732	1.26E+05
72.97	0.1232	0.0673	1.31E+05

(III) $V_{bed} = 0.8792$ m/s

TIME (MIN)	r = 0 Wave (D.B.)	r = 0 Rave	r = 0 Qheater (KJ)	r = 0.33 Wave (D.B.)	r = 0.33 Rave	r = 0.33 Qheater (KJ)	r = 1 Wave (D.B.)	r = 1 Rave	r = 1 Qheater (KJ)
0	0.2000	0.0000	0.00E+00	0.2000	0.0000	0.00E+00	0.2000	0.0000	0.00E+00
5	0.1904	0.1154	1.70E+04	0.1918	0.0988	1.68E+04	0.1936	0.0763	1.63E+04
10	0.1791	0.1252	3.40E+04	0.1811	0.1281	3.33E+04	0.1841	0.1146	3.17E+04
15	0.1686	0.1254	5.09E+04	0.1710	0.1216	4.98E+04	0.1746	0.1138	4.72E+04
20	0.1578	0.1266	6.79E+04	0.1607	0.1231	6.64E+04	0.1653	0.1120	6.26E+04
25	0.1474	0.1261	8.49E+04	0.1507	0.1199	8.29E+04	0.1558	0.1135	7.81E+04
30	0.1366	0.1268	1.02E+05	0.1404	0.1242	9.95E+04	0.1465	0.1118	9.36E+04
32.09	-----	-----	-----	0.1324	0.2274	1.06E+05	0.1335	0.1553	1.08E+05
35				-----	-----	-----	0.1239	0.1162	1.24E+05
40							0.1148	0.1088	1.39E+05
45							0.1058	0.1079	1.55E+05
50							0.0968	0.1081	1.70E+05
55							0.0877	0.1086	1.86E+05
60									

ภาคผนวก ช.2.4

ผลการชี้มูเลตการอบแห้งเมล็ดข้าวโพด เพื่อศึกษาอิทธิพลของช่วงห่างของเวลา
ในการผสมวัสดุในเบด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

========== NECESSARY DATA INPUT ==========

DIMENSION OF DRYER

HL(M) = 0.5000000D 00 AREA(M**2) = 0.2000000D 01

PROPERTIES OF SOLID

CPS(KJ/KG DRY SOLID/ C) = 0.1122D 01 CPW(KJ/KG WATER/ C) = 0.4187D 01
WC(D.B.) = 0.6000000D 00 WE(D.B.) = 0.4940000D-01

PROPERTIES OF AIR

CPA(KJ/KG DRY AIR/ C) = 0.1005D 01 CPV(KJ/KG WATER VAP./ C) = 0.1926D 01

CONDITIONS OF DRYING

DEG(M) = 0.6000000D-02 ESP = 0.4000000D 00
SPAREA(M**2/M**3) = 0.7841200D 03 SX(KG DRY SOLID/M**3) = 0.5570000D 03
TSO(C) = 0.3000000D 02 WOAVE(D.B.) = 0.2000000D 00
N(-) = 8

TFA(C) = 0.3000000D 02 HFA = 0.2000000D-01
VEL(M/HR) = 1518, 2160, 2880 R(-) = 0.0, 0.33, 1.0, 2.0, 3.0
HI = 0.2000000D-01 HIO = 0.2000000D-01
TAIO(C) = 0.6000000D 02 HVS(KJ/KG WATER) = 0.2491D 04

MASS & HEAT TRANSFER BY UNIT VOL.

CKA(KG WATER/(H.M**3.HR)) = 0.3587030D 06 HCA(KJ/(M**3 HR C) = 0.273398D 06, 0.32872D 06, 0.37846D

ENERGY CONSUMPTION

QTOT(KJ) = 0.0000D 00 QZ(KJ) = 0.0000D 00

TIME TO BEGIN RUNNING STEP TO INTEGRATE

RT(HR) = 0.2500000D 00 TDT(SEC) = 0.7500000D-02

STEP TO PRINT RESULTS STEP TO MIXING SOLID IN BED

JTPRT = 40000

CONDITION TO STOP RUNNING

WSTOP(D.B.) = 0.1370000D 00 TSTOP(HR) = 0.2500000D 01

<<<<<<<<<<<<<<<< SETTING UP CALCULATION >>>>>>>>>>>>>>>>
NM(-) = 32 GN(-) = 0.800D 01
VOLB(M**3) = 0.1000000D 01 CMDS(KG DRY SOLID) = 0.5570000D 03
DT(HR) = 0.2083333D-05
RHFA(KG FRESH AIR/M**3) = 0.1130048D 01 CMFAO(KG FRESH AIR/HR) = 0.6509075D 04
CMFA(KG FRESH AIR/HR) = 0.6509075D 04 CMF(KG FRESH AIR/(M**3.HR)) = 0.5207260D 05
HFG(KJ/KG WATER) AT 30 C = 0.2431D 04

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(I) V_{bed} = 0.4634 m/s, Mixing interval 8,15,30 and ∞ min.

TIME (MIN)	8/60			15/60			30/60			∞		
	Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)	Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)	Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)	Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)
0	0.2000	0.0000	0.0000	0.2000	0.0000	0.00E+00	0.2000	0.0000	0.00E+00	0.2000	0.0000	0.00E+00
5				0.1965	0.0416	8.95E+03						
8	0.1921	0.0591	1.43E+04									
10				0.1897	0.0617	1.79E+04	0.1897	0.0617	1.79E+04			
15				0.1838	0.0650	2.68E+04				0.1838	0.0650	2.68E+04
16	0.1824	0.0659	2.86E+04									
20				0.1775	0.0675	3.58E+04	0.1779	0.0663	3.58E+04			
24	0.1727	0.0682	4.30E+04									
25				0.1715	0.0684	4.47E+04						
30				0.1658	0.0685	5.37E+04	0.167	0.066	5.37E+04	0.1670	0.0660	5.37E+04
32	0.1630	0.0693	5.73E+04									
35				0.1593	0.0699	6.26E+04						
40	0.1533	0.0700	7.16E+04	0.1533	0.0701	7.16E+04	0.1529	0.0707	7.16E+04			
45				0.1474	0.0701	8.05E+04				0.1503	0.0663	8.05E+04
48	0.1436	0.0705	8.59E+04									
50				0.1409	0.0709	8.95E+04	0.1416	0.0701	8.95E+04			
55				0.1350	0.0709	9.84E+04						
56	0.1339	0.0708	1.00E+05									
60	-----	-----	-----	0.1293	0.0707	1.07E+05	0.1306	0.0694	1.07E+05	0.1335	0.0666	1.07E+05
75				-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.1166	0.0667	1.34E+05
90										0.0997	0.0669	1.61E+05
105										0.0829	0.0669	1.88E+05
120										0.0666	0.0667	2.15E+05
126.7										0.0604	0.0661	2.27E+05

(II) V_{bed} = 0.6594 m/s, Mixing interval 8,15,30 and ∞ min.

TIME (MIN)	8/60			15/60			30/60			∞		
	Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)	Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)	Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)	Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)
0	0.2000	0.0000	0.00E+00	0.2000	0.0000	0.00E+00	0.2000	0.0000	0.00E+00	0.2000	0.0000	0.00E+00
4	0.1949	0.0771	1.02E+04									
5				0.1932	0.0817	1.27E+04						
8	0.1881	0.0893	2.04E+04									
10				0.1847	0.0919	2.55E+04	0.1847	0.0918	2.55E+04	0.1847	0.0918	2.55E+04
12	0.1811	0.0945	3.06E+04									
15				0.1764	0.0944	3.82E+04						
16	0.1743	0.0964	4.07E+04									
20	0.1673	0.0981	5.09E+04	0.1671	0.0987	5.09E+04	0.1687	0.0939	5.09E+04	0.1687	0.0939	5.09E+04
24	0.1605	0.0988	6.11E+04									
25				0.1587	0.0992	6.37E+04						
28	0.1535	0.0997	7.13E+04									
30				0.1507	0.0987	7.64E+04	0.1527	0.0946	7.64E+04	0.1527	0.0946	7.64E+04
32	0.1467	0.0999	8.15E+04									
35				0.1403	0.1013	8.91E+04						
36	0.1396	0.1006	9.17E+04									
40	0.1329	0.1006	1.02E+05	0.1326	0.1011	1.02E+05	0.1323	0.1015	1.02E+05	0.1366	0.0951	1.02E+05
45	-----	-----	-----	0.1250	0.1000	1.15E+05						
50				-----	-----	-----	0.1170	0.0996	1.27E+05	0.1207	0.0952	1.27E+05
55												
60							0.1018	0.0982	1.53E+05	0.1048	0.0952	1.53E+05
70							-----	-----	-----	0.0891	0.0951	1.78E+05
80										0.0736	0.0948	2.04E+05
89.1										0.0604	0.0940	2.27E+05

(III) V_{bed} = 0.8792 m/s, Mixing interval 8,15,30 and ∞ min.

TIME (MIN)	8/60			15/60			30/60			∞		
	Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)	Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)	Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)	Wave (D.B.)	Rave	Qheater (KJ)
0	0.2000	0.0000	0.0000	0.2000	0.0000	0.00E+00	0.2000	0.0000	0.00E+00	0.2000	0.0000	0.00E+00
4	0.1927	0.1103	1.36E+04									
5				0.1904	0.1154	1.70E+04	0.1904	0.1154	1.70E+04			
8	0.1836	0.1231	2.72E+04									
10				0.1791	0.1252	3.40E+04	0.1791	0.1252	3.40E+04	0.1791	0.1252	3.40E+04
12	0.1742	0.1289	4.07E+04									
15				0.1686	0.1254	5.09E+04	0.1686	0.1254	5.09E+04			
16	0.1652	0.1305	5.43E+04									
20	0.1558	0.1327	6.79E+04	0.1554	0.1337	6.79E+04	0.1578	0.1266	6.79E+04	0.1578	0.1266	6.79E+04
24	0.1468	0.1329	8.35E+06									
25				0.1445	0.1333	8.49E+04	0.1474	0.1261	8.49E+04			
28	0.1373	0.1343	9.51E+04									
30				0.1342	0.1317	1.02E+05	0.1366	0.1268	1.02E+05	0.1366	0.1268	1.02E+05
32	0.1285	0.1340	1.09E+05	-----	-----	-----	-----	-----	-----			
40	-----	-----	-----							0.1155	0.1268	1.36E+05
50										0.0944	0.1267	1.70E+05
60										0.0737	0.1263	2.04E+05
66.89										0.0604	0.1252	2.27E+05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นายชาตรี เจียรมิ่งขวัญ เกิดเมื่อวันที่ 2 มกราคม 2505 ที่ กรุงเทพฯ สำเร็จการศึกษาได้รับปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (สาขาฟิสิกส์) จากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล พ.ศ.2526 และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ.2527

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย