รายการอ้างอิง

1. William, E. B. Plastics in Food Packaging : Properties, Design, and Fabrication. New York : Marcel Dekker, Inc., 1992.
2. Robertson, L. G. Food Packaging. New York : Marcel Dekker, Inc., 1993.
3. El-Nokaly, M. A., Piatt, M. D., and Charpentier, B. A. Polymeric Delivery Systems. Washington : American Chemical Society, 1993.
4. งามทิพย์ ภู่วโรดม. ก๊าซกับการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2537.
5. Talasila, P. C., and Cameron, A. C. Prediction Equation for Gases in Flexible Modified-Atmosphere Packages of Respiring Produce are Different than those for Rigid Packages. Journal of Food Science 62 (September – October 1997) : 926-930.
6. Young, L. G., and Wooster, J. J. Designing Packages for Fresh-cut Produce. TAPPI Journal 79 (June 1996) : 205-211.
7. Hirata, T., Makino, Y., Ishikawa, Y., Katsuura, S.,and Hasegawa, Y. A Theoretical Model for Designing Modified Atmosphere Packaging with a Perforation. Transactions of the ASAE 39 (July – August 1996) : 1499-1504.
8. มยุรี ภาคลำเจียก. บรรจุภัณฑ์พลาสติกสำหรับอาหาร. วารสารพลาสติก 14 (กรกฎาคม – สิงหาคม 2540) : 23-36.
9. ประพาฬรัตน์ ทองเนาวรัตน์. การจำลองทางคณิตศาสตร์ของบรรยากาศดัดแปรภายในบรรจุภัณฑ์พอลิเมอร์สำหรับผักและผลไม้สด. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.
10. Labuza, T. P., and Breene, W. M. Applications of Active Packaging for Improvement of Shelf-Life and Nutrition Quality of Fresh and Extended Shelf-Life Foods. Journal of Food Processing and Preservation 13 (1989) : 1-69.
11. Lianda, J., and Jiping, X. A Simple Method for Prediction of Gas Permeability of Polymers from Their Molecular Structure. Polymer Journal 23 (1991) : 417-425.

12. Hongyong, F., Lianda, J., and Jiping, X. An Extension of the Method for Predicting Permeability through Polymer Membranes from Simple Gases to Water Vapor. Chinese Journal of Polymer Science 13 (1995) : 189-192.

13. Henig, Y. S., and Gilbert, S. G. Computer Analysis of the Variables Affecting Respiration and Quality of Produce Packaged in Polymeric Films. Journal of Food Science 40 (1975) : 1033-1035.

14. Kader, A. A. Biochemical and Physiological Basis for Effects of Controlled and Modified Atmospheres on Fruits and Vegetables. Food Technology 40 (1986) : 99-104.

15. Exama, A., Arul, J., Lencki, R. W., Lee, L. Z. and Toupin, C. Suitability of Plastic Films for Modified Atmosphere Packaging of Fruits and Vegetables. Journal of Food Science 58 (1993) : 1365-1370.

16. O'Donoghue, M. Plastics for Food Contact Applications. ICI Research Group, 1990.

17. Talasia, P. C.,and Cameron, A. C. Free-Volume Changes in Flexible, Hermetic Packages Containing Respiring Produce. Journal of Food Science 62 (September – October 1997) : 659-664.

18. Cameron, A. C., Talasia, P. C., and Joles, D. W. Predicting Film Permeability Needs for Modified Atmosphere Packaging of Lightly Processed Fruits and Vegetables. Hortscience 60 (February 1995) : 25-34

19. Chau, K. V., Romero, R. A., Baird, C. D., and Gaffney, J. J. Transpiration Coefficient for Certain Fruits and Vegetables. ASHRAE Trans 94 (1988) : 1553-1562.

20. ASHRAE. ASHRAE Fundemental Handbook. SI ed. Atlanta : ASHRAE Inc., 1989.

21. Kader, A. A., and Morris, L. L. Relative Tolerance of Fruits and Vegetables to Elevated CO_2 and Reduced O_2 Level. In D. H. Dewey (ed.), Controlled Atmospheres for the Storage and Transport of Horticultural Crops. pp. 260-265. Michigan : Department of Horticulture, Michigan State University, East Lansing, 1977.

22. Kader, A.A., Zagory, D., and Kerbel, E.L. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. Critical Rev. in Food Sci. and Nutrition 28 (1989) : 1-30.

23. Stannett, T. V. The Permeability of Plastic Films and Coated Papers to Gases and Vapors. Converting & Packaging (September 1985) : 22-26.

24. Zagory, D., and Kader, A. A. Modified Atmosphere Packaging of Fresh Produce. Food Technol 42 (September 1988) : 70-77.

25. Mathlouthi, M. Food Packaging and Preservation. London : Blackie Academic & Professional, 1994.

26. เศรษฐกิจการพาณิชย์, กรม. ข้อมูลการค้าของประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร : ศูนย์เผยแพร่ข้อมูล ฝ่ายประชาสัมพันธ์ กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์ กระทรวงพาณิชย์, 2542.

27. จริงแท้ ศิริพานิช. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2541.

28. Lee, D. S., Haggar, P. E., Lee, J., and Yam, K. L. Model for fresh produce respiration in modified atmospheres based on principles of enzyme kinetics. Journal of Food Science 56 (1991) : 1580-1585.

29. Parry, R.T. Priciples and applications of modified atmosphere packaging of food. New York : Blackie academic, 1989.

30. William, D. P., and Brent, J. S. Modified Atmosphere Packaging of Fruits and Vegetables. In Ooraikul, B. and Stiles M. E. (eds.), Modified Atmosphere Packaging of Food. pp. 169-228. New York : Ellis Horwood, 1991.

31. สัมพันธ์ คัมภิรานนท์. 2529 หลักสรีรวิทยาของพืช (ม.ป.ท.)

32. Talasia, P. C., Chau, K. V., and Brecht, J. K. Modified Atmosphere Packaging Under Varying Surrounding Temperature Transaction of the ASAE 38 (May – June 1995) : 869-876.

33. Renault, P., Souty, M., and Chambroy, Y. Gas Exchange in Modified Atmosphere Packaging. 1 : A New Theoretical Approach for Micro-Perforated Packs. Int. Journal of Food Sci. and Technol 29 (1994) : 365-378.

34. Renault, P., Houal, L., Jacquemin, G., and Chambroy, Y. Gas-Exchange in Modified Atmosphere Packaging 2 : Experimental Results with Strawberries. Int. Journal of Food Sci. and Technol 29 (1994) : 379-394.

35. Pauly, S. Permeability and Diffusion Data. In Brandrup, J., and Immergut, E.H. (eds.), Polymer Handbook., pp.435-449. USA : John Wiley and Sons, 1989.

36. MacLead, R. F., Kader, A. A., and Morris, L. L. Stimulation of Ethylene and CO_2 Production of Mature-green Tomatoes by Impact Bruising. Hortscience 11 (1976) : 604-606.

37. Ota, Y. Packing Posture of Vegetables for Maintaining Postharvest Freshness. Farming Japan 24 (1990) : 36-41.

38. กาญจนา ทุมมานนท์. การบรรจุแบบปรับสภาวะของผลิตผลสด. วารสารการบรรจุภัณฑ์ (Packaging Thailand) 3 (เมษายน-มิถุนายน 2539) : 28.

39. วัลย์ลดา หงส์ทอง, บรรณาธิการ. การบรรจุภัณฑ์ผักและผลไม้สดเพื่อการส่งออก. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2538.

40. Hayakawa, K., Henig, Y. S., and Gilbert, S. G. Formulae for predicting gas exchange of fresh produce in polymeric film package. Journal of Food Science 40 (1975) : 186-191.

41. Makino, Y., Iwasaki, I., and Hirata, T. A Theoretical Model for Oxygen Consumption in Fresh Produce under an Atmosphere with Carbon Dioxide. Journal of Agricultural Engineering Research 65 (November 1996) : 193-203.

42. Robinson, J. E., Browne K. M., and Burton W. G. Storage Characteristics of Some Vegetables and Soft Fruits. Ann. Appl. Biol. 81 (1975) : 399-408.

43. Yang, C.C., and Chinnan, M.S. Modeling the effect of O_2 and CO_2 on respiration and quality of stored tomatoes. Transactions of the ASAE 31 (1988) : 920-925.

44. Peppelenbos, H.W., and Leven, J.V. Evaluation of Four Types of Inhibition for Modelling the Influence of Carbon Dioxide on Oxygen Consumption of Fruits and Vegetables. Postharvest Biology and Technology 7 (1996) : 27-40.

45. Makino, Y. Development of Respiration Models for Modified Atmosphere Packaging of Horticultural Commodities. Japan Agricultural Research Quarterly 33 (1999) : 185-192.

46. Jurin, V., and Karel, M. Studies on Control of Respiration of McIntosh Apples by Packaging Methods. Food Technol. 17 (1963) : 782-786.

47. Cameron, A. C., Boylan-Pett, W., and Lee, J. Design of Modifeid Atmosphere Packaging Systems : Modeling Oxygen Concentrations Within Sealed Packages of Tomato Fruits. Journal of Food Science 54 (1989) : 1413-1416.

48. Christie, G. B. Y., Macdiarmid, J. I., Schliephake, K., and Tomkins, R. B. Determination of Film Requirements and Respiratory Bahaviour of Fresh Produce in Modified Atmosphere Packaging. Postharvest Biology and Technology 6 : (1995) : 41-54.

49. Tomkins, R. G. The Conditions Produced in Film Packages by Fresh Fruits and Vegetables and the Effect of These Conditions on Storage Life. Journal of Appl. Bact. 25 (1962) : 290-307.

50. Yang, C.C., and Chinnan, M.S. Computer Modeling of Gas Composition and Color Development of Tomatoes Stored in Polymeric Film. Journal of Food Science 53 (1988) : 869-872.

51. Varoquaux, P., Albagnac, G., Nguyen, C., and Varoquaux, F. Modified Atmosphere Packaging of Fresh Beansprout. J. Sci. Food. Agri. 70 (1996) : 224-230.

52. Gong, S., and Corey, A. K. Predicting Steady-state Oxygen Concentrations in Modified-atmosphere Packages of Tomatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 119 (1994) : 546-550.

53. Lopez, B. G., Varoquaux, P., Bureau, G., and Pascat, B. Modified Atmosphere Packaging of Common Mushroom. Int. Journal of Food Sci. and Technol. 28 (1993) : 57-68.

54. Makino, Y., Iwasaki, K., and Hirata, T. Oxygen Consumption Model for Fresh Produce on the Basis of Adsorption Theory. Transactions of the ASAE 39 (1996) : 1067-1073.

55. Chambroy, Y., Guinebretiere, M. H., Jacquemin, G., Reich, M., and Breuils L. Effect of Carbondioxide on Shelf Life and Post Harvest Decay of Strawberries Fruit. Science Des Aliments 13 (1993) : 409-423.

56. Fishman, S., Rodov, V., Peretz, J. and Ben-Yehoshua, S. Model for Gas Exchange Dynamics in Modified-Atmosphere Packages of Fruits and Vegetables. Journal of Food Science 60 (1995) : 1078-1083.

57. Emond, J. P., Chau, K. V., Brecht, J. K., and Ngadi, M. O. Mathematical Modeling of Gas Concentration Profiles in Modified Atmosphere Bulk Packages. Transactions of the ASAE 41 (1998) : 1075-1082.

58. Pirovani, M. E., Piagentini, A. M., Guemes D. R., and Di Pentima, J. H. Quality of Minimally Processed Lettuce as Influenced by Packaging and Chemical Treatment. Journal of Food Quality 22 (1998) : 475-484.

59. Pirovani, M. E., Guemes, D. R., Piagentini, A. M., and Di Pentima, J. H. Storage Quality of Minally Processed Cabbage Packaged in Plastic Films. Journal of Food Quality 20 (1997) : 381-389.

60. Nichols, R., and Hammond, J. B. W. Storage of Mushrooms in Pre-packs : the Effect of Changes in Carbon Dioxide and Oxygen on Quality. J. Sci. Fd. Agric. 24 (1973) : 1371-1381.

61. Garcia, J. M., Medina, R. J., and Olias J. M. Quality of Strawberries Automatically Packed in Different Plastic Films. Journal of Food Science 63 (1998) : 1037-1041.

62. Osorino Lopez, M. M. and Chaves A. R. Quality Changes in Stored Raw Grated Beetroots as Affected by Temperature and Packaging Film. Journal of Food Science 63 (1998) : 327-330.

63. ทัศนีย์ ชังเทศ และ สมภพ ถาวรยิ่ง. การวิเคราะห์การถดถอยและสหสัมพันธ์. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2530.

64. Kreyszig, E. Advanced Mathematical Engineering. 8th ed. Singapore : John Wiley & Sons, Inc., 1999.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ผลการทดลองและผลการคำนวณ

ผลการทดลองค่าความดันย่อยของก๊าซต่าง ๆ และความดันรวมภายในบรรจุภัณฑ์ที่ได้จากข้อมูลชุดที่ 1 [5] และผลการคำนวณที่ได้จากโปรแกรม ได้แสดงข้อมูลดิบไว้ในตารางที่ ก.1 ซึ่งถูกนำไปเขียนเป็นแผนภูมิดังรูปที่ 5.1 ถึง 5.4

ตารางที่ ก.1 ความดันย่อยของก๊าซต่าง ๆ และความดันรวม ในบรรจุภัณฑ์แบบบรรยากาศดัดแปร ที่ได้จากการทดลองและการคำนวณจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ของข้อมูลชุดที่ 1 [5]

เวลา	ผลการทดลอง [5]					ผลการคำนวณจากโปรแกรม				
(ชั่วโมง)	p_{O_2}	p_{CO_2}	p_{N_2}	p_{H_2O}	p_{total}	p_{O_2}	p_{CO_2}	p_{N_2}	p_{H_2O}	p_{total}
0.00	21.670	0.030	79.330	0.300	101.330	21.180	0.030	79.789	0.301	101.300
3.00	16.140	2.940	79.330	0.590	99.000	17.043	3.126	79.789	0.395	100.353
6.00	11.950	4.030	79.330	0.690	96.000	13.889	4.547	79.789	0.395	98.620
9.00	9.200	4.260	79.330	0.710	93.500	11.330	5.200	79.789	0.395	96.714
12.00	6.720	4.350	79.330	0.725	91.125	9.205	5.470	79.789	0.395	94.859
15.00	5.110	4.320	79.330	0.740	89.500	7.436	5.545	79.789	0.395	93.165
18.00	4.140	4.290	79.330	0.740	88.500	5.980	5.508	79.789	0.395	91.672
21.00	3.430	4.250	79.330	0.740	87.750	4.800	5.401	79.789	0.395	90.385
24.00	2.960	4.220	79.330	0.740	87.250	3.883	5.245	79.789	0.395	89.312
30.00	2.310	4.120	79.330	0.740	86.500	2.728	4.852	79.789	0.395	87.764
36.00	2.120	4.060	79.330	0.740	86.250	2.223	4.476	79.789	0.395	86.883
42.00	2.060	4.000	79.330	0.735	86.125	2.039	4.225	79.789	0.395	86.448
48.00	2.060	4.000	79.330	0.735	86.125	1.946	4.093	79.789	0.395	86.253
60.00	2.060	4.000	79.330	0.735	86.125	1.945	4.008	79.789	0.395	86.137
R^2	-	-	-	-	-	0.972	0.923	-	0.886	0.933

ผลการทดลองค่าความดันย่อยของก๊าซต่าง ๆ และความดันรวมภายในบรรจุภัณฑ์ที่ได้จากข้อมูลชุดที่ 2 [17] และผลการคำนวณที่ได้จากโปรแกรม ได้แสดงข้อมูลดิบไว้ในตารางที่ ก.2 ซึ่งถูกนำไปเขียนเป็นแผนภูมิดังรูปที่ 5.5 ถึง 5.8

ตารางที่ ก.2 ความดันย่อยของก๊าซต่าง ๆ และความดันรวม ในบรรจุภัณฑ์แบบบรรยากาศดัดแปร ที่ได้จากการทดลองและการคำนวณจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ของข้อมูลชุดที่ 2

เวลา (ชั่วโมง)	ผลการทดลอง [17]					ผลการคำนวณจากโปรแกรม				
	p_{O_2}	p_{CO_2}	p_{N_2}	p_{H_2O}	p_{total}	p_{O_2}	p_{CO_2}	p_{N_2}	p_{H_2O}	p_{total}
0.00	21.50	0.03	79.97	0.30	101.80	21.18	0.03	79.79	0.30	101.30
24.00	15.78	3.15	79.97	0.45	99.35	16.96	2.94	79.79	0.37	100.06
48.00	12.03	4.15	79.97	0.61	96.76	13.66	4.23	79.79	0.37	98.05
72.00	8.91	4.37	79.97	0.61	93.86	10.96	4.79	79.79	0.37	95.91
96.00	6.09	4.56	79.97	0.61	91.23	8.70	5.00	79.79	0.37	93.86
168.00	4.69	4.09	79.97	0.61	89.36	4.08	4.79	79.79	0.37	89.03
192.00	3.91	4.11	79.97	0.61	88.60	3.19	4.59	79.79	0.37	87.94
264.00	2.81	3.74	79.97	0.61	87.13	1.97	3.91	79.79	0.37	86.04
336.00	2.97	3.63	79.97	0.61	87.18	1.74	3.54	79.79	0.37	85.44
384.00	3.98	3.24	79.97	0.61	87.80	1.71	3.45	79.79	0.37	85.32
456.00	3.33	3.67	79.97	0.61	87.58	1.70	3.41	79.79	0.37	85.27
576.00	3.51	4.07	79.97	0.61	88.16	1.69	3.40	79.79	0.37	85.25
R^2	-	-	-	-	-	0.956	0.922	-	0.775	0.941

ผลการทดลองค่าความเข้มข้นก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในบรรจุภัณฑ์ที่ได้จากข้อมูลชุดที่ 3 [7] และผลการคำนวณที่ได้จากโปรแกรม ได้แสดงข้อมูลดิบไว้ในตารางที่ ก.3 ซึ่งถูกนำไปเขียนเป็นแผนภูมิดังรูปที่ 5.9 และรูปที่ 5.10

ตารางที่ ก.3 ความเข้มข้นของก๊าซต่าง ๆ ในบรรจุภัณฑ์แบบบรรยากาศดัดแปร ที่ได้จากการทดลองและการคำนวณจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ของข้อมูลชุดที่ 3 [17]

เวลา (ชั่วโมง)	ผลการทดลอง [7]		โปรแกรมคอมพิวเตอร์	
	x_{O_2}	x_{CO_2}	x_{O_2}	x_{CO_2}
0.00	21.00	0.03	20.79	0.03
12.00	16.53	3.08	15.73	3.74
24.00	13.07	4.62	11.93	5.64
48.00	5.00	7.30	5.95	7.36
66.00	1.92	7.28	2.34	7.87
R^2	-	-	0.992	0.982

ผลการทดลองค่าความเข้มข้นก๊าซออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์ที่ได้จากข้อมูลชุดที่ 4 [45] และผลการคำนวณที่ได้จากโปรแกรม ได้แสดงข้อมูลดิบไว้ในตารางที่ ก.4 ซึ่งถูกนำไปเขียนเป็นแผนภูมิดังรูปที่ 5.11

ตารางที่ ก.4 ความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจน ในบรรจุภัณฑ์แบบบรรยากาศดัดแปร ที่ได้จากการทดลองและการคำนวณจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ของข้อมูลชุดที่ 4 [45]

เวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจน	
	ผลการทดลอง [45]	โปรแกรมคอมพิวเตอร์
0.00	20.97	20.845
6.00	19.17	19.334
12.00	18.06	18.134
24.00	15.69	16.176
48.00	12.78	13.343
72.00	10.97	11.409
96.00	9.72	10.086
120.00	8.89	9.201
144.00	8.06	8.622
R^2	-	0.999

ภาคผนวก ข

รายละเอียดของโปรแกรม MAP 2000

โปรแกรม MAP 2000 ได้ถูกเขียนขึ้นโดยใช้โปรแกรมวิชวลเบสิก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อคำนวณหาความดันย่อยและความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจน และไอน้ำที่เวลาใด ๆ ภายในบรรจุภัณฑ์แบบบรรยากาศดัดแปรสำหรับผักและผลไม้สด โดยใช้สมการต่าง ๆ ซึ่งได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 4 และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการหาเงื่อนไขต่าง ๆ เช่น ค่าความสามารถในการซึมผ่านของก๊าซ ขนาดที่เหมาะสมของบรรจุภัณฑ์ น้ำหนักของผักและผลไม้สดที่บรรจุ อุณหภูมิในการเก็บรักษา ที่เหมาะสมของบรรจุภัณฑ์แบบบรรยากาศดัดแปรสำหรับผักและผลไม้สดชนิดหนึ่ง ๆ

โปรแกรม MAP 2000 แบ่งออกเป็นส่วนย่อย ๆ 8 ส่วน ซึ่งมีรายละเอียดของชุดคำสั่ง ดังนี้

1. MODULE 1

```
Public Data As Database
Public Po As Double
Public Pc As Double
Public Pn As Double
Public Ph As Double
Public page As String
```

2. CHEM 0

```
Option Explicit
Private Sub cmdexit_Click()
   End
End Sub
Private Sub cmdhelp_Click()
   page = "Chem0"
   Chem6.Show
End Sub
Private Sub cmdnext_Click()
   Chem1.Show
End Sub
```

3. CHEM 1

```
Public produce As String
Const R = 8.3144

Private Sub cmbproduce_Click()
   Dim rst As Recordset
   Dim Sql As String
   Sql = "Select * From Product Where Produce Like '" & cmbproduce.Text & "';"
   Set rst = Data.OpenRecordset(Sql)
   If (rst.RecordCount <> 0) Then
      txta = rst!A
      txtb = rst!B
      txti = rst!I
      txtrq = rst!RQ
      txtk = rst!K
      txtac = rst!ac
      txtbc = rst!bc
      txtic = rst!ic
      txttref = rst!Tref
      txteaf = rst!Eaf
      produce = cmbproduce.Text
   End If
End Sub

Private Sub cmdback_Click()
   Chem0.Show
End Sub

Private Sub cmdclear_Click()
   cmbproduce.Text = ""
   txttemp.Text = ""
   txta.Text = ""
   txteaf.Text = ""
   txtb.Text = ""
   txti.Text = ""
   txtrq.Text = ""
   txtk.Text = ""
   txtac.Text = ""
   txtbc.Text = ""
   txtic.Text = ""
   txttref.Text = ""
End Sub

Private Sub cmdexit_Click()
   End
End Sub

Private Sub cmdnext_Click()
   If (txttref.Text = "" Or txttref.Text = "none") Then
      txttref.Text = "0"
   End If
   If (txttemp.Text = "" Or txttemp.Text = "none") Then
      txttemp.Text = txttref.Text
```

```
    End If
    If (txta.Text = "" Or txta.Text = "none") Then
       txta.Text = "0"
    End If
    If (txtb.Text = "" Or txtb.Text = "none") Then
       txtb.Text = "0"
    End If
    If (txti.Text = "" Or txti.Text = "none") Then
       txti.Text = "0"
    End If
    If (txtrq.Text = "" Or txtrq.Text = "none") Then
       txtrq.Text = "1"
    End If
    If (txtk.Text = "" Or txtk.Text = "none") Then
       txtk.Text = "0"
    End If
    If (txtac.Text = "" Or txtac.Text = "none") Then
       txtac.Text = "0"
    End If
    If (txtbc.Text = "" Or txtbc.Text = "none") Then
       txtbc.Text = "0"
    End If
    If (txtic.Text = "" Or txtic.Text = "none") Then
       txtic.Text = "0"
    End If
    If (txteaf.Text = "" Or txteaf.Text = "none") Then
       txteaf.Text = "0"
    End If
    Chem5.Show
End Sub
-------------------------------------------------------------------------------
Private Sub cmdupdate_Click()
    page = "Chem1"
    Chem3.Show
End Sub
-------------------------------------------------------------------------------
Private Sub cmdhelp_Click()
    page = "Chem1"
    Chem6.Show
End Sub
-------------------------------------------------------------------------------
Private Sub Form_Load()
    Dim rst As Recordset
    Dim Sql As String
    cmbproduce.Clear
    Set Data = OpenDatabase("c:\Map2000\Database.mdb")
    Sql = "Select * From Product ;"
    Set rst = Data.OpenRecordset(Sql)
    If (rst.RecordCount <> 0) Then
       Do Until rst.EOF
          cmbproduce.AddItem rst!produce
       rst.MoveNext
```

```
    Loop
  End If
  rst.Close
End Sub
```

4. CHEM 2

```
Const A = 0.207106781186548
Const B = 0.292893218813452
Const C = -0.707106781186548
Const d = 1.70710678118655
Const R = 8.3144
Public polymer As String
Dim deft, defh, defA, defd, defw, defV As String
Dim Ro, Rc, RH, Poh, Pch, Pnh, Phh, Psat, T1, T2 As Double
```

```
Private Sub cmbcompute_Click()
  On Error GoTo Err
  If (txtt.Text = "") Then
    txtt.Text = "250"
  End If
  If (txth.Text = "") Then
    txth.Text = "1"
  End If
  If (txtA.Text = "") Then
    txtA.Text = "750"
  End If
  If (txtd.Text = "") Then
    txtd.Text = "0.025"
  End If
  If (txtw.Text = "") Then
    txtw.Text = "0.1"
  End If
  If (txtV.Text = "") Then
    txtV.Text = "250"
  End If
  If (txtpo.Text = "") Then
    txtpo.Text = "0"
  End If
  If (txtpc.Text = "") Then
    txtpc.Text = "0"
  End If
  If (txtpn.Text = "") Then
    txtpn.Text = "0"
  End If
  If (txtph.Text = "") Then
    txtph.Text = "0"
  End If
  Dim rst As Recordset
  Dim pst As Recordset
```

```
    Dim Sql As String
    Dim Str, Str1 As String
    Sql = "Select * From Result;"
    Set pst = Data.OpenRecordset(Sql)
    If (pst.RecordCount <> 0) Then
      Do Until pst.EOF
        Set rst = Data.OpenRecordset("Result")
        rst.Index = "PrimaryKey"
        rst.Seek "=", pst!Time
        rst.Delete
        rst.Close
      pst.MoveNext
      Loop
    End If
    pst.Close
    Str1 = InputBox("FileName", "Please enter filename.")
    Open "c:\Map2000\LogFile\" & Str1 & ".txt" For Output As #1
    Set rst = Data.OpenRecordset("Result")
    Dim A, B, C, I, L1, L2, M1, M2 As Integer
    Dim Mypos
    Dim tmpO2, tmpCO2, tmpN2, tmpH2O, popkg, pcpkg, pnpkg, phpkg  As Double
    Dim Xo, Xc, Xn, Xh, Psum As Double
    Dim MyStr, MyStr1, MyStr2, MyStr3, MyStr4 As String
    Dim XStr1, XStr2, XStr3, XStr4 As String
    popkg = CDbl(txtpo)
    pcpkg = CDbl(txtpc)
    pnpkg = CDbl(txtpn)
    phpkg = CDbl(txtph)
    Psum = popkg + pcpkg + pnpkg + phpkg
    Xo = popkg / Psum
    Xc = pcpkg / Psum
    Xn = pnpkg / Psum
    Xh = phpkg / Psum
    Psat = (Exp(((-5.8 * 1000
(CDbl(Chem1.txttemp) + 273)) + 1.391 - ((4.864 / 100) * (CDbl(Chem1.txttemp) + 273)) + ((4.176 / 100000) *
((CDbl(Chem1.txttemp) + 273) ^ 2)) - ((1.445 / 100000000) * (CDbl(Chem1.txttemp) + 273) ^ 3) + (6.545 * (Log(CDbl(Chem1.txttemp) + 273)
/ Log(2.718282))))) / 1000
    MyStr1 = Format(CDbl(txtpo), "##.#####")
    Mypos = InStr(1, MyStr1, ".", 0)
    L1 = Len(Mid(MyStr1, 1, Mypos - 1))
    L2 = Len(Mid(MyStr1, Mypos + 1))
    If (Len(MyStr1) = 1) Then
      MyStr1 = "00.00000"
    ElseIf (L1 < 2 And L2 = 5) Then
      M1 = 2 - L1
      For A = 1 To M1
        MyStr1 = "0" & MyStr1
      Next A
    ElseIf (L1 = 2 And L2 < 5) Then
      M2 = 5 - L2
      For B = 1 To M2
```

```
    MyStr1 = MyStr1 & "0"
  Next B
ElseIf (L1 < 2 And L2 < 5) Then
  M1 = 2 - L1
  M2 = 5 - L2
  For A = 1 To M1
    MyStr1 = "0" & MyStr1
  Next A
  For B = 1 To M2
    MyStr1 = MyStr1 & "0"
  Next B
End If
MyStr2 = Format(CDbl(txtpc), "##.#####")
Mypos = InStr(1, MyStr2, ".", 0)
L1 = Len(Mid(MyStr2, 1, Mypos - 1))
L2 = Len(Mid(MyStr2, Mypos + 1))
If (Len(MyStr2) = 1) Then
  MyStr2 = "00.00000"
ElseIf (L1 < 2 And L2 = 5) Then
  M1 = 2 - L1
  For A = 1 To M1
    MyStr2 = "0" & MyStr2
  Next A
ElseIf (L1 = 2 And L2 < 5) Then
  M2 = 5 - L2
  For B = 1 To M2
    MyStr2 = MyStr2 & "0"
  Next B
ElseIf (L1 < 2 And L2 < 5) Then
  M1 = 2 - L1
  M2 = 5 - L2
  For A = 1 To M1
    MyStr2 = "0" & MyStr2
  Next A
  For B = 1 To M2
    MyStr2 = MyStr2 & "0"
  Next B
End If
MyStr3 = Format(CDbl(txtpn), "##.#####")
Mypos = InStr(1, MyStr3, ".", 0)
L1 = Len(Mid(MyStr3, 1, Mypos - 1))
L2 = Len(Mid(MyStr3, Mypos + 1))
If (Len(MyStr3) = 1) Then
  MyStr3 = "00.00000"
ElseIf (L1 < 2 And L2 = 5) Then
  M1 = 2 - L1
  For A = 1 To M1
    MyStr3 = "0" & MyStr3
  Next A
ElseIf (L1 = 2 And L2 < 5) Then
```

```
    M2 = 5 - L2
    For B = 1 To M2
        MyStr3 = MyStr3 & "0"
    Next B
ElseIf (L1 < 2 And L2 < 5) Then
    M1 = 2 - L1
    M2 = 5 - L2
    For A = 1 To M1
        MyStr3 = "0" & MyStr3
    Next A
    For B = 1 To M2
        MyStr3 = MyStr3 & "0"
    Next B
End If
MyStr4 = Format(CDbl(txtph), "##.#####")
Mypos = InStr(1, MyStr4, ".", 0)
L1 = Len(Mid(MyStr4, 1, Mypos - 1))
L2 = Len(Mid(MyStr4, Mypos + 1))
If (Len(MyStr4) = 1) Then
    MyStr4 = "00.00000"
ElseIf (L1 < 2 And L2 = 5) Then
    M1 = 2 - L1
    For A = 1 To M1
        MyStr4 = "0" & MyStr4
    Next A
ElseIf (L1 = 2 And L2 < 5) Then
    M2 = 5 - L2
    For B = 1 To M2
        MyStr4 = MyStr4 & "0"
    Next B
ElseIf (L1 < 2 And L2 < 5) Then
    M1 = 2 - L1
    M2 = 5 - L2
    For A = 1 To M1
        MyStr4 = "0" & MyStr4
    Next A
    For B = 1 To M2
        MyStr4 = MyStr4 & "0"
    Next B
End If
XStr1 = Format(Xo, "##.#####")
Mypos = InStr(1, XStr1, ".", 0)
L1 = Len(Mid(XStr1, 1, Mypos - 1))
L2 = Len(Mid(XStr1, Mypos + 1))
If (Len(XStr1) = 1) Then
    XStr1 = "00.00000"
ElseIf (L1 < 2 And L2 = 5) Then
    M1 = 2 - L1
    For A = 1 To M1
        XStr1 = "0" & XStr1
```

```
    Next A
ElseIf (L1 = 2 And L2 < 5) Then
    M2 = 5 - L2
    For B = 1 To M2
        XStr1 = XStr1 & "0"
    Next B
ElseIf (L1 < 2 And L2 < 5) Then
    M1 = 2 - L1
    M2 = 5 - L2
    For A = 1 To M1
        XStr1 = "0" & XStr1
    Next A
    For B = 1 To M2
        XStr1 = XStr1 & "0"
    Next B
End If
XStr2 = Format(Xc, "##.######")
Mypos = InStr(1, XStr2, ".", 0)
L1 = Len(Mid(XStr2, 1, Mypos - 1))
L2 = Len(Mid(XStr2, Mypos + 1))
If (Len(XStr2) = 1) Then
    XStr2 = "00.00000"
ElseIf (L1 < 2 And L2 = 5) Then
    M1 = 2 - L1
    For A = 1 To M1
        XStr2 = "0" & XStr2
    Next A
ElseIf (L1 = 2 And L2 < 5) Then
    M2 = 5 - L2
    For B = 1 To M2
        XStr2 = XStr2 & "0"
    Next B
ElseIf (L1 < 2 And L2 < 5) Then
    M1 = 2 - L1
    M2 = 5 - L2
    For A = 1 To M1
        XStr2 = "0" & XStr2
    Next A
    For B = 1 To M2
        XStr2 = XStr2 & "0"
    Next B
End If
XStr3 = Format(Xn, "##.######")
Mypos = InStr(1, XStr3, ".", 0)
L1 = Len(Mid(XStr3, 1, Mypos - 1))
L2 = Len(Mid(XStr3, Mypos + 1))
If (Len(XStr3) = 1) Then
    XStr3 = "00.00000"
ElseIf (L1 < 2 And L2 = 5) Then
    M1 = 2 - L1
```

```
    For A = 1 To M1
      XStr3 = "0" & XStr3
    Next A
  ElseIf (L1 = 2 And L2 < 5) Then
    M2 = 5 - L2
    For B = 1 To M2
      XStr3 = XStr3 & "0"
    Next B
  ElseIf (L1 < 2 And L2 < 5) Then
    M1 = 2 - L1
    M2 = 5 - L2
    For A = 1 To M1
      XStr3 = "0" & XStr3
    Next A
    For B = 1 To M2
      XStr3 = XStr3 & "0"
    Next B
  End If
  XStr4 = Format(Xh, "##.#####")
  Mypos = InStr(1, XStr4, ".", 0)
  L1 = Len(Mid(XStr4, 1, Mypos - 1))
  L2 = Len(Mid(XStr4, Mypos + 1))
  If (Len(XStr4) = 1) Then
    XStr4 = "00.00000"
  ElseIf (L1 < 2 And L2 = 5) Then
    M1 = 2 - L1
    For A = 1 To M1
      XStr4 = "0" & XStr4
    Next A
  ElseIf (L1 = 2 And L2 < 5) Then
    M2 = 5 - L2
    For B = 1 To M2
      XStr4 = XStr4 & "0"
    Next B
  ElseIf (L1 < 2 And L2 < 5) Then
    M1 = 2 - L1
    M2 = 5 - L2
    For A = 1 To M1
      XStr4 = "0" & XStr4
    Next A
    For B = 1 To M2
      XStr4 = XStr4 & "0"
    Next B
  End If
  rst.AddNew
    rst!Time = 0
    rst!pO2 = MyStr1 'CStr(txtpo)
    rst!pCO2 = MyStr2 'CStr(txtpc)
    rst!pN2 = MyStr3 'CStr(txtpn)
    rst!pH2O = MyStr4 'CStr(txtph)
```

```
    rst!XO2 = XStr1
    rst!XCO2 = XStr2
    rst!XN2 = XStr3
    rst!XH2O = XStr4
rst.Update
rst.Close
Str = "Produce  = " & Chem1.cmbproduce.Text
Print #1, Str
Str = "Temp  = " & Chem1.txttemp.Text
Print #1, Str
Str = "a  = " & Chem1.txtA.Text
Print #1, Str
Str  "b  = " & Chem1.txtb.Text
Print #1, Str
Str = "i  = " & Chem1.txti.Text
Print #1, Str
Str  "ac  = " & Chem1.txtac.Text
Print #1, Str
Str  "bc  = " & Chem1.txtbc.Text
Print #1, Str
Str = "ic  = " & Chem1.txtic.Text
Print #1, Str
Str = "RQ  = " & Chem1.txtrq.Text
Print #1, Str
Str = "k  = " & Chem1.txtk.Text
Print #1, Str
Str = "t  = " & Chem2.txtt.Text
Print #1, Str
Str = "h  = " & Chem2.txth.Text
Print #1, Str
Str = "A  = " & Chem2.txtA.Text
Print #1, Str
Str = "d  = " & Chem2.txtd.Text
Print #1, Str
Str = "w  = " & Chem2.txtw.Text
Print #1, Str
Str = "V  = " & Chem2.txtV.Text
Print #1, Str
Str = "pO2  = " & Chem2.txtpo.Text
Print #1, Str
Str = "pCO2  = " & Chem2.txtpc.Text
Print #1, Str
Str = "pN2  = " & Chem2.txtpn.Text
Print #1, Str
Str = "pH2O  = " & Chem2.txtph.Text
Print #1, Str
Str = "pH2Osat  = " & Psat
Print #1, Str
Str = "Polymer  = " & Chem5.cmbpolymer.Text
Print #1, Str
```

```
    Str = "P'O  = " & Chem5.txtp0o.Text
    Print #1, Str
    Str = "P'C  = " & Chem5.txtp0c.Text
    Print #1, Str
    Str = "P'N  = " & Chem5.txtp0n.Text
    Print #1, Str
    Str = "P'H  = " & Chem5.txtp0h.Text
    Print #1, Str
    Str = "eao  = " & Chem5.txteao.Text
    Print #1, Str
    Str = "eac  = " & Chem5.txteac.Text
    Print #1, Str
    Str = "ean  = " & Chem5.txtean.Text
    Print #1, Str
    Str = "eah  = " & Chem5.txteah.Text
    Print #1, Str
    Str = "no  = " & Chem5.txtno.Text
    Print #1, Str
    Str = "nc  = " & Chem5.txtnc.Text
    Print #1, Str
    Str = "nn  = " & Chem5.txtnn.Text
    Print #1, Str
    Str = "nh  = " & Chem5.txtnh.Text
    Print #1, Str
    Str = "PO2  = " & Chem5.txtpo.Text
    Print #1, Str
    Str = "PCO2  = " & Chem5.txtpc.Text
    Print #1, Str
    Str = "PN2  = " & Chem5.txtpn.Text
    Print #1, Str
    Str = "PH2O  = " & Chem5.txtph.Text
    Print #1, Str
    Print #1, "-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
---"
    Str = "Time" & "      " & " Po " & "      " & " Pc " & "      " & " Pn " & "      " & " Ph " & "      " & " Xo " & "
" & " Xc " & "      " & " Xn " & "      " & " Xh "
    Print #1, Str
    Print #1, "-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
---"
    Str = "0000" & "      " & MyStr1 & "      " & MyStr2 & "      " & MyStr3 & "      " & MyStr4 & "      " & XStr1 & "      " & XStr2 & "
" & XStr3 & "      " & XStr4
    Print #1, Str
    For I = Val(txth.Text) To Val(txtt.Text) Step Val(txth.Text)
        RH = phpkg / Psat
        Poh = CDbl(Chem5.txtpo) + (CDbl(Chem5.txtno) * (RH - CDbl(Chem5.txtrhref) / 100))
        Pch = CDbl(Chem5.txtpc) + (CDbl(Chem5.txtnc) * (RH - CDbl(Chem5.txtrhref) / 100))
        Pnh = CDbl(Chem5.txtpn) + (CDbl(Chem5.txtnn) * (RH - CDbl(Chem5.txtrhref) / 100))
        Phh = CDbl(Chem5.txtph) + (CDbl(Chem5.txtnh) * (RH - CDbl(Chem5.txtrhref) / 100))
        tmpO2 = O2(Val(txth), Poh, CDbl(txtA), CDbl(txtd), CDbl(txtpo), popkg, pcpkg, CDbl(txtw))
        popkg = popkg + tmpO2
```

```
MyStr1 = Format(popkg, "##.#####")
Mypos = InStr(1, MyStr1, ".", 0)
L1 = Len(Mid(MyStr1, 1, Mypos - 1))
L2 = Len(Mid(MyStr1, Mypos + 1))
If (Len(MyStr1) = 1) Then
   MyStr1 = "00.00000"
ElseIf (L1 < 2 And L2 = 5) Then
   M1 = 2 - L1
   For A = 1 To M1
      MyStr1 = "0" & MyStr1
   Next A
ElseIf (L1 = 2 And L2 < 5) Then
   M2 = 5 - L2
   For B = 1 To M2
      MyStr1 = MyStr1 & "0"
   Next B
ElseIf (L1 < 2 And L2 < 5) Then
   M1 = 2 - L1
   M2 = 5 - L2
   For A = 1 To M1
      MyStr1 = "0" & MyStr1
   Next A
   For B = 1 To M2
      MyStr1 = MyStr1 & "0"
   Next B
End If
tmpCO2 = CO2(Ro, Val(txth), CDbl(Chem5.txtpc), CDbl(txtA), CDbl(txtd), CDbl(txtpc), popkg, pcpkg, CDbl(txtw))
pcpkg = pcpkg + tmpCO2
MyStr2 = Format(pcpkg, "##.#####")
Mypos = InStr(1, MyStr2, ".", 0)
L1 = Len(Mid(MyStr2, 1, Mypos - 1))
L2 = Len(Mid(MyStr2, Mypos + 1))
If (Len(MyStr2) = 1) Then
   MyStr2 = "00.00000"
ElseIf (L1 < 2 And L2 = 5) Then
   M1 = 2 - L1
   For A = 1 To M1
      MyStr2 = "0" & MyStr2
   Next A
ElseIf (L1 = 2 And L2 < 5) Then
   M2 = 5 - L2
   For B = 1 To M2
      MyStr2 = MyStr2 & "0"
   Next B
ElseIf (L1 < 2 And L2 < 5) Then
   M1 = 2 - L1
   M2 = 5 - L2
   For A = 1 To M1
      MyStr2 = "0" & MyStr2
   Next A
```

```
    For B = 1 To M2
        MyStr2 = MyStr2 & "0"
    Next B
End If
tmpN2 = N2(Val(txth), CDbl(Chem5.txtpn), CDbl(txtA), CDbl(txtd), CDbl(txtpn), pnpkg, CDbl(txtw))
pnpkg = pnpkg + tmpN2
MyStr3 = Format(pnpkg, "##.#####")
Mypos = InStr(1, MyStr3, ".", 0)
L1 = Len(Mid(MyStr3, 1, Mypos - 1))
L2 = Len(Mid(MyStr3, Mypos + 1))
If (Len(MyStr3) = 1) Then
    MyStr3 = "00.00000"
ElseIf (L1 < 2 And L2 = 5) Then
    M1 = 2 - L1
    For A = 1 To M1
        MyStr3 = "0" & MyStr3
    Next A
ElseIf (L1 = 2 And L2 < 5) Then
    M2 = 5 - L2
    For B = 1 To M2
        MyStr3 = MyStr3 & "0"
    Next B
ElseIf (L1 < 2 And L2 < 5) Then
    M1 = 2 - L1
    M2 = 5 - L2
    For A = 1 To M1
        MyStr3 = "0" & MyStr3
    Next A
    For B = 1 To M2
        MyStr3 = MyStr3 & "0"
    Next B
End If
tmpH2O = H2O(Val(txth), Phh, CDbl(txtA), CDbl(txtd), CDbl(txtph), phpkg, CDbl(txtw))
phpkg = phpkg + tmpH2O
MyStr4 = Format(phpkg, "##.#####")
Mypos = InStr(1, MyStr4, ".", 0)
L1 = Len(Mid(MyStr4, 1, Mypos - 1))
L2 = Len(Mid(MyStr4, Mypos + 1))
If (Len(MyStr4) = 1) Then
    MyStr4 = "00.00000"
ElseIf (L1 < 2 And L2 = 5) Then
    M1 = 2 - L1
    For A = 1 To M1
        MyStr4 = "0" & MyStr4
    Next A
ElseIf (L1 = 2 And L2 < 5) Then
    M2 = 5 - L2
    For B = 1 To M2
        MyStr4 = MyStr4 & "0"
    Next B
```

```
    ElseIf (L1 < 2 And L2 < 5) Then
      M1 = 2 - L1
      M2 = 5 - L2
      For A = 1 To M1
        MyStr4 = "0" & MyStr4
      Next A
      For B = 1 To M2
        MyStr4 = MyStr4 & "0"
      Next B
    End If
    Psum = popkg + pcpkg + pnpkg + phpkg
    Xo = popkg / Psum
    Xc = pcpkg / Psum
    Xn = pnpkg / Psum
    Xh = phpkg / Psum
    XStr1 = Format(Xo, "##.######")
Mypos = InStr(1, XStr1, ".", 0)
L1 = Len(Mid(XStr1, 1, Mypos - 1))
L2 = Len(Mid(XStr1, Mypos + 1))
'' (Len(XStr1) = 1) Then
    XStr1 = "00.00000"
ElseIf (L1 < 2 And L2 = 5) Then
    M1 = 2 - L1
    For A = 1 To M1
      XStr1 = "0" & XStr1
    Next A
ElseIf (L1 = 2 And L2 < 5) Then
    M2 = 5 - L2
    For B = 1 To M2
      XStr1 = XStr1 & "0"
    Next B
ElseIf (L1 < 2 And L2 < 5) Then
    M1 = 2 - L1
    M2 = 5 - L2
    For A = 1 To M1
      XStr1 = "0" & XStr1
    Next A
    For B = 1 To M2
      XStr1 = XStr1 & "0"
    Next B
End If
XStr2 = Format(Xc, "##.######")
Mypos = InStr(1, XStr2, ".", 0)
L1 = Len(Mid(XStr2, 1, Mypos - 1))
L2 = Len(Mid(XStr2, Mypos + 1))
If (Len(XStr2) = 1) Then
    XStr2 = "00.00000"
ElseIf (L1 < 2 And L2 = 5) Then
    M1 = 2 - L1
    For A = 1 To M1
```

```
        XStr2 = "0" & XStr2
    Next A
ElseIf (L1 = 2 And L2 < 5) Then
    M2 = 5 - L2
    For B = 1 To M2
        XStr2 = XStr2 & "0"
    Next B
ElseIf (L1 < 2 And L2 < 5) Then
    M1 = 2 - L1
    M2 = 5 - L2
    For A = 1 To M1
        XStr2 = "0" & XStr2
    Next A
    For B = 1 To M2
        XStr2 = XStr2 & "0"
    Next B
End If
XStr3 = Format(Xn, "##.#####")
Mypos = InStr(1, XStr3, ".", 0)
L1 = Len(Mid(XStr3, 1, Mypos - 1))
L2 = Len(Mid(XStr3, Mypos + 1))
If (Len(XStr3) = 1) Then
    XStr3 = "00.00000"
ElseIf (L1 < 2 And L2 = 5) Then
    M1 = 2 - L1
    For A = 1 To M1
        XStr3 = "0" & XStr3
    Next A
ElseIf (L1 = 2 And L2 < 5) Then
    M2 = 5 - L2
    For B = 1 To M2
        XStr3 = XStr3 & "0"
    Next B
ElseIf (L1 < 2 And L2 < 5) Then
    M1 = 2 - L1
    M2 = 5 - L2
    For A = 1 To M1
        XStr3 = "0" & XStr3
    Next A
    For B = 1 To M2
        XStr3 = XStr3 & "0"
    Next B
End If
XStr4 = Format(Xh, "##.#####")
Mypos = InStr(1, XStr4, ".", 0)
L1 = Len(Mid(XStr4, 1, Mypos - 1))
L2 = Len(Mid(XStr4, Mypos + 1))
If (Len(XStr4) = 1) Then
    XStr4 = "00.00000"
ElseIf (L1 < 2 And L2 = 5) Then
```

```
        M1 = 2 - L1
        For A = 1 To M1
          XStr4 = "0" & XStr4
        Next A
      ElseIf (L1 = 2 And L2 < 5) Then
        M2 = 5 - L2
        For B = 1 To M2
          XStr4 = XStr4 & "0"
        Next B
      ElseIf (L1 < 2 And L2 < 5) Then
        M1 = 2 - L1
        M2 = 5 - L2
        For A = 1 To M1
          XStr4 = "0" & XStr4
        Next A
        For B = 1 To M2
          XStr4 = XStr4 & "0"
        Next B
      End If
        Set rst = Data.OpenRecordset("Result")
        rst.AddNew
          rst!Time = I
          rst!pO2 = MyStr1 'CStr(popkg)
          rst!pCO2 = MyStr2 'CStr(pcpkg)
          rst!pN2 = MyStr3 'CStr(pnpkg)
          rst!pH2O = MyStr4 'CStr(phpkg)
          rst!XO2 = XStr1
          rst!XCO2 = XStr2
          rst!XN2 = XStr3
          rst!XH2O = XStr4
        rst.Update
        rst.Close
        C = Len(CStr(I))
        MyStr = CStr(I)
        If (C < 4) Then
          M1 = 4 - C
          For A = 1 To M1
            MyStr = "0" & MyStr
          Next A
        End If
        Str = MyStr & "    " & MyStr1 & "    " & MyStr2 & "    " & MyStr3 & "    " & MyStr4 & "    " & XStr1 & "    " & XStr2 & "
" & XStr3 & "    " & XStr4
        Print #1, Str
      Next I
      Close #1
      Data1.RecordSource = "Select * From Result Order By Time ;"
      Data1.Refresh
      DBGrid1.Columns(0).Width = 600
      DBGrid1.Columns(1).Width = 1000
      DBGrid1.Columns(2).Width = 1000
```

```
    DBGrid1.Columns(3).Width = 1000
    DBGrid1.Columns(4).Width = 1000
    DBGrid1.Columns(5).Width = 1000
    DBGrid1.Columns(6).Width = 1000
    DBGrid1.Columns(7).Width = 1000
    DBGrid1.Columns(8).Width = 1000
    DBGrid1.Refresh
    Exit Sub
Err:
  MsgBox "Please check data again", vbCritical + vbOKOnly, "Error Message"
End Sub
```

```
Public Function O2(h, Po, Area, d, poext, popkg, pcpkg, w As Double) As Double
    Dim k1, k2, k3, k4, tmp, Rot As Double
    Ro = (CDbl(Chem1.txtA) * CDbl(Chem1.txtb) * popkg) / (1 + (CDbl(Chem1.txtA) * popkg) + (CDbl(Chem1.txtA) * CDbl(Chem1.txti) * popkg
* pcpkg))
    T1 = CDbl(Chem1.txttemp) + 273
    T2 = CDbl(Chem1.txttref) + 273
    Rot = Ro * Exp((-1 * ((Chem1.txteaf) * 1000 / R) * ((1 / T1) - (1 / T2))))
    k1 = h * (((R) * (CDbl(Chem1.txttemp) + 273)) / CDbl(txtV)) * ((((Po * Area) / d) * (poext - popkg)) - (Rot * w))
    k2 = h * (((R) * (CDbl(Chem1.txttemp) + 273)) / CDbl(txtV)) * ((((Po * Area) / d) * (poext - (popkg + (k1 / 2)))) - (Rot * w))
    k3 = h * (((R) * (CDbl(Chem1.txttemp) + 273)) / CDbl(txtV)) * ((((Po * Area) / d) * (poext - (popkg + A * k1 + B * k2))) - (Rot * w))
    k4 = h * (((R) * (CDbl(Chem1.txttemp) + 273)) / CDbl(txtV)) * ((((Po * Area) / d) * (poext - (popkg + C * k2 + d * k3))) - (Rot * w))
    tmp = (1 / 6) * (k1 + 2 * B * k2 + 2 * d * k3 + k4)
    O2 = tmp
End Function
```

```
Public Function CO2(Ro, h, Pc, Area, d, pcext, popkg, pcpkg, w As Double) As Double
    Dim k1, k2, k3, k4, tmp  As Double
    If (Chem1.Option1.Value = True) Then
      Rc = Ro * CDbl(Chem1.txtrq) * Exp((-1 * ((Chem1.txteaf) * 1000 / R) * ((1 / T1) - (1 / T2))))
    ElseIf (Chem1.Option2.Value = True) Then
      Rc = (CDbl(Chem1.txtac) * CDbl(Chem1.txtbc) * popkg) / (1 + (CDbl(Chem1.txtac) * popkg) + (CDbl(Chem1.txtac) * CDbl(Chem1.txtic)
* pcpkg)) * Exp((-1 * ((Chem1.txteaf) * 1000 / R) * ((1 / T1) - (1 / T2))))
    End If
    k1 = h * (((R) * (CDbl(Chem1.txttemp) + 273)) / CDbl(txtV)) * ((((Pc * Area) / d) * (pcext - pcpkg)) + (Rc * w))
    k2 = h * (((R) * (CDbl(Chem1.txttemp) + 273)) / CDbl(txtV)) * ((((Pc * Area) / d) * (pcext - (pcpkg + (k1 / 2)))) + (Rc * w))
    k3 = h * (((R) * (CDbl(Chem1.txttemp) + 273)) / CDbl(txtV)) * ((((Pc * Area) / d) * (pcext - (pcpkg + A * k1 + B * k2))) + (Rc * w))
    k4 = h * (((R) * (CDbl(Chem1.txttemp) + 273)) / CDbl(txtV)) * ((((Pc * Area) / d) * (pcext - (pcpkg + C * k2 + d * k3))) + (Rc * w))
    tmp = (1 / 6) * (k1 + 2 * B * k2 + 2 * d * k3 + k4)
    CO2 = tmp
End Function
```

```
Public Function N2(h, Pn, Area, d, pnext, pnpkg, w As Double) As Double
    Dim k1, k2, k3, k4, tmp As Double
    k1 = h * (((R) * (CDbl(Chem1.txttemp) + 273)) / CDbl(txtV)) * (((Pn * Area) / d) * (pnext - pnpkg))
    k2 = h * (((R) * (CDbl(Chem1.txttemp) + 273)) / CDbl(txtV)) * (((Pn * Area) / d) * (pnext - (pnpkg + (k1 / 2))))
    k3 = h * (((R) * (CDbl(Chem1.txttemp) + 273)) / CDbl(txtV)) * (((Pn * Area) / d) * (pnext - (pnpkg + A * k1 + B * k2)))
    k4 = h * (((R) * (CDbl(Chem1.txttemp) + 273)) / CDbl(txtV)) * (((Pn * Area) / d) * (pnext - (pnpkg + C * k2 + d * k3)))
    tmp = (1 / 6) * (k1 + 2 * B * k2 + 2 * d * k3 + k4)
    N2 = tmp
End Function
```

```
Public Function H2O(h, Ph, Area, d, phext, phpkg, w As Double) As Double
    Dim k1, k2, k3, k4, tmp, m As Double
    m = CDbl(Chem1.txtk) * (Psat - phpkg)
    k1 = h * (((R) * (CDbl(Chem1.txttemp) + 273)) / CDbl(txtV)) * ((((Ph * Area) / d) * (phext - phpkg)) + (m * w))
    k2 = h * (((R) * (CDbl(Chem1.txttemp) + 273)) / CDbl(txtV)) * ((((Ph * Area) / d) * (phext - (phpkg + (k1 / 2)))) + (m * w))
    k3 = h * (((R) * (CDbl(Chem1.txttemp) + 273)) / CDbl(txtV)) * ((((Ph * Area) / d) * (phext - (phpkg + A * k1 + B * k2))) + (m * w))
    k4 = h * (((R) * (CDbl(Chem1.txttemp) + 273)) / CDbl(txtV)) * ((((Ph * Area) / d) * (phext - (phpkg + C * k2 + d * k3))) + (m * w))
    tmp = (1 / 6) * (k1 + 2 * B * k2 + 2 * d * k3 + k4)
    H2O = tmp
End Function
```

```
Private Sub cmdback_Click()
    Dim rst As Recordset
    Dim Sql As String
    Chem5.cmbpolymer.Clear
    Sql = "Select * From Polymer ;"
    Set rst = Data.OpenRecordset(Sql)
    If (rst RecordCount <> 0) Then
      Do Until rst.EOF
        Chem5.cmbpolymer.AddItem rst!polymer
      rst.MoveNext
      Loop
    End If
    rst.Close
    Chem5.cmbpolymer.Text = Chem5.polymer
    Chem5.Show
End Sub
```

```
Private Sub cmdclear_Click()
    txtt.Text = ""
    txth.Text = ""
    txtA.Text = ""
    txtd.Text = ""
    txtw.Text = ""
    txtpo.Text = ""
    txtpc.Text = ""
    txtpn.Text = ""
    txtph.Text = ""
    txtV.Text = ""
    Data1.RecordSource = "Select * From Result Where Time = -1 ;"
    Data1.Refresh
    DBGrid1.Refresh
End Sub
```

```
Private Sub cmdexit_Click()
    End
End Sub
```

```
Private Sub cmdgraph_Click()
    On Error GoTo Err
    Chem4.Show
    Exit Sub
Err:
```

```
    MsgBox "Please check data again", vbCritical + vbOKOnly, "Error Message"
End Sub
```

```
Private Sub cmdinput_Click()
    txtt.Text = InputBox("t = time (hr)", "Please enter storage time.")
    txth.Text = InputBox("h = step size (hr)", "Please enter step size of calculation.")
    txtA.Text = InputBox("A = area (sqcm)", "Please enter package area.")
    txtd.Text = InputBox("d = thickness (mm)", "Please enter package thickness.")
    txtw.Text = InputBox("w = weight (kg)", "Please enter produce weight.")
    txtV.Text = InputBox("V = volume (cucm)", "Please enter package volume.")
End Sub
```

```
Private Sub cmdhelp_Click()
    page = "Chem2"
    Chem6.Show
End Sub
```

```
Private Sub cmdset_Click()
    deft = txtt.Text
    defh = txth.Text
    defA = txtA.Text
    defd = txtd.Text
    defw = txtw.Text
    defV = txtV.Text
End Sub
```

```
Private Sub Data1_Validate(Action As Integer, Save As Integer)
End Sub
```

```
Private Sub Form_Load()
    Dim Psat, RH1, Ph, Po, Pn, Pc As Double
    Psat = (Exp(((-5.8 * 1000) / (CDbl(Chem1.txttemp) + 273)) + 1.391 - ((4.864 / 100) * (CDbl(Chem1.txttemp) + 273)) + ((4.176 / 100000) *
((CDbl(Chem1.txttemp) + 273) ^ 2)) - ((1.445 / 100000000) * (CDbl(Chem1.txttemp) + 273) ^ 3) + (6.545 * (Log(CDbl(Chem1.txttemp) + 273)
/ Log(2.718282))))) / 1000
    RH1 = CDbl(Chem5.txtrh) / 100
    Ph = (Psat * RH1)
    Po = (0.2097) * (101.3 - Ph)
    Pn = (0.79) * (101.3 - Ph)
    Pc = (0.0003) * (101.3 - Ph)
    txtph.Text = Ph
    txtpn.Text = Pn
    txtpc.Text = Pc
    txtpo.Text = Po
End Sub
```

```
Private Sub cmddefault_Click()
    txtt.Text = deft
    txth.Text = defh
    txtA.Text = defA
    txtd.Text = defd
    txtw.Text = defw
    txtV.Text = defV
End Sub
```

5. CHEM 3

```
Dim Str1 As String
Dim Str2 As String
```

```
Private Sub cmbpolymer_Click()
    Dim rst As Recordset
    Dim Sql As String
    Str2 = cmbpolymer.Text
    Sql = "Select * From Polymer Where Polymer Like '" & cmbpolymer.Text & "';"
    Set rst = Data.OpenRecordset(Sql)
    If (rst.RecordCount <> 0) Then
        txtp0o = rst!Po
        txtp0c = rst!Pc
        txtp0n = rst!Pn
        txtp0h = rst!Ph
        txteao = rst!Eao
        txteac = rst!Eac
        txtean = rst!Ean
        txteah = rst!Eah
        txtmref = rst!RHref
        txtno = rst!no
        txtnc = rst!nc
        txtnn = rst!nn
        txtnh = rst!nh
    End If
End Sub
```

```
Private Sub cmbproduce_Click()
    Dim rst As Recordset
    Dim Sql As String
    Str1 = cmbproduce.Text
    Sql = "Select * From Product Where Produce Like '" & cmbproduce.Text & "';"
    Set rst = Data.OpenRecordset(Sql)
    If (rst.RecordCount <> 0) Then
        txta = rst!A
        txtb = rst!B
        txti = rst!I
        txtrq = rst!RQ
        txtk = rst!K
        txtac = rst!ac
        txtbc = rst!bc
        txtic = rst!ic
        txttref = rst!Tref
        txteaf = rst!Eaf
    End If
End Sub
```

```
Private Sub cmdadd_Click()
    On Error GoTo Err
    Dim rst As Recordset
    Dim pst As Recordset
```

```
Dim Sql As String
Sql = "Select * From Product Where Produce Like '" & cmbproduce.Text & "';"
Set rst = Data.OpenRecordset(Sql)
If (rst.RecordCount = 0) Then
   Set pst = Data.OpenRecordset("Product")
   pst.AddNew
      pst!produce = cmbproduce.Text
      pst!A = txta.Text
      pst!B = txtb.Text
      pst!I = txti.Text
      pst!ac = txtac.Text
      pst!bc = txtbc.Text
      pst!ic = txtic.Text
      pst!RQ = txtrq.Text
      pst!K = txtk.Text
      pst!Tref = txttref.Text
      pst!Eaf = txteaf.Text
   pst.Update
   pst.Close
   cmbproduce.Text = ""
   txteaf.Text = ""
   txttref.Text = ""
   txttref.Text = ""
   txta.Text = ""
   txtb.Text = ""
   txti.Text = ""
   txtac.Text = ""
   txtbc.Text = ""
   txtic.Text = ""
   txtrq.Text = ""
   txtk.Text = ""
Else
   MsgBox "Add Incomplete!", vbCritical + vbOKOnly, "Message error"
   cmbproduce.Text = ""
   txttref.Text = ""
   txta.Text = ""
   txteaf.Text = ""
   txtb.Text = ""
   txti.Text = ""
   txtac.Text = ""
   txtbc.Text = ""
   txtic.Text = ""
   txtrq.Text = ""
   txtk.Text = ""
End If
rst.Close
cmbproduce.Clear
Sql = "Select * From Product ;"
Set rst = Data.OpenRecordset(Sql)
If (rst.RecordCount <> 0) Then
```

```
    Do Until rst.EOF
      cmbproduce.AddItem rst!produce
    rst.MoveNext
    Loop
  End If
  rst.Close
  Exit Sub
Err:
  MsgBox "Please check data again", vbCritical + vbOKOnly, "Error Message"
End Sub
```

```
Private Sub cmdadd1_Click()
  On Error GoTo Err
  Dim rst As Recordset
  Dim pst As Recordset
  Dim Sql As String
  Sql = "Select * From Polymer Where Polymer Like '" & cmbpolymer.Text & "';"
  Set rst = Data.OpenRecordset(Sql)
  If (rst.RecordCount = 0) Then
    Set pst = Data.OpenRecordset("Polymer")
    pst.AddNew
      pst!polymer = cmbpolymer.Text
      pst!Po = txtp0o.Text
      pst!Pc = txtp0c.Text
      pst!Pn = txtp0n.Text
      pst!Ph = txtp0h.Text
      pst!Eao = txteao.Text
      pst!Eac = txteac.Text
      pst!Ean = txtean.Text
      pst!Eah = txteah.Text
      pst!RHref = txtrhref.Text
      pst!no = txtno.Text
      pst!nc = txtnc.Text
      pst!nn = txtnn.Text
      pst!nh = txtnh.Text
    pst.Update
    pst.Close
    cmbpolymer.Text = ""
    txtrhref.Text = ""
    txtno.Text = ""
    txtnc.Text = ""
    txtnn.Text = ""
    txtnh.Text = ""
    txtp0o.Text = ""
    txtp0c.Text = ""
    txtp0n.Text = ""
    txtp0h.Text = ""
    txteao.Text = ""
    txteac.Text = ""
    txtean.Text = ""
    txteah.Text = ""
```

```
    Else
        MsgBox "Add Incomplete!", vbCritical + vbOKOnly, "Message error"
        cmbpolymer.Text = ""
        txtp0o.Text = ""
        txtp0c.Text = ""
        txtp0n.Text = ""
        txtp0h.Text = ""
        txteao.Text = ""
        txteac.Text = ""
        txtean.Text = ""
        txteah.Text = ""
        txtrhref.Text = ""
        txtno.Text = ""
        txtnc.Text = ""
        txtnn.Text = ""
        txtnh.Text = ""
    End If
    rst.Close
    cmbpolymer.Clear
    Sql = "Select * From Polymer ;"
    Set rst = Data.OpenRecordset(Sql)
    If (rst.RecordCount <> 0) Then
        Do Until rst.EOF
            cmbpolymer.AddItem rst!polymer
        rst.MoveNext
        Loop
    End If
    rst.Close
    Exit Sub
Err:
    MsgBox "Please check data again", vbCritical + vbOKOnly, "Error Message"
End Sub
```

```
Private Sub cmdback_Click()
    Dim rst As Recordset
    Dim Sql As String
    Chem1.cmbproduce.Clear
    Set Data = OpenDatabase("c:\Map2000\Database.mdb")
    Sql = "Select * From Product ;"
    Set rst = Data.OpenRecordset(Sql)
    If (rst.RecordCount <> 0) Then
        Do Until rst.EOF
            Chem1.cmbproduce.AddItem rst!produce
        rst.MoveNext
        Loop
    End If
    rst.Close
    If (page = "Chem1") Then
        Chem1.cmbproduce.Text = Chem1.produce
        Chem1.Show
    Else
```

```
        Chem5.cmbpolymer.Text = Chem5.polymer
        Chem5.Show
    End If
End Sub
```

```
Private Sub cmdclear_Click()
    cmbproduce.Text = ""
    txttref.Text = ""
    txteaf.Text = ""
    txta.Text = ""
    txtb.Text = ""
    txti.Text = ""
    txtac.Text = ""
    txtbc.Text = ""
    txtic.Text = ""
    txtrq.Text = ""
    txtk.Text = ""
End Sub
```

```
Private Sub cmdclear1_Click()
    cmbpolymer.Text = ""
    txtp0o.Text = ""
    txtp0c.Text = ""
    txtp0n.Text = ""
    txtp0h.Text = ""
    txteao.Text = ""
    txteac.Text = ""
    txtean.Text = ""
    txteah.Text = ""
    txtrhref.Text = ""
    txtno.Text = ""
    txtnc.Text = ""
    txtnn.Text = ""
    txtnh.Text = ""
End Sub
```

```
Private Sub cmddelete_Click()
    On Error GoTo Err
    Dim rst As Recordset
    Dim pst As Recordset
    Dim Sql As String
    Sql = "Select * From Product Where Produce Like '" & cmbproduce.Text & "';"
    Set pst = Data.OpenRecordset(Sql)
    If (pst.RecordCount <> 0) Then
        Set rst = Data.OpenRecordset("Product")
        rst.Index = "PrimaryKey"
        rst.Seek "=", pst!produce
        rst.Delete
        rst.Close
    End If
    pst.Close
    cmbproduce.Text = ""
```

```
    txttref.Text = ""
    txteaf.Text = ""
    txta.Text = ""
    txtb.Text = ""
    txti.Text = ""
    txtac.Text = ""
    txtbc.Text = ""
    txtic.Text = ""
    txtrq.Text = ""
    txtk.Text = ""
    cmbproduce.Clear
    Sql = "Select * From Product ;"
    Set rst = Data.OpenRecordset(Sql)
    If (rst.RecordCount <> 0) Then
       Do Until rst.EOF
          cmbproduce.AddItem rst!produce
       rst.MoveNext
       Loop
    End If
    rst.Close
    Exit Sub
Err:
    MsgBox "Please check data again", vbCritical + vbOKOnly, "Error Message"
End Sub
```

```
Private Sub cmddelete1_Click()
    On Error GoTo Err
    Dim rst As Recordset
    Dim pst As Recordset
    Dim Sql As String
    Sql = "Select * From Polymer Where Polymer Like '" & cmbpolymer.Text & "';"
    Set pst = Data.OpenRecordset(Sql)
    If (pst.RecordCount <> 0) Then
        Set rst = Data.OpenRecordset("Polymer")
        rst.Index = "PrimaryKey"
        rst.Seek "=", pst!polymer
        rst.Delete
        rst.Close
    End If
    pst.Close
    cmbpolymer.Text = ""
    txtrhref.Text = ""
    txtno.Text = ""
    txtnc.Text = ""
    txtnn.Text = ""
    txtnh.Text = ""
    txtp0o.Text = ""
    txtp0c.Text = ""
    txtp0n.Text = ""
    txtp0h.Text = ""
    txteao.Text = ""
```

```
    txteac.Text = ""
    txtean.Text = ""
    txteah.Text = ""
    cmbpolymer.Clear
    Sql = "Select * From Polymer ;"
    Set rst = Data.OpenRecordset(Sql)
    If (rst.RecordCount <> 0) Then
       Do Until rst.EOF
          cmbpolymer.AddItem rst!polymer
       rst.MoveNext
       Loop
    End If
    rst.Close
    Exit Sub
Err:
    MsgBox "Please check data again", vbCritical + vbOKOnly, "Error Message"
End Sub
```

```
Private Sub cmdedit_Click()
    On Error GoTo Err
    Dim rst As Recordset
    Dim Sql As String
    Sql = "Select * From Product Where Produce Like '" & Str1 & "';"
    Set rst = Data.OpenRecordset(Sql)
    If (rst.RecordCount <> 0) Then
       rst.Edit
          rst!produce = cmbproduce.Text
          rst!A = txta.Text
          rst!B = txtb.Text
          rst!I = txti.Text
          rst!ac = txtac.Text
          rst!bc = txtbc.Text
          rst!ic = txtic.Text
          rst!RQ = txtrq.Text
          rst!K = txtk.Text
          rst!Tref = txttref.Text
          rst!Eaf = txteaf.Text
       rst.Update
       cmbproduce.Text = ""
       txta.Text = ""
       txtb.Text = ""
       txteaf.Text = ""
       txti.Text = ""
       txttref.Text = ""
       txtac.Text = ""
       txtbc.Text = ""
       txtic.Text = ""
       txtrq.Text = ""
       txtk.Text = ""
    Else
       MsgBox "Edit Incomplete!", vbCritical + vbOKOnly, "Message error"
```

```
    cmbproduce.Text = ""
    txttref.Text = ""
    txta.Text = ""
    txtb.Text = ""
    txti.Text = ""
    txtac.Text = ""
    txtbc.Text = ""
    txtic.Text = ""
    txtrq.Text = ""
    txtk.Text = ""
  End If
  rst.Close
  Exit Sub
Err:
  MsgBox "Please check data again", vbCritical + vbOKOnly, "Error Message"
End Sub
```

```
Private Sub cmdedit1_Click()
  On Error GoTo Err
  Dim rst As Recordset
  Dim Sql As String
  Sql = "Select * From Polymer Where Polymer Like '" & Str2 & "';"
  Set rst = Data.OpenRecordset(Sql)
  If (rst.RecordCount <> 0) Then
    rst.Edit
      rst!polymer = cmbpolymer.Text
      rst!Po = txtp0o.Text
      rst!Pc = txtp0c.Text
      rst!Pn = txtp0n.Text
      rst!Ph = txtp0h.Text
      rst!Eao = txteao.Text
      rst!Eac = txteac.Text
      rst!Ean = txtean.Text
      rst!Eah = txteah.Text
      rst!RHref = txtrhref.Text
      rst!no = txtno.Text
      rst!nc = txtnc.Text
      rst!nn = txtnn.Text
      rst!nh = txtnh.Text
    rst.Update
    cmbpolymer.Text = ""
    txtp0o.Text = ""
    txtp0c.Text = ""
    txtp0n.Text = ""
    txtp0h.Text = ""
    txteao.Text = ""
    txteac.Text = ""
    txtean.Text = ""
    txteah.Text = ""
    txtrhref.Text = ""
    txtno.Text = ""
```

```
        txtnc.Text = ""
        txtnn.Text = ""
        txtnh.Text = ""
    Else
        MsgBox "Edit Incomplete!", vbCritical + vbOKOnly, "Message error"
        cmbpolymer.Text = ""
        txtrhref.Text = ""
        txtno.Text = ""
        txtnc.Text = ""
        txtnn.Text = ""
        txtnh.Text = ""
        txtp0o.Text = ""
        txtp0c.Text = ""
        txtp0n.Text = ""
        txtp0h.Text = ""
        txteao.Text = ""
        txteac.Text = ""
        txtean.Text = ""
        txteah.Text = ""
    End If
    rst.Close
    Exit Sub
Err:
    MsgBox "Please check data again", vbCritical + vbOKOnly, "Error Message"
End Sub
-------------------------------------------------------------------------------
Private Sub cmdexit_Click()
    End
End Sub
-------------------------------------------------------------------------------
Private Sub cmdhelp_Click()
    page = "Chem3"
    Chem6.Show
End Sub
-------------------------------------------------------------------------------
Private Sub Form_Load()
    Dim rst As Recordset
    Dim Sql As String
    Sql = "Select * From Product ;"
    Set rst = Data.OpenRecordset(Sql)
    If (rst.RecordCount <> 0) Then
        Do Until rst.EOF
            cmbproduce.AddItem rst!produce
        rst.MoveNext
        Loop
    End If
    rst.Close
    Sql = "Select * From Polymer ;"
    Set rst = Data.OpenRecordset(Sql)
    If (rst.RecordCount <> 0) Then
        Do Until rst.EOF
            cmbpolymer.AddItem rst!polymer
```

```
    rst.MoveNext
    Loop
  End If
  rst.Close
End Sub
```

6. CHEM 4

```
Private Sub cmdback_Click()
  Chem2.Show
  Unload Me
End Sub
```

```
Private Sub cmdexit_Click()
  End
End Sub
```

```
Private Sub cmdhelp_Click()
  page = "Chem4"
  Chem6.Show
End Sub
```

```
Private Sub Form_Load()
  Dim rst As Recordset
  Dim Sql As String
  Dim I, K As integer
  Dim J As String
  I = 0
  K = 0
  Graph1.DataReset = gphAllData
  Graph1.NumPoints = Val(Val(Chem2.txtt) / Val(Chem2.txth)) + 1
  Graph2.DataReset = gphAllData
  Graph2.NumPoints = Val(Val(Chem2.txtt) / Val(Chem2.txth)) + 1
  Graph3.DataReset = gphAllData
  Graph3.NumPoints = Val(Val(Chem2.txtt) / Val(Chem2.txth)) + 1
  Graph4.DataReset = gphAllData
  Graph4.NumPoints = Val(Val(Chem2.txtt) / Val(Chem2.txth)) + 1
  Graph5.DataReset = gphAllData
  Graph5.NumPoints = Val(Val(Chem2.txtt) / Val(Chem2.txth)) + 1
  Graph6.DataReset = gphAllData
  Graph6.NumPoints = Val(Val(Chem2.txtt) / Val(Chem2.txth)) + 1
  Graph7.DataReset = gphAllData
  Graph7.NumPoints = Val(Val(Chem2.txtt) / Val(Chem2.txth)) + 1
  Graph8.DataReset = gphAllData
  Graph8.NumPoints = Val(Val(Chem2.txtt) / Val(Chem2.txth)) + 1
  Sql = "Select * From Result;"
  Set rst = Data.OpenRecordset(Sql)
  If (rst.RecordCount <> 0) Then
    Do Until rst.EOF
      I = I + 1
      J = CStr(K)
      Graph1.ThisPoint = I 'rst!Time + 1
```

```
        Graph1.GraphData = CDbl(rst!pO2)
        Graph1.ThisPoint = I
        Graph1.LabelText = J
        Graph2.ThisPoint = I 'rst!Time + 1
        Graph2.GraphData = CDbl(rst!pCO2)
        Graph2.ThisPoint = I
        Graph2.LabelText = J
        Graph3.ThisPoint = I 'rst!Time + 1
        Graph3.GraphData = CDbl(rst!pN2)
        Graph3.ThisPoint = I
        Graph3.LabelText = J
        Graph4.ThisPoint = I 'rst!Time + 1
        Graph4.GraphData = CDbl(rst!pH2O)
        Graph4.ThisPoint = I
        Graph4.LabelText = J
        Graph5.ThisPoint = I 'rst!Time + 1
        Graph5.GraphData = CDbl(rst!XO2)
        Graph5.ThisPoint = I
        Graph5.LabelText = J
        Graph6.ThisPoint = I 'rst!Time + 1
        Graph6.GraphData = CDbl(rst!XCO2)
        Graph6.ThisPoint = I
        Graph6.LabelText = J
        Graph7.ThisPoint = I 'rst!Time + 1
        Graph7.GraphData = CDbl(rst!XN2)
        Graph7.ThisPoint = I
        Graph7.LabelText = J
        Graph8.ThisPoint = I 'rst!Time + 1
        Graph8.GraphData = CDbl(rst!XH2O)
        Graph8.ThisPoint = I
        Graph8.LabelText = J
      rst.MoveNext
      K = K + Val(Chem2.txth)
      Loop
    End If
    rst.Close
    Graph1.Refresh
    Graph2.Refresh
    Graph3.Refresh
    Graph4.Refresh
    Graph5.Refresh
    Graph6.Refresh
    Graph7.Refresh
    Graph8.Refresh
End Sub
```

7. CHEM 5

```
Public polymer As String
```

```
Const R = 8.3144
```

```
Private Sub cmbcompute_Click()
    On Error GoTo Err
    If (txtp0o.Text = "" Or txtp0o.Text = "none") Then
        txtp0o.Text = "0"
    End If
    If (txtp0c.Text = "" Or txtp0c.Text = "none") Then
        txtp0c.Text = "0"
    End If
    If (txteao.Text = "" Or txteao.Text = "none") Then
        txteao.Text = "0"
    End If
    If (txteac.Text = "" Or txteac.Text = "none") Then
        txteac.Text = "0"
    End If
    If (txtPo.Text = "" Or txtPo.Text = "none") Then
        txtPo.Text = "0"
    End If
    If (txtPc.Text = "" Or txtPc.Text = "none") Then
        txtPc.Text = "0"
    End If
    If (txtPn.Text = "" Or txtPn.Text = "none") Then
        txtPn.Text = "0"
    End If
    If (txtPh.Text = "" Or txtPh.Text = "none") Then
        txtPh.Text = "0"
    End If
    Po = CDbl(txtp0o) * Exp(-1 * ((CDbl(txteao) * 1000 / (R * (CDbl(Chem1.txttemp) + 273)))))
    Pc = CDbl(txtp0c) * Exp(-1 * ((CDbl(txteac) * 1000 / (R * (CDbl(Chem1.txttemp) + 273)))))
    Pn = CDbl(txtp0n) * Exp(-1 * ((CDbl(txtean) * 1000 / (R * (CDbl(Chem1.txttemp) + 273)))))
    Ph = CDbl(txtp0h) * Exp(-1 * ((CDbl(txteah) * 1000 / (R * (CDbl(Chem1.txttemp) + 273)))))
    txtPo.Text = Po
    txtPc.Text = Pc
    txtPn.Text = Pn
    txtPh.Text = Ph
    Me.txtPc.Text = Format(Me.txtPc.Text, "0.00000E+00")
    Me.txtPo.Text = Format(Me.txtPo.Text, "0.00000E+00")
    Me.txtPn.Text = Format(Me.txtPn.Text, "0.00000E+00")
    Me.txtPh.Text = Format(Me.txtPh.Text, "0.00000E+00")
    Exit Sub
Err:
    MsgBox "Please check data again", vbCritical + vbOKOnly, "Error Message"
End Sub
```

```
Private Sub cmbpolymer_Click()
    Dim rst As Recordset
    Dim Sql As String
    Sql = "Select * From Polymer Where Polymer Like '" & cmbpolymer.Text & "';"
    Set rst = Data.OpenRecordset(Sql)
    If (rst.RecordCount <> 0) Then
        txtp0o = rst!Po
```

```
        txtp0c = rst!Pc
        txtp0n = rst!Pn
        txtp0h = rst!Ph
        txteao = rst!Eao
        txteac = rst!Eac
        txtean = rst!Ean
        txteah = rst!Eah
        txtrhref = rst!RHref
        txtno = rst!no
        txtnc = rst!nc
        txtnn = rst!nn
        txtnh = rst!nh
        polymer = cmbpolymer.Text
    End If
End Sub
```

```
Private Sub cmdback_Click()
    Dim rst As Recordset
    Dim Sql As String
    Chem1.cmbproduce.Clear
    Set Data = OpenDatabase("c:\Map2000\Database.mdb")
    Sql = "Select * From Product ;"
    Set rst = Data.OpenRecordset(Sql)
    If (rst.RecordCount <> 0) Then
      Do Until rst.EOF
        Chem1.cmbproduce.AddItem rst!produce
      rst.MoveNext
      Loop
    End If
    rst.Close
    Chem1.cmbproduce.Text = Chem1.produce
    Chem1.Show
End Sub
```

```
Private Sub cmdclear_Click()
    cmbpolymer.Text = ""
    txtp0o.Text = ""
    txtp0c.Text = ""
    txtp0n.Text = ""
    txtp0h.Text = ""
    txteao.Text = ""
    txteac.Text = ""
    txtean.Text = ""
    txteah.Text = ""
    txtPo.Text = ""
    txtPc.Text = ""
    txtPn.Text = ""
    txtPh.Text = ""
    txtrh.Text = ""
    txtrhref.Text = ""
    txtno.Text = ""
    txtnc.Text = ""
```

```
    txtnn.Text = ""
    txtnh.Text = ""
End Sub
-----------------------------------------------------------------------------
Private Sub cmdexit_Click()
    End
End Sub
-----------------------------------------------------------------------------
Private Sub cmdnext_Click()
    If (txtno.Text = "" Or txtno.Text = "none") Then
        txtno.Text = "0"
    End If
    If (txtnc.Text = "" Or txtnc.Text = "none") Then
        txtnc.Text = "0"
    End If
    If (txtnn.Text = "" Or txtnn.Text = "none") Then
        txtnn.Text = "0"
    End If
    If (txtnh.Text = "" Or txtnh.Text = "none") Then
        txtnh.Text = "0"
    End If
    If (txtrhref.Text = "" Or txtrhref.Text = "none") Then
        txtrhref.Text = "50"
    End If
    If (txtrh.Text = "" Or txtrh.Text = "none") Then
        txtrh.Text = txtrhref.Text
    End If
    If (txtp0o.Text = "" Or txtp0o.Text = "none") Then
        txtp0o.Text = "0"
    End If
    If (txtp0c.Text = "" Or txtp0c.Text = "none") Then
        txtp0c.Text = "0"
    End If
     If (txtp0n.Text = "" Or txtp0n.Text = "none") Then
        txtp0n.Text = "0"
    End If
     If (txtp0h.Text = "" Or txtp0h.Text = "none") Then
        txtp0h.Text = "0"
    End If
    If (txteao.Text = "" Or txteao.Text = "none") Then
        txteao.Text = "0"
    End If
    If (txteac.Text = "" Or txteac.Text = "none") Then
        txteac.Text = "0"
    End If
    If (txtean.Text = "" Or txtean.Text = "none") Then
        txtean.Text = "0"
    End If
    If (txteah.Text = "" Or txteah.Text = "none") Then
        txteah.Text = "0"
    End If
    If (txtPo.Text = "" Or txtPo.Text = "none") Then
```

```
    txtPo.Text = "0"
  End If
  If (txtPc.Text = "" Or txtPc.Text = "none") Then
    txtPc.Text = "0"
  End If
  If (txtPn.Text = "" Or txtPn.Text = "none") Then
    txtPn.Text = "0"
  End If
  If (txtPh.Text = "" Or txtPh.Text = "none") Then
    txtPh.Text = "0"
  End If
  Dim Psat, RH, Ph, Po, Pn, Pc As Double
  Psat = (Exp(((-5.8 * 1000) / (CDbl(Chem1.txttemp) + 273)) + 1.391 - ((4.864 / 100) * (CDbl(Chem1.txttemp) + 273)) + ((4.176 / 100000) *
((CDbl(Chem1.txttemp) + 273) ^ 2)) - ((1.445 / 100000000) * (CDbl(Chem1.txttemp) + 273) ^ 3) + (6.545 * (Log(CDbl(Chem1.txttemp) + 273)
/ Log(2.718282))))) / 1000
  RH = CDbl(Chem5.txtrh) / 100
  Ph = (Psat * RH)
  Po = (0.2097) * (101.3 - Ph)
  Pn = (0.79) * (101.3 - Ph)
  Pc = (0.0003) * (101.3 - Ph)
  Chem2.txtPh.Text = Format(Ph, "00.0000")
  Chem2.txtPn.Text = Format(Pn, "00.0000")
  Chem2.txtPo.Text = Format(Po, "00.0000")
  Chem2.txtPc.Text = Format(Pc, "00.0000")
  Chem2.Show
End Sub
```

```
Private Sub cmdupdate_Click()
  page = "Chem5"
  Chem3.Show
End Sub
```

```
Private Sub cmdhelp_Click()
  page = "Chem5"
  Chem6.Show
End Sub
```

```
Private Sub Form_Load()
  Dim rst As Recordset
  Dim Sql As String
  cmbpolymer.Clear
  Sql = "Select * From Polymer ;"
  Set rst = Data.OpenRecordset(Sql)
  If (rst.RecordCount <> 0) Then
    Do Until rst.EOF
      cmbpolymer.AddItem rst!polymer
    rst.MoveNext
    Loop
  End If
  rst.Close
End Sub
```

---

8. CHEM 6

```
Option Explicit
Private Sub cmdback_Click()
   If (page = "Chem1") Then
      Chem1.cmbproduce.Text = Chem1.produce
      Chem1.Show
   ElseIf (page = "Chem5") Then
      Chem5.cmbpolymer.Text = Chem5.polymer
      Chem5.Show
   ElseIf (page = "Chem2") Then
      Chem2.Show
   ElseIf (page = "Chem3") Then
      Chem3.Show
   ElseIf (page = "Chem4") Then
      Chem4.Show
   Else
      Chem0.Show
   End If
End Sub
Private Sub cmdexit_Click()
   End
End Sub
```

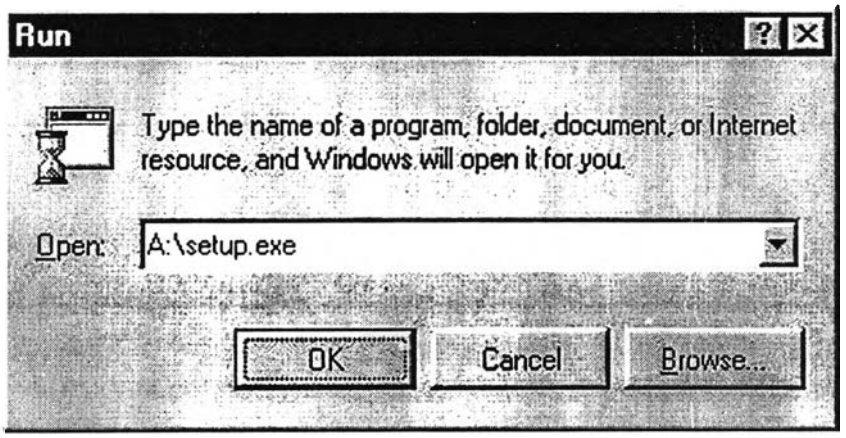
ภาคผนวก ค

ขั้นตอนการใช้โปรแกรม MAP 2000

ชุดโปรแกรม MAP 2000 ประกอบด้วยแผ่นดิสก์ติดตั้ง 3 แผ่น พัฒนาโดยการใช้โปรแกรมวิชวลเบสิก รุ่น 6 ดังนั้นเพื่อให้สามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ คอมพิวเตอร์ที่จะติดตั้งโปรแกรมควรจะมีระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 32 บิต เป็นอย่างต่ำ เช่น วินโดวส์ 95 วินโดวส์ 98 หรือ วินโดวส์ NT

ค.1 การติดตั้งโปรแกรม

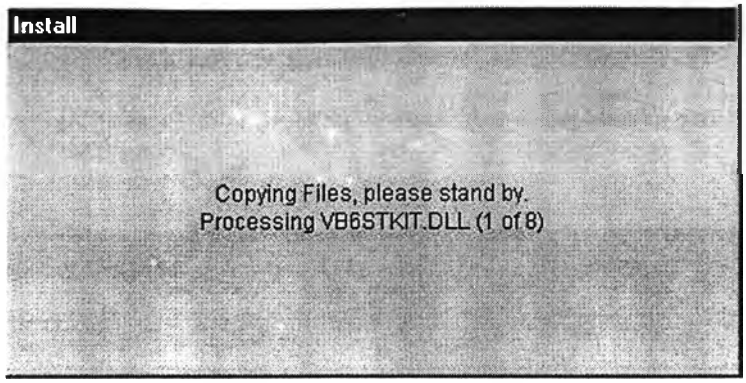
1. ใส่แผ่นดิสก์ติดตั้งแผ่นที่ 1 ในดิสก์ไดร์ฟ
2. จากทาส์กบาร์ที่ส่วนล่างของหน้าจอ กดปุ่ม Start และกด Run
3. ในบริเวณหน้าต่าง Run พิมพ์ A:\setup.exe (ดังรูปที่ ค.1) กดปุ่ม OK



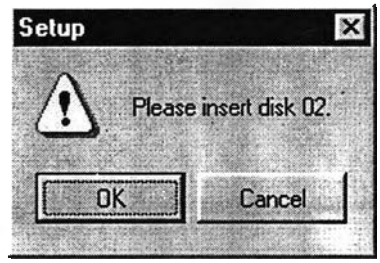
รูปที่ ค.1 การเริ่มการติดตั้งโปรแกรม MAP 2000

4. คอมพิวเตอร์จะทำการเตรียมติดตั้งโปรแกรม (รูปที่ ค.2) ระหว่างนี้จะต้องเปลี่ยนแผ่นดิสก์ติดตั้ง (รูปที่ ค.3)

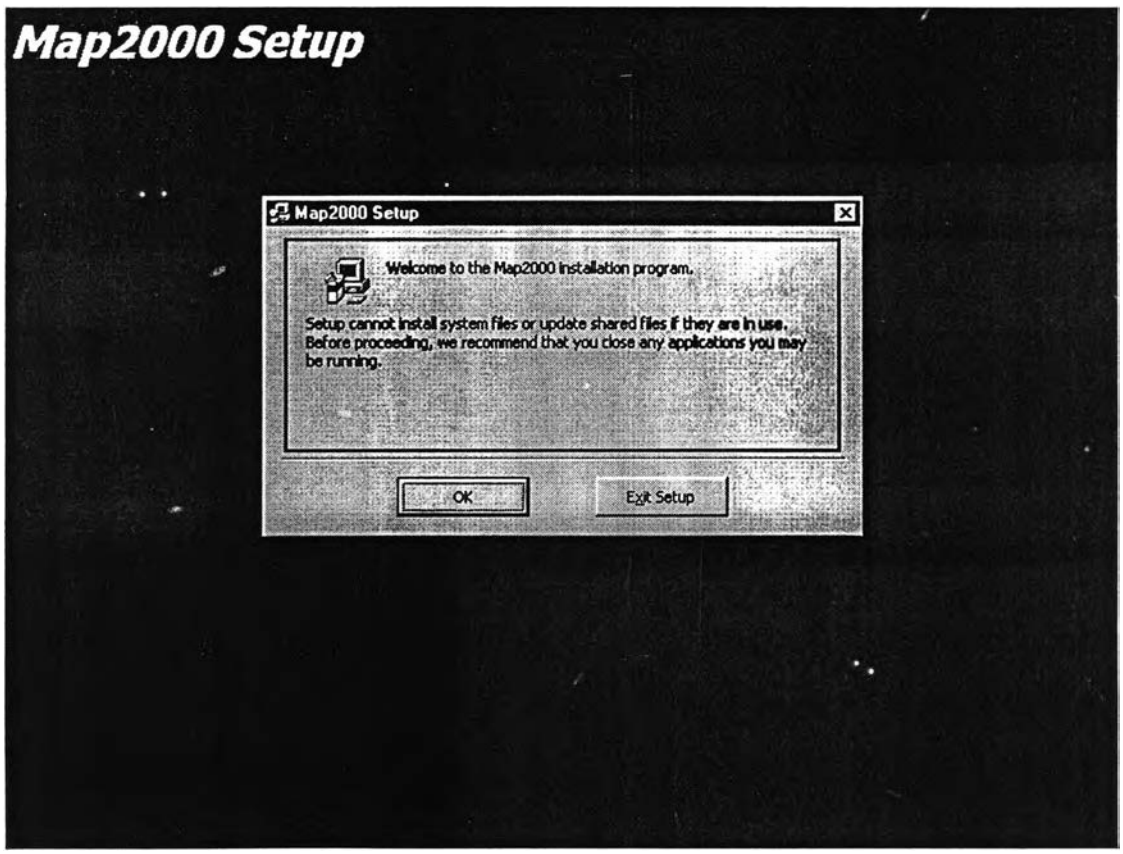
5. เมื่อเตรียมการติดตั้งเสร็จ จะเข้าสู่หน้าจอการติดตั้ง (อาจต้อง Restart เพื่อ Update ข้อมูล) หน้าจอการติดตั้งแสดงไว้ในรูปที่ ค.4



รูปที่ ค.2 หน้าจอขณะกำลังเตรียมการติดตั้ง



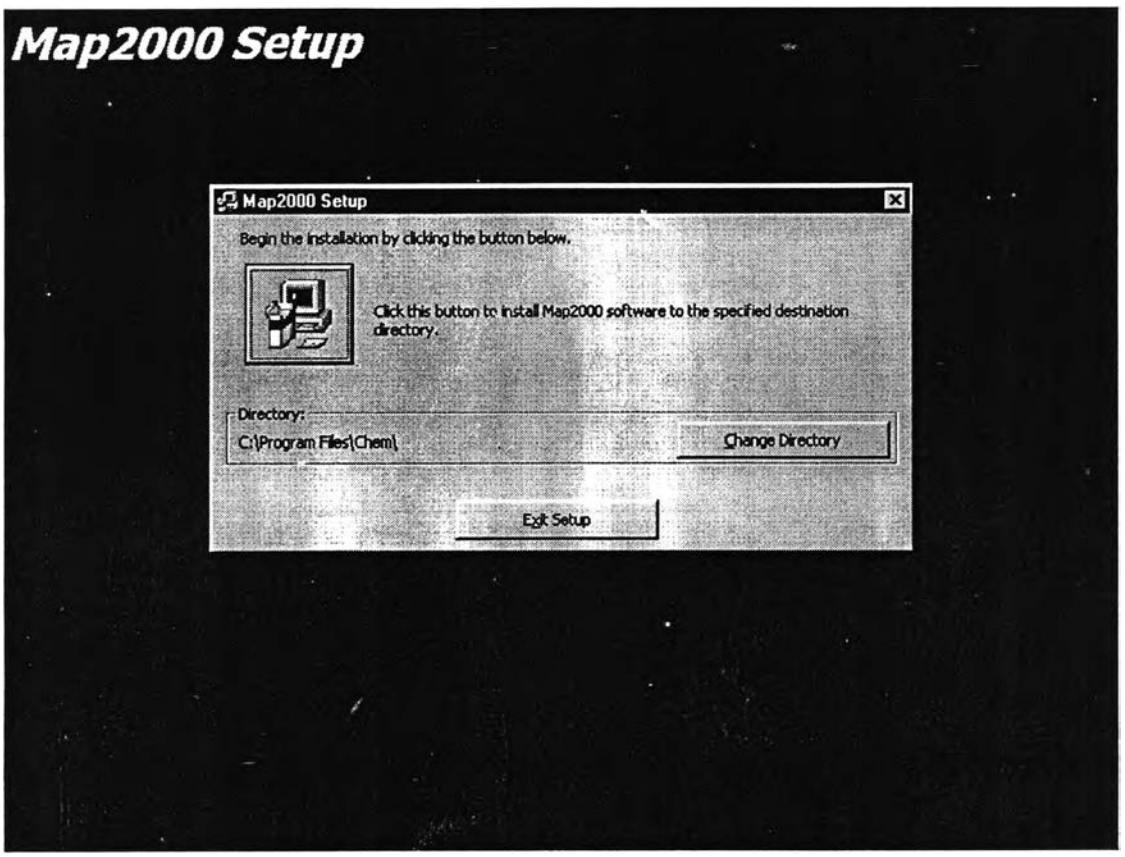
รูปที่ ค.3 หน้าต่างแสดงการเปลี่ยนแผ่นดิสก์ติดตั้ง



รูปที่ ค.4 หน้าจอการติดตั้ง

6. กด OK จะเข้าสู่หน้าจอเลือกตำแหน่งที่จะติดตั้ง (รูปที่ ค.5) กด Change Directory เพื่อเปลี่ยนตำแหน่งติดตั้งให้เป็น C:\Map2000

7. กดปุ่มตามรูปที่ ค.6 เพื่อติดตั้งโปรแกรม MAP 2000 ทำตามคำแนะนำบนหน้าจอ เป็นอันเสร็จสิ้นการติดตั้ง



รูปที่ ค.5 หน้าจอเลือกตำแหน่งที่จะติดตั้ง

รูปที่ ค.6 ปุ่มติดตั้งโปรแกรม MAP 2000

ค.2 การใช้งานโปรแกรม

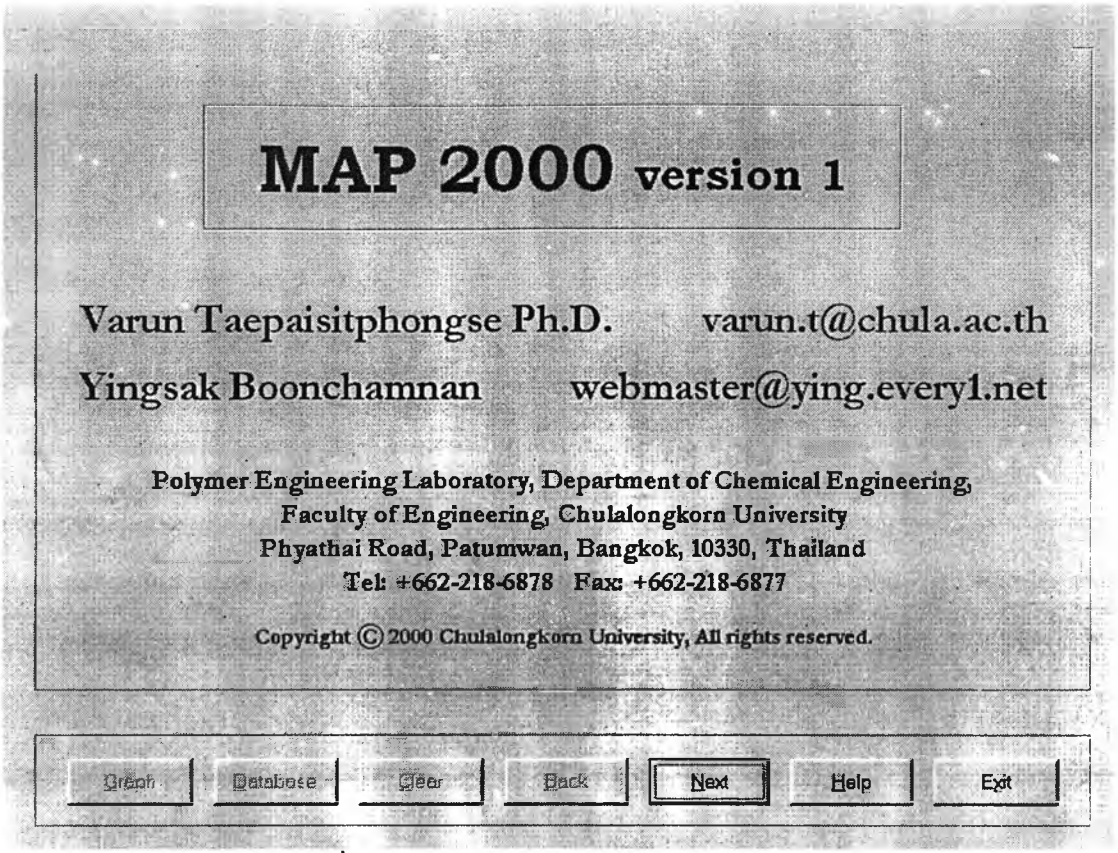
โปรแกรม MAP 2000 ได้ถูกพัฒนาขึ้นให้มีความสะดวกในการใช้งาน โดยหน้าจอของโปรแกรมแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนบนเป็นส่วนของข้อมูลซึ่งจะเปลี่ยนไปในแต่ละหน้า ส่วนล่างจะเป็นส่วนของปุ่มการทำงานซึ่งเหมือนกันในแต่ละหน้า ซึ่งมีด้วยกัน 7 ปุ่ม ได้แก่

1. ปุ่ม Graph ใช้เข้าสู่หน้าจอแสดงผลการคำนวณเป็นกราฟ
2. ปุ่ม Database เข้าสู่หน้าจอเพิ่ม แก้ไข ลบ ฐานข้อมูล
3. ปุ่ม Clear ใช้ลบข้อมูลที่กรอกทั้งหมดในแต่ละหน้าจอ
4. ปุ่ม Back ใช้ในการย้อนกลับไปสู่หน้าจอก่อนหน้า
5. ปุ่ม Next ใช้ไปสู่หน้าจอถัดไป
6. ปุ่ม Help จะนำไปสู่หน้าจอช่วยเหลือ
7. ปุ่ม Exit ใช้ในการออกจากโปรแกรม

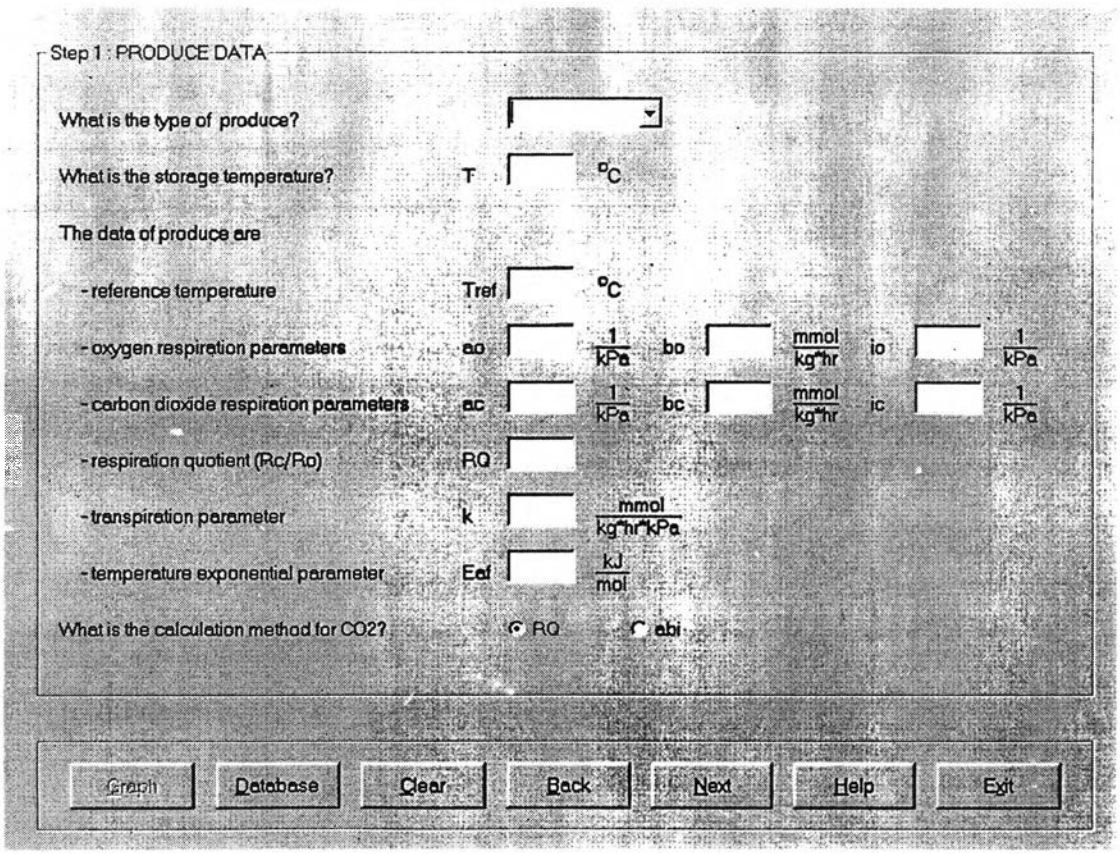
เมื่อเริ่มต้นใช้โปรแกรม โปรแกรมจะเข้าสู่หน้าจอแรกดังรูปที่ ค.7 ในหน้าจอแรกปุ่มการทำงานจะสามารถทำงานได้ 3 ปุ่มคือ ปุ่ม Next ปุ่ม Help และปุ่ม Exit เมื่อกดปุ่ม Next จะเข้าสู่หน้าจอข้อมูลของผักและผลไม้สด ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ ค.8

ในหน้าจอข้อมูลของผักและผลไม้สด ปุ่มการทำงานจะทำงานได้เกือบทั้งหมดยกเว้นปุ่ม Graph ผู้ใช้โปรแกรมต้องใส่ข้อมูลต่าง ๆ ของผักและผลไม้สดที่เกี่ยวข้องกับบรรยากาศดัดแปรหรืออาจเลือกจากข้อมูลที่มีอยู่ในฐานข้อมูลของโปรแกรม และถ้าต้องการเพิ่ม แก้ไข ลบ ข้อมูลในฐานข้อมูลให้กดปุ่ม Database เมื่อกรอกข้อมูลของผักและผลไม้สดเรียบร้อยแล้ว ให้กดปุ่ม Next เพื่อเข้าสู่หน้าจอข้อมูลของฟิล์มพอลิเมอร์ที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์

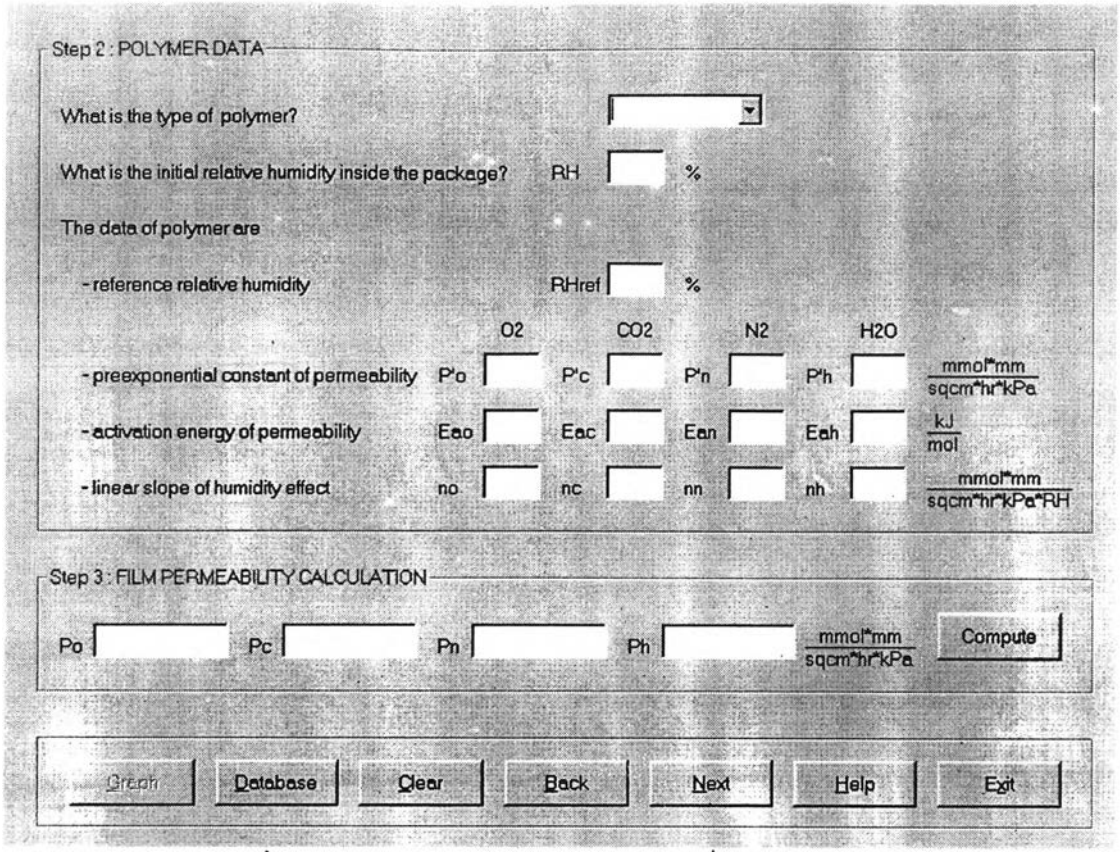
หน้าจอข้อมูลของฟิล์มพอลิเมอร์มีลักษณะดังรูปที่ ค.9 ผู้ใช้โปรแกรมต้องใส่ข้อมูลต่าง ๆ เช่นเดียวกับหน้าจอข้อมูลของผักและผลไม้สด (ในส่วน Step 2) หลังจากนั้นกดปุ่ม Compute (ในส่วน Step 3) ในส่วนบนของหน้าจอเพื่อทำการคำนวณค่าความสามารถในการซึมผ่านของก๊าซต่าง ๆ และผลการคำนวณจะปรากฏขึ้นในช่อง Po Pc Pn และ Ph แต่ถ้าผู้ใช้ต้องการใส่ข้อมูลเองก็สามารถแก้ไขได้ (ในหน้าจอนี้ก็สามารเข้าไปสู่การเพิ่ม แก้ไข ลบ ข้อมูลในฐานข้อมูลได้เช่นเดียวกัน)



รูปที่ ค.7 หน้าจอแรกของโปรแกรม MAP 2000



รูปที่ ค.8 หน้าจอข้อมูลของผักและผลไม้สด



รูปที่ ค.9 หน้าจอข้อมูลของฟิล์มพอลิเมอร์ที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์

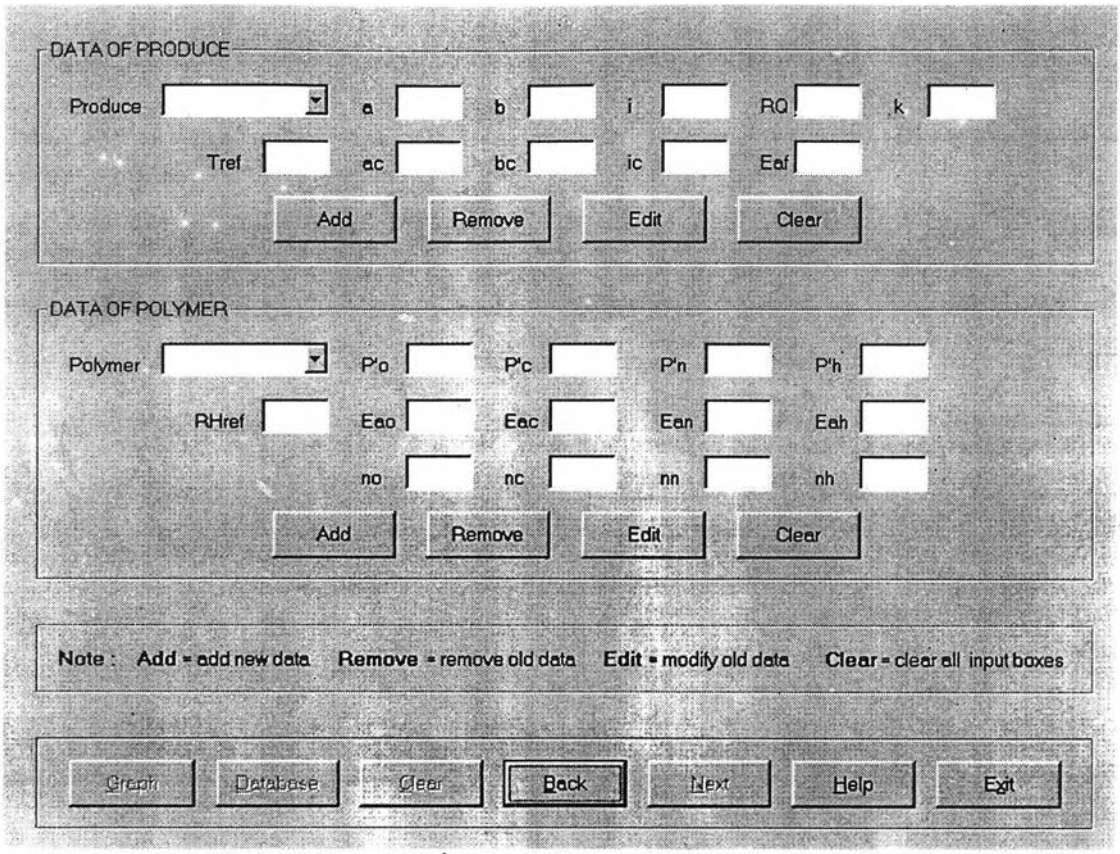
เมื่อกดปุ่ม Database จากหน้าจอข้อมูลผักและผลไม้ และข้อมูลของพอลิเมอร์ จะเข้าสู่หน้าจอของฐานข้อมูล (แสดงไว้ในรูปที่ ค.10) โดยการจัดการฐานข้อมูลจะมีปุ่มการทำงาน 4 ปุ่ม ได้แก่

1. Add ใช้เพิ่มข้อมูลในฐานข้อมูล ซึ่งสามารถทำได้โดย พิมพ์ข้อมูลลงในช่องต่าง ๆ หลังจากนั้นกดปุ่ม Add

2. Remove ใช้ในการลบข้อมูล ทำได้โดยเลือกข้อมูลที่ต้องการลบจากฐานข้อมูลแล้วกดปุ่ม Remove

3. Edit ใช้แก้ไขข้อมูลที่มีอยู่ในฐานข้อมูล ทำได้โดยการเลือกข้อมูลที่มีอยู่ในฐานข้อมูล แก้ไขข้อมูลให้เป็นไปตามที่ต้องการ และกดปุ่ม Edit เพื่อยืนยันการแก้ไข

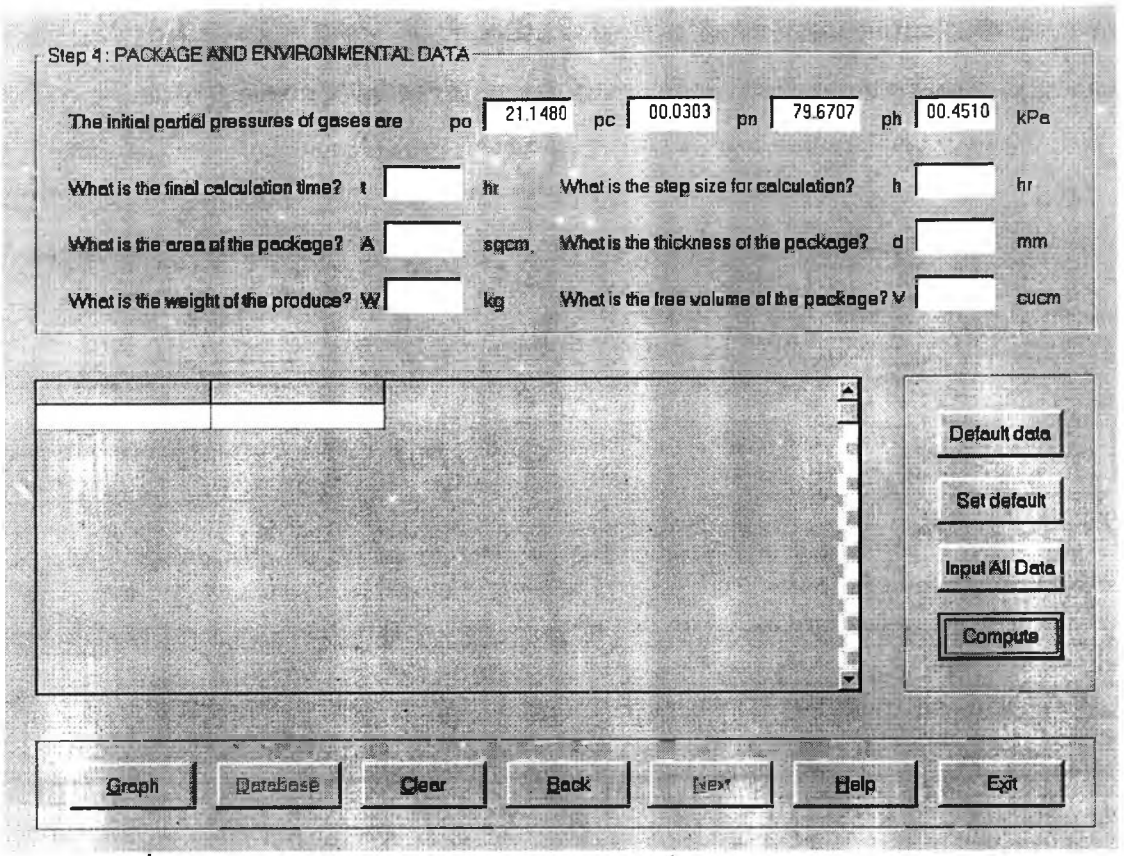
4. Clear ใช้ในการทำให้ช่องต่าง ๆ ของฐานข้อมูลว่าง โดยไม่มีผลกับฐานข้อมูล



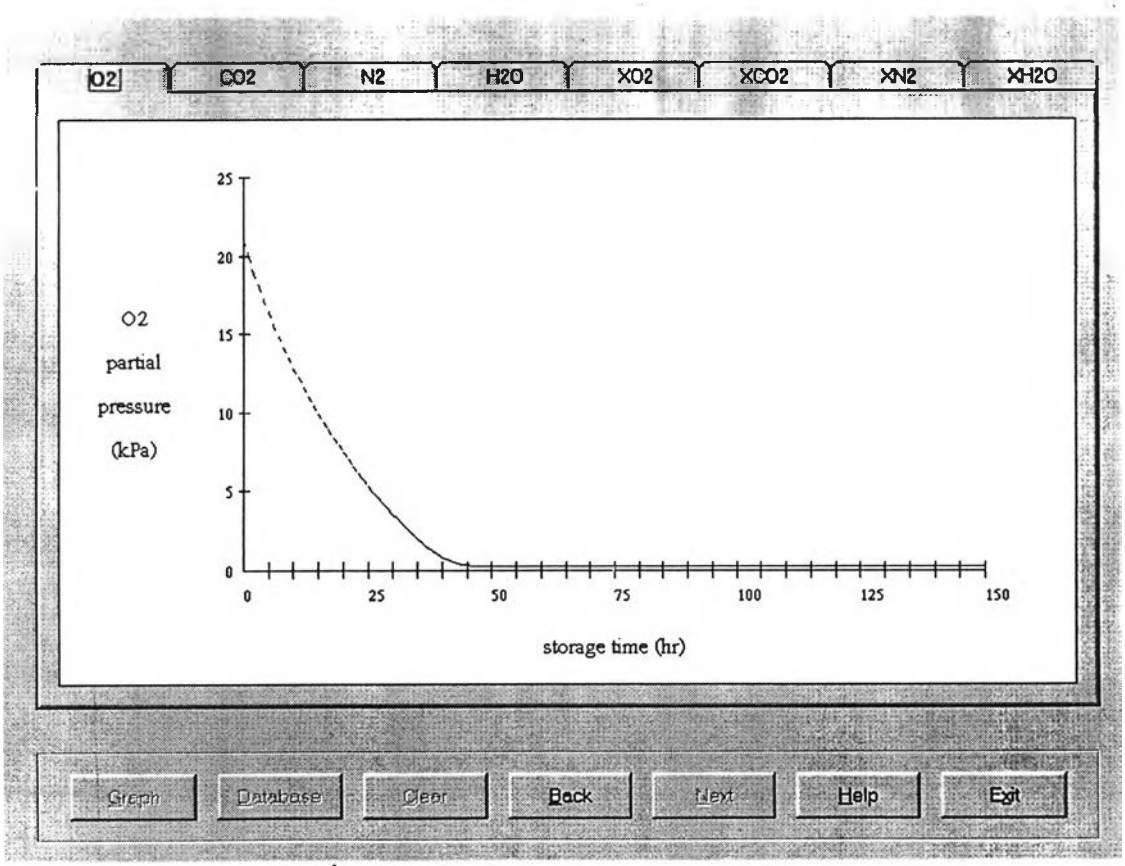
รูปที่ ค.10 หน้าจอฐานข้อมูล

จากหน้าจอข้อมูลของพอลิเมอร์ เมื่อกดปุ่ม Next จะเข้าสู่หน้าจอข้อมูลของบรรจุภัณฑ์และสภาวะในการเก็บรักษา และการคำนวณ ดังแสดงในรูปที่ ค.11 ในหน้าจอนี้ต้องกรอกข้อมูลของบรรจุภัณฑ์และสภาวะในการเก็บรักษา โปรแกรมจะทำการคำนวณค่าของ po pc pn และ ph โดยอัตโนมัติ ซึ่งถ้าผู้ใช้ต้องการคำนวณที่สภาวะอื่นก็สามารถแก้ไขได้ นอกจากนี้ถ้าต้องการใส่ข้อมูลใหม่ทั้งหมด ให้กดปุ่ม Input All Data แล้วใส่ข้อมูล นอกจากนี้ข้อมูลที่กรอกนี้ยังสามารถตั้งเป็นค่าข้อมูลเพื่อนำมาใช้ในคราวต่อไปได้โดยกดปุ่ม Set Default และสามารถนำข้อมูลชุดนี้มาใช้ในคราวต่อไปได้โดยกดปุ่ม Default data

เมื่อกรอกข้อมูลครบทั้งหมดแล้ว กดปุ่ม Compute เพื่อทำการคำนวณ จะต้องใส่ชื่อแฟ้มข้อมูลของการคำนวณนั้น โดยโปรแกรม MAP 2000 จะบันทึกไว้ในรูปแบบของ ข้อมูล.txt (ข้อมูล.txt จะถูกเก็บไว้ที่ C:\MAP2000\LogFile และสามารถอ่านได้ด้วยโปรแกรม Notepad Microsoft Excel และ Microsoft Word) เมื่อคำนวณเสร็จกดปุ่ม Graph เพื่อดูกราฟของความดันย่อยและความเข้มข้นของก๊าซต่าง ๆ ที่เวลาใด ๆ ดังแสดงในรูปที่ ค.12

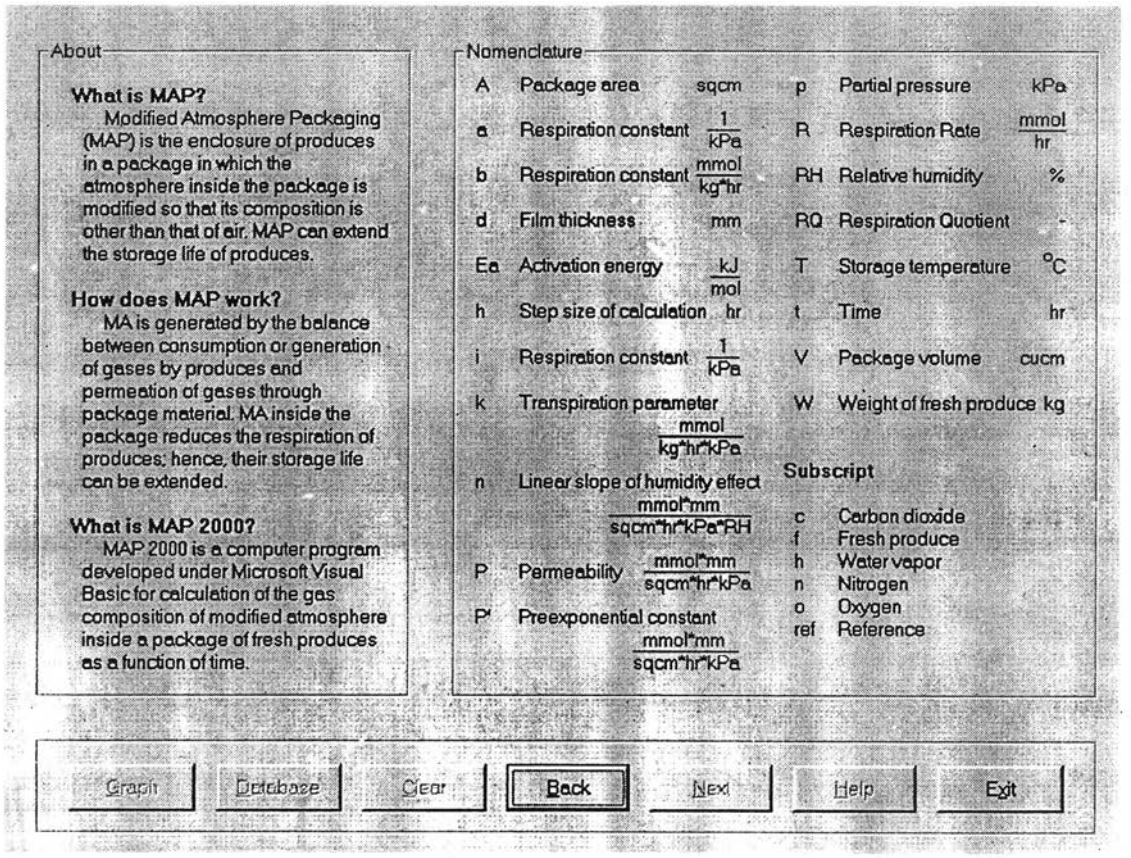


รูปที่ ค.11 หน้าจอข้อมูลของบรรจุภัณฑ์ สภาวะในการเก็บรักษา และการคำนวณ



รูปที่ ค.12 หน้าจอแสดงกราฟของผลการคำนวณ

สำหรับปุ่ม Help ในทุกหน้าของโปรแกรม จะนำเข้าสู่หน้าจอช่วยเหลือ (รูปที่ ค.13) ซึ่งจะแสดงข้อมูลเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์แบบบรรยากาศดัดแปร และหน่วยของตัวแปรต่าง ๆ ที่ถูกใช้ในโปรแกรม MAP 2000



รูปที่ ค.13 หน้าจอช่วยเหลือ

ภาคผนวก ง

การแก้สมการเชิงอนุพันธ์สามัญโดยวิธีเชิงตัวเลข

ปัญหาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมเคมี ไม่ว่าจะเป็นการถ่ายเทโมเมนตัม ความร้อน หรือมวลสาร มักจะถูกอธิบายด้วยสมการเชิงอนุพันธ์ต่าง ๆ ซึ่งอาจเป็นสมการเชิงอนุพันธ์สามัญ (ordinary differential equation, ODE) หรือสมการเชิงอนุพันธ์ย่อย (partial differential equation, PDE) และบ่อยครั้งที่สมการเหล่านี้ไม่สามารถที่จะทำการแก้ปัญหาได้โดยวิธีเชิงวิเคราะห์ (analytical method) ต้องใช้วิธีเชิงตัวเลข (numerical method) ช่วยในการแก้ปัญหา

รูปแบบทั่วไปของสมการเชิงอนุพันธ์อันดับที่ n ใด ๆ แสดงได้ดังสมการที่ ง.1

$$a_n \frac{d^n y}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}} + \ldots + a_1 \frac{dy}{dt} + a_0 y = g(t) \qquad (ง.1)$$

โดยที่ $a_0, a_1, a_2, \ldots, a_n$ เป็นค่าคงที่

y = ตัวแปรต้น

t = ตัวแปรอิสระ

$g(t)$ = ฟังก์ชันของ t

ในงานวิจัยนี้จะสนใจระบบที่มีสมการเชิงอนุพันธ์อันดับที่ 1 (first order differential equation) คือ n=1 เท่านั้น สมการเชิงอนุพันธ์อันดับที่ 1 มีรูปแบบสมการทั่วไปดังสมการ ง.2

$$a_1 \frac{dy}{dt} + a_0 y = g(t) \qquad (ง.2)$$

หรือ $$\frac{dy}{dt} = \frac{g(t) - a_0 y}{a_1} \qquad (ง.3)$$

หรือ $$\frac{dy}{dt} = f(t, y) \qquad (ง.4)$$

และกำหนดสภาวะเริ่มต้น (initial condition) : $t=t_0$, $y=y_0$

สมการเชิงอนุพันธ์สามัญอันดับที่ 1 ในรูปแบบจำลองคณิตศาสตร์สามารถหาคำตอบได้ด้วยวิธีเชิงตัวเลข วิธีที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางคือวิธีของรังกัตตา (Runge-Kutta method) ซึ่งมีอยู่หลายรูปแบบ ที่นิยมใช้กันมากคือแบบอันดับที่ 2 (second order) แบบอันดับที่ 4 (fourth order) และวิธีรังกัตตากิล (Runge-Kutta-Gill method) แบบอันดับที่ 4 โดยขั้นตอนวิธี (algorithm) ในการแก้สมการเพื่อหาค่า y_{i+1} ที่จุด t_{i+1} ซึ่งอยู่ห่างจากจุด t_i ไปเป็นระยะเวลา h เมื่อทราบค่า y_i แบ่งตามวิธีต่าง ๆ ได้ดังนี้

ง.1 วิธีรังกัตตาแบบอันดับที่ 2

$$t_{i+1} = t_i + h \tag{ง.5}$$

$$y_{i+1} = y_i + k_2 \tag{ง.6}$$

$$k_1 = hf\left(t_i, y_i\right) \tag{ง.7}$$

$$k_2 = hf\left(t_i + \frac{h}{2}, y_i + \frac{k_1}{2}\right) \tag{ง.8}$$

ง.2 วิธีรังกัตตาแบบอันดับที่ 4

$$t_{i+1} = t_i + h \tag{ง.9}$$

$$y_{i+1} = y_i + \frac{1}{6}\left(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4\right) \tag{ง.10}$$

$$k_1 = hf\left(t_i, y_i\right) \tag{ง.11}$$

$$k_2 = hf\left(t_i + \frac{h}{2}, y_i + \frac{k_1}{2}\right) \tag{ง.12}$$

$$k_3 = hf\left(t_i + \frac{h}{2}, y_i + \frac{k_2}{2}\right) \tag{ง.13}$$

$$k_4 = hf\left(t_i + h, y_i + k_3\right) \tag{ง.14}$$

ง.3 วิธีรังกัตตากิล (Runge-Kutta-Gill method) แบบอันดับที่ 4

$$t_{i+1} = t_i + h \tag{ง.15}$$

$$y_{i+1} = y_i + \frac{1}{6}\left(k_1 + 2bk_2 + 2dk_3 + k_4\right) \tag{ง.16}$$

$$k_1 = hf\left(t_i, y_i\right) \tag{ง.17}$$

$$k_2 = hf\left(t_i + \frac{h}{2}, y_i + \frac{k_1}{2}\right) \tag{ง.18}$$

$$k_3 = hf\left(t_i + \frac{h}{2}, y_i + ak_1 + bk_2\right) \tag{ง.19}$$

$$k_4 = hf\left(t_i + h, y_i + ck_2 + dk_3\right) \tag{ง.20}$$

โดยที่ $a = \dfrac{\sqrt{2}-1}{2}$

$b = \dfrac{2-\sqrt{2}}{2}$

$c = -\dfrac{\sqrt{2}}{2}$

$d = \dfrac{2+\sqrt{2}}{2}$

ณ เวลาใด ๆ ความเข้มข้นของก๊าซภายในบรรจุภัณฑ์แบบบรรยากาศดัดแปรสำหรับผักและผลไม้สดสามารถเขียนแทนได้ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่อยู่ในรูปของระบบสมการเชิงอนุพันธ์สามัญ ซึ่งมีสมการดังแสดงในบทที่ 4

การหาคำตอบของระบบสมการเชิงอนุพันธ์สามัญดังกล่าว ต้องใช้วิธีการแก้ไขไปพร้อม ๆ กัน (simultaneous solution) โดยในงานวิจัยนี้เลือกใช้วิธีรังกัตตากิลแบบอันดับที่ 4 ดังขั้นตอนตามสมการที่ ง.21 ถึงสมการที่ ง.33

$$\frac{dx}{dt} = f\left(t, x, y\right) \tag{ง.21}$$

$$\frac{dy}{dt} = g(t,x,y) \tag{3.22}$$

$$t_{i+1} = t_i + h \tag{3.23}$$

$$x_{i+1} = x_i + \frac{1}{6}(j_1 + 2bj_2 + 2dj_3 + j_4) \tag{3.24}$$

$$y_{i+1} = y_i + \frac{1}{6}(k_1 + 2bk_2 + 2dk_3 + k_4) \tag{3.25}$$

$$j_1 = hf(t_i, x_i, y_i) \tag{3.26}$$

$$j_2 = hf\left(t_i + \frac{h}{2}, x_i + \frac{j_1}{2}, y_i + \frac{k_1}{2}\right) \tag{3.27}$$

$$j_3 = hf\left(t_i + \frac{h}{2}, x_i + aj_1 + bj_2, y_i + ak_1 + bk_2\right) \tag{3.28}$$

$$j_4 = hf(t_i + h, x_i + cj_2 + dj_3, y_i + ck_2 + dk_3) \tag{3.29}$$

$$k_1 = hg(t_i, x_i, y_i) \tag{3.30}$$

$$k_2 = hg\left(t_i + \frac{h}{2}, x_i + \frac{j_1}{2}, y_i + \frac{k_1}{2}\right) \tag{3.31}$$

$$k_3 = hg\left(t_i + \frac{h}{2}, x_i + aj_1 + bj_2, y_i + ak_1 + bk_2\right) \tag{3.32}$$

$$k_4 = hg(t_i + h, x_i + cj_2 + dj_3, y_i + ck_2 + dk_3) \tag{3.33}$$

ภาคผนวก จ

อัตราการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์

ปฏิกิริยาที่มีเอนไซม์เข้ามาเกี่ยวข้อง ส่วนใหญ่จะเป็นปฏิกิริยาทางชีววิทยา เอนไซม์ (enzyme, E) คือโปรตีนหรือสารคล้ายโปรตีนที่มีคุณสมบัติช่วยให้ปฏิกิริยาเกิดได้เร็วขึ้น ซับสเตรท (substrate, S) คือสารที่ถูกเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่อัตราที่ถูกกระตุ้นโดยการทำงานของเอนไซม์ ตัวยับยั้ง (inhibitor, I) คือสารที่ยับยั้งอัตราการเกิดปฏิกิริยาของซับสเตรท เอนไซม์จะทำหน้าที่คล้ายตัวเร่งปฏิกิริยาหรือคะตะลิสต์ (catalyst) โดยจะทำปฏิกิริยากับซับสเตรทหรือตัวยับยั้งตัวหนึ่ง ๆ เท่านั้น อัตราการเกิดปฏิกิริยาที่มีเอนไซม์เป็นตัวคะตะลิสต์สามารถแสดงได้โดยสมการของไมเคิลลีสเมนเทน (Michaelis-Menten equation) ซึ่งได้จากการหาความสัมพันธ์ของปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น อัตราการเกิดปฏิกิริยาที่มีเอนไซม์เข้ามาเกี่ยวข้อง และอาจจะมีสารบางชนิดเข้ามายับยั้งอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้ รูปแบบการยับยั้งในปฏิกิริยาที่มีเอนไซม์เข้ามาเกี่ยวข้องสามารถแสดงได้ 3 รูป! แบบ คือ แบบคอมเพททิทีฟ (competitive type) แบบอันคอมเพททิทีฟ (uncompetitive type) และแบบนอนคอมเพททิทีฟ (noncompetitive type) ซึ่งแต่ละแบบมีปฏิกิริยาดังนี้

จ.1 ปฏิกิริยาเอนไซม์ชนิดมีการยับยั้งแบบอันคอมเพททิทีฟ

$$E + S \underset{k_2}{\overset{k_1}{\rightleftharpoons}} ES \qquad (จ.1)$$

$$ES + I \underset{k_4}{\overset{k_3}{\rightleftharpoons}} IES \qquad (จ.2)$$

$$ES \xrightarrow{k_5} E + P \qquad (จ.3)$$

โดย k_1, k_2, k_3, k_4 และ k_5 คือ ค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยา

ซับสเตรทจะทำปฏิกิริยากับตำแหน่งทำปฏิกิริยา (แหล่งกัมมันต์) ของเอนไซม์ โดยที่ตัวยับยั้งจะไม่ทำปฏิกิริยากับแหล่งกัมมันต์โดยตรง แต่ตัวยับยั้งนี้จะทำปฏิกิริยากับซับสเตรทที่ทำปฏิกิริยากับเอนไซม์แล้ว ทำให้ซับสเตรทที่ทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงเป็นผลิตภัณฑ์ (P) ที่ต้องการได้ จากปฏิกิริยาข้างต้นสามารถเขียนอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้ดังสมการต่อไปนี้

$r_p = k_5[ES]$ (จ.4)

$r_{ES} = k_1[E][S]-k_2[ES]-k_3[E][S][I]+k_4[IES]-k_5[ES]$ (จ.5)

$r_{IES} = k_3[I][ES]-k_4[IES]$ (จ.6)

จาก $[E_T] = [E]+[ES]+[IES] = [E+ES+IES]$ (จ.7)

โดย $[E_T]$ คือ เอนไซม์ทั้งหมดที่สามารถเข้าทำปฏิกิริยาได้

ดังนั้น $[E] = [E_T]-[ES]-[IES] = [E_T-ES-IES]$ (จ.8)

เมื่อใช้สมมุติฐานว่ามีการเข้าสภาวะคงตัวแบบเทียม (Pseudo steady state hypothesis, PSSH)

$r_{ES} = r_{IES} = 0$ (จ.9)

ดังนั้น สมการ (จ.5) จะกลายเป็น

$0 = k_1[E][S]-k_2[ES]-k_3[I][ES]+k_4[IES]-k_5[ES]$ (จ.10)

$0 = k_1[E_T-ES-IES][S]-k_2[ES]-k_3[I][ES]+k_4[IES]-k_5[ES]$ (จ.11)

$k_1[E_T-ES-IES][S] = k_2[ES]+k_3[I][ES]-k_4[IES]+k_5[ES]$ (จ.12)

$k_1[E_T-ES-IES][S] = (k_2+k_3[I]+k_5)[ES]-k_4[IES]$ (จ.13)

$[E_T-ES-IES] = ((k_2+k_3[I]+k_5)/k_1[S])[ES]-k_4[IES]/(k_1[S])$ (จ.14)

จากสมการ (จ.6) เมื่อสมมุติ PSSH จะกลายเป็น

$0 = k_3[I][ES]-k_4[IES]$ (จ.15)

$k_4[IES] = k_3[I][ES]$ (จ.16)

$[IES] = (k_3/k_4)[I][ES]$ (จ.17)

แทนลงในสมการ (จ.14) จะได้

$[E_T]-[ES]-(k_3/k_4)[I][ES] = ((k_2+k_3[I]+k_5)/k_1[S])[ES]-(k_3[I][ES]/k_1[S])$ (จ.18)

$[E_T]-[ES]-(k_3/k_4)[I][ES] = ((k_2+k_3[I]+k_5-k_3[I])/k_1[S])[ES]$ (จ.19)

$[E_T]-[ES]-(k_3/k_4)[I][ES] = ((k_2+k_5)/k_1[S])[ES]$ (จ.20)

$$[E_T]-[ES] = \left(\frac{k_2+k_5}{k_1[S]}+\frac{k_3}{k_4}[I]\right)[ES] \quad \text{(จ.21)}$$

$$[E_T] = \left(1+\frac{k_2+k_5}{k_1[S]}+\frac{k_3}{k_4}[I]\right)[ES] \quad \text{(จ.22)}$$

แทนลงในสมการ (จ.4) จะได้ว่า

$$r_p = \frac{k_5[E_T]}{1+\frac{k_2+k_5}{k_1[S]}+\frac{k_3}{k_4}[I]} \qquad (จ.23)$$

เมื่อนำ [S] คูณตลอด สมการจะกลายเป็น

$$r_p = \frac{k_5[E_T][S]}{\frac{k_2+k_5}{k_1}+[S]\left(1+\frac{k_3}{k_4}[I]\right)} \qquad (จ.24)$$

ถ้ากำหนดให้

$$V = k_5[E_T] \qquad (จ.25)$$

$$K_m = (k_2+k_5)/k_1 \qquad (จ.26)$$

$$K_i = k_4/k_3 \qquad (จ.27)$$

ดังนั้น

$$r_p = \frac{VS}{K_m+S\left(1+I/K_i\right)} \qquad (จ.28)$$

สมการ (จ.28) ถูกเรียกว่าสมการไมเคิลลีสเมนเทนชนิดมีการยับยั้งแบบอันคอมเพททิทีฟ

โดย r_p คือ อัตราการเกิดปฏิกิริยา

V, K_m, K_i คือ ค่าคงที่ของสมการ

S คือ ความเข้มข้นของซับสเตรท

I คือ ความเข้มข้นของตัวยับยั้ง

จ.2 ปฏิกิริยาเอนไซม์ชนิดมีการยับยั้งแบบนอนคอมเพททิทีฟ

$$E + S \underset{}{\overset{k_1}{\rightleftharpoons}} ES \qquad \text{มีค่าคงที่สมดุลเท่ากับ } K_S \qquad (จ.29)$$

$$E + I \underset{}{\overset{k_2}{\rightleftharpoons}} EI \qquad \text{มีค่าคงที่สมดุลเท่ากับ } K_I \qquad (จ.30)$$

$$ES + I \underset{}{\overset{k_3}{\rightleftharpoons}} IES \quad \text{มีค่าคงที่สมดุลเท่ากับ } K_I \qquad (จ.31)$$

$$EI + S \underset{}{\overset{k_4}{\rightleftharpoons}} IES \quad \text{มีค่าคงที่สมดุลเท่ากับ } K_S \qquad (จ.32)$$

$$ES \xrightarrow{k_p} E + P \qquad (จ.33)$$

ในแบบนี้ มีแนวความคิดว่าเอนไซม์มีแหล่งกัมมันต์ 2 ประเภท คือสำหรับซับสเตรทและสำหรับตัวยับยั้ง ซับสเตรทและตัวยับยั้งต่างทำปฏิกิริยากับเอนไซม์บนแหล่งกัมมันต์ของตัวมันเอง แต่สารเชิงซ้อนของเอนไซม์กับซับสเตรทสามารถทำปฏิกิริยากับตัวยับยั้งได้ด้วย ในทำนองเดียวกัน สารเชิงซ้อนของเอนไซม์กับตัวยับยั้งสามารถทำปฏิกิริยากับซับสเตรทได้เช่นกัน ทำให้สูญเสียซับสเตรทสำหรับทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่ต้องการได้ จากปฏิกิริยาข้างต้นสามารถเขียนอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้ดังต่อไปนี้

ถ้าพิจารณาทีละปฏิกิริยา (โดยการหาอัตราการเกิดปฏิกิริยานี้จะสมมุติว่า $k_p << k_1, k_2, k_3, k_4$) จะสามารถเขียนอัตราการเกิดปฏิกิริยาแต่ละปฏิกิริยาได้ดังนี้

<u>สำหรับปฏิกิริยาที่ 5(สมการ จ.33)</u>

$$r_p = k_p[ES] \qquad (จ.34)$$

<u>สำหรับปฏิกิริยาที่ 1(สมการ จ.29)</u>

$$r_1 = k_1[E][S]-k_2[ES] = k_1([E][S]-([ES]/K_S)) \qquad (จ.35)$$

ถ้า $r_1/k_1 \approx 0$ สภาวะคงตัวแบบเทียม (Pseudo steady state hypothesis, PSSH) จะได้ว่า

$$[ES] = K_S[E][S] \qquad (จ.36)$$

<u>สำหรับปฏิกิริยาที่ 2 (สมการจ.30)</u>

$$r_2 = k_2([E][I]-([EI]/K_I)) \qquad (จ.37)$$

ถ้า $r_2/k_2 \approx 0$ (PSSH) จะได้ว่า

$$[EI] = K_I[E][I] \qquad (จ.38)$$

สำหรับปฏิกิริยาที่ 3 (สมการจ.31)

$$r_3 = k_3([ES][I]-([IES]/K_I')) \quad (จ.39)$$

ถ้า $r_3/k_3 \approx 0$ (PSSH) จะได้ว่า

$$[IES] = K_I'[ES][I] \quad (จ.40)$$

สำหรับปฏิกิริยาที่ 4 (สมการจ.32)

$$r_4 = k_4([EI][S]-([IES]/K_S')) \quad (จ.41)$$

ถ้า $r_4/k_4 \approx 0$ (PSSH) จะได้ว่า

$$[IES] = K_S'[EI][S] \quad (จ.42)$$

และจาก

$$[E_T] = [E]+[ES]+[EI]+[IES] \quad (จ.43)$$

แทนด้วยสมการ (จ.36) (จ.38) และ (จ.40) จะได้ว่า

$$[E_T] = [E]+K_S[E][S]+K_I[E][I]+K_I'[ES][I] \quad (จ.44)$$

$$[E_T] = [E]+K_S[E][S]+K_I[E][I]+K_I'K_S[E][S][I] \quad (จ.45)$$

$$[E] = \frac{[E_T]}{1+K_S[S]+K_I[I]+K_I'K_S[S][I]} \quad (จ.46)$$

นำสมการ (จ.46) ลงในสมการ (จ.36) จะได้ว่า

$$[ES] = \frac{[E_T][S]K_S}{1+K_S[S]+K_I[I]+K_I'K_S[S][I]} \quad (จ.47)$$

และแทนลงในสมการ (จ.34) จะได้

$$r_P = \frac{K_S k_P[E_T][S]}{1+K_S[S]+K_I[I]+K_I'K_S[S][I]} \quad (จ.48)$$

แต่เนื่องจาก $K_S = K_S'$ และ $K_I = K_I'$ ดังนั้น

$$r_P = \frac{K_S k_P[E_T][S]}{1+K_S[S]+K_I[I]+K_IK_S[S][I]} \quad (จ.49)$$

เมื่อหารด้วย K_S ทั้งสมการจะพบว่า

$$r_P = \frac{k_P[E_T][S]}{\frac{1}{K_S} + [S] + \frac{K_I}{K_S}[I] + K_I[S][I]} \quad (จ.50)$$

$$r_P = \frac{k_P[E_T][S]}{\left([S] + \frac{1}{K_S}\right) + \left(1 + K_I[I]\right)} \quad (จ.51)$$

เมื่อให้ $K_m = 1/K_S$ (จ.52)

$K_i = 1/K_I$ (จ.53)

$V = k_P[E_T]$ (จ.54)

จะได้สมการอัตราการเกิดปฏิกิริยาเป็น

$$r = \frac{VS}{\left(S + K_m\right) + \left(1 + I/K_i\right)} \quad (จ.55)$$

สมการ (จ.55) ถูกเรียกว่าสมการไมเคิลลีสเมนเทนชนิดมีการยับยั้งแบบนอนคอมเพททิทีฟ

จ.3 ปฏิกิริยาเอนไซม์ชนิดมีการยับยั้งแบบคอมเพททิทีฟ

$$E + S \underset{k_2}{\overset{k_1}{\rightleftharpoons}} ES \quad (จ.56)$$

$$E + I \underset{k_4}{\overset{k_3}{\rightleftharpoons}} EI \quad (จ.57)$$

$$ES \xrightarrow{k_5} E + P \quad (จ.58)$$

ซับสเตรทและตัวยับยั้งต่างจะแย่งเข้าทำปฏิกิริยากับเอนไซม์บนแหล่งกัมมันต์จากปฏิกิริยาข้างต้นสามารถเขียนอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้ดังสมการต่อไปนี้

$$r_p = k_5[ES] \quad (จ.59)$$

$$r_{ES} = k_1[E][S]-k_2[ES]-k_5[ES] \quad (จ.60)$$

$$r_{EI} = k_3[E][I]-k_4[EI] \quad (จ.61)$$

จาก $[E_T] = [E+ES+EI] = [E]+[ES]+[EI]$ (จ.62)

ดังนั้น $[E] = [E_T-ES-EI] = [E]-[ES]-[EI]$ (จ.63)

เมื่อใช้สมมุติฐานว่ามีการเข้าสภาวะคงตัวแบบเทียม (Pseudo steady state hypothesis, PSSH)

$$r_{ES} = r_{EI} = 0 \quad (จ.64)$$

ดังนั้น จากสมการ (จ.60) เมื่อสมมุติ PSSH จะกลายเป็น

$$0 = k_1[E_T-ES-EI][S]-k_2[ES]-k_5[ES] \quad (จ.65)$$

$$[E_T-ES-EI] = ((k_2+k_5)/k_1[S])[ES] \quad (จ.66)$$

จากสมการ (จ.61) เมื่อสมมุติ PSSH จะกลายเป็น

$$0 = k_3[I][E_T-ES-EI]-k_4[EI] \quad (จ.67)$$

$$E_T-ES-EI = k_4[EI]/k_3[I] = ((k_2+k_5)/k_1[S])[ES] \quad (จ.68)$$

ดังนั้น

$$[EI] = \left(\frac{k_2+k_5}{k_1}\right)\frac{k_3}{k_4}\frac{[I]}{[S]}[ES] \quad (จ.69)$$

แทนสมการ (จ.69) ลงในสมการ (จ.66) จะได้ว่า

$$[ES] = \frac{[E_T][S]}{[S]+\left(\frac{k_2+k_5}{k_1}\right)\left(\frac{k_3}{k_4}[I]+1\right)} \quad (จ.70)$$

แทนลงในสมการ (จ.59) จะได้ว่า

$$r_p = \frac{k_5[E_T][S]}{[S] + \left(\frac{k_2 + k_5}{k_1}\right)\left(1 + \frac{k_3}{k_4}[I]\right)} \qquad (จ.71)$$

ถ้ากำหนดให้

$$V = k_5[E_T] \qquad (จ.72)$$

$$K_m = (k_2+k_5)/k_1 \qquad (จ.73)$$

$$K_i = k_4/k_3 \qquad (จ.74)$$

ดังนั้น

$$r = \frac{VS}{S + K_m\left(1 + I/K_i\right)} \qquad (จ.75)$$

สมการ (จ.75) ถูกเรียกว่าสมการไมเคิลลีสเมนเทนชนิดมีการยับยั้งแบบคอมเพททิทีฟ

ประวัติผู้เขียน

นายยิ่งศักดิ์ บุญชำนาญ เกิดเมื่อวันที่ 6 พฤศจิกายน พ.ศ. 2519 ที่เขตบุคคโล จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาที่โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย รุ่นที่ 113 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2540 และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโทหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี ที่ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2541