รายการอ้างอิง

ชนันต์ ชาญชัยณรงค์ และ วิโรจน์ โชมพัตราภรณ์. การปรับปรุงและทดสอบสมรรถนะเครื่องอบแห้งแบบพาหะลมและเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2533

ทิพมณี เหลียงกอบกิจ. เครื่องอบแห้งแบบพาหะลม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2529

เรียวโซ โทเอ, อุปกรณ์อบแห้งในอุตสาหกรรม, พิมพ์ครั้งที่ 3, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ,2529

Abbott, R D., Gwin, D. and Edwards, L.L. Optimizing dryer performance :flash pulp and Yankee drying. Appl. Chem.Eng.Princ. ForProd. Relat. Ind.,(Pap. Symp.) (1985) :120-131.

Barr, D.J. Energy saving in dryer for starch Industry. Starke 32(1) (1980) : 57-59.

Barr, D.J. Developments in flash drying. Drying '80 (Mujumdar,A.) (1980) :170-173.

Barr D.J. Pneumatic conveying drying. Symp. Pap-Inst. Chem.Eng., North West Branch. (1989) : 6.1-6.2.

Brink and Hans-Juergen. Drying powders and fine grained product in a centrifugal flash dryer. Int. Chem. Eng.v17 n1 (1977) : 80-84.

Czeslaw Leszczynski Przegl. Flash drying of pulps Papiern 22(10) (1966) : 322-325.

Debrand and Staley. Heat transfer during a flash drying process. Ind.Eng Chem. Process Dev 13(4) (1974) :396-401.

Dunbar,T.W. Application of newer flash drying techniques to high-grade chemical pulps. Tappi 42 No.9 (1959) :133A-135A.

Foust A.S., Principles of Unit Operations, 2nd ed., John Wiley & Sons Ic.,1980

Jewell, J.N., Harper,D. O. and Plank, C.A. Pneumatic conveying drying of cut tobacco Drying'80 (Mujumdar,A.) (1980) :174-179.

Kai Richardt. Energy saving in dryers. Drying '80 (Mujumdar,A.) (1980) : 379-386.

Kamice, A; Mielczarski, S. Heat transfer in pneumatic flash dryer. Inz. Chem. Procesowa 2(1) (1981) : 59-70.

Kauh,J.Y. Evaluation of drying schedules.AICHE. J. v15. n1 (Jan 1969) : 85-88.

Keey and Roger Brian. Introduction to industrial drying operationss, William Clower & Sons Limited London, Beceles and Colchester , 1978

Lee David , Tunno and Julain. Flash dryer. J.Process Equip Ser v.5, Transfer Oper. in Process Ind :Des & Equip (1983) : 36-45.

Lindemann .W. and Motek H. Flash dryer-model type and example for application. Aufbereit-Tech 19(12) (1978) : 577-580.

Martin, H. and Saleh, A. H. Drying of fine granular material in a pneumatic dryer.Int.Chem.Eng.v24 n1 (Jan 1984) : 13-22.

Matsumoto, Shigeru and Pei David C.T. A Mathematical analysis of pneumatic drying of grain-I constant Rate. Int. J. Heat Mass Transfer 27(6) (1984) : 843-849.

Matsumoto, Shigeru and Pei David C.T. A Mathematical analysis of pneumatic drying ofgrain-II falling Rate. Int. J. Heat Mass Transfer 27(6) (1984) : 851-855.

Noden and Derek. Efficient energy utility in drying operating. Powder Bulk Eng 1(4) (1987) : 68-71.

Opman,Ya.S. Effect of drying condition on the efficiency of a pneumatic dryer . Khim Prom 48(8) (1971) : 632-638.

Perovic,B. Determinatio de lalonguer der sicheirs pneumatic venticaux. Chimic & Industric V98 (Nov 1967) : 1406-1409.

Perry , R.H.,and D. Green, Chemical Engineers' Handbook, 6th ed.,McGraw-Hill Inc.,1983

Radcliffe,B.R. Factor affecting the design of pneumatic dryer. Chem. Eng. London n 246 (Feb 1971):66-70.

Saburo Kamei and Ryozo Toei . Studies on pneumatic conveying drying I.Chem.Eng.(Japan) 16 (1952) : 294-300.

Saburo Kamei and Ryozo Toei. New-experiments on dryers . Chem-Ing-Tech 6 (1954) : 1-9.

Saburo Kamei, Ryozo Toei and Masakatsu Hiraoka. Pneumatic conceying drying . Its application to several materials. Chem.Eng.(Japan) 20 (1956) :55-59.

Sazhin, B.S.,Reutskii,V.A., Zhuravleva,T.Yu.,Solomatina E.M. Method for calculating the kinetic characteristics of convection drying of fiber-forming polymers. Tekhnol.Tekst. Prim-Sti (2) (1988) : 79-82.

Sheth,V.M,Shah B.M Gomkale,S.D. Pneumatic drying heat and masstransfer studies. Proc. Nat Heat Mass transfer Conf.,4th (1977) : 567-585

Viktorin,Z and Houska,K. Selection and Analysis of new kinds of pneumatic dryer. Praha-Bechovice 6 (1981): 105.

Waller,M.H., S.C. Curtis . Energy management for drying systems by a computer-based decision aid. Drying '80 (Mujumdar, A.)vol 2 (1980) : 495-499.

Williams-Gardner A.,Idustrial Drying. Gulf Publishing Company Houston, Texas, 1977

ภาคผนวก ก

คุณสมบัติของอากาศ

การอ่านค่าคุณสมบัติต่าง ๆ ของอากาศชื้นและของน้ำ เช่น ความดันไออิ่มตัวของน้ำ ความชื้นอิ่มตัวของอากาศชื้น ความร้อนแฝงของการระเหยของน้ำ ปริมาตรจำเพาะของอากาศชื้น อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศชื้น เป็นต้น สามารถทำได้โดยใช้ตารางไซโครเมตริก เป็นต้น แต่แบบจำลองคณิตศาสตร์ของเครื่องอบแห้งแบบพาหะลม ในวิทยานิพนธ์นี้จะอาศัยสหสัมพันธ์ต่างๆ ในการทำนายคุณสมบัติต่าง ๆ ของน้ำและของอากาศชื้นที่ความดันบรรยากาศ

คุณสมบัติของอากาศชื้นที่อุณหภูมิต่าง ๆ ที่ใช้ในแบบจำลอง มีดังนี้

1. ความดันไออิ่มตัวของน้ำ
2. ความชื้นสัมบูรณ์อิ่มตัวของอากาศชื้น
3. ความร้อนแฝงของการระเหยของน้ำ
4. ปริมาตรจำเพาะของอากาศชื้น และ ความหนาแน่นของอากาศชื้น
5. สัมประสิทธิ์การแพร่ระหว่างน้ำกับอากาศ
6. ค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ
7. ค่าความนำความร้อนของอากาศ
8. ค่าความหนืดของอากาศ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก1. ความดันไออิ่มตัวของน้ำที่อุณหภูมิต่าง ๆ

ได้มีการเสนอสมการทำนาย ความดันไออิ่มตัวของน้ำหลายสมการ เช่น ปี 1930 ได้มีการเสนอสมการทำนายเฟสของน้ำบริสุทธิ์ในอากาศชื้นในช่วง 0 - 100 °C ในปี 1946 Goff และ Gratch ได้เสนอสมการทำนายความดันไออิ่มตัวของน้ำในอากาศชื้น โดยคิดว่าอากาศชื้นไม่ใช่ก๊าซอุดมคติ ในช่วง 0 - 100 °C และในปี 1976 ASAE ได้เสนอสมการทำนายความดันไออิ่มตัวของน้ำในช่วง -17.78 - 260 °C ซึ่งอาจจะรู้จักกันในนามของแบบจำลองของ Lerew

ในวิทยานิพนธ์นี้จะใช้สมการของ ASAE ปี 1976 นี้ ในการทำนายความดันไออิ่มตัวของน้ำ P_s

ช่วง -17.78 - 0 °C (459.69 - 491.69 °R)

$$\ln (P_s) = 23.3924 - (911286.6489 / T_R) - 0.46057 \ln (T_R) \quad \ldots.(ก1)$$

ช่วง 0 - 260 °C (491.69 - 959.69 °R)

$$\ln (P_s / 3206.18) = (-27405.5 + 54.1896\, T_R - 0.04513\, T_R^2 + 0.215321\times10^{-4} T_R^3 - 0.462027\times10^{-8}\, T_R^4) / (2.41613\, T_R - 0.00121547\, T_R^2) \quad \ldots.(ก2)$$

โดยที่ T_R มีหน่วยเป็น °R

P_s มีหน่วยเป็น psia

ก2. ความชื้นสัมบูรณ์อิ่มตัวของอากาศชื้น

แบบจำลองนี้ใช้สมมุติฐานว่า อากาศชื้นเป็นก๊าซอุดมคติ จึงใช้สมการของก๊าซในอุดมคติคำนวณหาความชื้นสัมบูรณ์อิ่มตัว

$$H_s = 0.62198 \times P_s / (P_T - P_s) \quad \text{....(ก3)}$$

สมการข้างต้นใช้งานได้ในช่วงความดันย่อยของน้ำตั้งแต่ 0-14.916 psia หรือ 0 - 760 mmHg เท่านั้น

p_T เป็นความดันรวม = 14.696 psia

P_s เป็นความดันไออิ่มตัว (psia)

H_s ความชื้นสัมบูรณ์อิ่มตัว (kgไอน้ำ/kg อากาศแห้ง)

ก3. ความร้อนแฝงของการระเหย ของน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ

แบบจำลองนี้ใช้ สมการคำนวณหาความร้อนแฝงของการระเหยน้ำ (Lamda) ของ ASAE ปี 1976 ซึ่งใช้งานได้ในช่วง -17.78-260 °C หรือ 459.69-959.69 °R

ช่วง -17.78 - 0 °C (459.69 - 491.69 °R)

$$Lamda = 1220.844 - 0.05077 \times (T_R - 459.69) \quad \text{....(ก4)}$$

ช่วง 0 - 65.56 °C (491.69 - 609.69 °R)

$$Lamda = 1075.8965 - 0.56983 \times (T_R - 491.69) \quad \text{....(ก5)}$$

ช่วง 65.56 - 260 °C (609.69 - 959.69 °R)

$$Lamda = (1354673.2\ 4 - 0.9125275587 \times T_R^{\ 2})^{1/2} \quad \text{....(ก6)}$$

โดยที่ Lamda มีหน่วยเป็น kcal / kg-steam

ก4. ปริมาตรจำเพาะของอากาศชื้น (V_H), ความหนาแน่นของอากาศชื้น (ρ_x)

แบบจำลองนี้ใช้สมมุติฐานว่า อากาศชื้นเป็นก๊าซอุดมคติ จึงใช้สมการของก๊าซอุดมคติคำนวณ ดังต่อไปนี้

$$V_H = (0.733 + 1.244 \times H) \times (T_x / 273) \quad \ldots.(ก7)$$

โดยที่ T_x มีหน่วยเป็น $^\circ K$

H มีหน่วยเป็น (kgไอน้ำ/kgอากาศแห้ง)

ค่าความหนาแน่นของอากาศชื้นสามารถคำนวณ ดังต่อไปนี้

$$\rho_x = (1+ H) / V_H \quad \ldots.(ก8)$$

โดยที่ ρ_x มีหน่วยเป็น กิโลกรัมอากาศชื้นต่อลูกบาศ์เมตร

ก5. สัมประสิทธิ์การแพร่ของไอน้ำในอากาศ (Diffusion Coefficient)

แบบจำลองนี้ ใช้สมการจาก Perry Chemicals Engineer's Handbook ใช้คำนวณ ดังนี้

$$D_{AB} = \frac{T^{1.75} \times 10^{-3} [(M_A+M_B)/(M_A.M_B)]^{1/2}}{P \times [(\Sigma v_A)^{1/3} + (\Sigma v_B)^{1/3}]^2} \quad \ldots.(ก9)$$

โดยที่ Σv = The value of atomic diffusion volume

$\Sigma v_{air} = 20.1$

$\Sigma v_{water} = 12.7$

$M_A, M_B = 18, 29$

T = อุณหภูมิสัมบูรณ์ $^\circ K$

D_{AB} = m^2 / sec

$$D_{AB} = \frac{T^{1.75} \times 10^{-3} ((18+29) / (18 \times 29))^{1/2}}{((20.1)^{1/3} + (12.7)^{1/3})^2}$$

$$= 1.175 \times 10^{-9} \times T^{1.75} \quad \ldots.(ก10)$$

ก6. ความร้อนจำเพาะของอากาศแห้ง (Specific Heat of Dry air)

แบบจำลองนี้ ใช้ข้อมูลจาก Perry Chemicals Engineer's Handbook แต่เพื่อความสะดวกในการใช้ในโปรแกรม ชิมูเลชั่น ได้สร้างสมการแทนข้อมูลโดยใช้วิธี Regression ดังสมการ

$$Cp = (3.49 \times 10^{-5})T_K + 0.230 \qquad \text{....(ก11)}$$

Cp มีหน่วยเป็น kcal / kg.K

T_K คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์ °K

ก7. ค่าความนำความร้อนของอากาศแห้ง (Thermal Conductivity ,Kg)

แบบจำลองนี้ ใช้ข้อมูลจาก Perry Chemicals Engineer's Handbook แต่เพื่อความสะดวกในการใช้ในโปรแกรม ชิมูเลชั่น ได้สร้างสมการแทนข้อมูลโดยใช้วิธี Regression ดังสมการ

$$Kg = (1.72 \times 10^{-8})T_K + 1.1864 \times 10^{-8} \qquad \text{....(ก12)}$$

Kg มีหน่วยเป็น kcal / m.sec.K

T_K คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์ °K

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก8. ค่าความหนืดของอากาศ (Viscosity , μ_x)

แบบจำลองนี้ ใช้ข้อมูลจาก Perry Chemicals Engineer's Handbook แต่เพื่อความสะดวกในการใช้ในโปรแกรม ซิมูเลชั่น ได้สร้างสมการแทนข้อมูลโดยใช้วิธี Regression ดังสมการ

$$\mu_x = (4.489 \times 10^{-5}) e^{(-269.245/T)} \quad \text{....(ก13)}$$

μ_x มีหน่วยเป็น kg / m.sec

T_x คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์ °K

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.1 เปรียบเทียบค่า Ps,Hs,λระหว่างค่าจาก Handbook กับค่าจากการคำนวณ

อุณหภูมิ (K)	ค่าจาก Handbook			ค่าจากการคำนวณ		
	Ps	Hs	λ	Ps	Hs	λ
283.16	9.2041	0.0076	591.7	9.230	0.0076	592.172
288.16	12.781	0.0106	588.9	12.815	0.0107	589.322
293.16	17.528	0.0147	586.0	17.569	0.0147	586.472
298.16	23.751	0.0200	583.2	23.803	0.0201	583.622
303.16	31.813	0.0272	580.4	31.885	0.0272	580.772
308.16	42.170	0.0366	577.6	42.257	0.0366	577.923
313.16	55.314	0.0488	574.7	55.436	0.0489	575.073
318.16	71.871	0.0650	571.8	72.025	0.0651	572.223
323.16	92.519	0.0862	569.0	92.721	0.0864	569.373
328.16	118.07	0.1140	566.1	118.33	0.1147	566.523
333.16	149.39	0.1520	563.2	149.75	0.1526	563.673
338.16	187.57	0.2040	560.2	188.01	0.2045	560.823
343.16	233.69	0.2760	557.3	234.29	0.2772	557.501
348.16	289.15	0.3820	554.3	289.85	0.3835	554.664
353.16	355.20	0.5450	551.3	356.13	0.5485	551.770
358.16	433.54	0.8280	548.3	434.70	0.8312	548.819
363.16	525.85	1.4000	545.2	527.29	1.4093	545.812
368.16	633.98	3.1200	542.1	635.78	3.1834	542.745

ตารางที่ ก.2 เปรียบเทียบค่า k_f, C_p, μ_f ระหว่างค่าจาก Handbook กับค่าจากการคำนวณ

อุณหภูมิ	ค่าจาก Handbook			ค่าจากการคำนวณ		
(K)	$K_f \times 10^{-6}$	C_p	$\mu_f \times 10^{-5}$	$K_f \times 10^{-6}$	C_p	$\mu_f \times 10^{-5}$
277.78	5.91	0.2399	1.756	5.96	0.2386	1.703
305.56	6.45	0.2403	1.872	6.44	0.2399	1.859
333.33	6.94	0.2407	2.008	6.92	0.2403	2.001
361.11	7.44	0.2413	2.128	7.40	0.2409	2.129
388.89	7.89	0.2419	2.248	7.88	0.2416	2.246
416.67	8.35	0.2428	2.351	8.36	0.2424	2.352
444.44	8.80	0.2428	2.467	8.84	0.2434	2.449
472.22	9.26	0.2449	2.562	9.31	0.2445	2.538
500.00	9.79	0.2462	2.665	9.79	0.2458	2.619

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.3 เปรียบเทียบค่า D_{ab} ระหว่างค่าจาก Handbook กับค่าจากการคำนวณ

อุณหภูมิ (K)	ค่าจาก Handbook	ค่าจากการคำนวณ
293.16	2.42×10^{-5}	2.442×10^{-5}
373.16	3.99×10^{-5}	3.724×10^{-5}
473.16	6.38×10^{-5}	5.643×10^{-5}
573.16	8.73×10^{-5}	7.893×10^{-5}
673.16	11.35×10^{-5}	10.458×10^{-5}

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

การวัดความเร็วของอากาศ

ในการทดลองนี้ใช้ ท่อปิโตต์ (Pitot tube) วัดความเร็วของลมร้อนโดยเปรียบเทียบความถูกต้องกับ Hot-wire Anemometer หลักการทำงานของท่อปิโตต์เป็น ดังต่อไปนี้ ท่อปิโตต์จะประกอบด้วยท่อความดันรวมซึ่งใช้วัดความดันรวม กับท่อความดันสถิตซึ่งมีรูเปิดอยู่ด้านข้างของท่อสำหรับวัดเฉพาะความดันสถิต เมื่อหันท่อปิโตต์ให้อยู่ในทิศสวนทางกับเส้นทางการไหลโดยให้แกนของท่อขนานกับเส้นการไหล

ความดันในท่อความดันรวม = $\rho . u^2 / 2 . g_c + p_s$

โดยที่ u คือ ความเร็ว (m/sec)

p_s คือ ความดันสถิตของการไหล

ส่วนความดันสถิตภายในท่อ = p_s

ดังนั้นผลต่างระหว่างสองความดัน = $\rho . u^2 / 2 . g_c$

จึงสามารถคำนวณความเร็วได้จาก

$$u = \sqrt{\frac{2 . g_c \Delta \rho}{\rho}} = \sqrt{\frac{2 . g_c (\rho' - \rho) h'}{\rho}} \quad \ldots . (ข)$$

โดยที่ ρ' = ความหนาแน่นของน้ำ

ρ = ความหนาแน่นของอากาศ

h' = ความแตกต่างของความดันรวมและความดันสถิต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างการคำนวณค่าความเร็วและอัตราการไหลเชิงมวล (G_o) ของลมร้อนใช้ท่อปิโตต์วัดที่ท่อออบแห้งจุดป้อนแป้งชั้น อุณหภูมิลมร้อน =200 °C

h = 4.0 , 4.1 , 4.2 , 4.0 cm

เฉลี่ย = 4.075 cm

$$G_o = v \times \rho \times S$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \times 9.8 \times (1000-0.7822) \times 4.075 \times 10^{-2}}{0.7822}}$$

$$= 31.942 \text{ m / sec}$$

$$G_o = 31.942 \times 0.7822 \times 0.7854$$

$$= 70643.68 \text{ Kg / hr}$$

ค่าจากการวัดโดย Hot-wire Anemometer

v = 31 m/sec

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

อัลกอริทึมวิธี รันจ์-คัตตา ออร์เดอร์ 3 และ 4
(Algorithm of Third & Fourth Order Runge-Kutta Methods)

วิธีหาคำตอบเชิงตัวเลขสำหรับ สมการอนุพันธ์กรณีค่าเริ่มต้น (Initial Value Problem) มีอยู่หลากหลาย เช่น วิธีของออยเลอร์ (Euler's method), วิธีของอดัมพ์(Adam's method), วิธีของรันจ์-คัตตา (Runge-Kutta method) เป็นต้น ซึ่งในแต่ละวิธีก็มีความแม่นยำแตกต่างกัน ในวิทยานิพนธ์นี้เลือกใช้วิธีของรันจ์-คัตตา ออร์เดอร์ที่ 4 และออร์เดอร์ที่ 3 หาการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต่างๆ ในแบบจำลองนี้ วิธีดังกล่าวสามารถหาคำตอบของชุดสมการอนุพันธ์ลำดับที่หนึ่งพร้อมกันหลายสมการ โดยจะใช้วิธีรันจ์-คัตตา ออร์เดอร์ที่ 4 เป็นวิธีหาคำตอบที่ถูกต้อง และใช้ออร์เดอร์ที่ 3 เป็นการเปรียบเทียบหาค่าความผิดพลาดสัมพัทธ์ (Relative Error) โดยจะกำหนดความผิดพลาดในแต่ละจุด 0.1 %

ขั้นตอนการทำงานของวิธีรันจ์-คัตตา ออร์เดอร์ที่ 4 มีดังนี้

1. ชุดของสมการอนุพันธ์

$$dy_j/dX = f_j(X, y_j)$$

ค่าเริ่มต้น (Initial condition) $X = X_0$ จะได้

$y_j(X_0) = y_{j,0}$

โดยให้ช่วงห่าง (Step size) = Z

2. คำนวณค่าของชุดสมการอนุพันธ์ที่ X_0 ,$y_{j,0}$

$dy_j/dX = f_{j,0}(X_0 , y_{j,0})$

- คำนวณค่า $k_{1,j}$

$k_{1,j} = Z * f_{j,0}(X_0 , y_{j,0})$

3. ปรับตัวแปรเพิ่มตามช่วงห่าง Z

$X = X_0 + Z/2$

$y_j = y_{j,0} + k_{1,j} / 2$

- คำนวณค่าของชุดสมการอนุพันธ์ที่ X, y_j ใหม่

$dy_j/dX = f_j(X , y_j)$

- คำนวณค่า $k_{2,j}$

$k_{2,j} = Z * f_j(X , y_j)$

4. ปรับตัวแปรเพิ่มตามช่วงห่าง Z

$X = X + Z/2$

$y_j = y_j + k_{2,j} / 2$

- คำนวณค่าของชุดสมการอนุพันธ์ที่ X, y_j ใหม่

$dy_j/dX = f_j(X , y_j)$

- คำนวณค่า $k_{3,j}$

$k_{3,j} = Z * f_j(X , y_j)$

5. ปรับตัวแปรเพิ่มตามช่วงห่าง Z

$X = X + Z$

$y_j = y_j + k_{3,j} / 2$

- คำนวณค่าของชุดสมการอนุพันธ์ที่ X, y_j ใหม่

$dy_j/dX = f_j(X , y_j)$

- คำนวณค่า $k_{4,j}$

$k_{4,j} = Z * f_j(X , y_j)$

6. คำนวณค่าตอบของชุดสมการอนุพันธ์

$y_j = y_{j,0}+(1/6)[k_{1,j}+(2*k_{2,j})+(2*k_{3,j})+k_{4,j}]$

โดยที่ $i = 1 , 2 , 3 , 4$

$j = 1 , 2 , ..., n$

กรณีวิธีรันจ์-คัตตา ออร์เดอร์ที่ 3 จะเหมือนกับ วิธีออร์เดอร์ที่ 4 แต่การหาค่า $k_{1,j}$ และคำตอบของสมการจะแตกต่างกันดังนี้

$k_{1,j} = Z * f_j(X_0 , y_j)$

$k_{2,j} = Z * f_j(X , y_j)$

โดยที่ $X = X_0 + Z/2 , y_j = y_{j,0} + k_{1,j} /2$

$k_{3,j} = Z * f_j(X , y_j)$

โดยที่ $X = X + Z , y_j = y_j - k_{1,j} + (2*k_{2,j})$

คำตอบของสมการคือ

$y_j = y_{j,0} + (1/6)*[k_{1,j} + (4*k_{2,j}) + k_{3,j}]$

โดยที่ $i = 1 , 2 , 3$

$j = 1 , 2 , ..., n$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

การหาการกระจายขนาดอนุภาค (Size Distribution) ของผลิตภัณฑ์แป้ง

โดยปกติแล้วการวัดขนาดอนุภาคนั้นมีหลายวิธี แต่วิธีที่ง่ายที่สุด คือ วิธีการร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐาน (Standard Sieve) ในที่นี้จะใช้ตะแกรงตามมาตรฐานของเทเลอร์ (Tyler Standard Screen Sizes) เพื่อหาขนาดของอนุภาคที่ตกค้างบนและเล็ดลอดผ่านตะแกรงแต่ละชั้น โดยใช้ตะแกรง Mesh # 80,100,150,200

วิธีการทดลอง

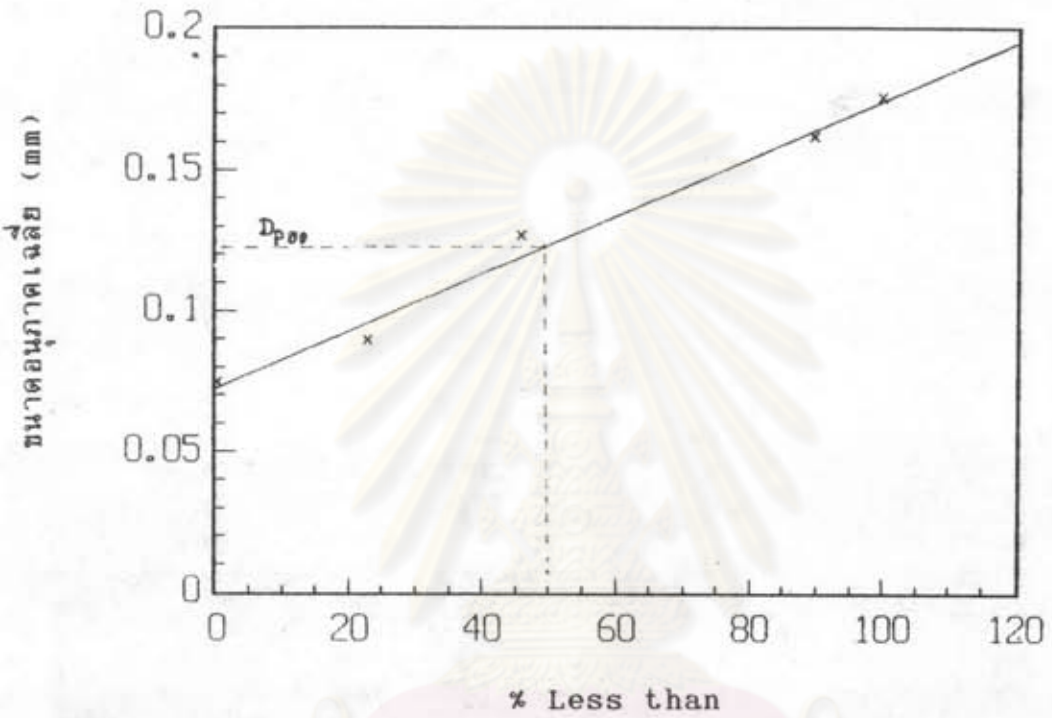
1. ตัวอย่างผลิตภัณฑ์แป้งจากเครื่องอบแห้ง = 50.00 g.
2. ร่อนผ่านตะแกรงขนาดต่างๆ โดยใช้เครื่องเขย่า เป็นเวลา 15 นาที
3. ชั่งตัวอย่างแป้งที่ค้างอยู่บนตะแกรงแต่ละขนาด

ผลการทดลอง

Mesh #	Size Range(m.m)	Avg.D_p(m.m)	Weight fraction
80	>0.175	0.175	0.003
100	0.147 - 0.175	0.161	0.102
150	0.104 - 0.147	0.125	0.437
200	0.074 - 0.104	0.089	0.230
<200	0 - 0.074	0.074	0.227

พลอตกราฟระหว่าง Avg.Dp กับ % less than หาค่า Dp_{50}

ดังนั้น Dp = 0.121 mm.



รูปที่ ง ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดอนุภาคเฉลี่ย กับ % Less than

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ

ตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่างข้อมูล

ข้อมูล	ทางเข้าเครื่อง	ทางออกเครื่อง
อุณหภูมิลมร้อน (°C)	205	107
อุณหภูมิวัสดุ (°C)	33	58
ความชื้นลมร้อน	0.014	0.052
ความชื้นแป้ง (kg/kgวัสดุไร้ชื้น	0.6129	0.1429
	38 %	12.5 %
อัตราป้อนแป้ง(kgวัสดุไร้ชื้น/hr)	5758.42	5758.42
ที่ 12.5 % (kg/hr)		6581.3

1. คำนวณอัตราส่วนความชื้น (Moisture content)

$$W_1 = \frac{0.38}{1 - 0.38} = 0.6129$$

$$W_2 = \frac{0.125}{1 - 0.125} = 0.1429$$

2. คำนวณปริมาณแป้งไร้ชื้นป้อนเข้าท่ออบแห้ง

$$\text{ปริมาณแป้งอบแห้งไร้ชื้น} = \frac{6581.3}{1 + 0.1429}$$

$$= 5758.42 \quad \text{Kgไร้ชื้น/hr}$$

3. คำนวณสมการดุลมวลสารรวม

จากสมการสมดุลมวลรวมจะได้

G_o = 69712.0 kg/hr

$$69712x(0.052-0.014) = 5758.42x(0.6129-0.1429)$$

$$2649.056 = 2706.457$$

$$\text{Relative Error} = \frac{(2649.056-2706.457)}{2649.056}x100$$

$$= -2.16\ \%$$

4. คำนวณสมการดุลพลังงานสารรวม

จากสมการสมดุลพลังงานรวมจะได้

i_1 = 0.24 x(205)+(595+0.45x(205)x(0.014))

= 58.822

i_2 = 0.24 x(107)+(595+0.45x(107)x(0.052))

= 59.124

LHS =69712(58.822)+5758.42[0.44+(1)(0.6129)]33

= 4300679.598

RHS =69712(59.124)+5758.42[0.44+(1)(0.1429)]58

= 4316334.103

$$\text{Relative Error} = \frac{(4300679.59-4316334.10)}{4300679.59}x100$$

$$= -0.36\ \%$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. คำนวณปริมาณความร้อนที่ใช้

5.1 ความร้อนที่ใช้ในการระเหยน้ำ (Q_1)

$$Q_1 = W_o.(w_1 - w_2)\lambda$$
$$= (5758.42)[0.6129 - 0.1429](595)$$
$$= 1610342.153 \text{ kcal / hr}$$

5.2 ความร้อนที่ใช้เพิ่มอุณหภูมิของน้ำ (Q_2)

$$Q_2 = W_o.(w_1 - w_2).C_w.(T_{w2} - T_{w1})$$
$$= (5758.42)[0.6129-0.1429](1)(50-33)$$
$$= 46009.776 \text{ kcal / hr}$$

5.3 ความร้อนที่ใช้เพิ่มอุณหภูมิของแป้ง (Q_3)

$$Q_3 = W_o.C_m.(T_{m2} - T_{m1})$$
$$=(5758.42)x0.44x(58-33)$$
$$= 63342.62 \text{ kcal / hr}$$

5.4 ความร้อนรวมที่ใช้ในการอบแห้ง(Q_t)

$$Q_t = Q_1 + Q_2 + Q_3$$
$$= 1610342.153+46009.776+63342.62$$
$$= 1719694.549 \text{ kcal / hr}$$

ภาคผนวก ฉ

การคำนวณความดันลดของเครื่องอบแห้ง

- ในการหาเงื่อนไขการปฏิบัติงานที่เหมาะสมนั้น จะต้องมีการหาต้นทุนการปฏิบัติงานที่เงื่อนไขต่าง ๆ รายละเอียดดังต่อไปนี้

การคำนวณความดันลดของเครื่องอบแห้ง

1. ความดันลดที่ทางเข้า (ΔP_{ai})

$$\Delta P_{ai} = \Sigma_{ai} \cdot (\rho_{ai}/2)\, u_{ai}^2 \quad \ldots.(ฉ1)$$

Σ_{ai} = สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน (0.1 - 0.8)

2. ความดันลดของลมถึงจุดป้อนแป้ง (ΔP_{ad})

$$\Delta P_{ad} = {}_{ad} \cdot (L_d/D_d) \cdot (\rho_{ad}/2)\, u_{ad}^2 \quad \ldots.(ฉ2)$$

3. ความดันลดช่วงเร่งความเร็ววัสดุ (Acceleration pressure drop, ΔP_{ac})

$$\Delta P_{ac} = (C+\Gamma) \cdot (\rho_{ac}/2)\, u_{ac}^2 \quad \ldots.(ฉ3)$$

C = สัมประสิทธิ์การป้อนวัสดุ สำหรับกรณีป้อนโดยโรตารี =1 - 3

$\Gamma = W_o / G_o$

4. ความดันลดในท่ออบแห้ง (ΔP_m)

$$\Delta P_{ac} = (1+\beta\Gamma).\ \Delta P_a \quad \ldots.(ฉ4)$$

$$\Delta P_a = \lambda_a.(L_{eq}/D_d).\ (\rho_a/2)\ u_a^2 \quad \ldots.(ฉ5)$$

$$\beta = 0.38 - 0.42$$

$$L_{eq} = L_x + kL_x + D(\theta_1 + \theta_2 + \ldots\theta_n)/90$$

5. ความดันลดไซโคลน (ΔP_{cy})

$$\Delta P_{cy} = \lambda_{cy}.(\rho_a/2)\ u_{cy}^2 \quad \ldots.(ฉ6)$$

λ_{cy} = สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของไซโคลน =10-20

6.ความดันลดจากทางออกไซโคลนถึงท่อทางออก

$$\Delta P_{ae} = \lambda_{ae}.(L_e/D_e).\ (\rho_{ae}/2)\ u_{ae}^2 \quad \ldots.(ฉ7)$$

7. ความดันลดที่ทางออก (ΔP_{ex})

$$\Delta P_{ex} = \lambda_{ex}.(\rho_{ex}/2)\ u_{ex}^2 \quad \ldots.(ฉ8)$$

λ_{ex} = 10 - 20

8. ความดันลดรวม (ΔP_t)

$$\Delta P_t = \Delta P_{a1}+\Delta P_{ad}+\Delta P_{ac}+\Delta P_m+\Delta P_{cy}+\Delta P_{ae}+\Delta P_{ex} \quad \ldots.(ฉ9)$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ช

ผลการเก็บข้อมูลจริง

รายละเอียดข้อมูลที่เก็บมีดังนี้

1. การเก็บข้อมูล เริ่มเก็บตั้งแต่ กุมภาพันธ์ ถึง มิถุนายน รวม 98 ข้อมูล
2. การทำดุลมวลรวม และดุลของพลังงานความร้อนรวม คำนวณจากสมการ 4.1 , 4.2
3. การคำนวณความร้อนที่ใช้ในการอบแห้ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ช ตัวอย่างข้อมูลจากการวัดจริงในโรงงาน

ข้อมูล	1/02/95	2/02/95	3/02/95	4/02/95	7/02/95	8/02/95	9/02/95	10/02/95	11/02/95	12/02/95	13/02/95	15/02/95	16/02/95	17/02/95	19/02/95	23/02/95	24/02/95	25/02/95	26/02/95	27/02/95
T air (อุณหภูมิอากาศเข้าอากาศ , C)	24	30	30	30	31	31	30	30	35	34	34	35	32	30	28.5	32	30	30	32	32
T w,air (อุณหภูมิอากาศโดยกระเปาะ , C)	18	21	22	22	23	23	24	24	25	25	25	25	23	25	23	24	24	24	24	24
T 1 (อุณหภูมิกระดับเข้า , C)	180	160	200	200	200	196	180	176	188	174	175	190	197	190	209	202	210	205	192	196
T 2 (อุณหภูมิกระดับออก , C)	114	105	120	95	95	119	117	115	116	112	112	113	115	113	118	119	114	116	114	119
T w2 (อุณหภูมิกระเปาะโดยกระดับออก , C)	46	44.5	50	50	49	48	48	47	48	47.5	48	47	49	49	48.5	49.5	48.5	49	47	48.5
T s1 (อุณหภูมิเมล็ดขั้นเข้า , C)	23	35	34	33	30	32	32	31	34	34	34	34	33	31	28	33	31	32	32	31
T s2 (อุณหภูมิเมล็ดเมล็ดออก , C)	60	58	60	60	64	63	62	61	58	56	57	62	60	58	60	60	58	59	61	65
H 1 (ความชื้นอากาศเข้า , kg/kg อากาศแห้ง)	0.01	0.012	0.014	0.014	0.015	0.015	0.016	0.016	0.014	0.015	0.015	0.014	0.014	0.018	0.014	0.015	0.016	0.016	0.015	0.015
H 2 (ความชื้นอากาศออก , kg/kg อากาศแห้ง)	0.0400	0.0360	0.0560	0.0560	0.0500	0.0460	0.0460	0.0440	0.047	0.046	0.048	0.044	0.046	0.048	0.048	0.052	0.05	0.051	0.044	0.048
G o (อัตราการไหลของอากาศแห้ง kg/hr)	73756.8	77056.0	70448.7	70448.7	70401.5	71153.4	73459.4	74113.6	72281.9	74494.9	74328.7	71969.7	70899.2	71777.7	69133.7	70105.1	68898.3	69618.7	71612.3	71001.7
เมล็ดเข้าที่ (kg/hr)	6000	5000	8000	8000	7581	7125	5800	5730	5800	6400	6450	5800	6281	5800	6575	6497	6802	6837	5949	6625
W o (kg เมล็ดไร้อาหารต้น /hr)	5280	4395	7040	7040	6650.07	6220.12	5192	4973.64	5092.4	5568	5676	5094.4	5502.15	5046	5812.3	5665.28	5964.33	5800.73	5163.73	5800
ความชื้นเมล็ดขั้น (%)	34.0	36	36.8	36.5	35	34.5	35	35.6	36.2	36	35.5	35.0	37	36.0	36.7	38.6	36.7	36.5	36.4	36.5
ความชื้นเมล็ดเมล็ด (%)	12	13.5	12	11.5	12.5	12.7	12	13.2	12.2	13	12	13.2	12.4	13	11.8	12.8	12.7	12.6	13.2	12
w 1 (moisture content เมล็ดขั้น)	0.53374	0.5625	0.58227	0.57480	0.53846	0.52671	0.53846	0.56279	0.56739	0.5625	0.55038	0.55763	0.58730	0.58227	0.57977	0.62866	0.57977	0.57480	0.57232	0.57480
w 2 (moisture content เมล็ดเมล็ด)	0. 13636	0. 15606	0. 13636	0. 12994	0. 14205	0. 14547	0. 13636	0. 15207	0. 13865	0. 14942	0. 13636	0. 15207	0. 14155	0. 14942	0. 13122	0. 14678	0. 14547	0. 14416	0. 15207	0. 13636
Mass balance																				
LHS	2088.15	1757.81	3139.24	3149.60	2824.19	2971.37	2087.69	1993.04	2191.81	2300	2350	2041.74	2452.58	2184.17	2607.14	2730.00	2590.33	2498.02	2170.07	2566.10
RHS	2212.70	1649.39	3099.74	2968.84	2464.05	2205.75	2203.78	2075.18	2385.30	2309.34	2452.84	2159.09	2268.74	2153.33	2350.54	2593.89	2342.54	2436.65	2076.75	2343.05
Relative error (%)	5.46609	5.20986	-1.2581	-6.0666	-6.1024	-6.9940	5.56090	4. 12132	9.32609	0.40629	4.37666	5.74749	-7.4956	-1.4122	-9.8422	-4.9859	-9.5659	-2.4565	-4.3002	-8.3047
Energy balance																				
I 1 (เส้นด้ายเข้า)	49.96	46.404	57.58	57.59	58.275	57.0412	54.016	53.0272	54.6344	51.8595	52.1062	55.127	56.8611	57.849	59.8067	58.7695	61.432	60.196	56.301	57.269
I 2 (เส้นด้ายออก)	53.212	48.321	66.442	58.514	54.6875	58.3933	57.8719	56.057	58.2594	56.5894	57.8592	55.5374	57.3505	58.1208	59.4269	62.0212	59.675	60.8472	55.7972	59.6904
LHS	3803144	3727553	4301835	4294241	4297363	4251098	4130553	4083113	4123501	4053059	4084122	4139242	4217172	4312181	4300624	4318771	4421112	4379142	4199120	4250953
RHS	4107342	3873044	4924211	4364349	4097526	4384311	4436774	4334221	4382027	4397849	4487075	4161820	4258038	4344285	4307742	4547470	4314040	4436033	4182262	4456535
Relative error (%)	7.40620	3.75649	12.6390	1.60637	-4.8770	3.03839	6.90187	5.78361	5.88968	7.84000	9.42602	1.04207	0.95973	0.73899	0. 16523	5.00716	-2.4819	1.28247	-0.4031	4.81305
ความสิ้นเปลืองพลังงานรวม	1248404	1045898	1867848	1674015	1561394	1410967	1242176	1189360	1288181	1368500	1396250	1214838	1458285	1289585	1551253	1624395	1541247	1496322	1291194	1520380
ความสิ้นเปลืองพลังงานความร้อน	85968.4	43769	80537.6	84110.4	98235.2	84842.5	68534.4	65652.0	53775.7	53898.2	57441.1	62023.8	65366.6	59946.4	81837.1	67304.7	70856.3	69912.7	65889.2	87216.8
ความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า	46257.6	16699.2	50227.8	53643.3	49959.6	37941.9	33403.0	31888.6	30545.4	31050	32900	26542.6	36799.7	37131.0	53446.5	45045.1	45330.8	42486.3	32551.1	44731.7
ความสิ้นเปลืองรวม	1382620	1106366	1998613	2011669	1710489	1533752	1344114	1289401	1382503	1453448	1486591	1303404	1561439	1386662	1686537	1736705	1657434	1597701	1389635	1652629

ตารางที่ ช ตัวอย่างข้อมูลจากการวัดจริงในโรงงาน (ต่อ)

ข้อมูล	26/02/95	2/03/95	4/03/95	5/03/95	6/03/95	15/03/95	16/03/95	17/03/95	18/03/95	19/03/95	20/03/95	21/03/95	22/03/95	23/03/95	24/03/95	25/03/95	26/03/95	27/03/95	28/03/95	29/03/95
T air (อุณหภูมิกระเปาะเปียกอากาศ , C)	32	36	35	35	35	35	36	36	35	35	34	35	35	34	34	35	35	34	34	35
T w air (อุณหภูมิกระเปาะโบกอากาศ , C)	24	25	25	25	26	25	26	25	25	25	24	24	26	25	26	26	26	26	26	25
T 1 (อุณหภูมิขาเข้า , C)	208	205	190	201	208	200	195	210	202	210	190	198	185	180	180	182	190	200	200	190
T 2 (อุณหภูมิขาออก , C)	117	113	109	119	114	116	108	117	117	119	119	116	104	109	111	109	114	118	115	114
T w2 (อุณหภูมิกระเปาะโบกขาออก , C)	49	48	47.5	49.5	49	49	47.5	49	50	50	49	48	46	47	47	46.5	48	49.5	49.5	48.5
T s1 (อุณหภูมิเมล็ดขาเข้า , C)	32	35	34	33	34	34	34	34	33	32	34	34	34	32	31	32	32	32	31	33
T s2 (อุณหภูมิเมล็ดขาออก , C)	59	58	58	60	59	61	60	62	62	58	61	59	56	57	55	54	54	55	56	58
H 1 (ความชื้นอากาศเข้า , kg/kg อากาศแห้ง)	0.015	0.014	0.015	0.015	0.016	0.015	0.016	0.014	0.015	0.015	0.014	0.014	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.017	0.017	0.015
H 2 (ความชื้นอากาศออก , kg/kg อากาศแห้ง)	0.052	0.048	0.046	0.052	0.052	0.052	0.046	0.054	0.056	0.052	0.048	0.046	0.042	0.044	0.044	0.043	0.048	0.054	0.052	0.048
G o (ความเร็วอัตราการไหลเมล็ดพืช ,kg/hr)	69230.9	69712.0	71921.5	70253.0	69184.6	70401.5	71106.8	68890.6	70105.1	68944.4	70747.7	70747.7	72857.8	73459.4	73459.4	73136.7	71873.4	70307.5	70307.5	71921.5
เมล็ดเข้าแห้ง (kg/hr)	6875	6456.3	5901.9	6635	7005	6581.3	6435	6892.5	6681.3	6818.8	6406.3	6456.3	5706.3	5981.3	5706.3	5813	6407.5	6443.9	6518.8	6581.3
W o (kg เมล็ดไม่รวมชื้น/hr)	5985	5694.45	5164.16	5798.99	6134.52	5758.63	5611.32	5907.33	5829.45	5966.45	5536.04	5629.89	4993.01	5215.69	4993.01	5086.37	5606.56	5631.88	5694.39	6064.88
ความชื้นเมล็ดขึ้น (%)	36.7	37.2	36	37	35.2	36.8	35.8	38	37.6	38	36.8	36.3	35.2	36	35.5	34.3	35.2	38.2	37	35.6
ความชื้นเมล็ดเข้า (%)	12.8	11.8	12.5	12.6	12.8	12.5	12.8	11.6	12.6	12.5	13.6	12.8	12.5	12.8	12.5	12.5	12.5	12.6	12.8	12.5
w 1 (moisture content เมล็ดขึ้น)	0.57977	0.58205	0.5625	0.58730	0.54320	0.59227	0.55763	0.61290	0.60256	0.61290	0.56227	0.56985	0.54320	0.5625	0.55038	0.52207	0.54320	0.61812	0.58730	0.55279
w 2 (moisture content เมล็ดเข้า)	0.14678	0.13378	0.14285	0.14416	0.14678	0.14285	0.14678	0.13122	0.14416	0.14285	0.15740	0.14678	0.14285	0.14678	0.14285	0.14285	0.14285	0.14416	0.14678	0.14285
Mass balance																				
LHS	2985.77	2611.30	2167.10	2569.74	2431.85	2530.46	2205.37	2845.45	2676.80	2804.50	2351.67	2361.83	1996.96	2168.22	2034.80	1828.81	2244.60	2669.27	2504.04	2486.22
RHS	2561.54	2370.21	2229.56	2599.36	2490.64	2604.65	2133.17	2759.62	2674.31	2550.94	2405.42	2193.18	1889.10	2056.86	2056.86	1974.69	2299.95	2601.37	2460.76	2373.41
Relative error (%)	-1.3186	-9.2927	2.88236	1.15250	2.41778	2.93968	-7.4694	-3.0162	7.37856	-9.0412	2.26539	-7.9206	-5.4959	-5.1357	1.08419	2.37626	2.46581	-2.5436	-1.7265	-4.5376
Energy balance																				
i 1 (เส้นดิ่งขาเข้า)	60.249	58.8215	55.8075	58.5217	60.9376	58.275	57.724	60.053	58.7685	60.7425	57.0974	57.0974	55.252	54.016	54.016	54.5104	56.466	59.645	59.645	55.8075
i 2 (เส้นดิ่งขาออก)	61.7578	58.1208	55.7863	62.2846	60.9676	61.4944	55.5256	63.0531	64.3494	62.2846	59.6904	56.964	51.9156	54.4982	55.0178	53.8541	58.3824	63.3174	61.231	58.3824
LHS	4366731	4306923	4188781	4307921	4421020	4302803	4294846	4354571	4320880	4388882	4231899	4232818	4181401	4135307	4121283	4143001	4236384	4384186	4374519	4212460
RHS	4483103	4241231	4169814	4578936	4430404	4534043	4145753	4559287	4722651	4495874	4424671	4224987	3935046	4177859	4201641	4098805	4372606	4532536	4491769	4403979
RHS	2.59578	-1.5347	-0.0708	5.91871	0.21181	5.10006	-3.5962	4.49010	8.50730	2.37978	4.35675	-0.1853	-6.2605	1.01850	1.91253	-1.0855	3.11534	5.36302	2.61078	4.34877
ความชื้นการระเหยน้ำ	1544485	1553727	1289426	1529898	1446851	1505628	1371697	1693043	1592697	1666681	1399249	1417193	1193694	1290091	1210708	1147647	1335538	1589219	1489907	1479305
ความชื้นที่ใช้ทำลายพลังงานในเมล็ด	71220.6	57627.9	54533.5	68892.0	67479.7	69412.6	64193.5	72778.3	74511.4	68256.1	65756.3	61928.8	48332.3	57372.6	52726.2	49236.1	54271.5	58994.6	62528.3	66713.7
ความชื้นที่ใช้ทำลายพลังงานน้ำ	44128.1	33846.9	29256.9	42400.8	36477.7	37957.0	31122.5	42681.7	45506.6	50481.1	36275.1	33945.7	23987.5	32523.3	32556.8	27967.8	35913.6	46712.3	46924.8	38536.5
ความชื้นรวม	1659834	1645301	1373216	1640291	1550909	1611999	1467013	1808503	1712714	1787418	1500260	1512467	1261704	1379987	1299991	1224851	1425723	1693126	1598761	1584565

ตารางที่ ช ตัวอย่างข้อมูลจากการวัดจริงในโรงงาน (ต่อ)

ข้อมูล	30/03/95	31/03/95	2/04/95	3/04/95	4/04/95	5/04/95	7/04/95	8/04/95	17/04/95	18/04/95	19/04/95	20/04/95	21/04/95	26/04/95	27/04/95	28/04/95	29/04/95	30/04/95	1/05/95	2/05/95
T air (อุณหภูมิกระเปาะเปียกอากาศ , C)	36	35	34	35	34	35	36	35	35	35	35	35	35	36	36	35	35	36	35	36
T w air (อุณหภูมิกระเปาะเปียกอากาศ , C)	25	25	25	24	24	25	26	26	24	24	25	24	25	25	25	26	25	25	24	25
T 1 (อุณหภูมิรวงผึ้งเข้า , C)	200	210	190	205	205	190	210	208	205	205	200	195	190	190	188	176	188	190	195	190
T 2 (อุณหภูมิรวงผึ้งออก , C)	119	120	108	106	112	105	119	110	107	112	115	106	118	103	101	106	106	104	119	119
T w2 (อุณหภูมิกระเปาะเปียกของผึ้งออก , C)	49	49	47	49	49	49	50	48	50	49	48	50	48	49	48	48	49	49	49	49
T s1 (อุณหภูมิเนื้อผึ้งเข้า , C)	34	33	35	35	33	33	35	34	33	35	30	34	34	35	34	33	33	34	33	33
T s2 (อุณหภูมิเนื้อผึ้งออก , C)	60	59	60	59	57	59	59	56	58	59	58	55	59	52	52	56	58	60	62	60
H 1 (ความชื้นอากาศเข้า , kg/kgอากาศแห้ง)	0.015	0.015	0.016	0.015	0.014	0.016	0.018	0.018	0.014	0.014	0.015	0.014	0.015	0.015	0.015	0.018	0.015	0.015	0.014	0.015
H 2 (ความชื้นอากาศออก , kg/kgอากาศแห้ง)	0.056	0.059	0.046	0.05	0.049	0.048	0.052	0.049	0.052	0.048	0.048	0.052	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048
G o (ความเร็วลมผ่านเส้นผ่าศูนย์กลาง ,kg/hr)	70401.5	68944.4	71873.4	69665.3	69712.0	71873.4	68806.5	69092.5	69712.0	69712.0	70401.5	71201.1	71921.5	71921.5	72233.4	74014.9	72233.4	71921.5	71201.1	71921.5
เนื้อผึ้งที่ได้ (kg/hr)	6781.3	7081.3	6456.3	6456.3	6331.3	6312.5	6231.3	6268.8	6581.3	6731.3	6518.8	6656.3	6481.3	6518.8	6656.3	5726.8	5805	6065	6518.8	6692.5
W o (kg.เม็ดไร้รวงผึ้ง /hr)	5947.20	6245.70	5707.36	5616.96	5520.89	5517.12	5433.69	5441.31	5758.63	5869.69	5703.85	5824.26	5716.50	5690.91	5817.60	4970.86	5098.79	5537.55	5703.95	5827.14
ความชื้นเม็ดชื้น (%)	38.2	38.9	35.2	35.8	36	35.6	35.5	35.3	38	36.5	35.5	36.2	35.5	34.6	35.2	36.6	36.5	36	36.7	35.4
ความชื้นเม็ดแห้ง (%)	12.3	11.8	11.6	13	12.8	12.6	12.0	13.2	12.5	12.8	12.5	12.5	11.8	12.7	12.6	13.2	12.2	13	12.5	12.8
w 1 (moisture content เม็ดชื้น)	0.61812	0.63666	0.54320	0.55763	0.5625	0.56279	0.55038	0.54559	0.61290	0.57480	0.55038	0.56739	0.55038	0.52905	0.54320	0.57726	0.57480	0.5625	0.57977	0.54798
w 2 (moisture content เม็ดแห้ง)	0.14025	0.13378	0.13122	0.14942	0.14678	0.14416	0.14678	0.15207	0.14285	0.14678	0.14285	0.14285	0.13378	0.14547	0.14416	0.15207	0.13985	0.14942	0.14285	0.14678
Mass balance																				
LHS	2842.00	3140.80	2561.36	2292.89	2295.09	2254.46	2193.03	2141.27	2706.82	2512.31	2324.53	2472.63	2381.50	2182.90	2321.48	2113.67	2221.44	2287.42	2492.17	2337.84
RHS	2886.46	2964.60	2156.20	2438.28	2439.92	2299.95	2339.42	2072.77	2649.05	2370.21	2323.24	2705.64	2373.41	2373.41	2383.70	2220.44	2383.70	2373.41	2420.83	2373.41
Relative error (%)	1.56442	-5.6099	-8.3000	6.34113	6.31026	2.01759	6.67521	-3.1989	-2.1340	-5.6561	-0.0552	9.42395	-0.3097	8.72737	2.69003	5.06152	7.30440	3.75920	-2.8625	1.52149
Energy balance																				
I 1 (เส้นอัตราเข้า)	58.275	60.7425	56.499	58.5087	58.8215	56.499	62.811	62.3148	58.8215	58.8215	58.275	58.3595	55.8075	55.8075	55.314	54.3756	55.314	55.8075	56.3595	55.8075
I 2 (เส้นอัตราออก)	64.8788	66.442	55.5256	57.575	58.5046	58.028	62.2946	57.306	59.1238	57.8592	58.644	58.8904	59.4288	55.5048	54.9816	56.2686	56.2686	55.7684	59.6804	59.6804
LHS	4316605	4409764	4256391	4341826	4283214	4240740	4510159	4497629	4300657	4309049	4272121	4212279	4206254	4206778	4189899	4191484	4166205	4202509	4204743	4203746
RHS	4774617	4792242	4196426	4206318	4263134	4217077	4473706	4141904	4316317	4296697	4321452	4378637	4467734	4165248	4148229	4331099	4237138	4206843	4456149	4490133
Relative error (%)	9.59264	7.98119	-1.6712	-3.2215	-0.4710	-0.5811	-0.8148	-0.8518	0.36281	-1.7077	1.14152	3.77732	5.85262	-0.9970	-1.0069	3.22332	1.67408	0.08829	5.64178	6.54567
ความร้อนการระเหยน้ำ	1890990	1988779	1389064	1364270	1369582	1341406	1304953	1274059	1610560	1494325	1383097	1471219	1418993	1298826	1382284	1257637	1321757	1361016	1482846	1391015
ความร้อนที่ใช้ทำอุณหภูมิเม็ด	68035.9	71450.8	62781.0	59015.3	58300.6	63115.9	57379.8	52671.9	63345.0	61993.9	70272.6	53816.1	52881.5	42568.0	46075.4	50305.1	58064.6	63049.5	72782.4	69226.4
ความร้อนที่ใช้ทำอุณหภูมิน้ำ	42630.0	50252.8	28216.4	32100.4	36721.5	36071.4	32895.4	29977.8	46016.0	35172.3	41941.6	39562.2	33341.0	30560.6	32500.8	31705.1	35543.0	34311.3	39874.8	37405.4
ความร้อนรวม	1601656	1990463	1490061	1455686	1460604	1440560	1395128	1366700	1719921	1591981	1495211	1564969	1513215	1371954	1459761	1339648	1413386	1458676	1599504	1497647

ตารางที่ ช ตัวอย่างข้อมูลจากการวัดจริงในโรงงาน (ต่อ)

ข้อมูล	3/05/95	4/05/95	5/05/95	6/05/95	7/05/95	8/05/95	9/05/95	10/05/95	14/05/95	15/05/95	16/05/95	17/05/95	18/05/95	19/05/95	23/05/95	24/05/95	25/05/95	26/05/95	27/05/95	28/05/95
T air (อุณหภูมิของอากาศ, C)	34	35	36	35	34	34	34	34	35	34	34	35	34	34	34	35	35	34	35	35
T w air (อุณหภูมิของอากาศ, C)	24	24	25	25	25	24	25	25	24	26	26	24	25	25	25	25	24	24	25	25
T 1(อุณหภูมิของเข้า, C)	205	200	210	180	180	180	200	200	210	202	200	200	205	200	210	205	200	200	210	200
T 2(อุณหภูมิของออก, C)	115	114	118	106	101	100	118	110	115	116	115	112	114	116	114	110	111	113	117	113
T w2 (อุณหภูมิของของออก, C)	48	48	49	47	46	47	49	48	49	49	49	48	48	49	49	47	48	48	49	48
T s1(อุณหภูมิเม็ดเข้า, C)	31	32	33	32	31	31	32	30	33	32	35	34	34	34	32	31	33	31	31	33
T s2(อุณหภูมิเม็ดของออก, C)	61	59	62	56	52	50	58	59	61	58	56	54	59	53	59	54	54	60	60	60
H1 (ความชื้นอากาศเข้า, kg/kgอากาศแห้ง)	0.013	0.014	0.015	0.015	0.015	0.014	0.015	0.015	0.015	0.018	0.018	0.015	0.016	0.016	0.016	0.015	0.015	0.014	0.015	0.015
H2 (ความชื้นของออก, kgAkgอากาศแห้ง)	0.046	0.048	0.052	0.046	0.044	0.046	0.048	0.048	0.052	0.05	0.052	0.048	0.05	0.048	0.05	0.044	0.046	0.046	0.048	0.046
G o (ความเร็วมวลของเม็ดแห้ง kg/hr)	68750.9	70448.7	68944.4	73508.6	73500.6	73567.9	70401.5	70401.5	68944.4	69965.0	70260.7	70401.5	69618.7	70354.4	68898.3	69665.3	70401.5	70448.7	68944.4	70401.5
เม็ดเข้าทั้งสิ้น (kg/hr)	6920	6443.8	6281.3	6281.3	6331.3	6296.3	6591.3	6656.3	6570	6406.3	6331.3	6468.8	6581.3	6331.3	6443.8	6556.3	6281.3	6331.3	6518.8	6456.3
W o (kg เม็ดไร้ความชื้น/hr)	5665.86	5686.31	5496.13	5514.99	5562.56	5436.72	5686.24	5690.91	5735.61	5618.32	5577.87	5634.32	5719.14	5533.55	5638.32	5697.42	5514.98	5501.89	5636.76	5649.26
ความชื้นเม็ดเข้า (%)	36.5	36.3	38.2	35.7	35.6	35.8	37.4	36.5	38	36	36.2	37.4	37	36.2	36.7	35.3	36.8	37	38	35.8
ความชื้นเม็ดเข้า (%)	13.1	11.6	12.5	12.2	12.3	13.1	13.6	12.4	12.7	12.3	11.9	12.9	13.1	12.6	12.5	13.1	12.2	13.1	13.5	12.5
w1 (moisture content เม็ดชื้น)	0.57480	0.56985	0.61812	0.55520	0.56279	0.56763	0.59744	0.57480	0.61290	0.5625	0.56739	0.59744	0.58730	0.56739	0.57977	0.54559	0.58227	0.58730	0.61290	0.55763
w2 (moisture content เม็ดแห้ง)	0.15074	0.13122	0.14285	0.13695	0.14025	0.15074	0.16740	0.14155	0.14547	0.14025	0.13507	0.14810	0.15074	0.14416	0.14285	0.15074	0.13695	0.15074	0.15606	0.14285
Mass balance																				
LHS	2402.64	2486.61	2612.12	2295.65	2290.67	2212.11	2502.15	2526.24	2680.98	2372.33	2411.45	2531.71	2496.71	2341.96	2483.50	2249.61	2444.93	2401.87	2575.97	2343.17
RHS	2202.04	2395.25	2550.94	2278.76	2131.75	2353.85	2323.24	2323.24	2550.94	2238.88	2386.86	2323.24	2367.03	2251.34	2342.54	2020.29	2182.44	2254.35	2275.16	2182.44
Relative error (%)	-4.1870	-4.1366	-2.3422	-0.7366	-6.9077	6.40726	-7.1500	-8.0356	-4.8504	-5.6253	-0.9366	-8.2342	-5.1939	-3.8703	-4.9102	-10.193	-10.736	-6.1418	-11.677	-6.8593
Energy balance																				
i 1 (เส้นด้านเข้า)	58.1342	57.59	60.7425	53.34	53.34	52.664	58.275	58.275	60.7425	60.8262	60.33	58.275	60.198	58.96	61.432	59.5097	58.275	57.59	60.7425	58.275
i2 (เส้นด้านออก)	57.3505	58.3924	62.0212	55.0042	52.4198	54.2221	59.4288	57.336	61.231	60.2	61.231	57.8692	59.875	58.9056	59.675	54.758	58.3077	58.8291	59.1672	58.8291
LHS	4233827	4241222	4379770	4096585	4091840	4041996	4291421	4280165	4387144	4439941	4436501	4301388	4390530	4397630	4416555	4319773	4288697	4232358	4371904	4288632
RHS	4204885	4304944	4474629	4218894	4020946	4149054	4380903	4238609	4426378	4400976	4481766	4252308	4353835	4315593	4305400	3996494	4138564	4196552	4289013	4199417
Relative error (%)	-0.8835	1.48020	2.11994	2.88907	-1.7656	2.56029	2.04255	-1.0280	0.86633	-0.7945	1.03230	-1.1541	-0.8428	-0.5106	-2.5917	-8.0893	-3.6777	-0.8051	-2.1255	-2.1487
ความสิ้นเปลืองพลังงานความร้อน	1429574	1486676	1554215	1365914	1362949	1316210	1488782	1503118	1595186	1411538	1434813	1506372	1485545	1393481	1485786	1338518	1454737	1429115	1532706	1394180
ความสิ้นเปลืองไฟฟ้าของอุณหภูมิเข้า	74799.6	67872.2	70130.7	55811.6	51305.5	45451.0	65050.6	74402.5	70682.7	64273.6	51539.5	49682.0	62910.6	46280.5	66883.3	57657.9	50958.4	70204.2	71950.6	67113.2
ความสิ้นเปลืองไฟฟ้าของอุณหภูมิน้ำ	40844.9	39977.8	41794.0	34434.8	34360.0	35389.8	42536.6	45472.4	42995.7	40029.6	33760.3	35444.0	34954.0	35129.7	41879.6	35993.7	38674.0	40831.8	46967.5	35147.6
ความสิ้นเปลืองรวม	1545209	1594326	1666139	1456160	1448615	1397055	1595969	1622993	1709743	1516141	1520113	1591399	1569410	1474871	1574648	1432170	1542989	1540151	1651024	1496449

ตารางที่ ช ตัวอย่างข้อมูลจากการวัดจริงในโรงงาน (ต่อ)

ข้อมูล	30/05/95	2/06/95	3/06/95	4/06/95	9/06/95	10/06/95	11/06/95	12/06/95	16/06/95	17/06/95	18/06/95	19/06/95	20/06/95	21/06/95	22/06/95	23/06/95	24/06/95	25/06/95
T air (อุณหภูมิของอากาศเข้าอากาศ , C)	34	35	35	35	34	35	35	35	36	34	35	35	35	* 35	35	36	35	35
T w air (อุณหภูมิของอากาศเข้าอากาศ , C)	25	* 25	24	25	25	25	24	24	24	24	25	25	25	24	24	25	24	25
T 1 (อุณหภูมิกระป๋องเข้า , C)	200	210	205	200	210	200	200	210	200	200	205	205	200	190	201	205	200	195
T 2 (อุณหภูมิกระป๋องออก , C)	113	110	112	113	115	115	116	105	114	113	105	119	110	105	112	113	116	106
T w2 (อุณหภูมิกระบอกโม่ออกเครื่องออก , C)	47	49	49	49	49	49	49	49	48	48	49	49	48	48	48	49	48	48
T s1 (อุณหภูมิเม็ดเข้าเข้า , C)	31	34	33	34	32	34	33	32	33	30	32	32	32	33	32	34	33	32
T s2 (อุณหภูมิเม็ดเข้าออก , C)	57	60	63	59	60	57	57	58	57	56	59	58	53	55	57	58	55	54
H 1 (ความชื้นอากาศเข้า , kg/kgอากาศแห้ง)	0.014	0.016	0.015	0.016	0.016	0.016	0.015	0.015	0.014	0.014	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.016	0.015	0.015
H2 (ความชื้นอากาศออก , kg/kgอากาศแห้ง)	0.043	0.052	0.052	0.05	0.052	0.05	0.05	0.054	0.048	0.048	0.056	0.052	0.046	0.044	0.048	0.05	0.048	0.046
G o (ความเร็วลัดเวลเข็มกด , kg/hr)	70460.7	68896.3	69665.3	70354.4	68896.3	70354.4	70401.5	68944.4	70448.7	70448.7	69665.3	69665.3	70401.5	71921.5	70253.0	69618.7	70401.5	71153.4
เม็ดเข้าโม่ (kg/hr)	6556.3	6560	7250	6460	6981.0	6856.3	6500	6960	6660	6750	7050	6750	6360	5860	6250	6350	6560	5960
W o (kg เม็ดไม่ควรเข้า /hr)	5687.42	5718.15	6000.25	5688.9	5771.80	5777.66	5687.5	6074.3	5724.7	5946.75	6196.95	5906.25	5556.25	5118.75	5431.25	5537.2	5757.45	5194.35
ความชื้นเม็ดเข้า (%)	35.3	37	36.5	37	38	36.5	37.2	38.6	36.5	36.6	36.9	37.7	36.0	36.2	37.5	38.5	35.8	36.9
ความชื้นเม็ดเข้า (%)	13.1	12.7	13.1	11.8	12.3	13.2	12.5	12.6	12.6	11.9	12.1	12.5	12.5	12.5	13.1	12.8	12.1	12.7
w 1 (moisture content เม็ดชื้น)	0.54569	0.58730	0.57480	0.58730	0.61290	0.57480	0.59235	0.62666	0.57480	0.57728	0.58478	0.60513	0.58227	0.56739	0.6	0.62601	0.56763	0.58478
w 2 (moisture content เม็ดเข้า)	0.15074	0.14547	0.15074	0.13378	0.14025	0.15207	0.14285	0.14416	0.14416	0.13507	0.13765	0.14285	0.14285	0.14285	0.15074	0.14678	0.13765	0.14547
Mass balance																		
LHS	2249.61	2526.42	2671.65	2580	2728.05	2442.39	2556.52	2942.99	2465.27	2629.73	2770.83	2730.33	2441.53	2173.11	2440	2653.57	2417.99	2291.93
RHS	2043.01	2480.33	2577.61	2392.05	2480.33	2392.05	2464.05	2888.93	2395.25	2395.25	2656.27	2577.61	2182.44	2085.72	2318.35	2367.03	2323.24	2205.75
Relative error (%)	-9.1837	-1.8242	-3.5187	-7.2848	-9.0803	-2.0610	-3.6172	-1.8362	-2.8401	-8.9162	3.08350	-5.5934	-10.611	-4.0216	-4.9856	-10.798	-3.9181	-3.3382
Energy balance																		
i 1 (เต็นก์ที่ขาเข้า)	57.59	61.432	59.5097	58.96	61.432	58.96	58.275	60.7425	57.59	57.59	59.5097	59.5097	58.275	55.8075	58.5217	60.196	58.275	57.0412
i 2 (เต็นก์ที่ขาออก)	58.1883	60.7042	60.4409	60.725	61.231	59.9375	60.2	59.8815	58.3824	58.1208	61.166	62.2946	56.047	53.459	57.8592	59.4125	58.9056	55.0042
LHS	4231219	4432285	4368683	4346800	4427029	4347446	4296408	4385560	4249854	4298629	4348914	4343228	4284409	4183929	4292082	4391464	4292194	4229018
RHS	4150242	4383286	4445106	4464861	4419657	4411855	4427126	4334301	4303584	4298047	4472353	4538742	4117436	4008946	4247669	4318177	4329863	4077959
Relative error (%)	-1.9511	-1.1178	1.99821	2.64422	-0.1667	1.45990	2.95264	-1.4138	1.27171	1.10532	2.76002	4.30768	-4.0553	-4.3648	-1.0456	-1.6971	0.87228	-3.7042
ความชื้นภายในเม็ดเข้า	13385.18	15032.25	15896.33	15351.00	16231.92	14532.22	15211.34	17510.63	14668.38	15646.90	16486.49	16245.50	14527.13	12930.05	14616.00	15788.78	14386.04	13577.50
ความชื้นที่ใช้ทำลูกเม็ดเข้า	65178.5	65415.6	63163.3	62577.9	71108.5	58470.0	60080	69409.9	60452.6	60030.8	73619.7	67567.5	51339.7	49549.5	59743.7	53600.0	55732.1	50281.3
ความชื้นที่ใช้ทำลูกเม็ดเข้า	36993.7	37896.4	42746.4	38700	46376.9	38635.8	40904.4	50030.9	38979.1	47335.1	47104.2	46415.7	39064.5	32596.7	39040	39803.6	36269.8	38510.9
ความชื้นรวม	1439691	1606527	1715543	1636377	1740678	1548029	1622099	1870603	1564270	1690056	1769373	1736533	1543117	1375152	1550580	1672282	1530706	1444642

ภาคผนวก ช

ผลการซีมูเลต

รายละเอียดข้อมูลที่ได้จากการซีมูเลต มีดังนี้

1. ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ ที่ ขนาดเชิงประสิทธิผลของอนุภาค 0.45 mm. ทดลองซีมูเลตที่ a=0.60,0.65,0.68,0.70
2. ค่า T_s' ได้จากการคำนวณจากสมการของโทเอ (5.1)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ช ตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากการซิมูเลต

Date	อุณหภูมิผลลัพธ์ (Tg)					อุณหภูมิเป้าหมาย (Ts)					ความต้องการ (H)					ความชื้น (w)					อุณหภูมิเป้าหมาย (Ts')			
	Exp.	a = 0.60	a = 0.65	a = 0.68	a = 0.70	Exp.	a = 0.60	a = 0.65	a = 0.68	a = 0.70	Exp.	a = 0.60	a = 0.65	a = 0.68	a = 0.70	Exp.	a = 0.60	a = 0.65	a = 0.68	a = 0.70	a = 0.60	a = 0.65	a = 0.68	a = 0.70
01/02/95	114.00	108.30	105.46	103.92	102.72	60.00	43.69	43.76	43.80	43.83	0.0400	0.0373	0.0385	0.0392	0.0397	0.1364	0.1529	0.1359	0.1265	0.1193	48.05	57.13	64.92	72.52
02/02/95	105.00	110.07	107.87	106.69	105.73	58.00	42.38	42.44	42.48	42.50	0.0360	0.0319	0.0329	0.0334	0.0339	0.1561	0.2072	0.1905	0.1815	0.1743	55.69	47.43	45.21	44.17
03/02/95	120.00	97.74	94.35	92.57	91.15	60.00	47.13	47.21	47.25	47.27	0.0580	0.0550	0.0565	0.0573	0.0579	0.1364	0.1723	0.1571	0.1490	0.1426	48.31	49.82	52.34	55.09
04/02/95	95.00	97.41	94.02	92.20	90.82	60.00	47.10	47.18	47.22	47.24	0.0560	0.0549	0.0565	0.0573	0.0579	0.1299	0.1673	0.1522	0.1440	0.1378	48.28	51.18	54.46	57.62
07/02/95	95.00	102.33	98.96	97.14	95.77	64.00	47.19	47.26	47.30	47.33	0.0500	0.0536	0.0551	0.0559	0.0565	0.1429	0.1291	0.1131	0.1044	0.0978	65.15	80.76	90.86	92.59
08/02/95	119.00	104.80	101.66	99.83	98.47	63.00	46.76	46.84	46.88	46.91	0.0480	0.0509	0.0523	0.0531	0.0537	0.1455	0.1221	0.1059	0.0971	0.0903	71.96	91.84	94.88	84.03
09/02/95	117.00	111.37	108.60	107.11	105.93	62.00	45.48	45.55	45.58	45.61	0.0460	0.0432	0.0441	0.0450	0.0455	0.1364	0.1539	0.1389	0.1277	0.1204	49.46	58.17	65.75	73.28
10/02/95	115.00	111.74	108.72	107.67	106.47	61.00	45.05	45.02	45.15	45.18	0.0440	0.0413	0.0422	0.0431	0.0436	0.1521	0.1757	0.1614	0.1494	0.1465	46.86	47.19	50.74	51.99
11/02/95	116.00	114.47	111.53	109.95	108.71	58.00	45.75	45.83	45.87	45.89	0.0470	0.0432	0.0445	0.0452	0.0458	0.1369	0.1523	0.1341	0.1243	0.1166	48.84	60.77	69.88	79.01
12/02/95	112.00	105.15	102.42	100.94	99.80	56.00	44.77	44.84	44.88	44.91	0.0460	0.0425	0.0437	0.0443	0.0448	0.1494	0.1947	0.1789	0.1701	0.1633	51.55	46.89	46.19	46.58
13/02/95	112.00	104.69	101.92	100.44	99.27	57.00	44.89	44.95	44.99	45.02	0.0480	0.0431	0.0443	0.0450	0.0455	0.1364	0.1825	0.1686	0.1581	0.1514	47.67	46.37	47.59	49.56
15/02/95	113.00	115.96	113.00	111.43	110.15	62.00	45.93	46.00	46.04	46.06	0.0440	0.0434	0.0447	0.0454	0.0459	0.1521	0.1367	0.1183	0.1085	0.1004	57.68	77.98	92.83	109.89
16/02/95	115.00	112.48	109.26	107.53	106.18	60.00	46.61	46.68	46.72	46.75	0.0460	0.0475	0.0489	0.0497	0.0503	0.1416	0.1533	0.1371	0.1272	0.1196	50.14	59.12	67.18	75.14
17/02/95	113.00	116.31	113.36	111.76	110.52	58.00	46.81	46.88	46.91	46.94	0.0480	0.0471	0.0483	0.0490	0.0496	0.1494	0.1690	0.1508	0.1408	0.1329	46.82	52.03	57.09	62.69
19/02/95	118.00	111.57	108.30	106.22	104.77	60.00	47.47	47.64	47.59	47.62	0.0480	0.0516	0.0535	0.0540	0.0547	0.1312	0.1311	0.1099	0.1028	0.0950	64.73	89.88	100.63	95.22
23/02/95	118.00	111.64	109.28	106.49	105.07	60.00	47.30	47.38	47.42	47.45	0.0520	0.0509	0.0523	0.0531	0.0538	0.1469	0.1849	0.1665	0.1567	0.1469	50.71	48.85	50.38	53.03
24/02/95	114.00	111.26	107.74	105.85	104.39	58.00	46.19	46.27	46.31	46.35	0.0500	0.0551	0.0567	0.0575	0.0582	0.1455	0.1234	0.1062	0.0954	0.0878	72.97	97.54	96.88	84.16
25/02/95	116.00	112.02	109.71	108.60	105.39	59.00	47.78	47.84	47.89	47.93	0.0510	0.0528	0.0539	0.0552	0.0559	0.1442	0.1321	0.1126	0.1041	0.0965	64.23	85.44	98.64	98.42
26/02/95	114.00	115.12	112.08	110.45	109.17	61.00	46.32	46.39	46.43	46.46	0.0440	0.0454	0.0467	0.0474	0.0479	0.1521	0.1511	0.1327	0.1229	0.1149	49.86	62.52	72.14	81.84
27/02/95	119.00	108.99	105.76	104.01	102.50	65.00	46.75	46.82	46.81	46.89	0.0480	0.0493	0.0509	0.0515	0.0521	0.1364	0.1568	0.1392	0.1299	0.1225	48.86	57.56	64.51	71.18
28/02/95	117.00	110.18	108.66	104.79	103.34	59.00	47.84	47.92	47.96	47.99	0.0520	0.0539	0.0554	0.0562	0.0569	0.1468	0.1315	0.1135	0.1038	0.0963	64.54	83.79	97.89	98.54
02/03/95	113.00	112.42	109.01	107.21	105.76	58.00	47.39	47.48	47.52	47.55	0.0480	0.0510	0.0525	0.0533	0.0540	0.1338	0.1401	0.1216	0.1118	0.1039	57.89	73.94	86.15	98.11
04/03/95	109.00	114.73	111.74	110.16	108.88	58.00	46.19	46.27	46.30	46.33	0.0460	0.0449	0.0463	0.0469	0.0475	0.1429	0.1450	0.1269	0.1172	0.1093	52.54	67.82	78.95	90.28
05/03/95	119.00	110.60	107.26	105.47	104.08	60.00	47.24	47.32	47.36	47.39	0.0520	0.0509	0.0524	0.0532	0.0539	0.1442	0.1519	0.1339	0.1243	0.1168	51.81	61.81	70.21	78.29
08/03/95	114.00	109.77	107.66	104.42	102.98	59.00	48.14	48.19	48.26	48.29	0.0490	0.0554	0.0563	0.0578	0.0584	0.1468	0.0993	0.0884	0.0872	0.0749	107.99	86.35	66.32	60.35
15/03/95	116.00	110.95	107.64	105.66	104.49	61.00	47.18	47.25	47.29	47.32	0.0520	0.0505	0.0520	0.0528	0.0534	0.1429	0.1479	0.1299	0.1203	0.1128	53.41	65.14	74.65	83.59
16/03/95	109.00	111.95	108.69	106.98	105.66	60.00	46.94	47.02	47.06	47.09	0.0460	0.0492	0.0508	0.0514	0.0519	0.1468	0.1357	0.1190	0.1095	0.1020	58.77	78.63	89.40	101.49
17/03/95	117.00	110.88	107.31	105.43	103.94	62.00	47.92	47.91	47.95	47.98	0.0540	0.0535	0.0551	0.0559	0.0566	0.1312	0.1512	0.1329	0.1229	0.1152	52.59	63.25	72.11	80.84
18/03/95	117.00	110.14	106.77	104.96	103.56	62.00	47.32	47.41	47.45	47.47	0.0560	0.0515	0.0530	0.0538	0.0544	0.1442	0.1843	0.1463	0.1366	0.1291	49.00	54.19	59.80	65.55
19/03/95	119.00	110.31	106.77	104.87	103.39	58.00	48.00	48.08	48.12	48.15	0.0520	0.0545	0.0561	0.0569	0.0576	0.1429	0.1564	0.1381	0.1263	0.1259	51.11	59.49	66.97	74.29
20/03/95	119.00	112.58	109.33	107.60	106.23	61.00	46.73	46.81	46.85	46.88	0.0480	0.0480	0.0495	0.0502	0.0508	0.1574	0.1474	0.1282	0.1194	0.1116	53.26	65.71	75.79	85.87
21/03/95	116.00	111.72	108.46	106.75	105.37	59.00	46.75	46.82	46.86	46.89	0.0460	0.0484	0.0499	0.0506	0.0512	0.1468	0.1378	0.1199	0.1101	0.1025	58.88	75.55	88.17	100.37
22/03/95	104.00	115.33	112.51	110.99	109.79	56.00	45.96	46.03	46.06	46.09	0.0420	0.0439	0.0450	0.0457	0.0462	0.1429	0.1391	0.1212	0.1115	0.1036	55.94	74.14	87.53	100.91
23/03/95	109.00	110.79	109.00	106.49	105.32	57.00	45.48	45.55	45.59	45.61	0.0440	0.0434	0.0446	0.0453	0.0458	0.1468	0.1769	0.1597	0.1504	0.1431	47.37	47.99	50.70	54.06

ตารางที่ ช ตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากการซีมูเลต (ต่อ)

Dat e	อุณหภูมิผนังนอก (Tg)					อุณหภูมิเป้า (Ts)					ความชื้นสัมพัทธ์ (H)					ความชื้นเป้า (w)					อุณหภูมิเป้า (Ts')			
	Exp.	a = 0.60	a = 0.65	a = 0.69	a = 0.70	Exp.	a = 0.60	a = 0.65	a = 0.69	a = 0.70	Exp.	a = 0.60	a = 0.65	a = 0.69	a = 0.70	Exp.	a = 0.60	a = 0.65	a = 0.69	a = 0.70	a = 0.60	a = 0.65	a = 0.69	a = 0.70
24 /03/95	111.00	113.14	110.41	108.98	107.78	55.00	45.42	45.49	45.53	45.55	0.0440	0.0423	0.0435	0.0442	0.0447	0.1429	0.1629	0.1455	+0.1362	0.1265	47.42	52.94	58.72	64.96
25 /03/95	109.00	113.41	110.64	109.14	107.96	54.00	45.65	45.72	45.75	45.78	0.0430	0.0432	0.0444	0.0450	0.0455	0.1429	0.1315	0.1141	0.1047	0.0973	62.97	83.01	98.58	101.53
26 /03/95	114.00	110.47	107.42	105.78	104.50	54.00	46.45	46.52	46.56	46.59	0.0480	0.0475	0.0489	0.0498	0.0502	0.1429	0.1399	0.1217	0.1124	0.1060	57.88	72.79	84.16	94.72
27 /03/95	119.00	112.16	109.86	107.11	105.72	55.00	47.55	47.62	47.66	47.69	0.0540	0.0519	0.0533	0.0540	0.0547	0.1442	0.1939	0.1655	0.1559	0.1480	50.65	49.13	50.97	53.63
28 /03/95	115.00	112.02	108.73	106.99	105.99	56.00	47.53	47.61	47.65	47.67	0.0520	0.0518	0.0532	0.0540	0.0546	0.1467	0.1573	0.1393	0.1297	0.1219	50.49	58.39	65.62	72.95
29 /03/95	114.00	105.51	102.38	100.71	99.39	58.00	46.31	46.38	46.42	46.45	0.0480	0.0488	0.0500	0.0509	0.0514	0.1429	0.1539	0.1373	0.1266	0.1218	50.16	58.12	64.71	70.95
30 /03/95	119.00	103.30	104.95	103.18	101.72	60.00	47.20	47.26	47.32	47.35	0.0560	0.0516	0.0531	0.0539	0.0545	0.1403	0.1950	0.1675	0.1581	0.1530	50.61	48.60	49.91	51.30
31 /03/95	120.00	108.84	103.26	101.36	99.87	59.00	48.07	48.15	48.19	48.22	0.0580	0.0560	0.0577	0.0585	0.0592	0.1338	0.1836	0.1658	0.1563	0.1489	50.99	49.53	51.11	53.54
02 /04/95	108.00	109.67	106.31	104.97	103.67	61.00	46.55	46.39	46.66	46.68	0.0460	0.0482	0.0497	0.0503	0.0509	0.1312	0.1372	0.1188	0.1161	0.1039	58.93	75.81	85.84	96.61
03 /04/95	105.00	114.37	110.69	109.20	107.78	59.00	47.61	47.67	47.73	47.76	0.0500	0.0513	0.0528	0.0536	0.0542	0.1494	0.1074	0.1582	0.0990	0.0711	96.44	49.00	73.50	85.36
04 /04/95	112.00	114.93	111.57	109.77	108.35	57.00	47.31	47.39	47.43	47.46	0.0490	0.0497	0.0512	0.0520	0.0527	0.1468	0.1108	0.0922	0.0920	0.0842	90.11	84.12	77.65	68.20
05 /04/95	105.00	111.32	108.28	106.66	105.37	59.00	46.46	46.54	46.57	46.60	0.0480	0.0473	0.0488	0.0494	0.0499	0.1442	0.1451	0.1276	0.1183	0.1109	54.11	66.78	76.68	86.31
07 /04/95	119.00	116.67	115.46	113.65	112.20	59.00	48.65	48.73	48.76	48.79	0.0520	0.0546	0.0561	0.0569	0.0576	0.1468	0.0871	0.0860	0.0900	0.0780	86.65	63.96	56.48	52.44
06 /04/95	110.00	119.24	114.87	113.05	111.65	58.00	48.46	48.54	48.58	48.61	0.0460	0.0539	0.0554	0.0562	0.0568	0.1521	0.0995	0.0860	0.0850	0.0760	92.63	66.13	58.42	54.49
17 /04/95	107.00	111.31	107.89	106.03	104.61	58.00	47.35	47.43	47.47	47.50	0.0520	0.0512	0.0527	0.0535	0.0537	0.1429	0.1629	0.1443	0.1344	0.1267	49.23	55.24	61.49	67.86
18 /04/95	112.00	110.90	109.46	105.66	103.51	59.00	47.43	47.13	47.55	47.58	0.0480	0.0517	0.0512	0.0540	0.0549	0.1468	0.1273	0.1039	0.0996	0.0960	68.19	100.05	104.79	86.35
19 /04/95	115.00	111.77	109.82	106.70	105.34	58.00	47.06	47.13	47.17	47.20	0.0480	0.0497	0.0510	0.0520	0.0526	0.1429	0.1219	0.1042	0.0942	0.0867	73.93	99.36	94.92	82.37
20 /04/95	108.00	108.65	105.84	103.91	102.57	55.00	46.51	46.59	46.63	46.66	0.0560	0.0494	0.0479	0.0506	0.0511	0.1429	0.1473	0.1299	0.1205	0.1133	52.98	64.34	73.37	81.71
21 /04/95	118.00	109.10	106.02	104.96	103.08	59.00	46.28	46.36	46.40	46.43	0.0480	0.0473	0.0487	0.0494	0.0499	0.1338	0.1439	0.1269	0.1176	0.1104	54.46	67.01	76.70	85.70
26 /04/95	103.00	109.78	105.71	105.09	103.78	52.00	46.31	46.38	46.42	46.45	0.0480	0.0472	0.0485	0.0492	0.0498	0.1455	0.1224	0.1054	0.0963	0.0899	72.32	95.90	97.47	84.45
27 /04/95	101.00	107.61	104.55	102.93	101.64	52.00	46.12	46.19	46.23	46.26	0.0480	0.0471	0.0485	0.0492	0.0497	0.1442	0.1443	0.1278	0.1187	0.1116	54.03	65.93	74.90	83.33
28 /04/95	106.00	112.07	109.42	107.69	106.88	56.00	45.59	45.66	45.70	45.72	0.0480	0.0434	0.0446	0.0452	0.0457	0.1521	0.1989	0.1818	0.1719	0.1652	54.35	48.35	45.73	47.30
29 /04/95	106.00	114.51	111.59	109.99	109.75	58.00	45.97	46.05	46.09	46.11	0.0480	0.0441	0.0454	0.0461	0.0467	0.1389	0.1619	0.1437	0.1329	0.1262	46.60	54.48	61.05	67.90
30 /04/95	104.00	110.75	107.89	106.07	104.77	60.00	46.26	46.33	46.37	46.39	0.0480	0.0466	0.0479	0.0487	0.0492	0.1494	0.1519	0.1345	0.1252	0.1177	50.87	60.59	68.70	76.76
01 /05/95	119.00	109.84	106.93	104.94	103.57	62.00	46.46	46.54	46.58	46.61	0.0480	0.0478	0.0492	0.0500	0.0508	0.1429	0.1576	0.1401	0.1307	0.1231	49.31	56.81	63.59	70.48
02 /05/95	119.00	107.94	104.85	103.19	102.19	60.00	46.27	46.45	46.38	46.85	0.0480	0.0478	0.0490	0.0498	0.0512	0.1468	0.1449	0.1261	0.1190	0.1132	53.88	65.70	74.74	81.64
03 /05/95	115.00	112.57	109.16	104.34	105.91	61.00	47.06	47.13	47.17	47.20	0.0480	0.0494	0.0509	0.0517	0.0524	0.1507	0.1265	0.1079	0.0980	0.0902	68.91	93.08	100.27	87.79
04 /05/95	114.00	111.39	109.09	108.33	104.93	59.00	46.87	46.95	46.99	47.02	0.0480	0.0490	0.0505	0.0513	0.0519	0.1312	0.1361	0.1181	0.1085	0.1008	60.12	77.58	90.54	103.25
05 /05/95	118.00	115.86	112.37	110.49	109.04	62.00	47.95	48.03	48.09	48.10	0.0520	0.0523	0.0539	0.0547	0.0554	0.1429	0.1495	0.1301	0.1195	0.1114	52.13	66.23	76.25	87.95
06 /05/95	105.00	107.69	104.84	103.33	102.11	55.00	45.28	45.35	45.39	45.41	0.0460	0.0436	0.0449	0.0455	0.0461	0.1389	0.1737	0.1571	0.1483	0.1411	46.82	48.28	51.32	54.88
07 /05/95	101.00	107.29	104.43	102.91	101.70	52.00	45.25	45.32	45.36	45.39	0.0440	0.0437	0.0449	0.0456	0.0461	0.1403	0.1730	0.1568	0.1479	0.1408	46.76	48.34	51.42	55.02
08 /05/95	103.00	106.07	105.23	103.71	102.50	50.00	44.99	45.06	45.09	45.12	0.0460	0.0423	0.0436	0.0442	0.0447	0.1507	0.1744	0.1577	0.1487	0.1415	46.64	47.87	50.82	54.43
09 /05/95	118.00	111.32	109.01	106.24	104.86	58.00	47.10	47.18	47.22	47.25	0.0480	0.0500	0.0516	0.0523	0.0529	0.1574	0.1629	0.1448	0.1351	0.1274	48.97	54.75	60.76	66.98
10 /05/95	110.00	109.95	106.64	104.84	103.47	59.00	47.07	47.15	47.19	47.22	0.0460	0.0504	0.0519	0.0527	0.0533	0.1416	0.1472	0.1295	0.1199	0.1125	53.57	65.33	74.82	56.36

ตารางที่ ช ตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากการซีมูเลต (ต่อ)

Date	อุณหภูมิผลลัพธ์ (Tg)					อุณหภูมิเป้า (Ts)					ความชื้นผลลัพธ์ (H)					ความชื้นเป้า (w)					อุณหภูมิเป้า (Ts')			
	Exp.	a = 0.60	a = 0.65	a = 0.69	a = 0.70	Exp.	a = 0.60	a = 0.65	a = 0.69	a = 0.70	Exp.	a = 0.60	a = 0.65	a = 0.69	a = 0.70	Exp.	a = 0.60	a = 0.65	a = 0.69	a = 0.70	a = 0.60	a = 0.65	a = 0.69	a = 0.70
14/05/95	115.00	113.09	109.56	107.67	106.21	61.00	47.99	48.07	48.11	48.15	0.0520	0.0535	0.0551	0.0559	0.0566	0.1455	0.1500	0.1312	0.1210	0.1131	53.32	64.99	74.83	84.28
15/05/95	116.00	114.09	110.60	107.67	107.65	58.00	47.94	48.02	48.11	48.09	0.0500	0.0529	0.0545	0.0559	0.0559	0.1403	0.1276	0.1093	0.1210	0.0917	66.79	92.02	73.85	91.51
16/05/95	115.00	114.14	110.89	107.17	105.62	58.00	47.85	47.92	47.96	47.98	0.0520	0.0525	0.0539	0.0547	0.0551	0.1351	0.1331	0.1149	0.1052	0.0975	63.62	83.35	98.27	100.51
17/05/95	112.00	112.06	109.76	106.99	105.26	54.00	47.15	47.23	47.27	47.30	0.0480	0.0501	0.0515	0.0523	0.0529	0.1481	0.1594	0.1412	0.1313	0.1237	49.67	58.99	63.98	70.84
18/05/95	114.00	112.89	109.50	107.70	106.26	59.00	47.92	47.90	47.94	47.97	0.0500	0.0528	0.0543	0.0551	0.0557	0.1507	0.1395	0.1211	0.1114	0.1035	58.68	74.93	87.29	99.36
19/05/95	116.00	113.99	110.72	109.97	109.02	53.00	47.37	47.41	47.48	47.50	0.0480	0.0503	0.0519	0.0526	0.0529	0.1442	0.1308	0.1125	0.1026	0.0952	65.18	98.56	109.19	97.75
23/05/95	114.00	115.05	111.57	109.72	108.25	59.00	48.17	48.25	48.29	48.32	0.0500	0.0537	0.0552	0.0560	0.0567	0.1429	0.1197	0.1007	0.0908	0.0826	77.04	109.72	90.81	78.54
24/05/95	110.00	112.81	110.09	107.53	106.11	54.00	47.52	47.58	47.64	47.65	0.0440	0.0514	0.0528	0.0538	0.0538	0.1507	0.1036	0.1045	0.0901	0.1242	103.93	99.76	74.75	69.67
25/05/95	111.00	113.57	110.30	108.39	107.17	54.00	47.11	47.18	47.12	47.25	0.0440	0.0493	0.0508	0.0514	0.0522	0.1389	0.1441	0.1257	0.1182	0.1080	55.29	69.50	77.67	91.96
26/05/95	113.00	113.18	109.90	108.16	106.76	60.00	46.82	46.89	46.93	46.95	0.0420	0.0482	0.0496	0.0504	0.0510	0.1507	0.1496	0.1311	0.1213	0.1134	52.39	64.04	73.78	83.47
27/05/95	117.00	114.06	110.54	108.66	107.21	60.00	47.92	47.99	48.04	48.07	0.0480	0.0528	0.0547	0.0552	0.0559	0.1561	0.1504	0.1313	0.1210	0.1129	53.13	64.93	75.03	84.80
28/05/95	113.00	112.49	109.21	107.46	106.43	60.00	47.13	47.21	47.25	47.27	0.0420	0.0498	0.0513	0.0520	0.0525	0.1429	0.1294	0.1089	0.0922	0.0869	71.71	96.85	91.88	65.92
30/05/95	116.00	111.71	108.42	106.67	105.29	57.00	46.85	46.93	46.97	46.99	0.0430	0.0488	0.0503	0.0511	0.0517	0.1507	0.1149	0.0968	0.0873	0.0796	83.16	101.07	83.60	73.16
02/06/95	113.00	114.14	110.65	108.78	107.32	60.00	48.24	48.32	48.36	48.39	0.0520	0.0542	0.0558	0.0567	0.0573	0.1456	0.1259	0.1672	0.0911	0.0891	70.69	95.80	91.23	87.37
03/06/95	112.00	106.37	102.91	101.07	99.63	63.00	47.66	47.74	47.78	47.81	0.0520	0.0543	0.0559	0.0567	0.0573	0.1507	0.1400	0.1229	0.1139	0.1066	57.84	71.44	81.08	89.73
04/06/95	118.00	111.92	108.63	106.69	105.49	59.00	47.39	47.47	47.51	47.54	0.0500	0.0512	0.0526	0.0534	0.0540	0.1338	0.1524	0.1344	0.1248	0.1171	51.79	61.79	70.12	78.53
09/06/95	115.00	112.69	109.35	107.45	106.00	60.00	48.19	48.27	48.31	48.34	0.0520	0.0545	0.0561	0.0569	0.0576	0.1403	0.1534	0.1346	0.1244	0.1167	52.25	62.36	71.22	79.67
10/06/95	115.00	111.16	107.66	106.11	104.72	57.00	47.41	47.48	47.52	47.55	0.0500	0.0515	0.0529	0.0537	0.0544	0.1521	0.1428	0.1248	0.1152	0.1076	56.34	70.32	81.03	91.24
11/06/95	116.00	111.47	108.17	106.40	101.85	57.00	47.13	47.21	47.25	48.17	0.0500	0.0502	0.0516	0.0524	0.0582	0.1429	0.1570	0.1389	0.1292	0.1391	50.16	58.26	65.66	58.12
12/06/95	105.00	108.80	105.23	103.31	103.89	58.00	48.01	48.09	48.14	48.17	0.0540	0.0551	0.0569	0.0576	0.0582	0.1442	0.1735	0.1554	0.1458	0.1381	49.46	51.35	55.09	59.22
16/06/95	114.00	111.07	107.76	105.98	104.60	57.00	46.91	46.99	47.03	47.06	0.0480	0.0483	0.0509	0.0516	0.0522	0.1442	0.1401	0.1221	0.1124	0.1048	57.38	72.76	84.54	95.53
17/06/95	113.00	109.36	105.02	103.24	101.84	56.00	46.85	46.93	46.97	47.00	0.0480	0.0500	0.0515	0.0523	0.0529	0.1351	0.1508	0.1330	0.1237	0.1163	51.91	61.99	70.18	77.93
18/06/95	105.00	107.19	103.73	101.87	100.45	59.00	47.61	47.69	47.73	47.76	0.0560	0.0538	0.0554	0.0562	0.0568	0.1377	0.1494	0.1311	0.1216	0.1145	53.43	64.11	72.50	79.99
19/06/95	119.00	110.00	106.56	104.70	107.61	56.00	47.56	47.65	47.69	47.51	0.0520	0.0526	0.0542	0.0550	0.0532	0.1429	0.1813	0.1432	0.1334	0.0949	49.64	55.98	62.32	68.54
20/06/95	110.00	113.02	109.75	108.02	108.61	53.00	47.09	47.16	47.20	47.23	0.0480	0.0494	0.0509	0.0516	0.0523	0.1429	0.1462	0.1279	0.1181	0.1102	54.18	67.26	77.72	88.13
21/06/95	105.00	115.09	112.10	110.52	109.24	55.00	46.18	46.23	46.27	46.29	0.0440	0.0447	0.0460	0.0467	0.0473	0.1429	0.1499	0.1317	0.1219	0.1140	48.68	63.24	73.03	83.09
22/06/95	112.00	114.43	111.14	109.40	108.00	57.00	47.15	47.23	47.27	47.29	0.0480	0.0492	0.0507	0.0514	0.0521	0.1507	0.1574	0.1388	0.1288	0.1208	47.81	58.64	66.61	74.77
23/06/95	113.00	114.32	110.93	109.09	108.81	58.00	47.79	47.87	47.91	47.92	0.0500	0.0479	0.0536	0.0545	0.0546	0.1469	0.1716	0.1527	0.1424	0.1333	68.03	52.13	58.82	61.81
24/06/95	116.00	111.30	108.00	106.24	104.86	55.00	47.15	47.22	47.26	47.29	0.0480	0.0471	0.0517	0.0525	0.0531	0.1377	0.1261	0.1063	0.0987	0.0912	69.21	91.97	67.27	88.89
25/06/95	106.00	115.66	112.45	110.81	109.47	54.00	46.59	46.66	46.70	46.73	0.0460	0.0485	0.0477	0.0485	0.0467	0.1456	0.1550	0.1363	0.1264	0.1189	48.79	59.95	68.49	77.50

ภาคผนวก ฌ

โปรแกรมคอมพิวเตอร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
'*************************************************************
'      MAIN PROGRAM OF THESIS SIMULATION OF FLASH DRYER
'*************************************************************
DECLARE SUB WETBLUB ()
DECLARE SUB RUNGE3 ()
DECLARE SUB RUNGE ()
DECLARE SUB PROPERTY ()
DECLARE SUB HSAT ()
DECLARE SUB HEAT ()
COMMON SHARED DAB, CP, VIS, KG, LAM, TR, HS, TRS, TG, TS
COMMON SHARED H, W, US, UG, HH, TTG, TTS, WW, UUS, Z
COMMON SHARED H1, W1, TG1, TS1, US1, TGO, TAO, TSO
COMMON SHARED FW, FH, FTG, FTS, FUS, FU, AA, BB, REO
COMMON SHARED FWW, FHH, FTTG, FTTS, FUUS, FUU
COMMON SHARED RE, PR, SC, NU, SH, FR, CD, KO, K1
COMMON SHARED PHIU, PHIH, M, CV, CS, CW, X, TW, TW1, TW2

'Programe for Simulation Flash Dryer
'PROGRAMER  BY  CHAIRAT  SRIVOTANAI   C517103
'CHEMICALS  ENGINEER  CHULALONGKORN  UNIVERSITY

'*************************************************************
'  NOMENCLATURE AND UNIT OF PARAMETER
'*************************************************************
'D=Diameter of dryer duct  (m)
'XL=Length of dryer duct  (m)
'DP=Diameter of Starch particle (m)
'DENS=Density of Starch  (Kg/m3)
'DENG=Density of gas (Kg/m3)
'DENAO=Density of gas at inlet  (Kg/m3)
'VIS= Viscosity of gas (Kg/m .sec)
'CP=Specific Heat Capacity of air at Temp. T. (Kcal/Kg.K)
'CV=Specific Heat of vapour  water (Kcal/kg .K)
'CW=Specific Heat of Water (Kcal/kg.K)
'CS=Specific Heat Capacity of Starch  (Kcal/Kg.K)
'DAB=Diffusion Coefficient  air-water (m2/sec)
'KG=Thermal Conductivity of air ( Kcal/m.sec.C)
'LAM =Latent Heat (Kcal/Kg)
'H= Absolute Humidity of air
'Hs=Saturated Humidity of air
'PHIU=Relative Viscosity of air
'PHIH=Relative gas density
'UG=Relative gas velocity
'US=Dimensionless Velocity of starch (-)
'TG=Temperature of gas (K)
'TR=Temperature of gas (R)
'TRS=Temperature of starch (R)
'TS=Temperature of Starch (K)
'GA=Mass flow rate of hot air  (Kg/hr)
'GS=Mass flow rate of solids (Kg. dry basis/hr)
'W=Moisture content (dry basis)  (Kg-water/Kg-dry solids)
'Wc=Critical moisture content (dry basis)  (Kg-water/Kg-dry solids) =0.17
'We=Equilibrium moisture content (dry basis)  (Kg-water/Kg-dry solids)=0.10
```

```
'CD=Drag Coefficient
'RE=Reynold number (-)
'PR=Prandtl number (-)
'SC=Schmidt number (-)
'NU=Nusselt number (-)
'SH=Sherwood number (-)
'FR=Froude number (-)
'W=Mass Flow Rate ratio of dry solid to air  (Gs/Ga)
'X=Dimensionless Distance, x/D    (-)
'Parameter W1,H1,TG1..... is parameter in subroutine RUNGE
'Parameter WW1,HH1,TTG1..... is parameter in subroutine RUNGE3
'Z = Step size
COLOR 1, 2

CLS
'*************************************************
'         INPUT INITAIL CONDITION OF DRYER
'*************************************************

PRINT TAB(10); '-------------------------------------------------------'
PRINT TAB(10); '                INITAIL CONDITION OF DRYER  '
PRINT TAB(10); '-------------------------------------------------------'
INPUT 'No. OF data '; WON$
INPUT 'Humidity of air ='; HO
INPUT 'Temp. of Gas (C) ='; TGO
INPUT 'Temp. of Starch (C) ='; TSO
INPUT 'Moisture of Starch =  (%)'; WOO
INPUT 'Solid  Mass Flow Rate (Kgs .dry basis /hr) '; GS
CLS
US = .001: Z = .00001: DP = .00045
'*************************************************************
'       DIMENSION OF DRYER AND PROPERTY OF SOLID AT INLET
'*************************************************************

D = 1: DENS = 1540: CS = .44: X = 0: XL = 57
WO = (WOO / 100) / (1 - (WOO / 100))
CV = .4512: CW = 1.0024: H = HO: W = WO
UAO = 31.94: TG = TGO + 273.16: TS = TSO + 273.16: TGI = TGO + 273.16
VHO = (.733 + (1.244 * H)) * (TGI / 273.16)
DENGO = (1 + H) / VHO
VISO = ((3.99 * 10 ^ (-8) * TG)) + 6.75 * 10 ^ (-6)
REO = (D * UAO * DENGO) / VISO
GA = DENGO * UAO * 3600 * .7854
M = GS / GA

PRINT
PRINT '                                    SIMULATION RESULT '
PRINT '     No. of data '; WON$
PRINT '     REo  = '; REO
PRINT '     GA   ='; GA
PRINT
PRINT '-------------------------------------------------------------------------'
PRINT '     X/D        TG         TS         H          W          US         UG
PRINT '-------------------------------------------------------------------------'
B$ = '##.####^^^^'

PRINT USING B$; X / D; TGO; TSO; H; W; US * UAO; UAO
HH = H: WW = W: TTG = TG: TTS = TS: UUS = US
```

```
'*************************************************************
'         CALCULATION PARAMETER AT DRYER LENGTH
'         Dimensionless , Property of Air , etc
'*************************************************************

   I = 1
10 VHG = (.733 + (1.244 * H)) * (TG / 273.16)
TR = 1.8 * TG
DENG = (1 + H) / VHG
UG = (TG / TGI) * (1 + H * (29 / 18))
PHIH = DENG / DENGO
CALL WETBLUB
CALL PROPERTY
CALL HSAT
CALL HEAT
TW = TW2 + 273.16
PHIU = VISO / VIS
RE = (DP * (UG - US) * UAO * DENG) / VIS
SC = VIS / (DENG * DAB)
PR = (CP * VIS) / KG
NU = 2 + (.68 * (RE ^ .5)) * (PR ^ (1 / 3))
SH = 2 + .68 * (RE ^ .5) * (SC ^ (1 / 3))
FR = UAO / ((9.8 * D) ^ (.5))
KO = 6 * ((D / DP) ^ 2) * (DENGO / DENS) * (REO ^ (-1)) * (SC ^ (-1))
K1 = (3 / 4) * (D / DP) * (DENGO / DENS)
    SELECT CASE RE
       CASE IS <= 5
          CD = 24 / RE
       CASE IS < 500
          CD = 10 / (RE ^ .5)
       CASE IS >= 500
          CD = .44
    END SELECT

'*************************************************************
'Calulate the initial value  for  4 th Runge - Kutta methods
'*************************************************************

FW = -KO * (SH / US) * PHIU * (HS - H)
FH = -M * FW
FTG = (-KO * M) * (SC / PR) * (NU / US) * PHIU * (TG - TS)
      * (1 / (1 + (CV / CP) * H))
FTS = (-1 / M) * (1 + (CV / CP) * H) * (CP / CW) * FTG * (1 / ((CS / CW) + W))
       - (1 / M) * (CV / CW) * (TG - TS) * FH * (1 / ((CS / CW) + W))
       - (1 / M) * (LAM / CW) * FH * (1 / ((CS / CW) + W))
FU = K1 * (PHIH / (1 + W)) * CD * ((UG - US) ^ 2) - (1 / (FR ^ 2))
FUS = FU / US
```

```
'*****************************************************************
'Calulate the initial value for 3 rd Runge - Kutta methods
'*****************************************************************

FWW = -KO * (SH / UUS) * PHIU * (HS - HH)
FHH = -M * FWW
FTTG = (-KO * M) * (SC / PR) * (NU / UUS) * PHIU * (TTG - TTS)
       * (1 / (1 + (CV / CP) * HH))
FTTS = (-1 / M) * (1 + (CV / CP) * HH) * (CP / CW) * FTTG * (1 / ((CS / CW) + WW))
        - (1 / M) * (CV / CW) * (TTG - TTS) * FHH * (1 / ((CS / CW) + WW))
        - (1 / M) * (LAM / CW) * FHH * (1 / ((CS / CW) + WW))
FUU = K1 * (PHIH / (1 + WW)) * CD * ((UG - UUS) ^ 2) - (1 / (FR ^ 2))
FUUS = FUU / UUS
'*****************************************************************
'      CALCULATION  THE SOLUTION OF EQUATION
'*****************************************************************
CALL RUNGE
CALL RUNGE3
'*****************************************************************
'      FIND MAX.RELATIVE ERROR
'*****************************************************************
EA1 = ABS(((TG - TTG) / TG) * 100)
EA2 = ABS(((TS - TTS) / TS) * 100)
EA3 = ABS(((W - WW) / W) * 100)
EA4 = ABS(((H - HH) / H) * 100)

      IF EA1 > EA2 THEN
           EA = EA1
           ELSE EA = EA2

      END IF
         IF EA > EA3 THEN
              EA = EA
              ELSE EA = EA3
         END IF
            IF EA > EA4 THEN
               EA = EA
               ELSE EA = EA4
         END IF
'*****************************************************************
'       ADJUST STEP SIZE (RELATIVE ERROR)
'*****************************************************************
   SELECT CASE EA
        CASE IS <= .001
             Z = 2 * Z

        CASE IS <= .01
             Z = Z
        CASE IS > .01
             Z = .5 * Z

   END SELECT
   IF Z >= .05 THEN
      Z = .05
      ELSE
      END IF
  DH = GA * (H - HO)
  DW = GS * (WO - W)
```

```
'*************************************************
'Calculte temp. of solid (falling drying rate)
'*************************************************
ΨE = .1: ΨC = .17
RΨ1 = 1075.8965# - (.56983) * ((TΨ * 1.8) - 491.69)
RΨ = (2.205 / 3.968) * RΨ1
F = Ψ - ΨE: FC = ΨC - ΨE
SQ1 = (TG - 273.16) - TΨ2
SQ = (FC * RΨ) / (CS * SQ1)
SQ2 = (F / FC) ^ SQ
SQ3 = (RΨ * FC) - (CS * SQ1)

TSS0 = ((RΨ * F) - (CS * SQ1 * SQ2)) / SQ3
TSS1 = SQ1 * TSS0

TSS = (TG - 273.16) - TSS1


 A$ = '##.####'''''
  IF I = 20 THEN

     PRINT USING A$; X / D; TG - 273.16; TS - 273.16; H; Ψ; US * UAO; UG * UAO
'*************************************************
'         CHECKING  Ψ  <  ΨC
'*************************************************

           IF Ψ < ΨC THEN
              PRINT ' Ts' =''; TSS
                    ELSE
           END IF
    I = 0
      ELSE
 END IF
X = X + Z: I = I + 1
'*************************************************
'       CHECKING  DRYER   LENGTH
'*************************************************
    IF X <= XL THEN 10
      PRINT USING A$; X / D; TG - 273.16; TS - 273.16; H; Ψ; US * UAO; UG * UAO
      PRINT '-------------------------------------------------------------------
      PRINT 'Ts' =''; TSS

    END
```

```
SUB HEAT
'HEAT = Latent Heat of Vapour   (Kcal/Kg )
 TRS = TS * 1.8
  IF TRS >= 959.69 THEN
     PRINT 'CAN NOT RUN HEAT TRS > 959'
  ELSE
     IF TRS <= 459.69 THEN
        PRINT 'CAN NOT RUN HEAT TRS < 459'
     ELSE
        SELECT CASE TRS
          CASE IS <= 491.69
            HE = 1220.844 - .0577 * (TRS - 459.69)
          CASE IS <= 609.69
            HE = 1075.8965# - .56983 * (TRS - 491.69)
          CASE IS > 609.69
            HE = (1354673.214# - .9125275587# * (TRS ^ 2)) ^ (1 / 2)
        END SELECT
     END IF
   END IF
LAM = HE * (2.205 / 3.968)
END SUB


SUB HSAT
'HS = Saturated Humidity (Kg/Kg dry air)
TRS = TS * 1.8
  IF TRS <= 459.69 THEN
     PRINT 'CAN NOT RUN Hsat TRS < 459'
  ELSE
     IF TRS <= 491.69 THEN
        PS = EXP(23.3924 - (11286.6489# / TRS) - .46057 * (2.3026 * LOG(TRS)))
     ELSE
        A1 = (-27405.5 + (54.1896 * TRS) - (.04513 * (TRS ^ 2)))
        A2 = (.215321 * 10 ^ (-4) * (TRS ^ 3)) - (.462027 * 10 ^ (-8) * (TRS ^ 4))
        A = A1 + A2
        B = (2.41613 * TRS) - (.00121547# * (TRS ^ 2))
        PS = 3206.18 * EXP(A / B)
     END IF
  END IF
PT = 14.696
HS = ABS(.62198 * PS / (PT - PS))
END SUB
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
SUB PROPERTY
'DAB Diffusion  Coefficient (m2/hr)
'CP=Specific Heat Capacity of gas (Kcal/g.K)
'VIS=Viscosity of gas (cP)
'KG=Thermal Conductivity of gas (kcal/m.hr.c)
'TGO=Temp. gas (C)

DAB = 1.1756 * (10 ^ (-9)) * (TG ^ (1.75))
CP = ((3.49 * 10 ^ (-5)) * TG) + .23
VIS = (4.489 * 10 ^ (-5)) * EXP(-269.245 / TG)
KG = ((1.72 * 10 ^ (-8)) * TG) + 1.1864 * 10 ^ (-6)

END SUB


SUB WETBLUB
'Sub routine for find wet blub Temp.
'data from main programe is Tg(C),H
'parameter
'DB =Gas temp. (F)
DB = (1.8 * (TG - 273.16)) + 32
AC = 1093 * H + (.444 * DB * H) + (.24 * DB)
TW1 = DB - 25
    FOR I = 1 TO 30
        THE = 273.16 / (273.16 + (TW1 - 32) / 1.8)
        PVS = 10 ^ (10.7959 * (1 - THE) + 5.02808 * .4343
              * LOG(THE) - 2.2195983#)
        F12 = .62198 * PVS / (1 - PVS)
              - (AC - (.24 + H) * TW1) / (1093 - .556 * TW1)
            IF ABS(F12) < .0001 THEN 1
              F1D = .0136566# * PVS
                    * (THE ^ 2 + .202272 * THE) / (1 - PVS) ^ 2
              F2D = (.556 * AC - 1093
                    * (.24 + H)) / (1093 - .556 * TW1) ^ 2
              TW1 = TW1 - F12 / (F1D - F2D)
      NEXT I
1   TW2 = (5 / 9) * (TW1 - 32)

END SUB
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
SUB RUNGE
'-------------------------------------------------------------
'Find k1 for all  equation
'-------------------------------------------------------------
DW1 = Z * FW: DH1 = Z * FH: DTG1 = Z * FTG: DTS1 = Z * FTS
DUS1 = Z * FUS: X1 = X + Z / 2
W1 = W + DW1 / 2: H1 = H + DH1 / 2: TG1 = TG + DTG1 / 2
TS1 = TS + DTS1 / 2: US1 = US + DUS1 / 2
'-------------------------------------------------------------
'Calulate the value of equation at (x1,y1)
'-------------------------------------------------------------

FW = -KO * (SH / US1) * PHIU * (HS - H1)
FH = -M * FW
FTG = (-KO * M) * (SC / PR) * (NU / US1) * PHIU * (TG1 - TS1)
      * (1 / (1 + (CV / CP) * H1))
FTS = (-1 / M) * (1 + (CV / CP) * H1) * (CP / CW) * FTG
       * (1 / ((CS / CW) + W1))- (1 / M) * (CV / CW) * (TG1 - TS1)
       * FH * (1 / ((CS / CW) + W1)) - (1 / M)
       * (LAM / CW) * FH * (1 / ((CS / CW) + W1))
FU = K1 * (PHIH / (1 + W1)) * CD * ((UG - US1) ^ 2) - (FR ^ (-2))
FUS = FU / US1
'-------------------------------------------------------------
'Find k2 for all equation
'-------------------------------------------------------------
DW2 = Z * FW: DH2 = Z * FH: DTG2 = Z * FTG: DTS2 = Z * FTS
DUS2 = Z * FUS: W1 = W + DW2 / 2: H1 = H + DH2 / 2: TG1 = TG + DTG2 / 2
TS1 = TS + DTS2 / 2: US1 = US + DUS2 / 2
'-------------------------------------------------------------
'Calulate the value of equation at (x1,y1)
'-------------------------------------------------------------

FW = -KO * (SH / US1) * PHIU * (HS - H1)
FH = -M * FW
FTG = (-KO * M) * (SC / PR) * (NU / US1) * PHIU * (TG1 - TS1)
       * (1 / (1 + (CV / CP) * H1))
FTS = (-1 / M) * (1 + (CV / CP) * H1) * (CP / CW) * FTG
       * (1 / ((CS / CW) + W1))- (1 / M) * (CV / CW) * (TG1 - TS1)
       * FH * (1 / ((CS / CW) + W1))
       - (1 / M) * (LAM / CW) * FH * (1 / ((CS / CW) + W1))
FU = K1 * (PHIH / (1 + W1)) * CD * ((UG - US1) ^ 2) - (FR ^ (-2))
FUS = FU / US1

'-------------------------------------------------------------
'Find k3 for all equation
'-------------------------------------------------------------
DW3 = Z * FW: DH3 = Z * FH: DTG3 = Z * FTG: DTS3 = Z * FTS
DUS3 = Z * FUS: X1 = X + Z
W1 = W + DW3: H1 = H + DH3: TG1 = TG + DTG3
TS1 = TS + DTS3: US1 = US + DUS3
```

```
'-------------------------------------------------------------
'Calulate the value of equation at (x1,y1)
'-------------------------------------------------------------

FW = -KO * (SH / US1) * PHIU * (HS - H1)
FH = -M * FW
FTG = (-KO * M) * (SC / PR) * (NU / US1) * PHIU * (TG1 - TS1)
      * (1 / (1 + (CV / CP) * H1))
FTS = (-1 / M) * (1 + (CV / CP) * H1) * (CP / CW) * FTG
      * (1 / ((CS / CW) + W1))- (1 / M) * (CV / CW)
      * (TG1 - TS1) * FH * (1 / ((CS / CW) + W1))
      -*(1 / M) * (LAM / CW) * FH * (1 / ((CS / CW) + W1))
FU = K1 * (PHIH / (1 + W1)) * CD * ((UG - US1) ^ 2) - (FR ^ (-2))
FUS = FU / US1

'-------------------------------------------------------------
'Find k4 for all equation
'-------------------------------------------------------------
DW4 = Z * FW: DH4 = Z * FH: DTG4 = Z * FTG: DTS4 = Z * FTS
DUS4 = Z * FUS
'=============================================================
'Calculate the solution of all equation
'=============================================================

W = W + (DW1 + (2 * DW2) + (2 * DW3) + DW4) * (1 / 6)
H = H + (DH1 + (2 * DH2) + (2 * DH3) + DH4) * (1 / 6)
TG = TG + (DTG1 + (2 * DTG2) + (2 * DTG3) + DTG4) * (1 / 6)
TS = TS + (DTS1 + (2 * DTS2) + (2 * DTS3) + DTS4) * (1 / 6)
US = US + (DUS1 + (2 * DUS2) + (2 * DUS3) + DUS4) * (1 / 6)

END SUB



SUB RUNGE3
'-------------------------------------------------------
'Find k1 of all equation
'-------------------------------------------------------

DWW1 = Z * FWW: DHH1 = Z * FHH: DTTG1 = Z * FTTG: DTTS1 = Z * FTTS
DUUS1 = Z * FUUS: X1 = X + Z / 2
WW1 = WW + DWW1 / 2: HH1 = HH + DHH1 / 2: TTG1 = TTG + DTTG1 / 2
TTS1 = TTS + DTTS1 / 2: UUS1 = UUS + DUUS1 / 2
'-------------------------------------------------------------
'Calculate the value of equation at (x1,y1)
'-------------------------------------------------------------

FWW = -KO * (SH / UUS1) * PHIU * (HS - HH1)
FHH = -M * FWW
FTTG = (-KO * M) * (SC / PR) * (NU / UUS1) * PHIU * (TTG1 - TTS1)
       * (1 / (1 + (CV / CP) * HH1))
FTTS = (-1 / M) * (1 + (CV / CP) * HH1) * (CP / CW) * FTTG
       * (1 / ((CS / CW) + WW1)) - (1 / M) * (CV / CW) * (TTG1 - TTS1)
       * FHH * (1 / ((CS / CW) + WW1)) - (1 / M) * (LAM / CW) * FHH
       * (1 / ((CS / CW) + WW1))
FUU = K1 * (PHIH / (1 + WW1)) * CD * ((UG - UUS1) ^ 2) - (FR ^ (-2))
FUUS = FUU / UUS1
```

```
'-------------------------------------------------------------
'Find k2 for all equation
'-------------------------------------------------------------
DWW2 = Z * FWW: DHH2 = Z * FHH: DTTG2 = Z * FTTG
DTTS2 = Z * FTTS: DUUS2 = Z * FUUS
X1 = X + Z
WW1 = WW - DWW1 + (2 * DWW2): HH1 = HH - DHH1 + (2 * DHH2)
TTG1 = TTG - DTTG1 + (2 * DTTG2)
TS1 = TS - DTTS1 + (2 * DTTS2): UUS1 = US - DUUS1 + (2 * DUUS2)
'-------------------------------------------------------------
'Calculate the value of equation at (x1,y1).
'-------------------------------------------------------------

FWW = -KO * (SH / UUS1) * PHIU * (HS - HH1)
FHH = -M * FWW
FTTG = (-KO * M) * (SC / PR) * (NU / UUS1) * PHIU
       * (TTG1 - TTS1) * (1 / (1 + (CV / CP) * HH1))
FTTS = (-1 / M) * (1 + (CV / CP) * HH1) * (CP / CW) * FTTG
       * (1 / ((CS / CW) + WW1)) - (1 / M) * (CV / CW) * (TTG1 - TTS1)
       * FHH * (1 / ((CS / CW) + WW1)) - (1 / M) * (LAM / CW) * FHH
       * (1 / ((CS / CW) + WW1))
FUU = K1 * (PHIH / (1 + WW1)) * CD * ((UG - UUS1) ^ 2) - (FR ^ (-2))
FUUS = FUU / UUS1

'-------------------------------------------------------------
'Find k3 for all equation
'-------------------------------------------------------------
DWW3 = Z * FWW: DHH3 = Z * FHH: DTTG3 = Z * FTTG
DTTS3 = Z * FTTS: DUUS3 = Z * FUUS
'=============================================================
'Calculate the solution of all equation
'=============================================================

WW = WW + (DWW1 + (4 * DWW2) + DWW3) * (1 / 6)
HH = HH + (DHH1 + (4 * DHH2) + DHH3) * (1 / 6)
TTG = TTG + (DTTG1 + (4 * DTTG2) + DTTG3) * (1 / 6)
TTS = TTS + (DTTS1 + (4 * DTTS2) + DTTS3) * (1 / 6)
UUS = UUS + (DUUS1 + (4 * DUUS2) + DUUS3) * (1 / 6)

END SUB
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นาย ชัยรัตน์ ศรีโวทานัย เกิดวันที่ 29 มีนาคม พ.ศ. 2509 ที่ อำเภอ โชคชัย จังหวัด นครราชสีมา จบการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขา เคมี จาก มหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อปี 2530 ปัจจุบัน ทำงานที่ บ.ไทยวาอัลฟาสตาร์ช จำกัด ในตำแหน่ง Technical Support Supervisor

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย