

รายการอ้างอิง

- บุญชัย ฤกษ์ธนาภฤต. 2542. การเลือกทำปฏิกิริยาเพื่อแยกสารเรซิมีกเมนทอลโดยไลเปสในระบบรีเวิร์สไมเซลล์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- รุ่งรัตน์ ชัยกิจไทย. 2538. การย่อยสลายเพกตินด้วยเอนไซม์เพกตินเนสตรึงรูปบนเรซินแลกเปลี่ยนไอออน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- อานนทพัฒน์ กัลปพงศ์. 2541. การเลือกทำปฏิกิริยาเพื่อแยกเรซิมีกเมนทอลโดยไลเปสในระบบตัวทำละลายอินทรีย์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- Abdulmazid, M. 1993. Biocatalysis and Immobilized Enzyme / Cell Bioreactor, Bio Technology. Bioeng. Technology. 11: 690-696.
- Brady, C., L. Metcalte, D. Slaboszewski and D. Frank. 1980. Lipase immobilized on a Hydrophobic, microporous support for the hydrolysis of fat. JACOBS. 65: 917 - 921.
- Cambou, B. and A. M. Klibanov. 1984. Comparison of Different Strategies for the Lipase-Catalyzed Preparative Resolution of Racemic Acids and Alcohols: Asymmetric Hydrolysis, Esterification, and Transesterification. Biotechnol. Bioeng. 26: 1449-1454.
- Chen, C.S., Wu, S.H., Girdaukas, G., Sih, C.J. 1987. Quantitative Analyses of Biochemical Kinetic Resolution of Enantiomers. 2. Enzyme-Catalyzed Esterifications in Water-Organic Solvent Biphasic System. J. Am. Chem. Soc. 109: 2812-2817.
- Dongsoo Yang and Joon Shick Rhee. 1991. Stability of the Lipase Immobilized on DEAE-SEPHADEX for Continuous Lipid Hydrolysis of Triglycerides by Immobilized Lipase in a Hydrophilic Membrane Reactor. Biotechnol. Bioeng. 32: 512-518.
- Dongsoo Yang and Joon Shick Rhee. 1992. Continuous Hydrolysis of Olive Oil by Immobilized Lipase in Organic Solvent. Biotechnol. Bioeng. 40: 931-937.

- Faber, K., In *Biotransformations in Organic Chemistry-A Text Book* (2nd ed.), 1995, Springer-Verlag, Germany.
- Fogler, H. Scott., *Elements of Chemical Reaction Engineering* (2nd ed.). 1992. Prentice - Hall. USA.
- Gerald Kirchnov., Mark P. Scollar and Alexander M. Klibanov. 1989. Resolution of Racemic Mixture Via Lipase Catalysis in Organic Solvents. J. Am. Chem. Soc. 107: 7072-7076.
- Goto, M., Kamiya, N., Miyata., and Naka Shio, F. 1994. Enzymatic Esterification by Surfactant- Coated Lipase in Organic Media. Biotechnol. Prog. 70: 263-268.
- Haralambos Stamatis., Aristotelis Xenakis., Ulrich Menge and Fragiskos N. Kolisis. 1993. Kinetic Study of Lipase Catalyzed Esterification Reaction in Water-in-oil Microemulsions. Biotechnol. Bioeng. 42: 931-937.
- Heon.S.Sohn, Sung S. Chung and Joon S. Rhee. 1987. Deactive of *Candida rugosa* Lipase. Biotechnol. Lett. 9 : 117-122.
- Johannes Tramper. 1996. Chemical Versus Biochemical Conversion : When and How To Use Biocatalysts. Biotechno. Bioeng. 52: 290-295.
- Kamiya, N., Goto, M., Nakashio, F. 1995. Surfactant-Coated Lipase Suitable for the Enzymatic Resolution of Menthol as a Biocatalyst in Organic Media. Biotechnol. Prog. 11: 270-275.
- Kirsten Fritsche., Christoph Syldath., Fritz Wagner., and Heidi Hengelsberg. 1989. Enzymatic Resolution of rac-1, 1- dimethyl – 1- silica – cyclohexane – 2 - ol by ester hydrolysis or transesterification using a crude Lipase preparation of *Candida cylindracea*. Appl Microbiol Biotechnol. 31: 107-111.
- Klibanov, A.M. 1986. Enzyme that work in Organic Solvents. CHEMTECH. 6: 354-399.
- Kosogi, Y., H. Suzuki and T. Funada. 1987. Hydrolysis of beff tallow by lipase from *Pseudomonas* sp. Biotechnol. Bioeng. 31: 349-356.

- Laane, C., S. Boeren and K. Vos. 1985. On Optimizing Organic Solvents in multi-liquid-Phase biocatalysis. Trends Biotechnol. 3: 251-252.
- Langrand, G., Baratti, J., Buono, G., Triantaphylides, C. 1986. Lipase Catalyzed Reaction and Strategy for Alcohol Resolution. Tetrahedron. Lett. 27: 29-32.
- Langrand, G., C. Triantaphy and J. Baratti. 1988. Lipase Catalyzed Formation of Flavour Esters. Biotechnol. Lett. 10: 549-554.
- Lisa, N. Yee, Casimir, C. Akoh and Robert, S. Phillips. 1995. Terpene Ester Synthesis By Lipase-Catalyzed Transesterification. Biotechnol. Lett. 17: 67-70.
- Lokotsch, w., Fritsche, K., Sydath, C. 1989. Resolution of D, L – Methol by Interesterification with Triacetin Using the Free and Immobilized Lipase of *Candida cylindracea*. Appl Microbiol. Biotechnol. 31: 467-472.
- Maria V. Calvo, Francisco J. Plou, Eitel Pastor and Antonio Ballesteros. 1995. Effect of Chemical Modification of Isoenzyme S A an B from *C. rugosa* on Their Activity and Stability. 6: 321-324.
- Marlot, C., G. Langrand, C. Triantaphydis and J. Baratti . 1985. Ester Synthesis in Organic Solvent Catalyzed by Lipase Immobilized on Hydrophilic Support. Biotechnol. Lett. 7: 647-650.
- Mary Welch Bailaeon and Phillip E. Sonnet. 1988. Polyethylene Glyco Modification of *Candida rugosa* Lipase. JACOB. 65: 1812-1815.
- Marty, A., Chulalaksananukul., Willemot, R. M. and Condovet, J. S. 1991. Kinetics of Lipase-Catalyzed Esterification in Supercritical Co₂. Biotechnol. Bioeng. 39: 273-280.
- Mohammad Mozammel HOQ., Tsuneo Yamane and Shoich Shimizu. 1985. Continuous Hydrolysis of Olive Oil by Lipase in Microporous Hydrophobic Membrane Bioreactor. JACOB. 62: 1016-1020.
- Parker, S. P., In Dictionary of Scientific and Technical Terms, (4th ed.), 1989, McGraw-Hill, U.S.A.

- Reslow, M., P. Adlercreutz and B. Mattiasson. 1987. Organic Solvents for Bioorganic Synthesis. Optimization of parameters for a Chymotrypsin Catalyzed Process Appl. Microbiol. Biotechnol. 26: 1 - 8.
- Sanghamitra Parida and Jonathan S. Dordich. 1991. Substrate Structure and Solvent Hydrophobicity Control Lipase Catalysis and Enantioselectivity in Organic Media. American Chemical Society. 113: 2253-2259.
- Segel, I. H. In Enzyme Kinetics. New York: Wiley, 1975.
- Sung Tae Kang and Joo Shick Rhee. 1988. Characteristics of Immobilized Lipase-Catalyzed Hydrolysis of Olive Oil of High Concentration in Reverse Phase System. Biotechnol. Bioeng. 33: 1469-1476.
- Wang, Y. F., Lalonde, J. J., Momongan, M., Bergbrater, D. E., Wan, C. H. 1988. Lipase-Catalyzed Irreversible Transesterifications Using Enol Ester as Acylating Reagents. J. Am. Chem. Soc. 110: 7200-7205.
- W. Pronk., P. J. A. M. Kerhof., C. Van Helden, K. Vant Riet. 1987. The Hydrolysis of Triglycerides by Immobilized Lipase in a Hydrophilic Membrane Reactor. Biotechnol. Bioeng. 32: 512-518.
- Yamane, T. 1987. Enzyme Technology for Lipids Industry : An Engineering Overview. JACOB. 64: 1657-1662.
- Yokozeiki, K., S. Yamanaka, K. Takihami, Y. Hirose, A. Tanaka, K. Sonomoto and S. Fukui. 1982. Application of Immobilized Lipase to Regiospecific Interesterification of Triglyceride in Organic Solvent. Eur. J. Appl. Microbiol. Biotechnol. 14: 1-5.



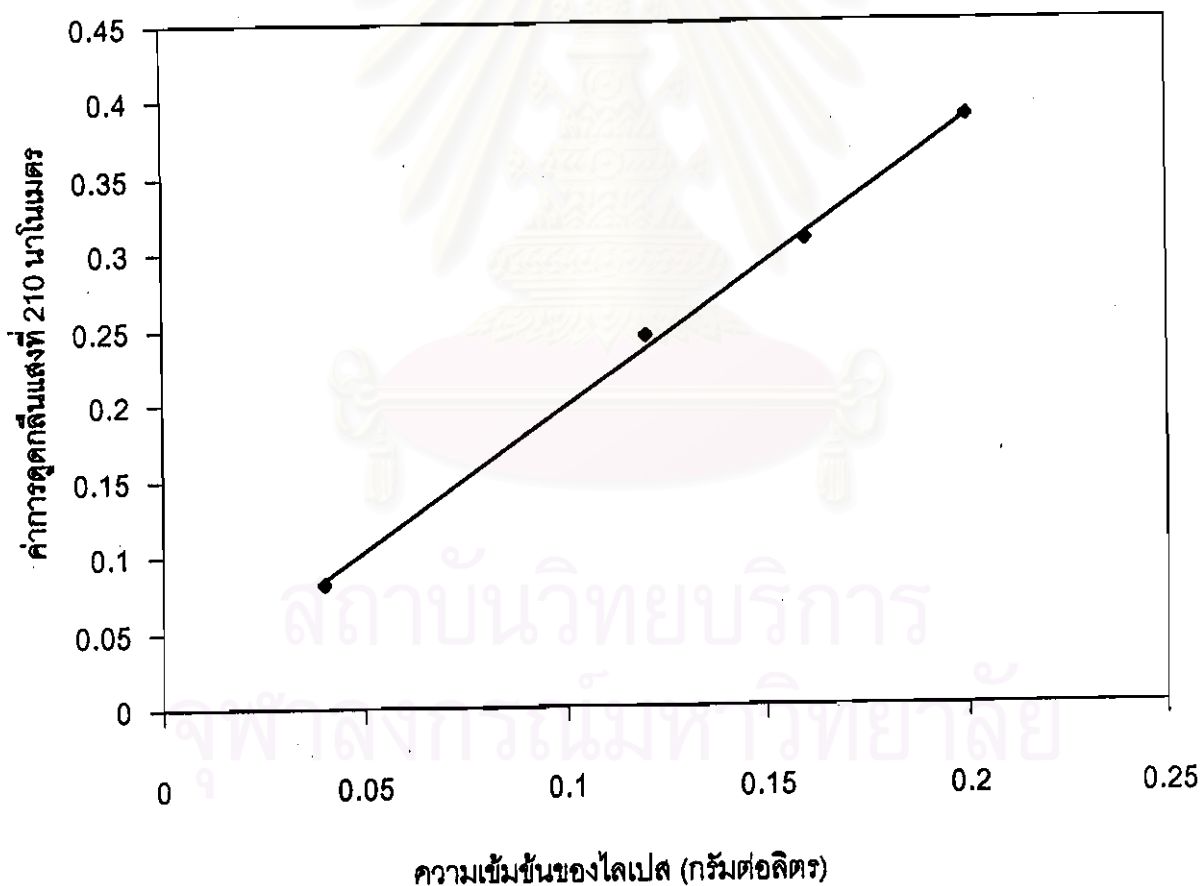
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก1 ค่ามาตรฐานของการดูดกลืนแสงของไลเปสที่ความเข้มข้นต่างๆกัน

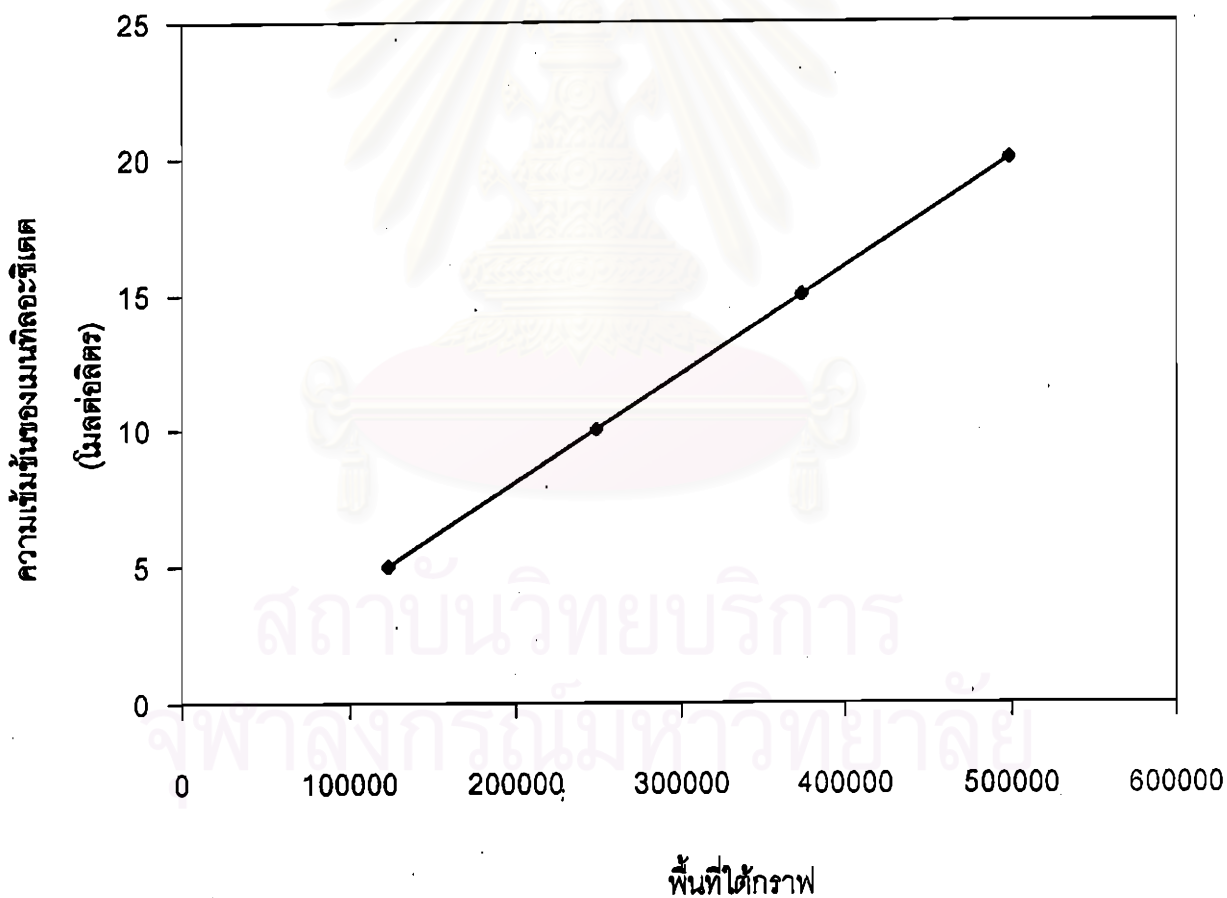
ความเข้มข้นของไลเปส (กรัมต่อลิตร)	ค่าการดูดกลืนแสงของไลเปสที่ 210 นาโนเมตร
0.04	0.082
0.12	0.244
0.16	0.307
0.2	0.387



รูปที่ ก1 ค่ามาตรฐานของการดูดกลืนแสงของไลเปสที่ความเข้มข้นต่างๆกัน

ตารางที่ ก2 ค่ามาตรฐานของเมทิลอะซิเตตจากการวิเคราะห์ด้วยแก๊สโครมาโตกราฟี

พื้นที่ใต้กราฟ(peak area)	ความเข้มข้นของเมทิลอะซิเตต (มิลลิโมลาร์)
123250	5
248250	10
373250	15
498250	20



รูปที่ ก2 ค่ามาตรฐานของเมทิลอะซิเตตจากการวิเคราะห์ด้วยแก๊สโครมาโตกราฟี

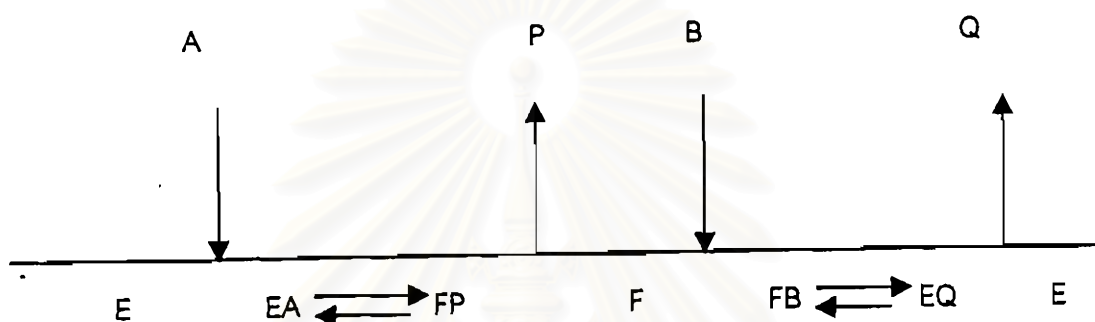


ภาคผนวก ข

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กลไกการเกิดปฏิกิริยาแบบปิงปอง โบ-โบ (Ping Pong Bi-Bi)

กลไกการเกิดปฏิกิริยาแบบแรนดอม โบ-โบ จะมีลักษณะคือสารตั้งต้นตัวแรก([A]) เมื่อเข้าทำปฏิกิริยากับเอนไซม์แล้วสามารถที่จะให้ผลิตภัณฑ์ตัวแรกเกิดขึ้นในปฏิกิริยาได้ ([P]) โดยไม่จำเป็นต้องอาศัยสารตั้งต้นตัวที่สอง([Q]) ซึ่งสามารถเขียนเป็นแผนภาพได้ดังนี้



เมื่อ A แทน เมนทอล

B แทน เฮกซิลอะซิเตต

P แทน (-)เมนทิลอะซิเตต

Q แทน เฮกซานอล

E แทน เอนไซม์

F แทน อะมิโนเอนไซม์

EA แทน สารประกอบเชิงซ้อนของเอนไซม์กับสาร A

EQ แทน สารประกอบเชิงซ้อนของเอนไซม์กับสาร Q

FP แทน สารประกอบเชิงซ้อนของอะมิโนเอนไซม์กับสาร P

FB แทน สารประกอบเชิงซ้อนของอะมิโนเอนไซม์กับสาร B

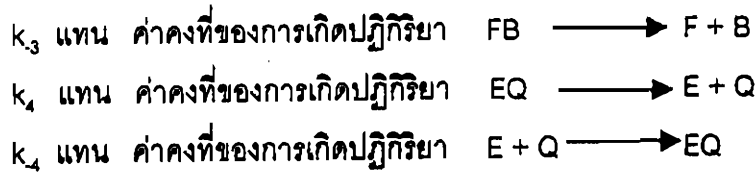
k_1 แทน ค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยา $E + A \longrightarrow EA$

k_{-1} แทน ค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยา $EA \longrightarrow E + A$

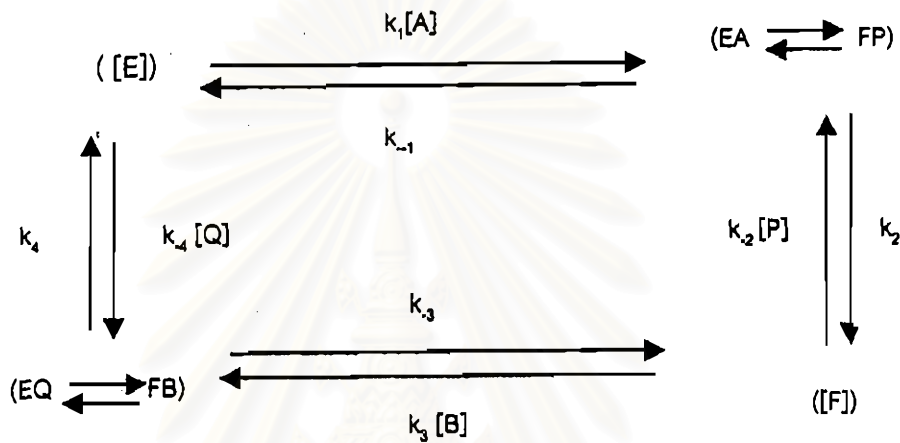
k_2 แทน ค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยา $FP \longrightarrow F + P$

k_{-2} แทน ค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยา $F + P \longrightarrow FP$

k_3 แทน ค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยา $F + B \longrightarrow FB$



ซึ่งการเข้าจับกันของสับเตรทกับเอนไซม์และการปล่อยผลิตภัณฑ์สามารถแสดงได้ดังแผนภาพของ King - Altman (Segel และคณะ (1975))



จากแผนภาพข้างต้นกำหนดให้ขั้นตอนของสับเตรทจับกับเอนไซม์ ((EA)) นั้นช้ากว่าขั้นตอนการเกิดผลิตภัณฑ์มากๆจนถึงถือว่าไม่รบกวนสมดุลของปฏิกิริยาดังนั้น

ความเร็วของการเกิด EA = $k_1 [E] [A]$

ความเร็วของการสลาย EA = $k_{-1} [EA + FP]$

ที่สภาวะคงตัว (steady state) ความเร็วของการเกิดปฏิกิริยาจะมีค่าเท่ากับ

$$V = k_1 [E] [A] - k_{-1} [EA + FP]$$

เมื่อ $\frac{[E]}{[E]_t} = \frac{k_4 k_1 k_2 [P] + k_2 k_3 [B] k_4 + k_3 [B] k_4 k_1 + k_3 k_2 [P] k_1}{\text{denominator}}$

$$\frac{[EA + FP]}{[E]_t} = \frac{k_4 k_1 [A] k_2 [P] + k_4 [Q] k_3 k_2 [P] + k_3 [B] k_4 k_1 [A] + k_3 k_2 [P] k_1 [A]}{\text{denominator}}$$

$$\frac{[F]}{[E]_1} = \frac{k_4 k_1 [A] k_2 + k_4 [Q] k_3 k_2 + k_1 k_4 [Q] k_3 + k_3 k_1 [A] k_2}{\text{denominator}}$$

$$\frac{[FB + EQ]}{[E]_1} = \frac{k_2 [P] k_1 k_4 [Q] + k_4 [Q] k_2 k_3 [B] + k_1 k_4 [Q] k_3 [B] + k_1 [A] k_2 k_3 [B]}{\text{denominator}}$$

เมื่อ denominator ($[E]_1$) = $[E] + [EA+FP] + [F] + [FB + EQ]$

$$= k_4 k_1 k_2 [P] + k_2 k_3 [B] k_4 + k_3 [B] k_4 k_1 + k_3 k_2 [P] k_1 + k_4 k_1 [A] k_2 [P] + k_4 [Q] k_3 k_2 [P] + k_3 [B] k_4 k_1 [A] + k_3 k_2 [P] k_1 [A] + k_4 k_1 [A] k_2 + k_4 [Q] k_3 k_2 + k_1 k_4 [Q] k_3 + k_3 k_1 [A] k_2 + k_2 [P] k_1 k_4 [Q] + k_4 [Q] k_2 k_3 [B] + k_1 k_4 [Q] k_3 [B] + k_1 [A] k_2 k_3 [B]$$

ดังนั้น $V = \frac{k_1 k_2 k_3 k_4 [E]_1 [A] [B] - k_1 k_2 k_3 k_4 [E]_1 [P] [Q]}{k_1 k_2 (k_3 + k_4) [A] + k_3 k_4 (k_2 + k_1) [B] + k_1 k_2 (k_3 + k_4) [P] + k_3 k_4 (k_1 + k_2) [Q] + k_1 k_3 (k_2 + k_4) [A] [B] + k_1 k_2 (k_3 + k_4) [A] [P] + k_2 k_4 (k_1 + k_3) [P] [Q] + k_3 k_4 (k_1 + k_2) [B] [Q]}$

เมื่อจัดรูปสมการให้อยู่ในรูปของสมการ Cleland (Segel และคณะ(1975))

$$V = \frac{\text{num}_1 [A] - \text{num}_2 [P]}{\text{const} + \text{Coef}_A [A] + \text{Coef}_P [P]}$$

เมื่อ	num ₁	แทน	สัมประสิทธิ์ค่าคงที่ในเทอมที่มีค่าเป็นบวก
	num ₂	แทน	สัมประสิทธิ์ค่าคงที่ในเทอมที่มีค่าเป็นลบ
	const	แทน	ค่าคงที่ในเทอมแรกของตัวหาร
	Coef _A	แทน	สัมประสิทธิ์ค่าคงที่ของ [A] ในส่วนที่เป็นตัวหาร
	Coef _P	แทน	สัมประสิทธิ์ค่าคงที่ของ [P] ในส่วนที่เป็นตัวหาร

$$\text{เมื่อ } V_i = \frac{\text{num}_1}{\text{Coef}_A}$$

$$K_{mA} = \frac{\text{const}}{\text{Coef}_A}$$

$$V_r = \frac{\text{num}_2}{\text{Coef}_p}$$

$$K_{mp} = \frac{\text{const}}{\text{Coef}_p}$$

$$K_{mQ} = \frac{\text{const}}{\text{Coef}_q}$$

$$\frac{\text{num}_1}{\text{num}_2} = K_{BQ}$$

$$K_{ib} = \frac{\text{Coef}_q}{\text{Coef}_{BQ}} = \frac{k_3}{k_3}$$

$$K_{ip} = \frac{\text{Coef}_A}{\text{Coef}_{AP}} = \frac{k_2}{k_2}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ดังนั้นเมื่อแทนค่าคงที่ต่างๆลงในสมการหาอัตราเร็ว (v) จะได้

$$v = \frac{V_f V_r ([A][B] - [P][Q])}{K_{eq}}$$

$$\frac{V_f V_r ([A][B] - [P][Q])}{K_{eq} (V_r K_{mB} [A] + V_r K_{mA} [B] + \frac{V_f K_{mQ} [P]}{K_{eq}} + \frac{V_f K_{mP} [Q]}{K_{eq}} + V_f [A][B] + \frac{V_f K_{mQ} [A][P]}{K_{eq} K_{ie}} + \frac{V_f [P][Q]}{K_{eq}} + \frac{V_r K_{mA} [B][Q]}{K_{eq}})}$$

เมื่อปฏิกิริยาดำเนินไปข้างหน้า (ยังไม่เกิดผลิตภัณฑ์ [P].[Q])

$$\frac{v}{V_{max}} = \frac{[A][B]}{K_{mB} [A] + K_{mA} [B] + [A][B]}$$

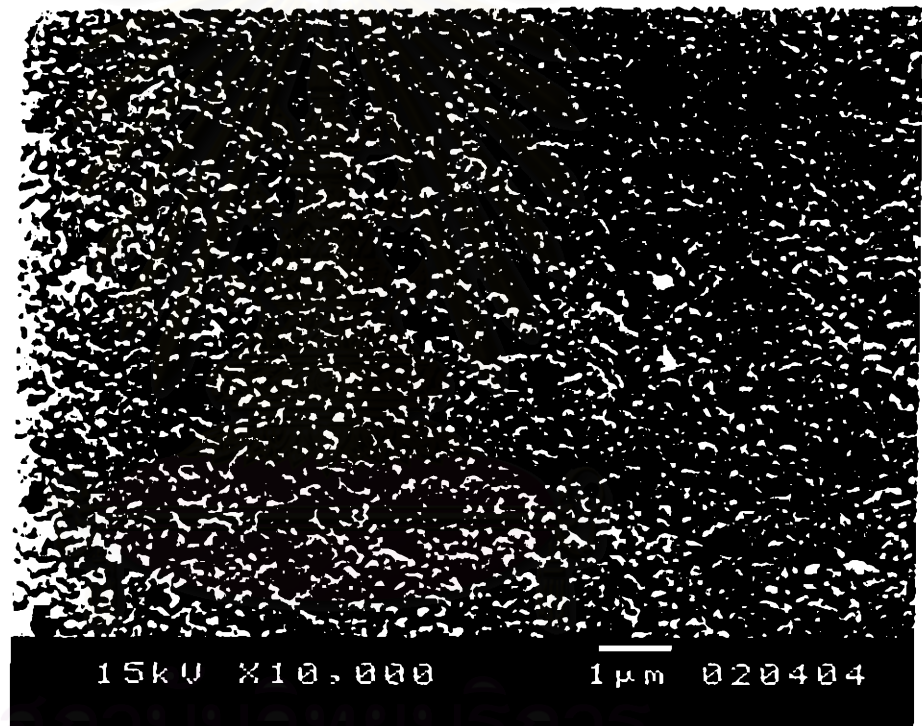
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



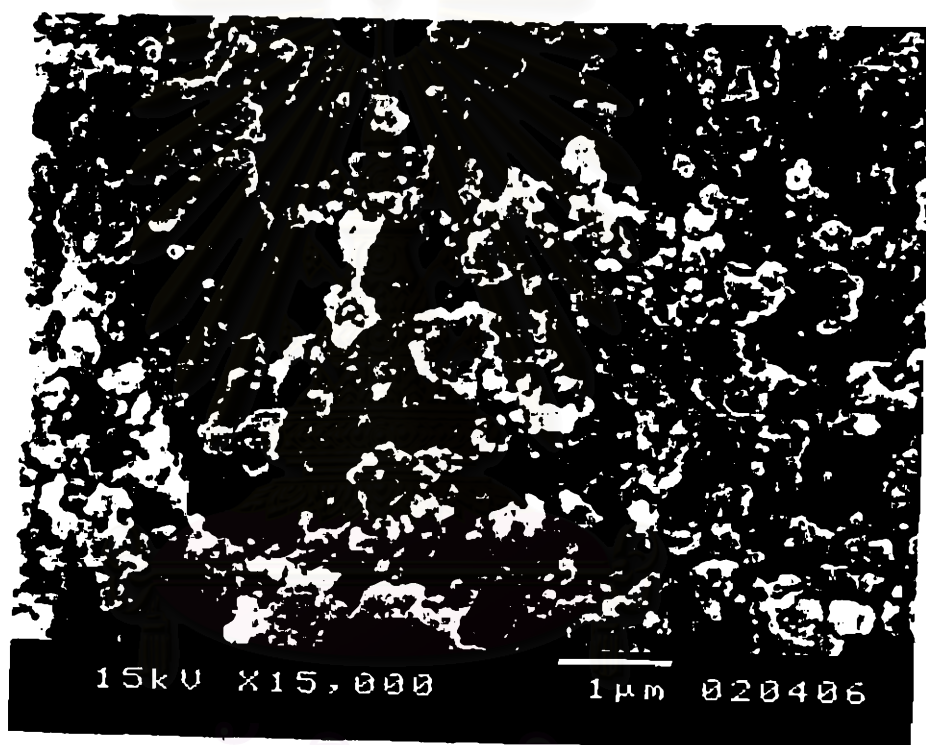
ภาคผนวก ค

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในงานวิจัยนี้จะศึกษาเฉพาะความต้านทานการถ่ายเทมวลสารภายนอกเท่านั้น เนื่องจากเมื่อนำ เอนไซม์ตรึงรูปไปทำการ Scanning Electron Microscope (SEM) จะเห็นได้ว่าขนาดโมเลกุลของ เอนไซม์จะมีขนาดใหญ่กว่าขนาดรูพรุนมากแสดงได้ดังรูป ค1-ค3

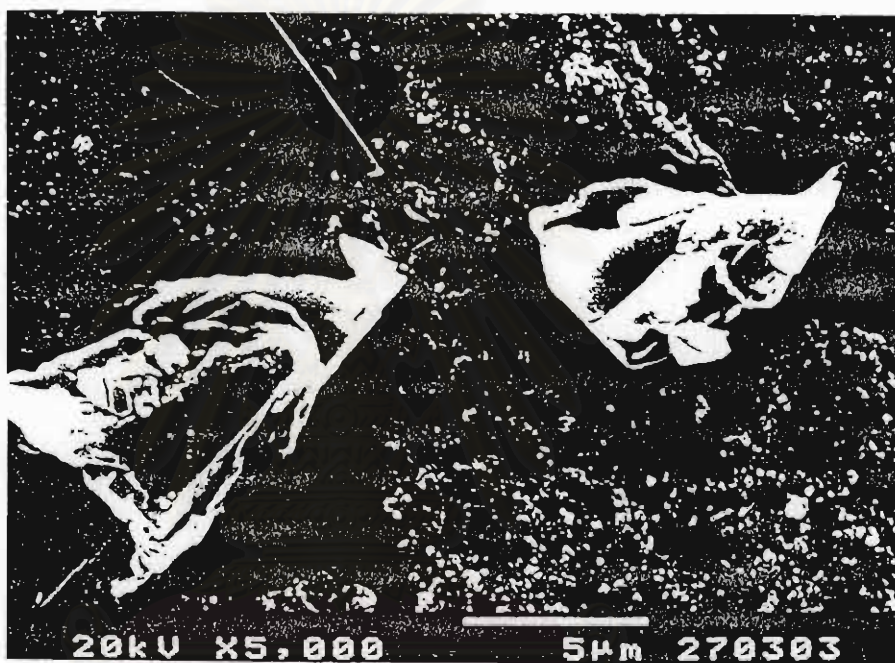


รูปที่ ค1 พื้นที่ผิวของเรซินโดยทำการ Scanning Electron Microscope (SEM)
กำลังขยาย 10,000 เท่า



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ค2 พื้นที่ผิวของเรซินที่ถูกตรึงด้วยเอนไซม์ไลเปสจาก *Candida cylindracea* ที่สภาวะที่เหมาะสมโดยทำการ Scanning Electron Microscope (SEM) กำลังขยาย 15,000 เท่า



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ค3 เอนไซม์ไลเปสจาก *Candida cylindracea* ที่ถูกตรึงรูปที่สภาวะที่เหมาะสม
โดยทำการ Scanning Electron Microscope (SEM) กำลังขยาย 5,000 เท่า



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลสารที่ความเร็วรอบในการหมุนต่างๆ
 การศึกษาการถ่ายเทมวลสารที่มีการไหลของของไหลผ่านรอบๆวัตถุทรงกลม ได้มีการให้สมการ
 อยู่ในรูปตัวเลขเชอร์วูด (Fogler, (1992))

Froessling นำข้อมูลจากการถ่ายเทมวลของสารมาหาสมการเอ็มไพริคัลดังนี้

$$Sh = 2 + 0.6 Re^{1/2} Sc^{1/3} \quad (ง.1)$$

โดยสามารถหาค่าคงที่ต่างๆจากสมการ

$$Re = \frac{\rho d_p U}{\mu} = \frac{d_p U}{\nu} \quad (ง.2)$$

$$Sc = \frac{\nu}{D_{AB}} \quad (ง.3)$$

$$D_{AB} = 1.173 \times 10^{-16} \frac{(\phi M_B)^{1/2} T}{(\mu_B V_A^{0.6})} \quad (ง.5)$$

ตัวอย่างการคำนวณ

การหา D_{AB} (menthol, isooctane) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส โดยค่าคงที่ต่างๆ มีคุณสมบัติ
 ดังนี้

$$\phi = 1$$

$$M_{\text{isooctane}} = 114.32 \text{ kg mass} \cdot \text{kg mol}^{-1}$$

$$\mu_{\text{isooctane}} = 3 \times 10^{-4} \text{ Pa}\cdot\text{s}$$

$$V_{\text{menthol}} = 0.0592 \text{ m}^3 \cdot \text{kg mol}^{-1}$$

แทนค่าต่างๆลงในสมการ ง.5

$$D_{AB(\text{menthol, isooctane})} = 1.173 \times 10^{-16} (1 \times 144.23)^{1/2} \frac{(303)}{(3 \times 10^{-4} \times 0.0592^{0.6})}$$

$$D_{AB(\text{menthol, isooctane})} = 6.90 \times 10^{-9} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$$

การหาค่าประสิทธิภาพการถ่ายเทมวลสารที่ความเร็วรอบ 240 รอบต่อนาที

เปลี่ยนความเร็วเชิงมุมเป็นความเร็วเชิงเส้นจากสมการ

$$U = \omega r \quad (ง.6)$$

$$U = \frac{2\pi \times 240}{60} \times 0.0405$$

$$U = 1.02 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

คุณสมบัติตัวแปรต่างๆของสาร

$$\rho_{\text{isooctane}} = 690 \text{ m} \cdot \text{s}^{-3}$$

$$d_p = 5.1 \times 10^{-4}$$

$$v_{(\text{isooctane})} = 4.35 \times 10^{-7} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$$

หาค่า Re จากสมการ ง.2

$$Re = \frac{d_p U}{v} = \frac{(5.1 \times 10^{-4}) \times 1.02}{4.35 \times 10^{-7}}$$

$$Re = 1196$$

หาค่า Sc จากสมการ ง.3

$$Sc = \frac{v}{D_{AB}} = \frac{4.35 \times 10^{-7}}{6.9 \times 10^{-9}}$$

$$Sc = 63$$

หาค่า Sh จากสมการ ง.1

$$Sh = 2 + 0.6 (1196)^{1/2} (63)^{1/3}$$

$$Sh = 84.6$$

หาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลของสารจากสมการ ง.4

$$k_c = \frac{D_{AB} Sh}{d_p}$$

$$k_c = \frac{(6.9 \times 10^{-9}) \times 84.6}{5.1 \times 10^{-6}}$$

$$k_c = 1.14 \times 10^{-3} \text{ m.s}^{-1}$$

การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลของสารในหอปฏิกรณ์แบบแพคเบด

การศึกษาการถ่ายเทมวลของสารในหอปฏิกรณ์แบบแพคเบดจะหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลจากอัตราการถ่ายเทมวล(J_D) (Fogler,(1992))

Willsion และ Geankoplis นำข้อมูลจากการถ่ายเทมวลมาหาสมการเอ็มไพริคัลดังนี้

$$J_D = \frac{1.09}{\varepsilon} Re^{-2/3} \quad (ง.7)$$

เมื่อ Re มีคอยู่ในช่วงระหว่าง 0.0016 – 55

$$k_c = J_D U Sc^{-2/3} \quad (ง.8)$$

ตัวอย่างการคำนวณ

การหาสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลที่อัตราการไหลในการป้อนสารละลายสับเมตรเท่ากับ 40 มิลลิลิตรต่อนาที

เปลี่ยนอัตราการไหลให้อยู่ในรูปความเร็วจากสมการ

$$U = \frac{Q}{A} \quad (ง.9)$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi (0.027^2)}{4} = 5.73 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$U = \frac{40}{5.73 \times 10^{-4}} = 1.16 \times 10^{-3} \text{ m.s}^{-1}$$

หา Re จากสมการ ง.2

$$Re = \frac{\rho d_p U}{\mu} = \frac{(5.1 \times 10^{-4}) \times (1.16 \times 10^{-3}) \times (690)}{3 \times 10^{-4}}$$

$$Re = 1.36$$

หา J_D จากสมการ ง.7

$$J_D = \frac{1.09 Re^{-2/3}}{\varepsilon}$$

โดยที่ ε มีค่าเท่ากับ 0.446

$$J_D = \frac{1.09 \times (1.36)^{-2/3}}{0.446}$$

หาสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลของสารจากสมการ ง.8

$$k_c = J_D U Sc^{-2/3}$$

$$k_c = 1.99 \times (1.16 \times 10^{-3}) \times (63)^{-2/3}$$

$$k_c = 1.46 \times 10^{-4} \text{ m.s}^{-1}$$



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นาย อติสรณ์ มะซอ เกิดวันที่ 6 มีนาคม พ.ศ 2516 ที่อำเภอ ประเวศ จังหวัด กรุงเทพมหานคร สำเร็จปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต ในปีการศึกษา 2538 หลังจากนั้นได้เข้าศึกษาในหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2539



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย