

เอกสารอ้างอิง

1. Guilbault, G. G., "Enzyme Electrodes in Analytical Chemistry," Comprehensive Analytical Chemistry (Svehla, G., ed.), Vol.8, pp.1-70, Elsevier Scientific Publishing Co., New York, 1977.
2. Bailey, J. E., and D. F. Ollis, Biochemical Engineering Fundamentals, pp.34,204, McGraw-Hill Book Co., Singapore, 2nd ed., 1986.
3. Wiseman, A., Handbook of Enzyme Biotechnology, pp.208, Ellis Horwood Ltd., England, 2nd ed., 1985.
4. Kirk-Othmer, "Syrup," Encyclopedia of Chemical Technology, Vol.22, pp.499, John Wiley & Sons, U.S.A., 3rd ed., 1983.
5. Deman, J. M., Principle of food chemistry, pp.135, The AVI Publishing Co., U.S.A., 1976.
6. Bentley, R., "Glucose Oxidase," The Enzymes (P. D. Boyer, H. Lardy, and K. Myrback, eds.), Vol. 7, pp.567-586, Academic Press, New York, 2nd ed., 1963.
7. Godfrey, T., and J. Reichelt, Industrial Enzymology, pp.428, Macmillan Publishers Ltd., Great Britain, 1983.
8. Barman, T. E., Enzyme Handbook, Vol.1, pp.112-113, Springer-Verlag,

New York, 1969.

9. Guilbault, G. G., and G. J. Lubrano, "Glucose and L-Amino Acid Electrodes Based on Enzyme Membrane," Analytica Chimica Acta, 97, 229-236, 1978.
10. Koyama, M., Y. Sato, M. Aizawa, and S. Suzuki, "Improved Enzyme Sensor for Glucose with an Ultrafiltration Membrane and Immobilized Glucose Oxidase," Analytica Chimica Acta, 6, 307-314, 1980.
11. Kulys, J. J., V. S. A. Laurinavicius, M. V. Pesliakienė, and V. V. Gureviciene, "The Determination of Glucose, Hypoxanthine and Uric Acid with Use of Bi-enzyme Amperometric Electrodes," Analytica Chimica Acta, 148, 13-18, 1983.
12. Coulet, P. R., J. Laurent, D. C. Gautheron, D. R. Thevenot, and R. Stanberg, "Enzyme Collagen Membrane for Electrochemical Determination of Glucose," Analytical Chemistry, 51(1), 96-100, 1979.
13. Hornby, W. E., D. L. Morris, and J. Campbell, "The Preparation of Several New Nylon Tube-Glucose Oxidase Derivatives", Biochimica et Biophysica Acta, 384, 307-316, 1975.
14. Mascini, M., M. Iannello, and G. Palleschi, "Enzyme Electrodes with Improved Mechanical and Analytical Characteristics Obtained by Binding Enzymes to Nylon Nets," Analytica

Chimica Acta, 146, 135-148, 1983.

15. Hornby, W. E., and L. Goldstein, "Immobilization of Enzymes on Nylon," Method in Enzymology, (Mosbach, K. ed.), Vol.44, pp.118-123, Academic Press, New York, 1976.
16. Annual Book of ASTM Standards, "Textiles-Fibers,Zippers," D 276 Vol 7.02, pp.110, 1975.
17. สิริชัย ส่งเสริมพงษ์ และ นัญญิตี พุ่มสงวน, "เซลล์โลสอะซีเตตเมมเบรนเพื่อใช้งานกับ เอนไซม์อเล็กโทรด," วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารและชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2528.
18. Linke, W. F., Solubilities Inorganic and Metal-organic Compounds, Vol.2, pp.1228, American Chemical Society, Washington,D.C., 4th ed., 1965.
19. สมบูรณ์ สุขพงษ์ และ เปรมใจ ตริสภานุกัฒนา, หลักสถิติ 2 วิธีวิเคราะห์ และ วางแผน การทดลองเบื้องต้น, หน้า 53-242, พิลิกส์เซ็นเตอร์การพิมพ์, กรุงเทพมหานคร, 2527.,
20. Perry, H. R., D. W. Green, and J. O. Maloney, Perry's Chemical Engineer's Handbook, p.3-258, McGraw-Hill Book Co., 6th ed., 1985.
21. Bird, R. B., W. E. Stewart, and E. N. Lightfoot, Transport Phenomena, p.520, John Wiley & Sons, New York, 1960.

ภาคผนวก

ก. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ และ สเปกตรัมอินฟราเรดของผ้าไนลอน

SOLUBILITY OF OXYGEN IN WATER IN CONTACT WITH AIR

These results, of considerable commercial and biological importance have been measured directly and calculated from data on pure oxygen. Morgan and Richardson, 1930 found that the values obtained in these two ways are the same. Extensive data upon the rate of solution of atmospheric oxygen and nitrogen in water are given in a series of papers by Adeney and Becker 1916-1920, 1919, 1920 and 1921.

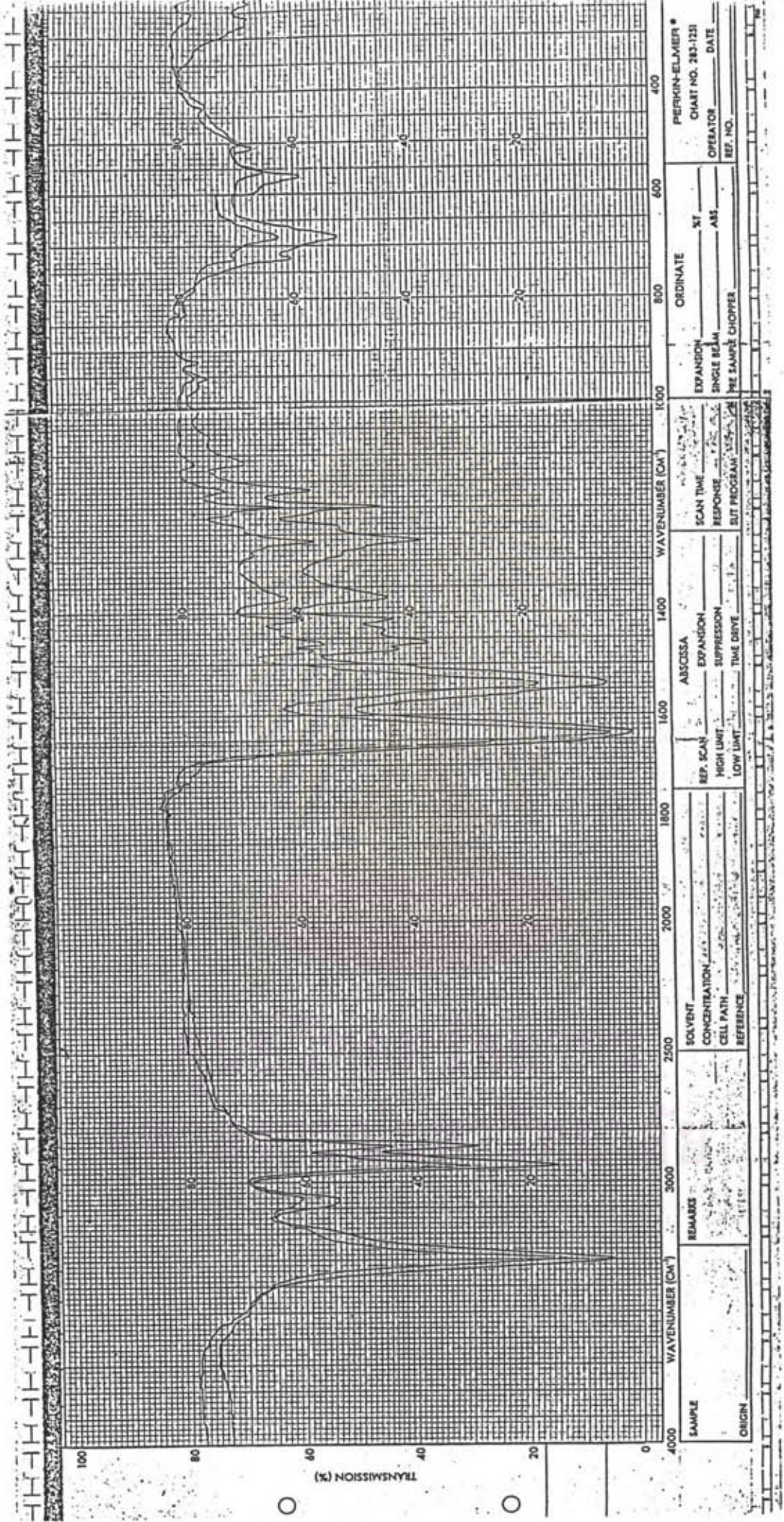
Recent data again tend toward lower solubility values (see also table above). The following table was compiled by Truesdale, Downing and Lowden, 1955 for comparison of the various results these authors found the solubility at one atmosphere pressure (air and water vapor) to be:  $C = 14.161 - 0.3943t + 0.007714t^2 - 0.0000646t^3$  where C is the concentration of oxygen in water in parts per million, and t is °C.

t°	Fox 1909	Winkler 1889 <sup>a</sup>	Winkler 1891 <sup>b</sup>	Roscoe & Lunt 1889	Jacob- sen 1905 <sup>c</sup>	Bohr & Bock, 1891	Royal Comm. 1908 <sup>d</sup>	Trues- dale, Downing and Lowden 1954, 1955
0	14.65	14.56	14.55	-	14.30	14.79	-	14.16
5	12.80	12.72	12.73	12.41	12.48	13.02	-	12.37
10	11.33	11.27	11.24	11.11	11.01	11.58	11.11	10.92
15	10.15	10.09	10.06	9.98	9.85	10.32	9.98	9.76
20	9.17	9.10	9.10	8.96	8.91	9.30	8.99	8.84
25	8.38	8.29	8.24	8.25	8.16	8.46	8.18	8.11
30	7.63	7.53	7.52	-	-	7.71	-	7.52
35	7.10	-	-	-	-	7.08	-	7.02

<sup>a</sup>Ultrametric analysis <sup>b</sup>gasometric <sup>c</sup>as quoted by Fox, 1909 <sup>d</sup>Royal Commission on Sewage Disposal, 5th Report, 1908, Appendix 6, Part XIII

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ก ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ (18)



PIERKIN-ELMER \*  
 CHART NO. 283-1231  
 OPERATOR \_\_\_\_\_ DATE \_\_\_\_\_  
 REF. NO. \_\_\_\_\_

ORDINATE  
 EXPANSION \_\_\_\_\_ X1  
 SINGLE BEAM \_\_\_\_\_ ABS  
 TIME SAMPLE CHOPPER \_\_\_\_\_

SCAN TIME \_\_\_\_\_  
 RESPONSE \_\_\_\_\_  
 SUB PROGRAM \_\_\_\_\_

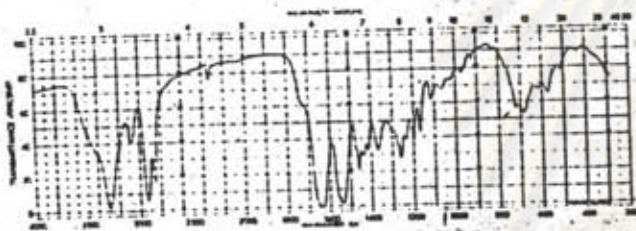
ABSCISSA  
 EXPANSION \_\_\_\_\_  
 SUPPRESSION \_\_\_\_\_  
 TIME DRIVE \_\_\_\_\_

REF. SCAN  
 HIGH LIMIT \_\_\_\_\_  
 LOW LIMIT \_\_\_\_\_

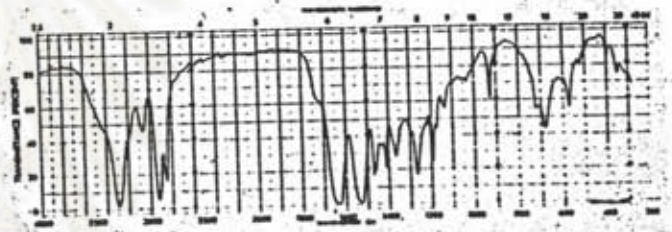
SOLVENT \_\_\_\_\_  
 CONCENTRATION \_\_\_\_\_  
 CELL PATH \_\_\_\_\_  
 REFERENCE \_\_\_\_\_

REMARKS \_\_\_\_\_  
 SAMPLE \_\_\_\_\_  
 ORIGIN \_\_\_\_\_

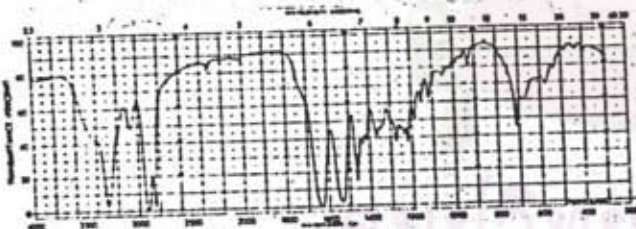
รูป ก สเปกตรัมอินฟราเรดของฟ้าไคลอน



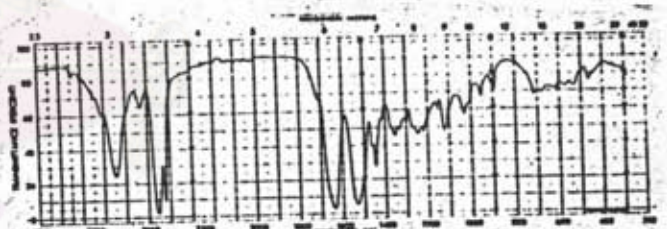
(a) nylon 6



(b) nylon 6,6



(c) nylon 11



(d) Qiana®

รูป ข สเปกตรัมอินฟราเรดมาตรฐานของเส้นใยไนลอน (16)

จากสเปกตรัมที่ได้จะเห็นว่าผ้าไนลอนมีสเปกตรัมอินฟราเรดเหมือนกับของเส้นใยไนลอน 6 และ ไนลอน 6,6 ไนลอน 6,6 มีพีคที่ wave number  $920\text{ cm}^{-1}$  แต่ผ้าไนลอนและไนลอน 6 ไม่มีพีคที่ตำแหน่งนี้

ข. ตัวอย่างการคำนวณเพื่อวิเคราะห์แผนการทดลองแบบ  $2^3$  แฟกตอเรียล  
โดยวิธีของ Yate (19)

การศึกษาอิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ ในการติดกลูตารัลดีไฮด์

ปัจจัย A คือ ความเข้มข้นกลูตารัลดีไฮด์ มี 2 ระดับ คือ 1 และ 12%

ปัจจัย B คือ พีเอช มี 2 ระดับ คือ 8 และ 10

ปัจจัย C คือ เวลาที่ใช้ติด มี 2 ระดับ คือ 30 และ 90 นาที

ตาราง ข. ผลการติดกลูตารัลดีไฮด์ ในสภาวะต่างๆ และคำนวณผลรวมของซ้ำ

เวลา (นาที)	พีเอช	ความเข้มข้น (%)	ค่ากระแสที่อ่านได้ (นาโนแอมป์)		ผลรวม ของซ้ำ
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	
30	8	1	21	30	51
		12	25	30	55
	10	1	25	25	50
		12	34	35	63
90	8	1	22	27	49
		12	34	36	70
	10	1	23	29	58
		12	23	30	53
รวมค่าทั้งหมด (Y...) =					445

ผลรวมของซ้ำ ได้จากผลรวมค่ากระแสในการวัดแต่ละครั้งในแต่ละ treatment combination นำค่าผลรวมของซ้ำมาคำนวณตามวิธีของ Yate ดังนี้

ตาราง ค. ผลการคำนวณหาค่า mean effect ของการติดกลูตาไรลด์ไฮด์

Treatment combination	ผลรวมของซ้ำ	1	2	$3=q_k$	$\Delta=q_k/2r^{n-1}$
(1)	51	106	225	455	56.875
A	55	119	230	39	4.875 *
B	50	119	23	5	0.625
AB	69	111	16	-11	-1.375
C	49	4	13	5	0.625
AC	70	19	-8	-7	-0.875
BC	58	21	15	-21	-2.625
ABC	53	-5	-26	-41	6.125 *

$r$  คือ จำนวนการทดลองซ้ำ ซึ่งเท่ากับ 2

$n$  คือ จำนวนปัจจัย ซึ่งเท่ากับ 3

คำนวณหาค่า correction term (C.T.) =  $Y...^2/rt$

$t$  คือ จำนวน treatment combination ซึ่งเท่ากับ 8

$$C.T. = (455)^2 / (2)(8)$$

$$= 12939.062$$

คำนวณหาค่า sum of square total (SSy) =  $\sum_{i=1}^{16} (X_i)^2 - C.T.$

$\sum_{i=1}^{16} (X_i)^2$  คือ ผลรวมของค่ากำลังสองของทุกตัวอย่างที่วัดได้

$$SSy = [(21)^2 + (30)^2 + (25)^2 + \dots + (23)^2 + (30)^2] - 12939.062$$

$$= 333.938$$



คำนวณหาค่า sum of square  $q_k$  ( $SS_{q_k}$ ) =  $\sum_{i=1}^7 q_{ki} / r 2^n$

$$= [(39)^2 + (5)^2 + (-11)^2 + \dots + (-21)^2 + (-41)^2] / (2)(2^3)$$

$$= 241.4375$$

คำนวณหาค่า sum of square error ( $SS_E$ ) =  $SS_y - SS_{q_k}$

$$= 333.938 - 241.4375$$

$$= 92.5$$

คำนวณหาค่า mean square error ( $MS_E$ ) =  $SS_E / V_E$

$V_E$  คือ ค่า degree of freedom ของ error มีค่าเท่ากับ  $2^n(r-1)$

$$V_E = 2^3(2-1) = 8$$

$$MS_E = 92.5/8 = 11.5625$$

คำนวณหาค่า standard error ของ mean effect ( $S_\Delta$ )

$$= MS_E / r 2^{n-2}$$

$$= 11.5625 / (2)(2^{3-2})$$

$$= 1.7$$

คำนวณหาค่า critical value =  $(t_{\frac{\alpha}{2}, V_E})(S_\Delta)$

$t_{\frac{\alpha}{2}, V_E}$  คือ ค่าที่ได้จากตารางค่า t ในการกระจายแบบ Student's t

$\alpha$  คือ โอกาสที่จะผิดพลาดได้ในการสรุปผลตามสมมติฐานแบบที่ 1 กรณีนี้ให้  $\alpha=0.05$

$$\text{critical value} = (t_{0.025, 8})(1.7)$$

$$= (2.306)(1.7)$$

$$= 3.32$$

นำค่า critical value ไปเทียบกับค่า mean effect ( $\Delta$ ) ถ้าค่า critical value มากกว่า mean effect แสดงว่าไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ค. การคำนวณหาพลังงานกระตุ้นในการวัดกลุโคส

ปฏิกิริยาการวัดกลุโคสเป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง คือ

$$v = k S = I$$

k คือ ค่าคงที่อัตราเร็ว :  $k = A e^{-E_a/RT}$

S คือ ความเข้มข้นสารตั้งต้น .

I คือ กระแสไฟฟ้า

ที่อุณหภูมิหนึ่งเขียนกราฟระหว่าง I กับ S ได้ความชัน คือ k

แล้วเขียนกราฟระหว่าง  $\ln k$  กับ  $1/T$  ได้ความชัน คือ  $-E_a/R$

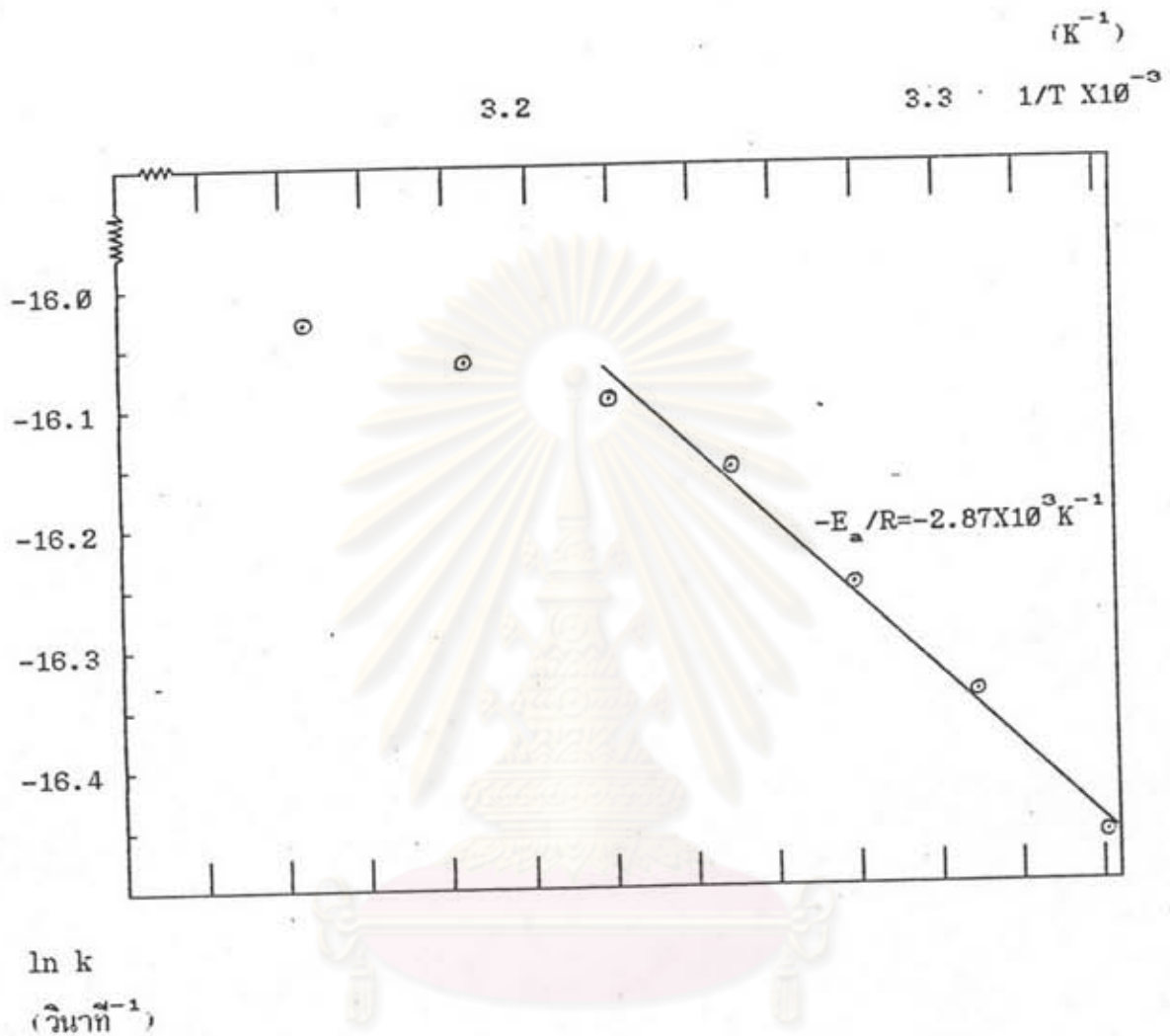
T คือ อุณหภูมิองศาสมบูรณ์

R คือ ค่าคงที่ของกาซ

ตามรูป ค ได้ความชัน คือ  $-E_a/R = -2.87 \times 10^3 \text{ K}^{-1}$

ได้พลังงานกระตุ้นในการวัดกลุโคส คือ 5.7 กิโลคาลอรี/โมล

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป ค หานพลังงานกระตุ้นในการวัดคลูโคส ได้ 5.7 กิโลคาลอรี/โมล  
 หมายถึง การลากเส้นตรงหาค่าความชันเลือกใช้จุดในช่วงอุณหภูมิ 26-38 °ซ  
 เพราะเอนไซม์ยังมีเสถียรภาพที่อยู่ ส่วนจุดที่อุณหภูมิ 41 และ 45 °ซ เอนไซม์ถูกทำลายมาก  
 ทำให้ค่า k ที่วัดได้น้อยลงไป เนื่องจาก k แปรตาม  $V_{max}$  ซึ่งขึ้นกับปริมาณเอนไซม์ ค่า ln k  
 จึงต่ำลง ทำให้ผลที่ได้เบี่ยงเบนไปจากเส้นตรง

ง. การคำนวณหาพลังงานกระตุ้นในการทำลาย GOx  
อัตราการลดลงของแอคทีวิตีแปรตามแอคทีวิตีที่เหลืออยู่ คือ

$$-dA/dt = k A$$

$$\text{อินทิเกรตได้ } \ln A/A_0 = -k t$$

A คือ แอคทีวิตีที่เวลาใดๆ

$A_0$  คือ แอคทีวิตีที่เวลาเริ่มต้น

t คือ เวลา

k คือ ค่าคงที่อัตราเร็วการสูญเสียเอนไซม์:  $k = A e^{-E_{1na}/RT}$

ที่อุณหภูมิหนึ่งเขียนกราฟระหว่าง  $\ln A/A_0$  กับ t ได้ความชัน คือ -k

แล้วเขียนกราฟระหว่าง  $\ln k$  กับ  $1/T$  ได้ความชัน คือ  $-E_{1na}/R$

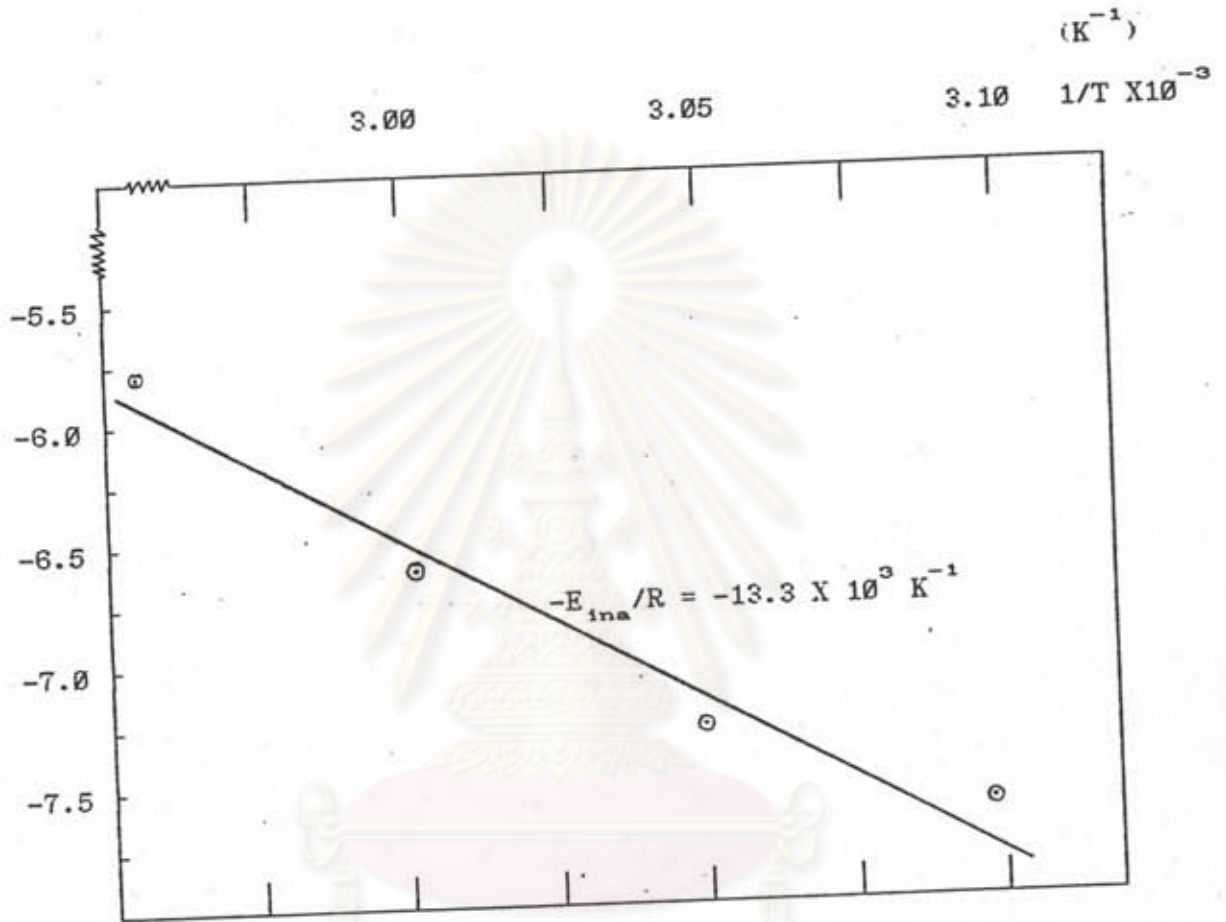
T คือ อุณหภูมิองศาสมบูรณ์

R คือ ค่าคงที่ของกาซ

ตามรูป ง ได้ความชัน  $-E_{1na}/R = -13.3 \times 10^3 \text{ K}^{-1}$

ได้พลังงานกระตุ้นในการทำลาย GOx คือ 26.4 กิโลคาลอรี/โมล

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



$\ln k$   
(วินาที<sup>-1</sup>)

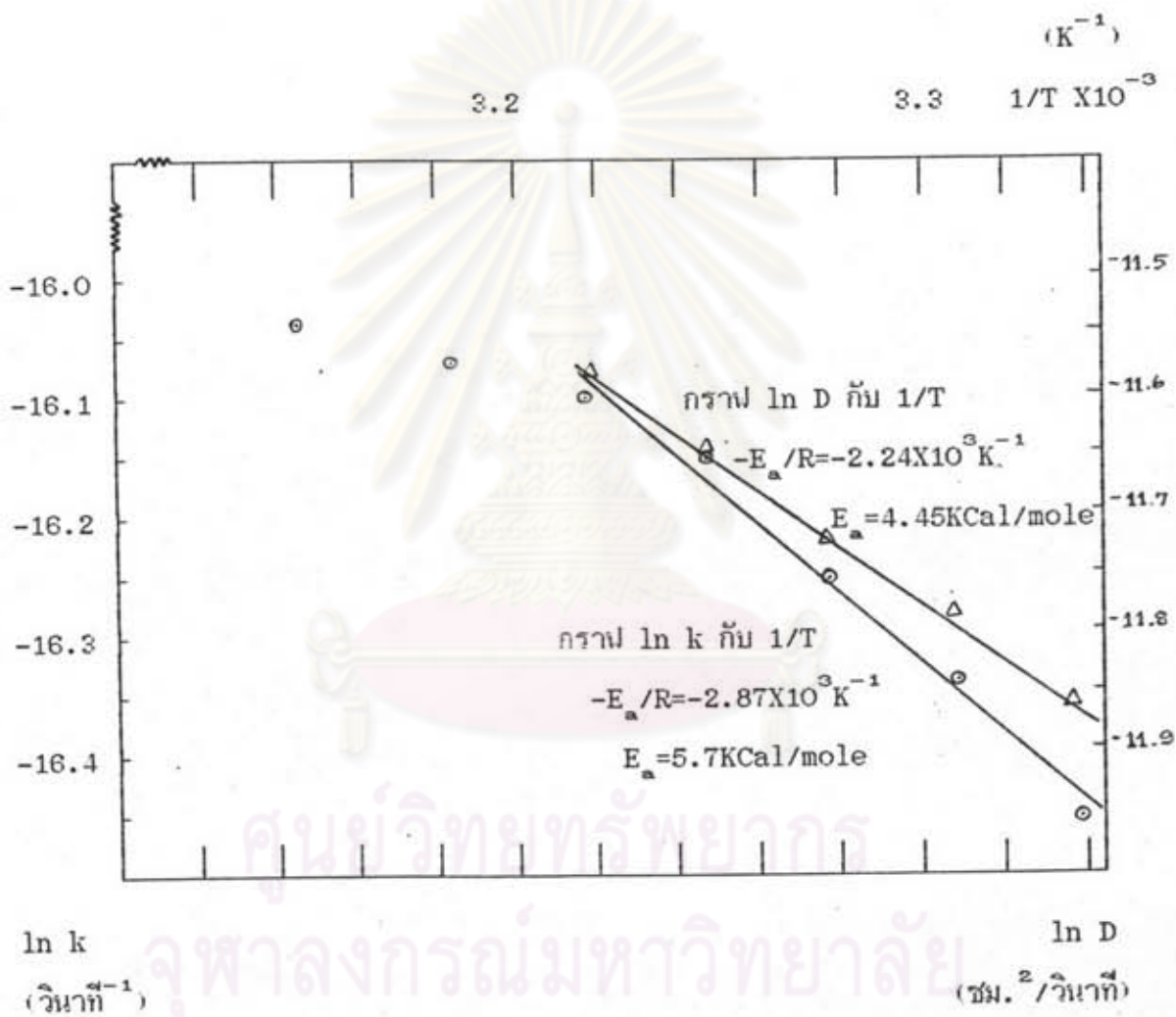
รูป ง หาค่าพลังงานกระตุ้นในการทำลาย GOx ได้ 26.4 กิโลจูล/โมล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จ. การเปรียบเทียบพลังงานกระตุ้นของการ diffuse กับการวัดกลูโคส

ได้ค่าพลังงานกระตุ้นของการ diffuse คือ 4.45 KCal/mole

ได้ค่าพลังงานกระตุ้นของการวัดกลูโคส คือ 5.7 KCal/mole



รูป จ การเปรียบเทียบพลังงานกระตุ้นของการ diffuse กับการวัดกลูโคส



ประวัติผู้เขียน

นายประกอบ กิจไชยา เกิดวันที่ 2 กรกฎาคม พ.ศ. 2505 ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร  
ได้รับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมี จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2525



ศูนย์วิทยพัชร์พยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย